



UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
CENTRO POLITÉCNICO SUPERIOR



PROYECTO FIN DE CARRERA

PROYECTO DE CLIMATIZACIÓN DE UN RECINTO DEDICADO A EXPOSICIONES

TOMO 1/2 – MEMORIA

Autor del proyecto:

Yolanda Liso Chillida

Director del proyecto:

D. Carlos Monné Bailo

Zaragoza, Agosto del 2011

RESUMEN

PROYECTO DE CLIMATIZACIÓN DE UN RECINTO DEDICADO A EXPOSICIONES

El presente proyecto se realiza para exponer y justificar, la instalación de climatización adoptada en un recinto cerrado dedicado a exposiciones.

El recinto a climatizar, no es un recinto convencional, bajo el análisis de la climatización, y trata puntos interesantes, como son la evaporación de agua dentro de locales climatizados (no siendo una piscina cubierta), y calores latentes y sensibles de aportaciones interiores distintas a las habituales, como son las generadas por las plantas que conforman un jardín. Se tendrá un ambiente húmedo, que habrá que controlar tanto en verano como en invierno, y es de suma importancia el control de condensaciones, sobre todo en la vitrina donde se expone la obra de arte.

El proyecto comienza con una descripción del habitáculo, que podemos resumir, diciendo, que se trata de un recinto cerrado de aproximadamente 600 m² y 8,20 metros de altura, donde se ubicaran cuatro zonas. Una primera, y la más grande, denominada Exposición, donde se ha diseñado un recorrido a través de jardines, canales de agua y puentes, que lleva al visitante a la vitrina de exposición donde se puede contemplar una obra de arte, generalmente una pintura. Uno segundo, aislado del anterior, que hemos denominado Social, que tiene un carácter más privado, donde la propiedad puede reunir a un grupo de personas para distintos usos, como puede ser una conferencia o un aperitivo. Una tercera zona, denominada Servicios, donde principalmente estará el cuarto de control de instalaciones y el Office. Y la última, denominada Vitrina, donde en su interior, se encuentra el objeto a exponer.

El proyecto prosigue con el análisis de cerramientos descritos por Memoria Ejecutiva de Arquitectura, calculando sus transmitancias y viendo si cumplen normativa CTE HE1. Como en la mayoría de los proyectos, se observa que no cumplen, y son modificados incluyendo aislamientos a los cerramientos, haciendo más eficiente el local bajo el punto de la energía. Se analizan también las condensaciones en los cerramientos.

Se prosigue con el cálculo de la ventilación exigida por RITE para los locales y se calculan las cargas térmicas para refrigeración y calefacción. Es aquí donde aparecen los puntos importantes de evaporación de lámina de agua en locales cerrados y de aportes de calor sensible y latente de plantas, que son explicados detalladamente. El calor latente en invierno también es importante lo que se exigirá poner algún sistema para deshumectar.

Una vez con los balances de energía realizados se realiza una pequeña descripción del sistema adoptado y se diseña y dimensiona la instalación de climatización, eligiendo los componentes más adecuados y eficaces para nuestro sistema, que se encuentran en el mercado.

Se hace una pequeña referencia al mantenimiento de instalaciones y se prosigue con el análisis de mejoras del sistema bajo el punto de vista de la eficiencia energética.

Por último se realice un análisis económico, estudiando la demanda estimada de calefacción y refrigeración, su coste energético con tarifas reales y el ahorro que supondría introducir las mejoras.

ÍNDICE

I-MEMORIA DESCRIPTIVA

<u>1.GENERALIDADES</u>	1
1.1. OBJETO DEL PROYECTO	1
1.2. ALCANCE DEL PROYECTO	1
1.3. REGLAMENTACIÓN QUE AFECTA	1
<u>2.DESCRIPCIÓN DEL RECINTO EXPOSITIVO</u>	
2.1. SITUACIÓN Y COLINDANTES	2
2.2. DISEÑO DEL RECINTO	2
2.3. ACTIVIDAD A DESARROLLAR Y REGIMEN DE UTILIZACIÓN	6
<u>3.DESCRIPCIÓN DE CERRAMIENTOS Y LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA</u>	6
3.1. ZONA CLIMÁTICA	7
3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS ESPACIOS	7
3.3. ENVOLVENTE TÉRMICA Y CERRAMIENTO	7
3.4. CÁLCULO DE TRANSMITANCIA TÉRMICA Y FACTOR SOLAR MODIFICACO PARA DATOS DE PROYECTO	8
3.5. LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA	9
3.6. CÁLCULO DE NUEVAS TRANSMITANCIAS TÉRMICAS PARA DATOS MODIFICADOS DE PROYECTO	9
3.7.LIMATIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA-DATOS MODIFICADOS	10
3.8.LIMITACIÓN DE LAS CONDENSACIONES	14
3.8.1.Condiciones para el cálculo de condensaciones	14
3.8.2.Comprobación de condensaciones	14
3.9.PERMEABILIDAD DE LAS CARPINTERÍAS	16
3.10.CALCULO DE TRANSMITANCIAS TÉRMICAS PARA PAREDES Y TECHOS INTERIORES QUE NO FORMAN PARTEDE LA ENVOLVENTE TÉRMICA	16
<u>4.VENTILACIÓN DEL RECINTO EXPOSITIVO</u>	17
<u>5.BALANCE TÉRMICO Y ESTUDIO DE VERANO/INVIERNO</u>	19
5.1. CONDICIONES EXTERIORES	19
5.2. CONDICIONES INTERIORES	20
5.3. MÉTODO DE CARGAS TÉRMICAS PARA REFRIGERACIÓN	20
5.3.1.Condiciones de trabajo para refrigeración	23
5.3.2.Calor sensible	24
5.3.3.Calor latente	26
5.3.4.Datos obtenidos para refrigeración	29
5.3.5.Resumen de cargas para refrigeración	34
5.4. MÉTODO DE CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN	34
5.4.1.Condiciones de trabajo para calefacción	35
5.4.2.Datos obtenidos para calefacción	36
5.4.3.Resumen de cargas para calefacción	40
5.3.4.Consideraciones sobre los datos de refrigeración	40

<u>6.DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN</u>	43
6.1. CIRCUITO PRIMARIO44	
6.2. CIRCUITO SECUNDARIOS	45
6.3. CLIMATIZADORES	46
6.4. DISTRIBUCIÓN DE AIRE	46
6.4.1.Distribución de aire-Zona Exposición	47
6.4.2. Distribución de aire Zona Social, Servicios y Vitrina	48
6.5. SISTEMA DE CONTROL DE LA INSTALACIÓN	49
<u>7.DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN</u>	50
7.1. CLIMATIZADORES	50
7.1.1.Climatizador de la zona Exposición	50
7.1.2.Climatizador de la zona Social, Servicios y Vitrina	53
7.2. DISTRIBUCIÓN DE AIRE Y ELEMENTOS DE DIFUSIÓN	55
7.2.1.Distribución de aire en la zona Exposición	55
7.2.2.Distribución de aire en la zona Social, Servicios y Vitrina	58
7.3. CIRCUITO HIDRAULICO.....	61
7.3.1.Circuito de agua fría	61
7.3.2.Circuito de agua caliente	63
7.4. CIRCUITO DE CONTROL.....	66
<u>8.MANTENIMIENTO</u>	66
<u>9.ESTUDIO DE MEJORAS</u>	67
<u>10.ESTUDIO ECONÓMICO</u>	69
10.1.ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN VERANO	69
10.2.ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN INVIERNO	70
10.3.ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA POR DESHUMIDIFICACIÓN EN INVIERNO.....	71
10.4.ESTIMACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	73
10.5.ESTIMACIÓN DE COSTE DE CONSUMO DE ENERGÍA	75
10.6. ESTIMACIÓN DE AHORRO DE ENERGÍA CON LAS MEJORAS PROPUESTAS.....	78
<u>11. CONCLUSIONES</u>	82
<u>12.BIBLIOGRAFÍA</u>	83

II-PRESUPUESTO

III-PLANOS

IV-ANEXOS DE CÁLCULOS Y CATÁLOGOS COMERCIALES

ANEXO 1-CERRAMIENTOS Y LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

1. ENVOLVENTE TÉRMICA
2. DESCRIPCIÓN DE CERRAMIENTOS SEGÚN PROYECTO DE EJECUCIÓN DE ARQUITECTURA
3. CÁLCULO DE TRANSMITANCIA TÉRMICA PARA DATOS DEL PROYECTO DE EJECUCIÓN
4. CÁLCULO DEL FACTOR SOLAR MODIFICADO
5. CÁLCULO DE TRANSMITANCIA TÉRMICA PARA DATOS MODIFICADOS DE PROYECTO
6. CÁLCULO DE LA MEDIA DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS
7. CÁLCULO DE TRANSMITANCIA TÉRMICA Y DE LA MEDIA DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE DATOS MODIFICADOS PARA CUMPLIMIENTO DE VALORES MEDIOS
8. CÁLCULO DE CONDENSACIONES SUPERFICIALES
9. CÁLCULO DE CONDENSACIONES INTERSTICIALES

ANEXO 2-CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS DE CLIMATIZACIÓN

1. INTRODUCCIÓN AL CÁLCULO DE LAS CARGAS TÉRMICAS DE REFRIGERACIÓN
 - 1.1. Cálculo de cargas por calor sensible
 - 1.1.1. Carga térmica Sensible
 - 1.1.1.1. Calor por radiación solar a través de vidrio
 - 1.1.1.2. Calor por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores
 - 1.1.1.3. Calor por transmisión a través de paredes, techos, suelos, puertas y ventanas interiores
 - 1.1.1.4. Calor sensible por infiltraciones de aire y ventilación
 - 1.1.2. Carga térmica Sensible Efectiva
 - 1.1.2.1. Calor sensible por aire de ventilación a través del climatizador
 - 1.2. Cálculo de cargas por calor latente
 - 1.2.1. Carga térmica latente
 - 1.2.1.1. Calor latente por infiltraciones de aire y ventilación
 - 1.2.1.2. Calor latente por aportaciones interiores y ventilación
 - 1.2.2. Carga térmica latente efectiva
 - 1.2.2.1. Calor latente por aire de ventilación a través de climatizador
 - 1.3. Coeficiente de seguridad
 - 1.4. Cálculo de hojas de carga para refrigeración
2. INTRODUCCIÓN AL CÁLCULO DE LAS CARGAS TÉRMICAS DE CALEFACCIÓN
 - 2.1. Cálculo de cargas térmica por calefacción
 - 2.1.1. Pérdidas de calor sensible por transmisión a través de los cerramientos
 - 2.1.2. Pérdidas de calor sensible por infiltración y ventilación
 - 2.1.3. Calor sensible por aportaciones interiores
 - 2.1.4. Calor sensible por suplementos
 - 2.2. Coeficiente de seguridad
 - 2.3. Cálculo de hojas de carga para calefacción

ANEXO 3-CATÁLOGOS COMERCIALES

1. CATÁLOGOS COMERCIALES TROX

- Climatizadores
- Elementos de difusión
- Cámara Varyfan

2. CATÁLOGOS COMERCIALES SEDICAL

- Bombas de recirculación
- Depósitos de Expansión
- Separador de lodos y burbujas

ANEXO 4-CÁLCULO DE LA DEMANDA ESTIMADA PARA REFRIGERACIÓN Y CALEFACCIÓN

1. DEMANDA ENERGÉTICA DE REFRIGERACIÓN

2. DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN

3. DEMANDA ENERGÉTICA PARA DESHUMIDIFICACIÓN EN INVIERNO

I.- MEMORIA DESCRIPTIVA

1. GENERALIDADES

1.1. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es, exponer y justificar, la instalación de climatización adoptada en un recinto cerrado dedicado a exposiciones.

Dicho recinto, mantendrá una exposición fija, con ciertas peculiaridades bajo el punto de vista de la climatización, como son, las de tener en su interior un jardín con canales de agua y fuentes, el tener una exposición de obras de arte dentro de una vitrina, el tener una zona destinada a la reunión de personas, etc., que serán definidas ampliamente en apartados sucesivos.

Este recinto, a su vez, formará parte de un conjunto más amplio, también dedicado a la exposición, que no será objeto de nuestro proyecto.

Con el diseño de esta instalación de climatización, se pretende conseguir las condiciones de confort, tanto a visitantes como a personal, en todas las zonas del recinto durante las horas de visita y trabajo, así como garantizar unas condiciones mínimas, que permitan mantener a las plantas con vida.

1.2. ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance de este Proyecto, se refiere exclusivamente a la instalación específica de Climatización de este recinto, sin incluir en ningún caso justificaciones relativas a otros recintos o relativas a otras instalaciones de cualquier otro tipo.

Únicamente se hará referencia a estas, en cuanto a la influencia o relación directa que afecte a las que son Objeto de este Proyecto.

1.3. REGLAMENTACIÓN QUE AFECTA

Este Proyecto se redacta de acuerdo con las Normas contenidas en los siguientes Reglamentos, actualmente en vigor:

-Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios (RITE), Real Decreto 1027/2007 de 20 de Julio

-Real Decreto 1826/2009, de 27 de noviembre, por el que se modifica el reglamento de instalaciones Térmicas (Rite), R.D. 1027/2007

- Código Técnico de la Edificación, Real Decreto 314/2006 de 17 de Marzo de 2.006

- Relación de Normas UNE, que son de aplicación al Proyecto.

- Reglamento Electrotérmico de Baja Tensión. (R.D. 2413/1973 de 20 de Septiembre).

2. DESCRIPCIÓN DEL RECINTO EXPOSITIVO

2.1. SITUACIÓN Y COLINDANTES

El recinto objeto de nuestro Proyecto, se encuentra en una parcela, prácticamente rectangular, sita en una calle de un barrio de la ciudad de Zaragoza. Su superficie total construida es de 573,91 m², todo en planta baja, no existiendo más alturas. La altura libre del recinto es de 8,20 m., desde solera a forjado.

Tanto su lado norte como el sur, son medianil con otros recintos, pertenecientes a la misma propiedad y dedicados también a la exposición, que no son objeto de este proyecto. Su lado Oeste será la fachada principal y el lado Este conformará la fachada posterior. En planta sótano existirá un Garaje, tampoco objeto de este proyecto.

2.2. DISEÑO DEL RECINTO

La distribución interior del recinto expositivo, es el resultado del diseño que la propiedad ha dado al espacio existente, siendo su superficie total útil de 547,46 m².

Así este, queda dividido en cuatro zonas diferenciadas:

ZONA 1. Jardín y canales de agua

Esta zona de exposición, estará integrada por distintos elementos que configuran un recorrido para el visitante, basado en jardines, verticales y horizontales, con distintos tipos de plantas y flores, y canales de agua transversales, que serán atravesados por éste, mediante puentes de madera.

La finalidad de este recorrido para el espectador es, además de contemplar un jardín y unos canales de agua en un espacio interior, llegar a una vitrina de grandes dimensiones, donde será expuesta una obra de arte (variable según disponibilidad).

Esta zona también albergará, los accesos de público, entrada y salida, por fachada principal y las zonas de mantenimiento de recinto.

La superficie total de esta zona es de 433,23 m², siendo esta la más grande en superficie. Su distribución será:

-Zonas de paso	107,2 m ²
-Puentes de madera	49,79 m ²
-Canales de agua	104,19 m ²
-Jardines horizontales	130,47 m ²
-Accesos	9,51 m ²
-Mantenimiento	32,07 m ²

TOTAL SUPERFICIE	433,23 m ²

La altura de esta zona será de 6,00 m.

En cuanto a instalaciones, esta zona estará dotada de:

- Sistema de megafonía, hilo musical y equipo audiovisual, para crear la atmósfera sensorial que se pretende.

- Sistema de riego (goteo o difusor) y drenaje en jardineras, previo filtrado antes de ir a red de saneamiento.

- Sistema de recirculación y llenado de aguas en canales, mediante equipos de bombas y filtrado.

- Sistema de iluminación y señalización, de recorrido, con control de intensidad y color, para crear la atmósfera cromática que se pretende.

- Sistema de iluminación artificial ultravioleta y germicida, para mantenimiento de plantas y flores.

- Sistema de seguridad y de incendios, según normativa de aplicación.

- Sistema de climatización y ventilación, con control de temperatura y humedad, y además, control de parámetro CO₂. (Objeto de nuestro proyecto)

ZONA 2. Vitrina de exposición

Esta zona abarca el espacio donde se aloja la obra de arte expuesta.

La obra de arte, no siempre será la misma, sino que puede variar en el tiempo según disponga la propiedad.

Para protegerla del ambiente generado en la zona 1 (jardín y canales de agua), se le ha dotado de un cerramiento prácticamente hermético, cuya parte frontal será acristalada, para permitir su visualización, y parte posterior y superior accesible, para tareas de mantenimiento (limpieza y cambio de obra de arte)

La superficie total de esta zona es de 10,63 m² y su altura de 6 m.

Esta zona estará dotada de las siguientes instalaciones:

- Sistema de Iluminación, indirecta para no dañar la obra de arte.

- Sistema de seguridad y de incendios, según normativa de aplicación.

- Sistema de tracción mecánica, basado en poleas, para cambio de obra de arte pesada (cuadro de grandes dimensiones, tapices, mosaicos, etc.)

- Sistema de climatización y ventilación, con control de temperatura y humedad (variable según tipo de obra de arte), y control de temperatura en cristal, para evitar condensaciones. (Objeto de nuestro proyecto)

ZONA 3. Zona Social

Esta zona que conforma el recinto expositivo, tiene la finalidad de dotar al conjunto de una zona mas privada, donde la propiedad pueda atender visitas o reunir un grupo de personas.

Estará formado por un espacio único, divisible hasta en tres zonas, mediante paneles movibles, para conformar, un primer espacio de recepción, otro segundo de estar y un último, de sala de juntas o comedor.

Esta zona estará comunicada con la zona 1 (jardines y canales), por donde accederá el público y con la zona 4 (zona de servicios), donde transitará el personal de trabajo.

Su superficie total es de 82,24 m² con posibilidad de distribuirse de esta forma:

-Recepción	22,44 m ²
-Estar	33,03 m ²
-Sala de juntas (Comedor)	26,77 m ²

TOTAL SUPERFICIE	82,24 m ²

La altura de esta zona es de 4,50 m.

Esta zona estará dotada de las siguientes instalaciones:

-Sistema de megafonía, hilo musical y equipo audiovisual, independiente de la zona 1.

-Sistema de iluminación y señalización, adecuado a esta zona.

-Sistema de fuerza y telecomunicación, para funcionamiento de equipos informáticos.

-Sistema de seguridad y de incendios, según normativa de aplicación.

-Sistema de climatización y ventilación, con control de temperatura por zonas. (Objeto de nuestro proyecto)

ZONA 4. Zona Servicios

La zona de servicios estará formada por:

-Cuarto de limpieza, dotado de vertedero donde se guardaran todos los enseres para ejecutar las labores de limpieza del recinto.

-Office, que será acondicionado para su uso, mediante armarios, encimera de trabajo y fregadero. Además en él se integrarán los siguientes electrodomésticos, microondas, frigorífico y lavavajillas.

-Cuarto de instalaciones, donde se albergará el cuadro eléctrico principal del recinto (fuerza y alumbrado), así como todos los subcuadros necesarios para definir las demás instalaciones, como son el control de climatización, control de regadío, control de bombas de recirculación de agua en canales, control de intensidad de iluminación por zonas, Rack de comunicaciones y megafonía, entre otros. Este cuarto estará dotado de puerta de acceso RF-60.

-Altillo, donde se ubicará toda la maquinaria de climatización.

Esta zona se comunicará con la zona 3 (Zona social), con la zona1 (acceso a pasillo de mantenimiento de equipos de recirculación de agua) y con zaguán común a los demás recintos de la propiedad, donde se ubicarán las zona comunes a todo el complejo, como son los aseos de visitantes.

Su superficie total en planta (sin contar altillo) es de 21,36 m², distribuidos de la siguiente forma:

-Pasillo acceso	5,12 m ²
-Cuarto de limpieza	2,47 m ²
-Cuarto de instalaciones	7,43 m ²
-Office	6,34 m ²

TOTAL SUPERFICIE	21,36 m ²

La altura de esta zona será de 3,00 m.

En zona altillo tendrá la misma superficie de planta, de 21,36 m² y su altura será de 5,00 m.

A su vez, esta zona estará dotada de las siguientes instalaciones:

-Sistema de iluminación y señalización, adecuado a cada una de las zonas que forman esta.

-Sistema de fuerza y telecomunicación, para funcionamiento de todos los equipos que forman el Office, el cuarto de instalaciones y los ubicados en altillo-cuarto de máquinas.

-Sistema de vertido, para recogida de agua en vertedero, fregadero y lava-vajillas.

-Sistema de suministro de agua, para vertedero, fregadero y lava-vajillas.

-Sistema de seguridad y de incendios, según normativa de aplicación.

-Sistema de climatización y ventilación, con control de temperatura por zonas, en aquellas zonas que se climaticen. (Objeto de nuestro proyecto)

Todas las superficies, características geométricas de la planta y alturas, quedan recogidas en los planos de planta y secciones, adjuntos a este proyecto en su apartado de planos.

2.3. ACTIVIDAD A DESARROLLAR Y REGIMEN DE UTILIZACIÓN

La actividad a desarrollar dentro del recinto, será meramente expositiva, de tipo comercial y de uso público.

Los horarios de trabajo y de exposición vendrán marcados por la propiedad y en principio se han fijado como los siguientes:

Horario de Personal: 9,00 a 21,00 ininterrumpidamente, de martes a sábado.

Horario de Público: 10,00 a 14,00 y de 17,00 a 20,00, de martes a sábado.

El régimen de funcionamiento de la instalación de climatización dependerá de la zona, día de la semana y hora, así tendremos:

-Zona 1-Jardín y canales de agua

Tendrá un funcionamiento continuo tanto en verano como en Invierno. Por lo tanto, funcionará las 24 horas del día, todos los días del año, aunque las condiciones de temperatura, humedad y Co2 varíaran según la hora y el día en el que nos encontremos, manteniendo siempre unas condiciones mínimas para la conservación de las plantas.

-Zona 2-Vitrina de exposición

También tendrá un funcionamiento continuo, tanto en verano como en Invierno, funcionando las 24 horas del día, todos los días del año, sin hacer diferencia entre día de la semana y horario. Únicamente, las condiciones varíaran, según el criterio de conservación del propietario de la obra de arte que se exponga y según las condiciones que se detecten en la superficie de la vitrina acristalada, para evitar posibles condensaciones.

-Zona 3-Zona Social

Su funcionamiento dependerá de la ocupación, día de la semana y horario. Así tendremos, la zona de recepción, que funcionará de martes a sábado dentro del horario de trabajo de personal (9,00-21,00), y la zona de estar y juntas-comedor, que sólo se pondrán en funcionamiento cuando exista ocupación, de martes a sábado y en horario de atención a público (10,00-14,00 y 17,00-20,00)

-Zona 4-Zona Servicios

Partiremos de la base, que el cuarto de limpieza y el altillo o cuarto de máquinas, no serán climatizados.

El cuarto de instalaciones tendrá un funcionamiento continuo, sin depender de día de la semana en el que nos encontremos, ni del horario.

Y por último, el Office se climatizará siempre que exista ocupación, de martes a sábado y dentro del horario de personal (9,00-21,00).

3. DESCRIPCIÓN DE CERRAMIENTOS Y LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA

La demanda energética de los edificios queda limitada por el Código Técnico de la Edificación, en su exigencia básica de ahorro de energía HE 1.

Esta exigencia nos marca que la envolvente del edificio debe ser tal que limite adecuadamente la demanda energética, garantizando el bienestar térmico, en función de la zona climática donde se ubique el edificio y la carga interna de sus espacios.

Para la verificación de esta exigencia térmica HE 1, utilizaremos la opción simplificada, que se basa en la limitación de la demanda energética de una manera indirecta, marcando unos valores límite a unos parámetros característicos térmicos de los cerramientos y particiones interiores que forman la envolvente térmica del edificio.

A lo largo de los siguientes puntos y del anexo 1, desarrollaremos la verificación de la limitación de la demanda energética aplicada a nuestro proyecto. Si dicho proyecto no cumple, rectificaremos la composición del cerramiento para modificar los parámetros hasta cumplir con los límites.

3.1. ZONA CLIMÁTICA

Se ha calculado la zona climática a partir de los valores tabulados del apéndice D, del Código Técnico de la Edificación en su parte II.

Aplicado a nuestro proyecto:

Localidad: Zaragoza
Capital de Provincia: Zaragoza
Diferencia de altura: 0.00 metros

Entrando con estos datos en la tabla D.1. de zonas climáticas, obtenemos:

Zona climática: D3

3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS ESPACIOS

Aplicando el Código Técnico de la Edificación a nuestro proyecto, tendremos los espacios de nuestro edificio clasificados como:

Zona1-Jardín y canales de agua

Espacio interior del edificio habitable, con alta carga interna y de clase de higrometría 5

Zona2-Vitrina de exposición

Espacio interior del edificio no habitable (trato especial porque se debe climatizar)

Zona3-Zona social

Espacio interior del edificio habitable, con baja carga interna y de clase de higrometría 3

Zona4-Zona de servicios

Está compuesta por espacio interior del edificio no habitable y espacio interior del edificio habitable, con baja carga interna y clase de higrometría 3

3.3. ENVOLVENTE TÉRMICA Y CERRAMIENTOS

En el anexo 1, definimos detalladamente lo que es envolvente térmica y los cerramientos que la conforman genéricamente.

Una vez dadas las definiciones, se aplica a nuestro proyecto.

Por lo tanto, según el apartado 1 del anexo 1, la envolvente térmica de nuestro proyecto está formada por los siguientes cerramientos:

C1- Cubierta plana, en contacto con el exterior y con espacio habitable

C2- Cubierta plana, en contacto con el exterior y con espacio no habitable (cuarto de máquinas)

S3- Suelo horizontal en contacto con el aire. En realidad, se corresponde con el techo de las puertas de acceso.

S21,S22,S23,S24 y S25- Son suelos horizontales en contacto con espacio no habitable (Garaje de la edificación). La diferencia entre estos suelos son las capas materiales que los conforman.

M11- Fachada principal, cuya orientación es Oeste.

M12- Fachada posterior, cuya orientación es Este.

M13- Medianería en contacto con espacio habitable

M21- Medianería en contacto con espacio no habitable (cuarto de máquinas) y posteriormente espacio habitable. (Se puede considerar como partición interior)

H- Puertas de acceso al recinto (dos puertas de vidrio con marco, cuyo porcentaje de superficie transparente es superior al 50%)

En el anexo 1, en su apartado 2, aparecen los materiales que componen los cerramientos, sus espesores y las características térmicas de conductividad y factor de resistividad a la difusión de vapor de agua.

Inicialmente las capas y sus espesores se corresponderán con los que aparecen en el Proyecto de Ejecución de Arquitectura.

3.4. CÁLCULO DE TRANSMITANCIA TÉRMICA Y FACTOR SOLAR MODIFICADO PARA DATOS DE PROYECTO

Primeramente, calcularemos la transmitancia térmica de cada uno de los componentes que forman la envolvente térmica de nuestro proyecto.

En el anexo 1, en su apartado 3, se presentan los cálculos de las transmitancias mediante hoja excel, para los distintos cerramientos que conforman la envolvente térmica de nuestro proyecto. En primera instancia, se ha partido de los elementos constructivos especificados en proyecto de ejecución de arquitectura.

Los datos obtenidos son:

CUBIERTAS	UC1=0,928 / UC2=1,326
FACHADAS	UM11=0,772 / UM12=0,775 / UM13=0,562 / UM2=0,333
HUECOS	UH=2,945
SUELOS	US3=1,658 / US21=1,065 / US22=1,335 / US23=0,712 / US4=0,490 / US25=0,765

En este apartado, también calcularemos el factor solar modificado de huecos y lucernarios.

Para nuestro caso sólo tendremos huecos, que se corresponden con las puertas de acceso al recinto.

En el anexo 1, apartado 4, se explica y calcula dicho factor solar modificado, obteniéndose el valor de:

$$FH=0,405$$

3.5. LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGETICA

En este proyecto estamos trabajando con la opción simplificada, por lo que tenemos que comprobar:

1. Comprobación de las transmitancias térmicas de cerramientos y particiones internas de la envolvente del edificio son inferiores a los valores máximos marcados en la tabla 2.1 (CTE-Documento Básico HE Ahorro de Energía)

	DATOS PROYECTO	DATOS LIMITE (ZONA D)
CUBIERTAS	UC1=0,928 / UC2=1,326	0,49
FACHADAS	UM11=0,772 / UM12=0,775	0,89
MEDIANERIA	UM13=0,562 / UM2=0,333	1,00
HUECOS	UH=2,945 / UHV=2,947 / UHM=2,890	3,50
SUELOS	US3=1,658 / US21=1,065 / US22=1,335 / US23=0,712 / US24=0,490 / US25=0,765	0,64

Observando lo datos, vemos:

- que las fachadas, medianerías y huecos, cumplen con los valores límite.
- que sólo uno de los suelos cumple con los valores límite.
- que ninguna de las cubiertas cumple con los valores límite.

Esto nos indica, que **no** cumplimos con la exigencia H1 del CTE, limitación de la demanda energética, con los datos obtenidos de los materiales de la memoria del proyecto de ejecución, por lo que tendremos que modificarlos, principalmente añadiendo aislamiento, para poder cumplirla.

3.6. CÁLCULO DE NUEVAS TRANSMITANCIAS TÉRMICAS PARA DATOS MODIFICADOS DE PROYECTO

Tal como hemos visto en el apartado anterior, debemos añadir aislamiento para cumplir las exigencias de limitación de demanda energética.

Así actuaremos de la siguiente forma:

-Cubiertas:

C1-Mantendremos la misma composición del cerramiento, pero aumentaremos el espesor de la capa de aislamiento, poliestireno extruido, pasando de 20mm a 60 mm.

C2-En este caso, en vez de utilizar para la última capa únicamente pladur, utilizaremos un pladur especial, pladur bel, que está compuesto por un aislante, la lana de vidrio de densidad 75Kg/m2 junto con la placa de pladur.

-Suelos:

S3- Techo de puertas de acceso, daremos la misma solución que en el caso anterior, utilizaremos pladur bel, con lana de vidrio de espesor 75Kg/m2.

S21-Necesitaremos introducir algún aislante. Para ello, introducimos una nueva capa, entre el hormigón armado y el mortero de cemento, que será el aislante Poliestireno expandido. Su espesor podría ser de 20mm y ya cumpliríamos, pero lo introducimos de 30 mm, para que sea igual que el del siguiente suelo.

S22-Al igual que en el caso anterior, metemos una capa nueva de aislante, poliestireno expandido de 30 mm para cumplir con el valor límite.

S23-En este caso tenemos aislamiento, pero de espesor insuficiente, por lo que aumentamos el espesor del poliestireno extrusionado de 20mm a 30mm.

S25- Al igual que en el caso anterior, nos sirve únicamente con aumentar el espesor del aislante de 20mm a 30mm.

Los nuevos datos de transmitancias térmicas para los cerramientos aparecen calculados por excel en el anexo 1, en el apartado 5.

Los nuevos datos son:

CUBIERTAS	UC1=0,437 / UC2=0,333
FACHADAS	UM11=0,772 / UM12=0,775 / UM13=0,562 / UM2=0,333
HUECOS	UH=2,945
SUELOS	US3=0,557 / US21=0,502 / US22=0,554 / US23=0,581 / US4=0,490 / US25=0,617

3.7. LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGETICA-DATOS MODIFICADOS

Calculamos de nuevo, para la opción simplificada, las comprobaciones exigidas:

1. Comprobación de las transmitancias térmicas de cerramientos y particiones internas de la envolvente del edificio son inferiores a los valores máximos marcados en la tabla 2.1 (CTE-Documento Básico HE Ahorro de Energía)

	DATOS PROYECTO	DATOS LIMITE (ZONA D)
CUBIERTAS	UC1=0,437 / UC2=0,333	0,49
FACHADAS	UM11=0,772 / UM12=0,775	0,86
MEDIANERÍA	UM13=0,562 / UM2=0,333	1,00
HUECOS	UH=2,945 / UHV=2,947/ UHM=2,890	3,50
SUELOS	US3=0,557 / US21=0,502 / US22=0,554 / US23=0,581 / US24=0,490 / US25=0,617	0,64

Por lo tanto con las modificaciones cumple.

2. Cálculo de la media de los parámetros característicos y comprobación de que estos son inferiores a los de la tabla 2.2 (CTE-Documento Básico HE Ahorro de Energía)

Inicialmente, tendremos que calcular el área de cada cerramiento y la orientación de los muros. Después, rellenaremos la ficha1 de la opción simplificada, que se corresponde con el cálculo de los parámetros característicos medios.

Dichos cálculos se han realizado en el anexo 1, apartado 6.

Con los datos obtenidos en la ficha 1 y la tabla 2.2 dependiendo de la zona climática, podemos rellenar la ficha 2, que es la de conformidad de demanda energética.

Así tenemos:

ZONA CLIMÁTICA D3	Zona baja carga interna	Zona alta carga interna X
--------------------------	--------------------------------	----------------------------------

Cerramientos y particiones interiores de envolvente térmica	U_{max}(proy)	U_{max}
Muros de fachada	UM12=0,775	0,86
1º metro perímetro suelo apoyado/muro contacto terreno	No hay	0,86
Particiones interiores contacto espacios no habitables	No hay	0,86
Suelos	US25=0,617	0,64
Cubiertas	UC1=0,437	0,49
Vidrios de hueco y lucernarios	UHV=2,947	3,50
Marcos de hueco y lucernarios	UHM=2,890	3,50
Medianerías	UM13=0,562	1,00
Particiones interiores (edificios de viviendas)	No hay	1,20

MUROS DE FACHADA		
	U_{Mm}	U_{Mlim}
Norte	0,539	<=0,66
Este	0,775	
Oeste	0,772	
Sur	0,562	
Sureste	-----	
Suroeste	-----	

HUECOS Y LUCERNARIOS				
	U_{Hm}	U_{Hlim}	F_{Hm}	F_{Hlim}
Norte				
Este				
Oeste	2,945	<= 3,5	0,405	<= -----
Sur				
Sureste				
Suroeste				

CERR. C TERRENO		SUELOS		CUBIERTAS		LUCERNARIOS	
U_{Tm}	U_{Mlim}	U_{Tm}	U_{Mlim}	U_{Tm}	U_{Mlim}	U_{Tm}	U_{Mlim}
		0,551	<= 0,49	0,432	<= 0,38		

Observamos los datos y vemos que aunque hemos cumplido con los valores límite máximos, al calcular los valores medios, estos no cumplen, por lo que habrá que volver a ampliar aislamientos tanto en fachadas, suelos y cubierta, rehacer los cálculos y volver a comprobar si cumplen con las limitaciones impuestas.

Los aislamientos aumentados son:

Cubierta-C1-Aumentamos el espesor del aislamiento de 60mm a 80mm en poliestireno extrusionado.

Fachada principal (M11) y fachada posterior (M12), aumentamos de 20mm a 30mm en poliestireno extrusionado.

Suelo zona social (S21) y suelo zona servicios y vitrina (S22), aumentamos el espesor de 20mm a 30 mm de poliestireno expandido.

Suelo zona exposición pasos (S23) y suelo zona exposición canales (S25), aumentamos el espesor de 20mm a 30 mm de poliestireno extrusionado.

Con estos nuevos datos de aislamiento, volveremos a calcular las transmitancias térmicas y los valores medios de los parámetros, ficha1. Estos datos han sido calculados en el anexo 1, apartado 7.

Los valores nuevos obtenidos nos permiten rellenar la ficha 2 y comprobar los valores límite de nuevo.

Los datos obtenidos son:

MUROS DE FACHADA		
	UMm	Umlim
Norte	0,539	<=0,66
Este	0,627	
Oeste	0,625	
Sur	0,562	
Sureste	-----	
Suroeste	-----	

HUECOS Y LUCERNARIOS				
	UHm	UHlim	FHm	FHlim
Norte				
Este				
Oeste	2,945	<= 3,5	0,405	<= -----
Sur				
Sureste				
Suroeste				

CERR. C TERRENO		SUELOS		CUBIERTAS		LUCERNARIOS	
UTm	Umlim	UTm	Umlim	UTm	Umlim	UTm	Umlim
		0,484	<= 0,49	0,344	<= 0,38		

Observamos como todos los valores cumplen, por lo que podemos decir que nuestro proyecto, con las mejoras introducidas en aislamiento, cumple con la limitación de la demanda energética.

Para cualquier cálculo posterior, los datos de materiales que conforman cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica de nuestro proyecto, serán los introducidos en la última hoja de mejoras.

3.8. LIMITACIÓN DE LAS CONDENSACIONES

Por ser el recinto que nos ocupa un poco "especial", existir en su interior gran cantidad de plantas y canales de agua que ocupan gran superficie, que pueden generar bastante humedad, calcularemos de forma explícita la limitación de las condensaciones.

3.8.1.CONDICIONES PARA EL CÁLCULO DE CONDENSACIONES

a)Condiciones exteriores

Los datos medios para el mes de Enero, para Zaragoza, según la tabla G.2. (CTE-Documento Básico HE Ahorro de Energía) son:

LOCALIDAD	MES	Tmed	HRmed
Zaragoza	Enero	6,2 °C	76%

b)Condiciones interiores

Para las **condensaciones superficiales**, la condición de temperatura será de 20°C y la humedad relativa, se mantendrá constante con un sistema de climatización al 55%+0,05% (margen de seguridad).

CONDENSACIONES SUPERFICIALES			
LOCALIDAD	MES	Tint	HRint
Zaragoza	Enero	20 °C	55,05%

Para las **condensaciones intersticiales**, la condición de temperatura será de 20°C y la humedad relativa, dependerá de la higometría del espacio, aunque se podrá poner constante con algún sistema de climatización al 55%+0,05% (margen de seguridad).

CONDENSACIONES INTERSTICIALES			
LOCALIDAD	MES	Tint	HRint
Zaragoza	Enero	20 °C	55,05%

3.8.2.COMPROBACIÓN DE LAS CONDENSACIONES

a)Condensaciones superficiales

Las condensaciones superficiales en los cerramientos que componen la envolvente térmica se limitan de manera que se evite la formación de mohos en su superficie interior.

Su comprobación se basa en la comparación del factor de temperatura de la superficie interior f_{Rsi} y el factor de temperatura de la superficie interior mínimo $f_{Rsi, \min}$, para las condiciones interiores y exteriores del mes de enero. Siempre que f_{Rsi} sea mayor que $f_{Rsi, \min}$ no se producirán condensaciones superficiales.

El cálculo y los valores obtenidos de f_{Rsi} para cada una de los cerramientos y el $f_{Rsi, \min}$ según las condiciones de cálculo, puede verse en el anexo 1, apartado 8.

b) Condensaciones intersticiales

Las condensaciones intersticiales que se produzcan en los cerramientos que componen la envolvente térmica serán tales que no produzcan una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil.

El procedimiento de comprobación se basa en la comparación entre la presión de vapor y la presión de vapor de saturación que existe en cada punto intermedio de un cerramiento formado por diferentes capas, para las condiciones interiores y exteriores del mes de enero. Siempre que P_n (Presión de vapor superficial en cada capa) sea menor que $P_{sat,n}$ (Presión de vapor de saturación), no se producirán condensaciones intersticiales.

El cálculo y los valores obtenidos de P_n y $P_{sat,n}$, para cada una de las capas que conforman cada cerramientos según las condiciones de cálculo, puede verse en el anexo 1, apartado 9.

Con los datos obtenidos, de las condensaciones superficiales e intersticiales, rellenamos la ficha 3 de conformidad con las condensaciones:

CERRAMIENTOS, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TERMICOS										
C.superficiales			C. intersticiales							
TIPOS	f _{Rsi}	>=f _{Rsmin}	P _{n<P_{sat,n}}	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7
Cubierta	f _{Rsi}	0,91	P _{sat,n}	Exento						
Plana (c1)	f _{Rsmin}	0,57	P _n							
Cubierta	f _{Rsi}	0,92	P _{sat,n}	Exento						
Plana(c2)	f _{Rsmin}	0,57	P _n							
Fachada	f _{Rsi}	0,84	P _{sat,n}	989,71	1043,83	1754,62	2086,16	2098,63	2179,50	
Pral(M11)	f _{Rsmin}	0,57	P _n	766,24	773,41	902,39	1246,36	1267,86	1286,49	
Fachada	f _{Rsi}	0,84	P _{sat,n}	987,47	1041,61	1753,33	2085,56	2098,06	2179,12	
Post(m12)	f _{Rsmin}	0,57	P _n	831,61	837,87	950,65	1251,40	1270,20	1286,49	
Medianera	f _{Rsi}	0,86	P _{sat,n}	1054,19	1444,16	1452,28	1563,06	1571,76	2121,73	2195,00
(m13)	f _{Rsmin}	0,57	P _n	795,36	903,30	930,29	1128,18	1155,16	1263,10	1286,49
Medianera	f _{Rsi}	0,91	P _{sat,n}	Exento						
(m21)	f _{Rsmin}	0,57	P _n							
Techo (S3)	f _{Rsi}	0,86	P _{sat,n}	985,04	1071,57	1142,58	1146,74	2154,45		
Acceso	f _{Rsmin}	0,57	P _n	744,48	745,36	1274,08	1278,48	1286,49		
Suelo(S21)	f _{Rsi}	0,89	P _{sat,n}	1152,68	1978,93	1985,46	2159,96			
Social	f _{Rsmin}	0,57	P _n	1151,88	1256,50	1258,28	1286,49			
Suelo(S22)	f _{Rsi}	0,88	P _{sat,n}	1172,48	2105,04	2112,95	2144,95			
Servicios	f _{Rsmin}	0,57	P _n	1166,82	1273,99	1275,77	1286,49			
Suelo(S23)	f _{Rsi}	0,88	P _{sat,n}	1141,19	1145,01	2002,42	2074,94	2168,82		
Exp pasos	f _{Rsmin}	0,57	P _n	1094,13	1095,62	1226,33	1227,08	1286,49		

Observamos que se pueden dar condensaciones intersticiales en el forjado de hormigón armado y en el mortero de cemento de la capa correspondiente al techo de las puertas de acceso, para evitarlo pondremos una barrera de vapor de agua hacia el interior. Lo conseguimos cambiando el Pladur Bel, que es lana de vidrio de 75kg/m² con pladur normal por lana de vidrio de la misma densidad con una placa de pladur BV de 13mm, que incorpora una lámina especial de alta resistencia a la difusión de vapor, sin modificar las conductividades y resistencias térmicas de la capa.

Las demás capas que no han sido tratadas, es o porque contienen algún elemento que hace de barrera al vapor, como es el caso de las cubiertas, o porque si se produjesen condensaciones, no tendrían importancia, por ejemplo los suelos de los canales o los jardines.

3.9. PERMEABILIDAD DEL AIRE

Las carpinterías de los huecos se caracterizan por su permeabilidad al aire.

La permeabilidad de las carpinterías que limitan espacios habitables con el ambiente exterior, se limita en función del clima de la localidad donde se ubiquen, es decir en función de la zona climática.

La permeabilidad de la carpintería, medida con una sobrepresión de 100 Pa, tendrá que ser inferior a:

27 m³/h m² para la Zona climática D, es decir clase 2 o superior

El fabricante de la carpintería nos asegura que la carpintería es de clase 2.

3.10. CALCULO DE TRANSMITANCIAS PARA PAREDES Y TECHOS INTERIORES QUE NO FORMAN PARTE DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

En este apartado vamos a calcular las transmitancias de los cerramientos que no conforman la envolvente térmica, pero que son necesarios para posteriormente calcular las hojas de carga térmica.

En el anexo 1, en su apartado 10, se presentan las definiciones de estos cerramientos y los materiales con los que están formados según memoria de Ejecución del Arquitecto, así como los cálculos de las transmitancias mediante hoja excel.

Los datos obtenidos para paredes y techos interiores son:

PAREDES INTERIORES	UPlsse=UPlsee=0,333 / UPlsem=UPlsv=UPlsv=0,311 / UPlsep=0,315
TECHOS INTERIORES	UTIs=0,238

(Son todos menores que el valor 1,20 que pide el CTE, si pertenecieran a la envolvente térmica)

Los datos obtenidos para puertas y vidrio de cristalera son:

PUERTAS MADERA	UHm=2,20
MÁMPARA MADERA	UPm=2,20
PUERTA METALICA	UHme=5,70
CRISTAL VITRINA	UHv=2,68

4. VENTILACIÓN DEL RECINTO EXPOSITIVO

Todos los edificios o locales deben cumplir una exigencia de calidad del aire interior. Es un aporte de aire exterior suficiente para evitar las concentraciones de olores y/o humos, así como para garantizar las aportaciones de oxígeno.

El caudal mínimo de ventilación viene marcado por el Rite en su IT-1.1.4.2 , donde dependiendo del uso del edificio o recinto nos marca unos caudales mínimos.

Aplicado a cada zona de nuestro recinto tenemos:

1. Zona Exposición

Tipo local => Sala de Exposición => Calidad de aire IDA 2

a) Caudal mínimo por ocupación

La ocupación máxima de esta zona sabiendo que es local de pública concurrencia, de zona de uso público en museos, galerías de arte, ferias y exposiciones es de 2 m2/ persona.

La superficie del recinto donde pueden estar personas es de 175,89 m2

La ocupación máxima de la sala es de 88 personas

Según la tabla 1.4.2.1. del Rite, el caudal mínimo por persona para IDA 2 es de 12,5 dm3/h

Por lo tanto, el caudal mínimo por este método será de:

Caudal mínimo = $12,5 \times 88 = 1.100 \text{ dm}^3/\text{s} = 3.960 \text{ m}^3/\text{h}$

Este caudal mínimo en esta zona, lo vamos a ampliar en un 25% más, por varias razones, aunque suponga un incremento de consumo de energía, puesto que ese aire que añadimos habrá que enfriarlo o calentarlo antes de introducirlo al local.

Las razones por las que aumentamos el caudal de ventilación, es por que estamos en un local con una densidad de plantas muy alta, con ausencia de radiación solar directa, que aunque dispone de alumbrado artificial ultravioleta y germicida suficiente para que las plantas realicen la fotosíntesis sin ningún problema, no sabemos si alguna vez fallará y las plantas realizaran el ciclo contrario a la fotosíntesis, generando CO2. Por este motivo también se incluye una sonda de CO2 en ambiente que nos alertará si este proceso está ocurriendo.

También aumentamos el caudal de ventilación exterior, para utilizarlo para secar de humedad el ambiente interior en algunas circunstancias y para enfriar o calentar el ambiente interior en otras, como veremos más adelante.

Por lo tanto el caudal exterior para la zona de Exposición será:

Caudal exposición = 5.000 m³/h

2. Zona Social

Tipo local => Salón de actos => IDA 3

a) Caudal mínimo por ocupación

La ocupación máxima de esta zona sabiendo que es local de pública concurrencia, de zona de uso público para sala de reuniones es de 2 m²/ persona.

La superficie del recinto donde pueden estar personas es de 82,24 m²

La ocupación máxima de la sala es de 41 personas

Según la tabla 1.4.2.1. del Rite, el caudal mínimo por persona para IDA 3 es de 8,0 dm³/h

Por lo tanto, el caudal mínimo por este método será de:

Caudal mínimo = $8 \cdot 41 = 328$ dm³/s = 1.180,80 m³/h

El real que vamos a utilizar para esta zona es de 1.000 m³/h, justificando que es muy improbable que se de una ocupación máxima en esta zona de esos números. También podemos justificar que como veremos más adelante, el climatizador de esta zona es compartido con la zona de servicios y virina, y su aportación de aire es mayor.

Por lo tanto el caudal exterior para la zona de Social será:

Caudal Social = 1.000 m³/h

3. Zona Servicios

Tipo local => Office y salas de control => IDA 3

a) Caudal mínimo por ocupación

La ocupación máxima de esta zona sabiendo que es local de pública concurrencia, de zona de uso servicios es de 10 m²/ persona.

La superficie del recinto donde pueden estar personas es de 21,36 m²

La ocupación máxima de la sala es de 2 personas

Según la tabla 1.4.2.1. del Rite, el caudal mínimo por persona para IDA 3 es de 8,0 dm³/h

Por lo tanto, el caudal mínimo por este método será de:

$$\text{Caudal mínimo} = 8 \times 2 = 16 \text{ dm}^3/\text{s} = 57,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

El real que vamos a utilizar para esta zona es mayor, porque tanto en la sala de control como en el Office en algunas circunstancias, puede darse una ocupación mayor.

Por lo tanto el caudal exterior para la zona de Social será:

$$\text{Caudal Servicios} = 400 \text{ m}^3/\text{h}$$

4. Zona Vitrina

Es una zona que no tiene personas en su interior, pero por las características de las obras de arte precisan de ventilación. Su aportación para esta zona será:

$$\text{Caudal Vitrina} = 100 \text{ m}^3/\text{h}$$

5. BALANCE TÉRMICO Y ESTUDIO DE VERANO/INVIERNO

5.1. CONDICIONES EXTERIORES

Las condiciones exteriores para la realización del cálculo de las cargas térmicas, vienen determinadas por la situación geográfica del local a climatizar y no son las mismas, como es evidente, para verano que para invierno.

Tomando como referencia la norma UNE 100-001-2001, donde se establece las condiciones termohigrométricas exteriores para las distintas localidades de la geografía española, obtenemos los siguientes datos para la ciudad de Zaragoza:

CONDICIONES VERANO	
Percentil	2,5%
Temperatura seca	33,9°C
Temperatura húmeda	22,8 °C
Oscilación media diaria	13,1 °C

CONDICIONES INVIERNO	
Percentil	97,5%
Temperatura seca	-1,8°C
Humedad relativa *	70%
Velocidad del viento	7,4 m/s

Nota: *la humedad relativa no nos la da la norma Une 100-001-2001. Se ha sacado de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

5.2. CONDICIONES INTERIORES

Las condiciones interiores de diseño vienen marcadas por el RITE IT 1.1.4.1.2 y en su modificación, aprobada en Real Decreto 1826/2009 de 27 Noviembre, donde existe una nueva Instrucción Técnica, la I.T.3.8., donde se limita la temperatura, para algunos casos.

Las condiciones interiores de nuestro proyecto van a ser variables dependiendo de la zona donde nos encontremos.

Así tendremos:

-Zona de Exposición (canales y jardines)

Esta parte de nuestro recinto está afecto por la nueva Instrucción Técnica.

Para espacios de Pública Concurrencia, destinados a uso cultural (salas de exposición), cuya generación de calor y de refrigeración se requiera el consumo de energía convencional, como es el nuestro, los límites son:

- La temperatura del aire en los recintos calefactados no será superior a 21°C
- La temperatura del aire en los recintos refrigerados no será inferior a 26°C
- Las condiciones de temperatura anteriores están referidas al mantenimiento de una humedad relativa comprendida entre el 30% y el 70%.

Por lo tanto aplicando la normativa, las condiciones interiores elegidas son:

CONDICIONES VERANO	
Temperatura operativa	26,0 °C
Humedad relativa	55%

CONDICIONES INVIERNO	
Temperatura operativa	21,0 °C
Humedad relativa	55%

-Zona de Vitrina (obra de arte)

Las condiciones de temperatura y de humedad relativa para conservación de obras de arte es muy variada, depende principalmente de la obra que se va a exponer. En España no está reglamentada, simplemente existe una mención por el Ministerio de Cultura haciendo referencia a que dependerá de la obra en sí, y de donde se ubique. Si que el mismo Ministerio de cultura, en su página Web, ofrece un documento en el que se ponen varios ejemplos de las condiciones óptimas de temperatura y humedad relativa dependiendo del tipo de obra a exponer, lugar donde se ubique (vitrina, en contacto con personas, almacenes, etc) y zona geográfica donde esté la exposición (No es lo mismo Sevilla que Barcelona)

Siguiendo este documento, fijaremos las condiciones interiores para esta zona, sabiendo que lo que vamos a exponer principalmente es pintura, que está dentro de una vitrina aislada de su ambiente exterior y de las persona, y ubicada en la ciudad de Zaragoza.

CONDICIONES VERANO	
Temperatura operativa	23,0 °C
Humedad relativa	50%

Aunque las obras de arte se conservan mejor en ambientes fríos, hemos fijado esta temperatura en 23°C por dos motivos principales:

-Ahorro de energía

Aunque tenemos la obra de arte en una vitrina, esta no está aislada y además está acristalada, por lo que el mantener esa temperatura más baja que el resto de los habitáculos, hace que se pierda constantemente frío ,por lo tanto energía, que será proporcional a la diferencia de temperaturas de los habitáculos que la rodean.

Y además que habrá que contabilizar que inicialmente, le costará mas energía cuanto más baja sea la temperatura consigna.

-Temperatura de rocío

La vitrina se encuentra por tres de sus lados (y uno de ellos acristalado), delimitando con la zona de exposición, cuya humedad relativa va a estar controlada al 55%, lo que supone una temperatura de rocío de 16°C.

Puede darse una mala distribución de aire, una humedad excesiva que no se pueda controlar con el climatizador, o cualquier otra situación que nos altere las condiciones del interior, variando la temperatura de rocío prevista, siendo esta superior. Por lo que no nos interesa que la temperatura de la vitrina está muy baja y alcance ese punto, porque supondría que se darían condensaciones en la vitrina.

CONDICIONES INVIERNO	
Temperatura operativa	18,0 °C
Humedad relativa	50%

La temperatura de la vitrina en invierno hay que controlarla y no dejarla sin climatizar, además de que porque hay que controlar la humedad realita del habitáculo, por las posibles condensaciones exteriores. El punto de rocío para las condiciones fijadas en la zona de exposición es de 21°C y 55% de humedad relativa. Donde para este caso la temperatura de rocío es de 12°C. Al igual que en el otro caso nos damos un margen de 6°C, por posibles complicaciones del sistema.

-Zona Social

Las condiciones de temperatura y de humedad relativa para la zona social están marcadas por el RITE en su IT 1.1.4.1.2, tabla 1.4.1.1. Sabiendo que su utilización será principalmente recepción, formación y aperitivo.

Según este criterio las condiciones que marcaremos para esta zona:

CONDICIONES VERANO	
Temperatura operativa	25,0 °C
Humedad relativa	50%

CONDICIONES INVIERNO	
Temperatura operativa	21,0 °C
Humedad relativa	50%

-Zona Servicios

Para esta zona, también las condiciones de temperatura y de humedad relativa vendrán marcadas por el RITE en su IT 1.1.4.1.2, tabla 1.4.1.1. ,sabiendo que su utilización será salas de control y Office (el pasillo se climatizará parcialmente).

Según este criterio las condiciones que marcaremos para esta zona:

CONDICIONES VERANO	
Temperatura operativa	25,0 °C
Humedad relativa	50%

CONDICIONES INVIERNO	
Temperatura operativa	21,0 °C
Humedad relativa	50%

5.3. MÉTODO DE CARGAS TÉRMICAS PARA REFRIGERACIÓN

En este apartado calcularemos las estimaciones de carga térmica para verano.

Desde un punto de vista general, el cálculo térmico de verano de una instalación de climatización, consiste en determinar las aportaciones de calor sensible y de calor latente del recinto que se quiere acondicionar.

Las fuentes de calor sensible más comunes son:

- Calor por radiación solar en vidrios, muros y techos que estén en contacto con el exterior.

- Calor por transmisión de los diferentes cerramientos (muros y techos exteriores, muros, techos, suelos, puertas y ventanas interiores) que conforman el recinto, debido a la diferencia de temperatura entre su parte exterior e interior.

- Calor sensible por aportaciones internas de los locales, generalmente iluminación, ocupación y disipaciones de potencia.

- Calor sensible debido a las ventilaciones y/o infiltraciones de local.

Por otro lado, las fuentes de calor latente normalmente se corresponden con:

- Vapor emitido por las personas que se encuentran en el recinto.

- Vapor introducido por las aportaciones de aire exterior.

- vapor generado dentro del local por procesos que se produzcan en su interior.

5.3.1.CONDICIONES DE TRABAJO PARA REFRIGERACIÓN

En el apartado 3.1 y 3.2, hemos definido las condiciones tanto exteriores, como interiores de trabajo, con la determinación de dos magnitudes, que es lo mínimo que necesitamos para definir un punto de trabajo en el diagrama Psicométrico (Diagrama de Mollier)

Con la ayuda de este, determinaremos todas las demás magnitudes de la mezcla aire-vapor, que necesitaremos en las hojas de cálculo para verano. Así tendremos:

Tipo Aire	Tª Seca (°C)	Tª húmeda (°C)	H relativa (%)	H. absoluta (g/Kg)	Entalpia (Kcal/Kg)
Aire exterior	33,9	22,8	39,0	13,2	15,8
A. int	26,0	19,2	55,0	11,5	13,0

Exposición.					
A. int Social	25,0	17,9	50,0	9,9	11,9
A. Int Servicios	25,0	17,9	50,0	9,9	11,9
A. int Vitrina	23,0	16,2	50,0	8,9	10,8

Las magnitudes en negrita son las dos que nos definen el punto de trabajo.

5.3.2.CALOR SENSIBLE

Las cargas térmicas por calor sensible vendrán dadas por, calor por radiación solar en superficies de vidrio, calor por transmisión y radiación por techos y paredes en contacto con el exterior, calor por transmisión a través de paredes, techos, puertas y ventanas interiores, así como de suelos, calor por infiltración

En el anexo 2, apartado 1.1, viene explicados como se calculan cada una de estas aportaciones.

Las aportaciones de calor sensible de nuestro proyecto generadas por radiación en vidrios, radiación y transmisión en fachadas y cubiertas exteriores, así como por paredes y puertas interiores son iguales que las que podemos encontrar en los proyectos de climatización. Al igual que las aportaciones de calor sensible por ventilación (la infiltración no la consideramos, localmente levemente sobrepresionado), y por aportaciones internas, consideradas la iluminación, la ocupación humana y los aparatos, principalmente eléctricos, las podemos considerar habituales en los estudios de climatización.

Comentamos dos apartados que consideramos peculiares en este estudio de climatización, para sus cargas en verano.

El primero son las transmisiones de calor sensible por los suelos.

El suelo de todo nuestro local está encima de la planta garaje, por lo que la temperatura equivalente la hemos sacado, suponiendo que el local, garaje, es un habitáculo sin climatizar.

Por otro lado, además de tener los suelos distintas composiciones, para las distintas zonas (exposición, social, servicios y vitrina), hemos hecho una subdivisión en la zona de exposición. Para esta zona hemos considerado tres suelos diferenciados, que serán las zonas de paso, los canales y los jardines. Así ya hemos incluido las pérdidas por conducción y convección en las zonas de jardines y canales de agua, además de por supuesto las zonas de estancia de personas (madera).

El segundo de los puntos, aparece en las aportaciones internas, donde tenemos una concentración, además bastante elevada, de otros seres vivos, las plantas que aportan calor (sensible y latente), a nuestro recinto. En este apartado comentaremos la aportación de calor sensible.

Como se comenta en el anexo 2, en el apartado 1.1.1.5., las plantas son seres vivos que con radiación solar realizan la fotosíntesis, que se corresponde a la siguiente reacción,

Anhídrido carbónico + agua + luz solar => azúcares + oxígeno

Por lo que será bueno para nuestro local, ya que tendremos una aportación extra de Oxígeno, además de la que entra por la renovación de aire.

Hacemos notar que nuestro local no tiene radiación solar directa (no hay claraboyas, ni zonas acristaladas por donde entre el sol, únicamente las puertas de acceso), se realiza de forma artificial por medio de iluminación ultravioleta y germicida.

Pero las plantas, son seres vivos, que respiran y lo hacen, con ausencia de luz y con ella. La reacción de respiración de una planta se corresponde con:

Azúcares + oxígeno => anhídrido carbónico + agua + energía liberada

Por lo que vemos, es una reacción en la que se desprende energía, parte de esta, es destinada a las actividades energéticas internas de la planta y la otra parte, liberada al exterior en forma de calor sensible y latente. Esta será la parte que tenemos que contabilizar en nuestra hoja de cálculo, ya que tenemos una densidad de plantas alta.

Para contabilizar ese calor sensible, desprendido por una planta al respirar, primero veremos la cantidad de plantas que tiene nuestro local. Así, tendremos:

-Jardines horizontales, son los que se encuentran en el plano horizontal.

Según la memoria de ejecución del Arquitecto, están formados por plantas del tipo, Asplenium, Begonia Elatior, Chrysanthemum, Coleo Solenostenum, Kalanchoe, Pilea Cadieri, Saintpaulia Ionantha.

Este tipo de planta es de hoja y flor (son las que dan color al jardín)

La superficie horizontal que necesita para poderse desarrollar favorablemente, es de 0,0225 m². Por lo que en 1m², tendremos:

$1/0,0225=44,444$ plantas, es decir 44 plantas por m² de superficie de jardín horizontal

Sabiendo que la superficie total de jardines horizontales es de 130,47 m²

$44*130,47=5.740,68$, por lo que tendremos 5.741 plantas aproximadamente

-Jardines verticales, son los que se encuentran en el plano vertical.

De igual modo, según la memoria de ejecución del Arquitecto, están formados por plantas del tipo, Hedera Helix, Hiedra

Este tipo de planta es de hoja y son las que dan el color verde a algunas paredes del recinto.

La superficie vertical que necesita para poderse desarrollar favorablemente este tipo de planta es menor, que en el caso anterior, es de 0,01 m². Por lo que en 1m², tendremos:

$1/0,01=100$ plantas, es decir 100 plantas por m² de superficie de parapeto vertical

Sabiendo que la superficie vertical disponible es de 50,07x4,5 (altura), hacen un total de 225,32 m²

$100*225,32=22.532$, por lo que tendremos 22.532 plantas aproximadamente.

Por lo que tendremos un total de plantas de 28.272, que es una población importante.

Para calcular, el calor sensible que desprende una planta, no existe mucha bibliografía, ya que los invernaderos no se climatizan. Existen referencias a ello en el cálculo de frío industrial, en el apartado de cámaras de conservación.

Para nuestro caso una buena aproximación, será considerar la aportación de 2,2 Kcal/h por Kg de planta.

Calculamos los Kg de plantas que tenemos,

-Jardines horizontales

El peso medio de las plantas que forman los jardines horizontales, sin contar tiesto, ni tierra, es de 250 gr.

Por lo tanto,

$$\text{Peso total plantas horizontales} = 5.741 * 250 \text{ gr} = 1435250 \text{ gr} = 1.435,25 \text{ Kg}$$

-Jardines verticales

El peso medio de las plantas que forman los jardines horizontales, sin contar tiesto, ni tierra, es de 200 gr., son mas pequeñas que las horizontales.

Por lo tanto,

$$\text{Peso total plantas horizontales} = 22.532 * 200 \text{ gr} = 4506400 \text{ gr} = 4.506,40 \text{ Kg}$$

Por lo tanto, el peso total de plantas es de 5.941,65 kg

Por lo tanto el calor sensible considerado en la hoja de cálculo será de:

$$Q_{sp} = 2,2 \text{ Kcal/h Kg} * 5.942 \text{ kg} = 13.072,40 \text{ Kcal/h}$$

Como vemos esta aportación de calor es importante, como para no tenerse que tener en cuenta.

5.3.3.CALOR LATENTE

Las cargas térmicas por calor latente vendrán dadas por, por el aporte de humedad de las infiltraciones y la ventilación del local y por las aportaciones de calor latente internas al local.

En el anexo 2, es su apartado 1.2, viene detallado como debe calcularse estas aportaciones de calor latente.

Las aportaciones de calor latente generadas por ventilación (infiltración, como ya hemos comentado anteriormente no existe porque sobrepresionamos el local) y por aportaciones internas por ocupación humana y aparatos eléctricos internos a local que produzcan calor latente (fregaplatos, nevera y bombas de recirculación de agua), son los normales a cualquier hoja de calculo de un sistema de climatización para verano.

Pero, para nuestro proyecto, existen dos puntos, de aportación de calor latente que no son habituales en los estudios de climatización y que comentamos a continuación, que son las aportaciones de calor latente por la ocupación de seres vivos plantas y el calor latente por evaporación de la lámina superficial de los canales de agua.

-Calor latente por plantas

Como hemos comentado anteriormente, en el calor sensible por aportación de plantas, las plantas respiran con o sin luz. La reacción de respiración, como hemos indicado se corresponde, con:

Azúcares + oxígeno => anhídrido carbónico + agua + energía liberada

En este proceso de respiración, las plantas transpiran, evaporando el agua y aportándolo al interior del local.

Al igual que en el caso de calor latente, para contabilizar este calor aportado al ambiente, se realiza por Kg de planta. El valor utilizado en los cálculos es de 1,8 kca/h Kg.

Sabiendo que tenemos un total de 5.942 kg, el calor sensible aportado por las plantas será de:

$$Q_{sp} = 1,8 \text{ Kcal/h Kg} * 5.942 \text{ kg} = 10.695,60 \text{ Kcal/h}$$

Al igual que ocurría en el apartado de calor sensible, esta aportación de calor es muy importante.

-Calor latente por evaporación de agua en los canales

El agua de la superficie de los canales se evapora por efecto del aire que existe en el ambiente. La evaporación de esta lámina de agua será tanto mayor cuando más turbulenta sea la interacción y cuanto mayor sea la velocidad del aire sobre la superficie del agua.

Para nuestro caso, consideraremos que la interacción no es turbulenta, ya que los canales poseen un leve movimiento de agua que no produce turbulencia, y la única posible se daría en la bomba de recirculación que es muy pequeña.

La velocidad del aire sobre la lámina también será pequeña, ya que evitaremos que el aire de impulsión saliente de las toberas incida sobre los canales. Además se impulsa desde una altura de 8,20 metros, con lo cual la velocidad en el suelo, será muy pequeña.

Para el cálculo de la masa evaporada de agua, existen muchas fórmulas que dan resultados muy dispares. Vamos a utilizar la fórmula de Bernier, muy utilizada en el cálculo de piscinas climatizadas.

La fórmula de Bernier para agua sin agitación viene dada por:

$$Me = S * 16 * (We - Ga * Was), \quad \text{donde,}$$

Me es la masa de agua evaporada en Kg/h
S es la superficie de la lámina del agua en contacto con el aire ambiente en m²
We es la humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del agua
Ga es el grado de saturación (Humedad relativa del ambiente) en tanto por 1
Was es la humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del aire

Aplicamos la fórmula a nuestro caso.

Vamos a considerar que estamos en régimen estacionario, y que el agua ha tomado la temperatura del aire, cuya consigna es 26°C, por lo que ambos estarán a 26°C.

La superficie total de los canales de de 104,19 m²

La humedad absoluta de aire saturado a temperatura del agua (26°C) y la de aire saturado a temperatura del agua (26°C) será la misma e igual a 0,0213 Kg agua/kg aire

La humedad relativa de consigna es del 55% (consigna interior)

Por lo tanto el caudal de agua evaporada vendrá dado por:

$$Me = 104,19 \cdot 16 \cdot (0,0213 - 0,55 \cdot 0,0213) = 15,97 \text{ Kg/h}$$

Para saber el calor latente que supone esta masa de aire evaporada, se realiza mediante,

$$Q_{\text{evap}} = Me \text{ g/h} \cdot C_v (26^\circ\text{C})$$

Cv es el calor de vaporización del agua a 26°C que se corresponde con 0,6 (Kcal/h)h/g

Por lo que tendremos,

$$Q_{\text{evap}} = Me \text{ g/h} \cdot C_v (26^\circ\text{C}) = 15,97 \cdot 0,6 = 9.582 \text{ Kcal/h}$$

Por lo tanto, vemos que también es un aporte importante de calor latente.

La masa de agua que se evapora del canal, hay que reponerla, si no queremos que el canal se quede seco. La reposición del agua, debería ser recalentada de red hasta los 26°C, para no enfriar toda la masa de agua existente y no perder más calor. En nuestro caso será así, y el agua de reposición vendrá calentada a 26°C, por lo que no consideraremos aportaciones de calor para calentamiento de canal.

Para evitar estas pérdidas de calor por evaporación, una tarea de mantenimiento importante sería la de tapar la superficie de los canales con mantas térmicas, que no dejen evaporarse el agua, durante las horas y días de no aperturas al público.

5.3.4.DATOS OBTENIDOS PARA REFRIGERACIÓN

La carga térmica de refrigeración se realiza mediante las hojas de cálculo donde están representados todos los balances de energía existentes, explicados detalladamente en el anexo 2.

Por otro lado, es importante observar que los diferentes componentes que forman la carga térmica total varían a lo largo de las 24 horas del día, por lo que será necesario calcular para una misma zona, distintas hojas de carga térmica en las horas más problemáticas, para luego compararlas y tomar la más desfavorable.

También, es importante ver que las cargas máximas de zonas que van a ser climatizadas con el mismo equipo, no tienen porque coincidir en el tiempo, por lo que se puede aplicar un coeficiente de simultaneidad.

Las hojas de cálculo térmico para refrigeración aparecen en el anexo 2, en su apartado 1.4, calculadas para las distintas zonas.

Los resultados obtenidos por zonas son:

a) Zona Exposición

La carga de refrigeración obtenida la representamos en la siguiente tabla:

SUPERFICIE m2	C. SENSIBLE Kcal/h	C. LATENTE Kcal/h	*C.TOTAL (Kcal/h)	C.TOTAL (kW)	C.TOTAL (W/M2)
433,23	48.989,22	31.589,60	84.067,76	97,75	225,64

* En el total de calor está contabilizadas las aportaciones del 5% que hemos tomado como margen de seguridad

La primera conclusión que vemos es que nos salimos de los ratios normales de 100 W/m2, porque como bien hemos visto la zona de exposición es un recinto con unas características "no normales", donde las plantas y los canales le dan el carácter especial.

También observamos, que el calor latente es importante, de hecho es casi el 40% del calor total, debido a la evaporación que se produce en los canales.

Este hecho es importante para la refrigeración, pero lo será mucho más para calefacción, como veremos.

Si observamos las pérdidas de calor, según donde se producen, obtenemos la siguiente tabla:

Tipo de Pérdida	Calor Total (Kcal/h)	Calor Total (KW)	%
Rad. Vidrios	5.601,90	6,51	6,95
Rad y trans	3.746,16	4,36	4,65
Ocupación	9.944,00	11,56	12,34
Plantas	23.768,00	27,64	29,50
Iluminación	8.011,76	9,32	9,94
Aparatos div.	2.350,00	2,73	2,92
Canales	9.582,00	11,14	11,89
Ventilación	17.575,00	20,43	21,81

Observando la tabla, nos damos cuenta que las aportaciones más importantes son la ventilación (como siempre ocurre) y las plantas, ya que su densidad es elevada.

Los rangos de ocupación (15% al 25%), de iluminación (10%-20%) y aparatos diversos (5% al 10%), se cumplen en sus rangos mínimos.

Para compensar estos rangos mínimos, aparece la carga latente de los canales, por evaporación de su agua con un aporte de calor que ronda el 12%.

Como curiosidad de la hoja de carga de frío para esta zona, decir que en transmisión de calor aparecen flujos negativos, que son aportes de frío, pertenecientes a la pared y vidrio de comunicación con la vitrina, ya que estas estarán funcionando las 24 horas, pero a distinta consigna de temperatura, estando más fría a 23°C la vitrina.

Por otro lado, se pensó que cuando se regaran las plantas, aparecerían nuevas cargas (se genera calor latente) y podría ser una situación más desfavorable que la considerada. Pero se desestimó por las siguientes consideraciones:

1. El sistema de riego es por goteo, es decir, por gota directamente a la zona donde la planta tiene la raíz, lo que evita encharcamientos de la tierra, no generándose playas, que puedan evaporar agua y evaporaciones directas, como puede ser el riego por aspersión.
2. Se realiza por la noche y en horas de no ocupación, por lo que tenemos el margen del calor latente de ocupación, para utilizarlo en esta etapa (5.192 Kcal/h)
3. El control de temperatura, en esta franja no es tan importante, ya que no hay ocupación (confort de personas)
4. Si se dispara momentáneamente la humedad relativa, tampoco es importante, porque no hay ocupación (confort de personas), excepto por las condensaciones en la vitrina, que siempre van a estar controladas.

Un aumento de la humedad relativa al 80%, manteniendo la temperatura a 26°C, supone una temperatura de rocío de 22°C, muy cerca a la de la vitrina que es 23°C, lo que nos supondría una alerta y subir rápidamente la temperatura de la vitrina.

(Esto lo veremos en el apartado de control. Nunca se dejará que los límites se acerquen tanto. Por otro lado, siempre estamos a tiempo de que alguien de mantenimiento limpie el cristal, antes de la apertura al público)

Después de este paréntesis, indicar que la hoja más desfavorable para frío, de esta zona es la adjunta.

b) Zona Social

La carga de refrigeración obtenida para esta zona es:

SUPERFICIE m2	C. SENSIBLE Kcal/h	C. LATENTE Kcal/h	*C.TOTAL (Kcal/h)	C.TOTAL (kW)	C.TOTAL (W/M2)
82,24	5.704,50	3.811,00	9.991,28	11,62	121,50

* En el total de calor está contabilizadas las aportaciones del 5% que hemos tomado como margen de seguridad

Para este caso estamos dentro de los ratios normales de 100 W/m2. Es un poco superior, porque la ocupación es alta, tenemos 41 personas en 82, 24 m2.

Para este caso, el calor latente también es del 40% del calor total, debido a esa ocupación de personas alta.

Las pérdidas de calor, según donde se producen, vienen dadas por la siguiente tabla:

Tipo de Pérdida	Calor Total (Kcal/h)	Calor Total (KW)	%
Rad. Vidrios	0	0	0,00
Rad y trans	301,10	0,35	3,16
Ocupación	3.649,00	4,24	38,35
Plantas	0	0	0,00
Iluminación	326,4	0,38	3,43
Aparatos div.	282,00	2,73	2,96
Canales	0	0	0,00
Ventilación	4.957,00	5,76	52,09

Observando la tabla, nos damos cuenta que las aportaciones más importantes son la ventilación (como siempre ocurre) y las ocupación, que como hemos comentado en el apartado anterior, se sale un poco de lo normal.

El rango de iluminación y aparatos diversos, es pequeño y ronda el 5%.

Como curiosidad, indicar que igual que pasaba en la zona de exposición, aquí también aparecen flujos de calor con signo menos, es decir aportaciones de frío, ya que la vitrina estará funcionado 24 horas a 23°C, lo que significa que esta perderá frío hacia la pared de la zona social.

Hacemos notar, que en esta zona también se han realizado las hojas de cálculo de frío por separado, de las tres zonas que la conforman, recepción, estar y sala de juntas, para saber como sería la distribución en caso de que una zona se utilizase y las otras no. Los resultados son:

ZONA	SUPERFICIE m2	C. SENSIBLE Kcal/h	C. LATENTE Kcal/h	*C.TOTAL (Kcal/h)	C.TOTAL (kW)	C.TOTAL (W/M2)
Recepción	22,44	1.733,85	1.026,52	2.898,39	3,37	129,16
Estar	33,03	2.899,60	1.852,36	4.989,56	5,80	151,06
Sala	26,77	1.639,68	932,12	2.700,39	3,14	100,87

* En el total de calor está contabilizadas las aportaciones del 5% que hemos tomado como margen de seguridad

Estos datos nos dan idea como se distribuyen las cargas térmicas dependiendo de la zona, indicándonos, como es lógico, que la zona de mas ocupación, será la que demandará más frío.

Si hacemos la suma de las tres partes, no nos da el total realizado por la hoja de cálculo única, ya que existen pérdidas por las mamparas hacia la otra estancia sin climatizar, no contabilizadas en la hoja total.

Hoja única	Suma de 3 hojas	Diferencia
9.991,28	2.898,39	
	4.989,56	
	2.700,39	
	10.588,34	597,06 (5,6%)

c) Zona Servicios

La carga de refrigeración obtenida para esta zona es:

SUPERFICIE m2	C. SENSIBLE Kcal/h	C. LATENTE Kcal/h	*C.TOTAL (Kcal/h)	C.TOTAL (kW)	C.TOTAL (W/M2)
21,36	2.910,94	1.268,00	4.387,89	5,10	238,87

* En el total de calor está contabilizadas las aportaciones del 5% que hemos tomado como margen de seguridad

En este caso, también sobrepasamos los ratios normales de 100 W/m2. En las zonas servicios, como ya veremos se debe a las aportaciones de los equipos situados en el cuarto de control y a los electrodomésticos de la zona Office.

El calor latente, supondrá el 30% del calor total, cantidad que es la habitual, para casos donde no exista gran ocupación.

Las pérdidas de calor, según donde se producen, vienen dadas por la siguiente tabla:

Tipo de Pérdida	Calor Total (Kcal/h)	Calor Total (KW)	%
Rad. Vidrios	0	0	0,00
Rad y trans	275,04	0,32	6,58
Ocupación	226,00	0,26	5,41
Plantas	0	0	0,00
Iluminación	258,00	0,30	6,17
Aparatos div.	1.437,50	1,67	34,40
Canales	0	0	0,00
Ventilación	1.982,40	2,31	47,44

Observando la tabla, nos damos cuenta que las aportaciones más importantes son la ventilación (como siempre ocurre) y en este caso por aportaciones de aparatos diversos, ya que tenemos el cuarto de control, donde están los aparatos de control, que desprenden mucho calor y el office, donde se ubican algunos electrodomésticos que también aportan calor.

El rango de iluminación y la ocupación en este caso es bajo, rondando el 5%.

Al igual que en la zona Social, en esta zona hemos realizado las hojas de cálculo de frío por separado, de las dos zonas que se climatizan que la conforman, zona de control y office, para saber como sería la distribución en caso de que una zona se utilizase y la otra no. Los resultados son:

ZONA	SUPERFICIE m2	C. SENSIBLE Kcal/h	C. LATENTE Kcal/h	*C.TOTAL (Kcal/h)	C.TOTAL (kW)	C.TOTAL (W/M2)
S Control	7,43	1.507,09	534,20	2.143,35	2,49	288,47
Office	6,34	1.147,95	734,20	1.976,26	2,30	311,71

* En el total de calor está contabilizadas las aportaciones del 5% que hemos tomado como margen de seguridad

De nuevo, mediante estos datos podemos saber la distribución de las cargas térmicas dependiendo de la zona, indicándonos, como es lógico, que la zona más grande necesitará más aporte de energía para refrigerar.

Si hacemos la suma de las dos partes obtenemos:

Hoja única	Suma de 2 hojas	Diferencia
4.387,89	2.143,35	
	1.976,26	
	4.119,61	-268,28 (6,1%)

En este caso, la suma de las partes sale menor, que el total, porque no hemos considerado la superficie del vertedero y del pasillo, que están levemente climatizadas.

d) Zona Vitrina

Esta zona, la podemos considerar como un caso especial, ya que está exenta de muchas aportaciones normales que aparecen en la hojas de frío.

Vemos y analizamos los datos:

SUPERFICIE m2	C. SENSIBLE Kcal/h	C. LATENTE Kcal/h	*C.TOTAL (Kcal/h)	C.TOTAL (kW)	C.TOTAL (W/M2)
10,63	821,26	309,60	1.187,40	1,38	111,70

* En el total de calor está contabilizadas las aportaciones del 5% que hemos tomado como margen de seguridad

Aunque sea un caso especial, cumplimos el ratio normal de 100 W/m2.

El calor latente, supondrá el 27,38% del calor total, cantidad que es la habitual, para casos donde no exista gran ocupación.

Las pérdidas de calor, según donde se producen, vienen dadas por la siguiente tabla:

Tipo de Pérdida	Calor Total (Kcal/h)	Calor Total (KW)	%
Rad. Vidrios	0	0	0,00
Rad y trans	371,00	0,43	32,81
Ocupación	0	0	0,00
Plantas	0	0	0,00
Iluminación	134,16	0,16	11,86
Aparatos div.	0	0	0,00
Canales	0	0	0,00
Ventilación	625,70	0,73	55,33

Observando los valores de la tabla, nos damos cuenta que la ventilación es la máxima pérdida de calor y que luego le sigue la transmisión a través de las paredes a la zona social y ala zona exposición y sobre todo, a través del cristal a la zona exposición.

Por otro lado, el rango de iluminación se mantiene en los ratios normales de casi el 12%.

5.3.5.RESUMEN DE CARGAS PARA REFRIGERACIÓN

Las cargas máximas totales de refrigeración serán:

ZONA	SUPERFICIE m2	*C.TOTAL (Kcal/h)	C.TOTAL (kW)	C.TOTAL (W/M2)
EXPOSICIÓN	433,23	84.067,76	97,75	225,64
SOCIAL	82,24	9.991,28	11,62	121,50
SERVICIOS	21,36	4.387,89	5,10	238,87
VITRINA	10,63	1.187,40	1,38	111,70
TOTAL	547,46	99.634,33	115,85	

5.4. MÉTODO DE CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN

En este apartado calcularemos las estimaciones de carga térmica para Invierno.

En una primera instancia, vamos a tratar las cargas térmicas de calefacción como se realizan habitualmente para los "casos normales" y luego aplicaremos las peculiaridades que tenemos en cada zona y que tendremos que tener en cuenta.

Desde un punto de vista general, el cálculo térmico de Invierno de una instalación de climatización funcionando en calefacción, consiste en determinar:

-Las pérdidas o ganancias térmicas de calor sensible a través de los cerramientos con el exterior o con zonas no climatizadas

-Las pérdidas de calor sensible por infiltración y/o ventilación del local.

-Las aportaciones de calor sensible que se puedan dar en el interior del local (iluminación, ocupación, aparatos interiores al local)

Una vez determinadas las hojas de carga con estos puntos, trataremos de forma independiente cada zona, determinando en cada una de ellas sus peculiaridades.

5.4.1.CONDICIONES DE TRABAJO

Al igual que ocurría en refrigeración, en el apartado 3.1 y 3.2, se han definido las condiciones exteriores e interiores de trabajo para Invierno (calefacción),

con la determinación de dos magnitudes, que es lo mínimo que necesitamos para definir un punto de trabajo en el diagrama Psicométrico (Diagrama de Mollier)

Al igual que hicimos anteriormente, con la ayuda del diagrama Psicométrico, vamos a determinar las demás magnitudes de la mezcla aire-vapor, que necesitaremos conocer para las hojas de cálculo para Invierno. Así tendremos:

Tipo Aire	Tª Seca (°C)	Tª húmeda (°C)	H relativa (%)	H. absoluta (g/Kg)	Entalpía (Kcal/Kg)
Aire exterior	-1,8	-2,8	70,0	2,6	1,2
A. int Exposición.	21,0	15,6	55,0	8,8	10,2
A. int Social	21,0	14,5	50,0	7,4	9,8
A. Int Servicios	21,0	14,5	50,0	7,4	9,8
A. int Vitrina	18,0	12,0	50,0	6,0	8,1

5.4.2.DATOS OBTENIDOS PARA CALEFACCIÓN

La carga térmica de calefacción la hemos hecho mediante hojas de cálculo donde están representados **sólo** los balances de energía explicados en el punto anterior, y que se detallan en el anexo 2, apartado 2.

Todas las hojas de cálculo térmico para calefacción aparecen en el anexo 2, en su apartado 2.3, calculadas para las distintas zonas.

Los resultados obtenidos por zonas son:

a) Zona Exposición

La carga de calefacción obtenida por la hoja será:

SUPERFICIE m2	*C.TOTAL (Kcal/h)	C.TOTAL (kW)	C.TOTAL (W/M2)
433,23	50.463,86	58,68	135,45

* En el total de calor está contabilizadas las aportaciones del 5% que hemos tomado como margen de seguridad

Esta es la demanda máxima de calefacción, en un punto posterior la volveremos a analizarla y corregir.

Si observamos las pérdidas de calor, según donde se producen, obtenemos la siguiente tabla:

Tipo de Pérdida	Calor Total (Kcal/h)	Calor Total (KW)	%
transmisión	12.816,24	14,90	27,94
Ventilación	33.060,00	38,44	72,06

Vemos que la máxima aportación de energía para calentar va a ser la ventilación. Es decir tenemos que invertir mucha energía en calentar el aire exterior para lanzarlo al local. Será del 72% del total.

La otra pérdida es la de los cerramientos del local, donde en esta zona son importantes porque tenemos, dos fachadas y la cubierta que comunican con el exterior.

En este apartado no se analiza el calor latente, lo haremos en un apartado más adelante.

b) Zona Social

La carga de calefacción calculada inicialmente, se corresponde con:

SUPERFICIE m2	*C.TOTAL (Kcal/h)	C.TOTAL (kW)	C.TOTAL (W/M2)
82,24	8.068,16	9,38	114,08

* En el total de calor está contabilizadas las aportaciones del 10% que hemos tomado como margen de seguridad

Las pérdidas de calor, según donde se producen, vienen dadas por la siguiente tabla:

Tipo de Pérdida	Calor Total (Kcal/h)	Calor Total (KW)	%
transmisión	722,69	0,84	9,85
Ventilación	6.612,00	7,69	90,15

Observando la tabla, vemos que la entrada de aire exterior es la pérdida de calor más grande, como siempre ocurre, y que en este caso es del 90%.

La otra pérdida se corresponde con la transmisión a través de los cerramientos que será del 10%

Como curiosidad, indicar que hay paredes del recinto que no transmiten por estar a la misma temperatura 21°C (y además lo está las 24 horas del día en Invierno).

Al igual que hicimos en refrigeración, realizamos la hoja de cálculo de calor por separado, de las tres zonas que la conforman, recepción, estar y sala de juntas, para saber como sería la distribución en caso de que una zona se utilizase y las otras no. Los resultados son:

ZONA	SUPERFICIE m2	*C.TOTAL (Kcal/h)	C.TOTAL (kW)	C.TOTAL (W/M2)
Recepción	22,44	2.473,39	2,88	128,17
Estar	33,03	4.461,16	5,19	157,05
Sala	26,77	2.333,91	2,71	101,38

* En el total de calor está contabilizadas las aportaciones del 10% que hemos tomado como margen de seguridad

Estos datos nos dan idea de por donde se pierde más calor. Podemos observar que la zona donde se pierde más calor es la del medio (Estar) porque esta rodeada de dos zonas que no estarán climatizadas, mientras que los otros dos locales darán alguna de las paredes a la zona exposición que estará a 21°C las 24 horas.

Si hacemos la suma de las tres partes, no nos da el total realizado por la hoja de cálculo única, ya que existen pérdidas por las paredes anteriormente nombradas, que se corresponden con las mamparas de separación entre locales.

Hoja única	Suma de 3 hojas	Diferencia
8.068,16	2.473,39	
	4.461,16	
	2.333,91	
	9.268,46	1.200,3 (12,59%)

c) Zona Servicios

La carga de calefacción obtenida para esta zona es la siguiente:

SUPERFICIE m2	*C.TOTAL (Kcal/h)	C.TOTAL (kW)	C.TOTAL (W/M2)
21,36	3.634,58	4,23	197,86

* En el total de calor está contabilizadas las aportaciones del 10% que hemos tomado como margen de seguridad

Las pérdidas de calor, según donde se producen, vienen dadas por la siguiente tabla:

Tipo de Pérdida	Calor Total (Kcal/h)	Calor Total (KW)	%
transmisión	659,36	0,77	20,00
Ventilación	2.644,80	3,08	80,00

Observando la tabla, nos damos cuenta que las aportaciones más importantes son la ventilación (como siempre ocurre) que en este caso es del 80% y el resto serán pérdidas por transmisión (20%)

Al igual que en la zona Social, en esta zona hemos realizado las hojas de cálculo de calor por separado, de las dos zonas que se climatizan que la conforman, zona de control y office, para saber como sería la distribución en caso de que una zona se utilizase y las otras no. Los resultados son:

ZONA	SUPERFICIE m2	*C.TOTAL (Kcal/h)	C.TOTAL (kW)	C.TOTAL (W/M2)
S Control	7,43	1.741,58	2,03	272,56
Office	6,34	1.622,70	1,89	297,61

* En el total de calor está contabilizadas las aportaciones del 10% que hemos tomado como margen de seguridad

De nuevo, mediante estos datos podemos saber la distribución de las cargas térmicas dependiendo de la zona, indicándonos, como es lógico, que la zona más grande necesitará más aporte de energía para calentar.

Si hacemos la suma de las dos partes obtenemos:

Hoja única	Suma de 2 hojas	Diferencia
3.634,58	1.741,58	
	1.622,70	
	3.364,28	-270,38 (7,44%)

En este caso, la suma de las partes sale menor, que el total, porque no hemos considerado la superficie del vertedero y del pasillo, que está levemente calentado.

d) Zona Vitrina

Esta zona vuelve a ser un caso especial, puesto que va a recibir aportaciones de calor.

Tres de las paredes de vitrina, incluida la cristalera, dan a la zona exposición, y esta estará funcionando las 24 horas manteniendo una temperatura de 21°C, por lo que siempre le aportará calor.

Los datos obtenidos de la hoja de cálculo son:

SUPERFICIE m2	*C.TOTAL (Kcal/h)	C.TOTAL (kW)	C.TOTAL (W/M2)
10,63	417,89	0,49	45,71

* En el total de calor está contabilizadas las aportaciones del 10% que hemos tomado como margen de seguridad

Vemos que la cantidad de calor que se necesita para mantener su temperatura es mínima.

Las pérdidas de calor, como veremos a continuación, se deben a la pequeña ventilación que realizamos.

Tipo de Pérdida	Calor Total (Kcal/h)	Calor Total (KW)	%
Transmisión	-194,30	-0,23	-51,15
Plantas	0	0	0,00
Canales	0	0	0,00
Ventilación	574,20	0,67	151,15

5.4.3.RESUMEN DE CARGAS DE CALEFACCIÓN

Las cargas máximas totales de calefacción sin hacer ningún ajuste serán:

ZONA	SUPERFICIE m2	*C.TOTAL (Kcal/h)	C.TOTAL (kW)	C.TOTAL (W/M2)
EXPOSICIÓN	433,23	50.463,86	58,68	135,45
SOCIAL	82,24	8.068,16	9,38	114,08
SERVICIOS	21,36	3.634,58	4,23	197,86
VITRINA	10,63	417,89	0,49	45,71
TOTAL	547,46	62.584,49	72,78	

5.4.4.CONSIDERACIONES SOBRE LOS DATOS DE CALEFACCIÓN

En este apartado vamos a estudiar detalladamente los datos de calefacción de cada zona, para ver si es necesario hacer algún ajuste.

a) Zona Exposición

-Calor Sensible

Nos hemos puesto en la hoja de calefacción en el punto más desfavorable posible para pérdidas de calor sensible en nuestro recinto. El día más frío, entrando todo el caudal de aire exterior y sin ningún tipo de aportación interior.

La primera consideración importante, es que nuestro local puede estar vacío, es decir sin ocupación, sin iluminación y sin aparatos de aportación de calor sensible interior, pero no podemos hacer que las plantas se vayan, por lo que estas están y son un aporte de calor sensible (inicialmente) importante.

El aporte de las plantas venía dado por:

$$Q_{sp} = 2,2 \text{ Kcal/h Kg} * 5.942 \text{ kg} = 13.072,40 \text{ Kcal/h}$$

Por si ha existido algún error de cálculo, no vamos a considerar toda la aportación, pero si un 60% de ella.

Por lo que, podemos reducir la cantidad de calor total sensible en -7.843,44 Kcal/h.

-Calor Latente

El calor latente que podemos tener en invierno en el local es importante y será:

Calor latente fijo

$$\text{Plantas- } Q_{lp} = 1,8 \text{ Kcal/h Kg} * 5.942 \text{ kg} = 10.695,60 \text{ Kcal/h}$$

$$\text{Canales- } Q_{evap} = M_e \text{ g/h} * C_v (26^\circ\text{C}) = 15,97 * 0,6 = 9.582 \text{ Kcal/h}$$

$$\text{Calor latente fijo} = 20.277,60 \text{ Kcal/h}$$

Calor latente variable (ocupación)

Caso más desfavorable máxima ocupación-88 personas

$$Q_{smax \text{ ocup}} = 88p * 59 \text{ Kcal/h p} = 5.192,00 \text{ Kcal/h}$$

En el caso más desfavorable, tendremos un calor latente total de 25.469,60 kca/h, que tendremos que secar.

Como vemos, nos movemos en un ambiente húmedo que necesita quitar humedad en invierno.

La forma más fácil de quitar humedad es introduciendo aire exterior que esté más seco, que el que tenemos nosotros.

Nos ponemos en las condiciones de la hoja de cálculo, donde el aire exterior está a -1,8°C con un humedad relativa del 70%, que nos da una Humedad absoluta de 2,6 gr vapor/kg aire seco y el interior a 21°C y humedad relativa del 55%, con una humedad absoluta de 8,8 gr de vapor / kg aire seco.

Nuestro caudal máximo de ventilación es de 5000 m3/h

$$\text{Calor latente que podemos extraer} = (2,6-8,8) * 5000 * 1,2 * 0,6 = -22.320,00 \text{ kcal/h}$$

Vemos que la cantidad de aire exterior es insuficiente, aunque la cantidad de aire exterior que nos haría falta para secar completamente es pequeña. Con introducir 705,56 m3/h nos bastaría.

Pero las condiciones del aire exterior son muy favorables en este caso para secar. Buscamos unas condiciones menos óptimas (fuente AEMET), que se pueden dar en condiciones de Invierno.

Mes de Marzo, $T_{ext\ seco} = 10,9^{\circ}\text{C}$ y $H_{relativa} = 60\% \Rightarrow H_{absoluta} = 4,9 \text{ Gr vapor/Kg aire seco}$

Calor latente que podemos extraer = $(4,9-8,8) \cdot 5000 \cdot 1,2 \cdot 0,6 = -14.040,00 \text{ kcal/h}$

En este caso, la diferencia ya no es tan pequeña y la cantidad de aire a introducir será de $4.070,37 \text{ m}^3/\text{h}$, prácticamente el doble del que teníamos.

Pensando en ahorro energético, sabiendo que el aire exterior, como hemos visto anteriormente, es uno de los que más aportes energéticos conlleva, ya que debemos calentarlo hasta las condiciones interiores, además que hará que el equipo a utilizar sea más grande, lo que supone mas consumos eléctricos y espacio de sus componentes, buscaremos otra forma de deshumectar.

La forma mas común y la que vamos a utilizar, será utilizando una batería de frío, de esta forma el aire experimenta un enfriamiento sensible que disminuye la temperatura y un enfriamiento latente con pérdida de humedad por haber alcanzado la temperatura de rocío. Una vez que tenemos el aire que ha perdido la humedad deseada, lo tendremos que calentar para devolverlo a las condiciones iniciales (de retorno) y después volverlo a calentar para vencer las pérdidas propias del recinto. Estos cálculos se verán más adelante en el diseño de la instalación de climatización.

b) Zona de Social

Es una zona de gran ocupación para la superficie que tiene, 41 personas en sus $82,24 \text{ m}^2$.

Puede darse la circunstancia de que se demande frío, en época de Invierno. Buscamos el caso más desfavorable (fuente AEMET)

Mes de Abril $T^{\circ} \text{seca} = 13^{\circ}\text{C}$ y $H_{rel} = 58\%$

Hoja de calculo = $(Q_{tr} + Q_v) = 274,37 + (21-13) \cdot 1000 \cdot 0,29 = 2.594,37 \text{ Kcal/h}$ (se necesitan para llegar a los 21°C)

La ocupación máxima, junto con el alumbrado y aparatos dan $= 2.822,40 \text{ Kcal/h}$

Por lo que el calor que genera toda la ocupación, junto con la iluminación y aparatos es superior al que necesitamos, lo que significa que ese calor sensible comenzará a subir la temperatura, irremediablemente si no aportamos frío.

La solución que tomaremos cuando esto ocurra será introducir aire exterior, en cámara, lo llamado free-cooling

c) Zona social

Puede ocurrir algo parecido al apartado anterior, pero con los aparatos que disipan calor.

Para el mes de Abril, con $T^{\circ} \text{seca} = 13^{\circ}\text{C}$ y $H_{rel} = 58\%$

Hoja de cálculo = $*(275,04)+(21-13)*500*0,29=1.435,04$ Kcal/h

Calor sensible por aparatos + ocupación +iluminación=1.603,50 Kcal/h

Al igual que en el caso anterior, el calor sensible generado es superior al que se pierde, por lo que para mantener la temperatura es necesario enfriar. La solución será la misma, que en el caso anterior.

c) Zona de vitrina

La zona de vitrina en invierno está a 18°C y todas las zonas que le rodean a 21°C, lo que significa, que una vez se consiga las temperaturas consigna, las demás zonas le cederán calor, por lo que para estar a 18°C, siempre necesitará aporte de aire frío, aunque este sea muy pequeño.

Se han hecho estas aclaraciones en el tema de calor, porque presentadas las hojas de calefacción, pueden generar ideas equivocadas.

Además dichos ajustes, servirán para tomar decisiones importantes sobre los diseños adoptados y no servirán más adelante para calcular el estudio económico.

6. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

El sistema de climatización se diseña, teniendo en cuenta las características de las zonas a climatizar, la actividad a realizar en su interior, sus exigencias ambientales de confortabilidad, seguridad, rendimiento y ahorro energético, y en base a las potencias térmicas demandadas, todo ello explicado en capítulos anteriores.

El recinto que nos ocupa, lo hemos dividido en cuatro zonas, subdivididas en función del uso que le damos a la zona (Exposición, Social, Servicios y Vitrina).

Pero si atendemos a las exigencias medioambientales de confortabilidad, podemos decir que las cuatro zonas se quedan reducidas a dos, que claramente debemos climatizar independientemente. Vamos a proponer el diseño así, únicamente en dos zonas y si no cumplimos las exigencias, la dividiremos en más.

La primera zona, es la que hemos denominado Zona Exposición

La característica más importante de esta zona es, que al estar llena de canales de agua y plantas, va a ser una zona que elevará considerablemente el nivel de humedad dentro del local y que tendremos que controlar con el climatizador en Verano y en Invierno, tanto con el diseño de su batería como con el caudal de aire a mover, además de considerar su aporte en calor sensible.

Su altura libre es de 8,20 metros, aunque a nivel +6,00 metros dispondremos de un techo de religa que ocultará las instalaciones.

La ocupación de personas no será muy elevada, debido al diseño de las pasarelas y plataformas, que sólo permitirán 88 personas de ocupación máxima.

El nivel de confort será alto y se controlará a través de sonda de temperatura y de humedad, así como dispondrá de una sonda de CO₂ de control por el tema de la respiración de las plantas.

La segunda zona a tratar, la denominaremos como suma de las tres zonas restantes zona Social + zona Servicios + zona Vitrina

Las tres zonas estarán totalmente aisladas de la anterior, por lo que los niveles de humedad no serán tan altos.

La altura libre será de 4,5 metros en la zona Social, 2,40 metros en la zona servicios y 6,0 metros en la zona Vitrina, todas ellas dotadas de falsos techos para pasar instalaciones.

La ocupación en la zona Social será alta, servicios media y vitrina nula.

El nivel de confort será alto en la zona Social, en las demás zonas no es tan importante.

La regulación será a través de sonda de temperatura interna a cada zona a climatizar.

Es importante señalar, que la vitrina tendrá sobre su cristal una sonda de temperatura en la zona de comunicación con la zona exposición. Esa temperatura estará registrada y controlada en todo momento, para que siempre sea superior a la de rocío de la zona exposición.

6.1. CIRCUITO PRIMARIO

Como ya hemos comentado en capítulos anteriores nuestro recinto expositivo está dentro de un complejo formado por más recintos expositivos, todos ellos de características muy distintas, en cuanto a tamaño y distribución, y por lo tanto con necesidades energéticas distintas.

El diseño inicial del complejo, lleva consigo una centralización de muchas de las instalaciones. Una de ellas es la producción de frío y calor.

Es decir, que el conjunto tiene una Central de frío y calor, que va a generar agua fría y/o agua caliente, en unas condiciones y se encarga de suministrarla y transportarla hasta la entrada de nuestro local.

Cada local, tiene que comunicar a la Central cual es la potencia máxima de refrigeración y cual es la potencia máxima en calefacción, y si demanda de ambas en todas las estaciones del año.

Para nuestro caso, la demanda máxima calculada es de

ZONA	SUPERFICIE m ²	*C.TOTAL (Kcal/h)	C.TOTAL (kW)	C.TOTAL (W/M ²)
VERANO	0	0	0	211,62
INVIERNO	0	0	0	132,93

Además, demandaremos agua caliente en verano, para calentar el agua de red de entrada a los canales, y que esté permanezca constantemente a 26°C.

Y por supuesto demandaremos agua fría en invierno, principalmente para quitar calor latente en la zona exposición.

Por lo tanto, el agua será calentada y/o enfriada en la central y enviada a unas subestaciones que serán comunitarias a varios recintos, en realidad un intercambiador de placas del cual saldrá el agua impulsada a cada local según la potencia máxima demandada.

Las condiciones de entrega del agua son:

AGUA	IMPULSIÓN °C	RETORNO (°C)	SALTO TÉRMICO
FRÍA	7	15,5	8,5
CALIENTE	90	60	30

Contaremos con dos acometidas, una de agua fría y otra de caliente a dos tubos cada una (impulsión y retorno) y se instalarán dos contadores independientes que nos indicarán el consumo de cada una de ellas.

6.2. CIRCUITO SECUNDARIO

Denominaremos circuito secundario, a todo el circuito hidráulico que vamos a desarrollar dentro de nuestro local, partiendo de las llaves de corte de fachada.

Tendremos dos circuitos secundarios, prácticamente iguales, uno para el circuito que va a las baterías de agua caliente de los climatizadores y otro circuito el que va a las baterías de agua fría de los mismos climatizadores.

A partir de este momento definimos uno de los circuitos secundarios, el de agua fría, sabiendo que el otro es prácticamente igual.

Dotaremos al circuito secundario, de depósito de expansión y de separador de burbujas y lodos, así como de bomba en el circuito de impulsión.

La bomba de impulsión para nuestro circuito secundario, será una bomba de rotor seco capaz de mover el caudal de agua estimado en m³/h, hasta el punto final de circuito.

Después, subdividiremos el circuito, para dar servicio a los dos climatizadores, uno el que da servicio a la zona exposición y otro que da servicio a la zona Servicios, Social y Vitrina, conjuntamente.

Para controlar el caudal que pasa por cada tubería de entrada después de la subdivisión, se dispondrá de un K-flow, regulador automático de caudal, con cartucho interior de acero inoxidable, que estará calibrado y verificado en fábrica para el caudal nominal deseado (Qn), trabajando dentro de su rango de presión. Estos dispositivos son muy importantes, para aportar a cada batería el caudal que necesita y también lo es, en el caso especial, de que se produzca el cierre de la válvula de control del climatizador grande, lo que supondría un paso del caudal que no va este climatizador por el otro. El K-flow, no lo permite y sólo deja pasar para lo que está regulado.

Una vez controlado el caudal de entrada a cada climatizador, se dotará a cada uno de los subcircuitos de válvulas de tres vías proporcionales para el control de cada uno de los climatizadores.

Situaremos, purgadores, sondas, termómetros, manómetros diferenciales, manguitos antivibratorios, etc a lo largo del circuito hidráulico secundario, así como llaves de corte, todos ellos conexiónados con tubo negro de hierro, del

diámetro correspondiente y debidamente aislado con armaflex para interior de espesor según RITE.

Se adjunta esquema donde puede verse todo el circuito hidráulico secundario.

6.3. CLIMATIZADORES

Como hemos definido anteriormente en la descripción del sistema de instalación adoptado, debido a que tenemos dos zonas independientes a climatizar, tendremos que tener dos climatizadores adecuados a cada una de las zonas.

El climatizador de la zona Exposición, ha sido calculado según la carga calorífica estimada (calor latente y calor sensible) y las condiciones interiores demandadas, para Invierno y para Verano. Está dotado de dos baterías independientes, de calor y frío, que pueden estar funcionando perfectamente a la vez. Este caso se dará en invierno, cuando se necesite deshumectar.

El caudal que debe mover también es importante, ya que en todos los volúmenes donde exista masa de agua evaporada, es conveniente que no existan masas de aire estancado, que puede enfriarse y producir condensación. Por ello es conveniente que se asegure una tasa de recirculación entre 4 y 8 veces el volumen del recinto.

También estará dotado de toma de aire exterior, que será levemente superior a la extracción calculada, para que el local siempre esté sobrepresionado.

Se instalará en cuarto de máquinas, sito en el altillo superior de la zona de servicios, tal como puede verse en el plano de la instalación.

El climatizador de la zona Social+Servicios+Vitrina, al igual que el anterior, ha sido calculado según la carga calorífica estimada (calor latente y calor sensible) y las condiciones interiores demandadas de las tres zonas, con prioridad absoluta la temperatura de rocío de la vitrina, luego confort en la zona Social y por último la zona Servicios.

Este climatizador también estará dotado de 2 baterías, una para calefacción y otra para frío según las potencias demandadas.

También tendrá toma de aire exterior, que volverá a ser levemente superior a la extracción calculada.

6.4. DISTRIBUCIÓN DE AIRE

Al igual, que los climatizadores son distintos para ambas zonas, la distribución de aire también lo es, debido a los elementos constructivos y ornamentales de cada zona y a las condiciones de confort deseadas.

6.4.1 DISTRIBUCIÓN DE AIRE-ZONA EXPOSICIÓN

La zona Exposición está dotada de una altura libre total de 8,20 metros. A la altura de 6,00 metros se dispondrá de un falso techo, tipo religa metálica, que servirá para ocultar instalaciones. La distribución de aire proyectada, tiene que ser capaz de lanzar aire hasta el nivel de suelo, soplando desde una altura de 7,00 metros y con la religa interpuesta en su camino. Por eso en el diseño de distribución de aire de esta zona se van a utilizar toberas de largo alcance.

Debido a la humedad que se generará en el habitáculo, ya que en él se disponen canales de agua y multitud de plantas a distintas alturas, se necesitará generar corrientes de aire y llegar a cada rincón del habitáculo, para reducir la humedad generada en el local y evitar en lo posible masa de aire estancada que nos produzcan condensaciones. Por eso en el diseño se soplará lateralmente y el retorno se realizará por el centro. En el soplado, se evitará que las venas de aire incidan sobre los canales de agua, para evitar favorecer la evaporación y también se evitará el soplado directo sobre plantas, para que estas no se mueran. Tendremos que soplar sobre las zonas de paso, ya que las personas no permanecen quietas en el recorrido, y la velocidad residual a 1,50 metros del suelo será mínima.

Habiendo explicado las anteriores generalidades, diremos que el aire tratado por la unidad climatizadora será enviado a una red de conductos de impulsión realizados en chapa aislada (para evitar condensaciones) de distintas secciones según el caudal a tratar. El aislamiento de la chapa, se realizará con manta IBR-AL en 55 mm con malla de sujeción. La manta IBR-AL es una manta de vidrio, aglomeradas con resinas termoendurecibles pegadas por una de sus caras a papel Kraft de aluminio alquitranado que actúa como soporte y barrera contra el vapor.

La conexión entre boca de salida del climatizador y la red de conductos de impulsión estará dotada de lona antivibratoria, que reducirá en lo posible la transmisión de vibración a la red de impulsión.

Se han diseñado tres ramales de impulsión principales de sección constante, aunque exista descarga de aire, que recorrerán los extremos del pabellón siempre por encima de la religa que hace de falso techo. Para asegurarnos un caudal constante, en cada uno de estos tres ramales, instalaremos a la entrada de cada uno de ellos, un regulador de caudal, que estará tarado a un caudal nominal.

Una vez que tenemos el aire tratado conducido a cada ramal de impulsión, su salida al habitáculo a climatizar, se realizará mediante toberas de largo alcance instaladas directamente sobre el conducto rectangular de chapa. Estas toberas serán de largo alcance, realizadas en chapa de acero, girables y orientables, con chapa perforada para garantizarnos una distribución homogénea del aire. Su disposición a lo largo de los tres conductos de impulsión queda reflejada en el plano de distribución de aire.

Por otro lado, el aire de retorno será conducido de nuevo al climatizador, mediante una red de conducción de retorno, realizada en fibra, del denominado Climaver Neto, que tiene grandes propiedades de aislamiento acústico. Se retornará por una única conducción de retorno, que discurrirá por

la parte central de la nave, siempre por encima de la religa que hace de falso techo. La sección de la conducción, en este caso, dependerá del caudal que transporte en cada tramo el conducto. La aspiración del aire, se realizará mediante rejillas de retorno situadas en los laterales del conducto de retorno. Las rejillas de retorno serán rectangulares dotadas de marco de montaje. Dichas rejillas estarán fabricadas en aluminio anodizado con lamas en horizontal y fijas y dotadas de compuerta de regulación manual.

6.4.2-DISTRIBUCIÓN DE AIRE-ZONA SOCIAL, SERVICIOS Y VITRINA

La zona Social, dispone de una altura libre total de 6,00 metros, pero a diferencia de la anterior zona, estará dotada de un falso techo real, que nos limitará la altura a 4,50 metros. Además recordaremos que esta zona es de acceso de personas y aislada de la zona Exposición, por lo que la distribución de aire debe ser lo más silenciosa y discreta posible, por eso se ha proyectado realizarla mediante difusores lineales colocados en uno de los laterales de la estancia.

La zona Servicios, dispone de una altura libre total de 3,00 metros, pero estará dotada de un falso techo real, que nos limitará la altura a 2,40 metros. Esta zona es restringida, no de público, por lo que la distribución de aire debe ser funcional y no vistosa, por lo que se realizará con difusores rotacionales de techo, en sección circular, sujeto con puente de montaje.

La zona Vitrina, dispone de una altura libre total de 6,00 metros, con falso techo y falso suelo de religa metálica, de 50 cm. para ocultar instalaciones e iluminación. El soplado de la impulsión de aire se realizará sobre ese techo de religa sin ningún tipo de elemento intermedio.

Tras la breve explicación anterior comentaremos, que el aire tratado por la unidad climatizadora será enviado a una red de conductos de impulsión, esta vez realizados en fibra, de la denominada Climaver plus.

La conexión entre boca de salida del climatizador y la red de conductos de impulsión se realizará con lona antivibratoria, que reducirá en lo posible la transmisión de vibración a la red de impulsión.

Tendremos tres ramales de impulsión de aire, de sección variable dependiendo del caudal que transporte, para dar servicio a las tres zonas.

La salida del aire tratado del conducto de la zona Social, se realizará mediante difusores lineales dispuestos sobre el falso techo de la zona, conectados entre sí, formando las tres zonas internas en las que queda subdividida. Los difusores lineales estarán realizados en aluminio con frontal en 50 mm y con dos ranuras de salida de aire. Estarán dotados de plenum de conexión en chapa y compuerta de regulación.

La conexión de cada uno de los difusores lineales al conducto de impulsión, se realizará mediante conducto flexible aislado sujeto con bridas y con salida en conducto mediante collarín circular de la misma sección que el conducto flexible.

Por otro lado, el aire de retorno de esta zona será conducido de nuevo al climatizador, mediante una red de conducción de retorno, realizada también en fibra, de la denominada Climaver Plus. Se retornará por una única conducción de retorno, que discurrirá por el otro extremo de la zona Social. La sección de la conducción será constante. La aspiración del aire, se realizará mediante rejilla de retorno lineal, que se dispondrá a lo largo de las tres zonas que forman el habitáculo de la zona Social. Dichas rejillas estarán fabricadas en aluminio anodizado con lamas en horizontal y fijas y dotadas de compuerta de regulación manual. Y con marco de montaje.

La salida del aire tratado del conducto de la zona Servicios, se realizará mediante difusores rotacional de ejecución circular dispuestos sobre el falso mediante puente de montaje, uno en la zona de de control, otro en Office y un último en la zona de pasillo. Estarán dotados de plenum de conexión en chapa y compuerta de regulación.

La conexión de cada uno de los difusores rotacionales al conducto de impulsión, se realizará mediante conducto flexible aislado sujeto con bridas y con salida en conducto mediante collarín circular de la misma sección que el conducto flexible.

Por otro lado, el aire de retorno de esta zona será conducido de nuevo al climatizador, mediante una red de conducción de retorno, realizada también en fibra, de la denominada Climaver Plus. Se retornará por una única conducción de retorno, que discurrirá por la zona servicios. La sección de la conducción será constante. La aspiración del aire, se realizará mediante rejilla rectangular de láminas fijas, realizada en aluminio anodizado dispuesta en cada uno de los habitáculos de la zona Servicios.

La impulsión de aire de la zona vitrina se realizará mediante conducto de impulsión realizado en fibra, climaver Plus, escondido en falso techo de religa y soplando directamente sobre él.

La aspiración se realizará por la parte baja de la vitrina que está dotada de falso suelo de religa, que vuelve a ser para esconder las instalaciones. Tampoco colocaremos ningún elemento de retorno.

6.5. SISTEMA DE CONTROL DE LA INSTALACIÓN

Tendremos un único autómata capaz de controlar toda la instalación.

Por un lado, tendremos las sondas de retorno de las dos zonas dispuestas en los climatizadores, que en función de las consignas marcadas de temperatura, actuarán sobre la regulación de la temperatura de impulsión de aire en el climatizador, variando el caudal de agua de entrada a la batería del climatizador, mediante una electroválvula de tres vías con un actuador-servo.

La temperatura consigna de la zona exposición se marcará desde el autómata y la de la zona Social, se dejará en la zona a climatizar, marcado en el autómata su valor máximo y mínimo.

En el caso del climatizador de la zona Exposición, se dispondrá además, de una regulación en frecuencia del caudal de salida de impulsión (Convertidor ABB), que será capaz de regular el caudal de la turbina en función de la potencia demandada.

Tendremos una sonda de humedad en ambiente, que actuará sobre el climatizador de la zona Exposición.

Tendremos también una caja de mezcla de aire de climatizador y de aire exterior, regulada por sonda de temperatura para la zona Vitrina, sita en el cristal.

Y por último tendremos una sonda de CO₂, que será la encargada de activar la cabina de extracción y tomas de aire, aunque estas también pueden ser activadas por la humedad del ambiente interior (siempre que el aire exterior esté mas seco) y por la temperatura interior (siempre que tengamos que enfriar con aire exterior).

7. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

Una vez que tenemos definido el sistema de climatización que vamos a proyectar, necesitamos dimensionar y buscar los equipos comerciales que cumplan con nuestros dimensionados.

A continuación iremos definiendo todos los elementos que forman nuestro sistema de climatización.

7.1. CLIMATIZADORES

Tenemos dos climatizadores, uno para cada zona a climatizar.

7.1.1 CLIMATIZADOR ZONA EXPOSICIÓN

a) REFRIGERACIÓN

-Los datos obtenidos por las hojas de cálculo para la potencia máxima en refrigeración eran:

C. SENSIBLE Kcal/h	C. LATENTE Kcal/h	*C.TOTAL (Kcal/h)	C.TOTAL (kW)
48.989,22	31.589,60	84.067,76	97,75

-El caudal de toma de aire exterior es de 5.000 m³/h

-El caudal que debemos mover con el climatizador debe ser entre 4 y 8 veces el volumen total de aire

Volumen total= 443,23*8=3.552,49 m³

Volumen de aire mínimo = 3.552,49*4=14.537,94 m³/h

Volumen de aire máximo = 3.552,49*8=29.075,88 m³/h

Con estos datos, debemos definir el climatizador, que viene determinado por su batería y por su ventilador.

El equipo elegido es un climatizador modular, marca TROX, serie TKM-53 de potencia frigorífica **98.246** frig/h y caudal nominal de **19.200**m³/h.

Dicho climatizador modular, estará formado por bastidor de perfil de aluminio extruido y paneles de cierre, tipo sándwich de 25 mm, con chapa galvanizada en la cara interior y chapa prelavada en el exterior de color rojo. Dispondrá también de puertas de intervención con manecillas de apertura rápida.

Los módulos que formarán el climatizador serán:

Módulo Climatizador- Que es el climatizador en sí, donde se aloja el ventilador, la batería y el filtro

Módulo Silenciador-Donde se aloja el silenciador de Impulsión (Opcional)

Módulo Climatizador

Las dimensiones de este módulo serán:

Anchura = 2.085 mm

Longitud = 2.700 mm

Altura = 1.560 mm

Peso aprox = 1069 Kg

Adicionalmente podemos indicar que este climatizador posee:

-Ventilador ADH 560(L)

Potencia = 750 w

Velocidad de giro = 1.500 r.p.m.

Caudal = 19.2000 m³/h

Nivel sonoro = 83 dB(A), antes de silenciador.

Presión disponible = 20 mm ca

Regulación de caudal a través de frecuencia (Convertidor de frecuencia ABB)

-Batería de frío construida con tubo de cobre y aletas de aluminio

Batería de agua fría 20T 6R 1.800

Capacidad térmica = 98.246 Kcal/h

Caudal aire = 19.200 m³/h

Condiciones de entrada/salida de aire:26°C-55%HR/ 14,0°C-97%HR

Velocidad del aire = 2,5 m/s

Condiciones de entrada/salida de agua: 7,0°C / 15,5°C

Pérdida de carga del agua = 2,66 mca

-Filtro

El filtro es plano modelo F718

Clase según UNR EN 779

Pérdida de carga = 15 mm ca

Módulo Silenciador (Opcional)

Las dimensiones de este módulo serán:

Anchura = 2.085 mm

Longitud = 1.700 mm

Altura = 1.560 mm

Peso aprox = 400 Kg

El nivel sonoro de salida en impulsión con silenciador es de 65 dB(A)

a) CALEFACCIÓN

-Los datos obtenidos por las hojas de cálculo para la potencia máxima en calefacción eran:

C. TOTAL (kcal/h)	C.TOTAL (Kw)
50.463,86	58,68

-El calor latente efectivo a eliminar con la batería de frío es de 27.385,68 kcal/h

-El caudal de toma de aire exterior es de 5.000 m³/h y el caudal a mover 19.200 m³/h

Tomaremos el mismo climatizador que antes y añadiremos una batería nueva de calefacción en serie con la de frío.

Sabemos que el caudal de aire a deshumidificar es:

Caudal aire desh = calor sens efec / (0,29*incr temp °C) = 11.658,44 m³/h

Incr temp °C = (1-bf)*(t amb-tr) = 8,1

bf para esta instalación la definíamos como 0,1

$T_{amb}=t_{ret} = 21^{\circ}\text{C}$ y Trocío (21°C y 55%)= 12°C

Para calcular a que temperatura sale de la batería el aire, haremos,

$19.200 \text{ m}^3/\text{h} = (11.658,44 \cdot 8,1) / (21 - t_{salida})$

$t_{salida} = 16,08^{\circ}\text{C}$ (al 97%)

Necesito calentar hasta los 21°C que estaba.

Tenemos una mezcla de aire:

0,1% del caudal a 21°C y 55%, que son $19,2 \text{ m}^3/\text{h}$

Resto a $16,08^{\circ}\text{C}$ al 97%, que son $19.180,80 \text{ m}^3/\text{h}$

Para simplificar cálculos, despreciamos el 0,1% y tomamos toda la masa de aire a condiciones de salida.

$Q_{añadido} = \text{caudal} \cdot c_p \text{ aire} \cdot (21 - 16,08) = 19.200 \cdot 0,24 \cdot 4,92 = 22.671,36 \text{ Kcal/h}$
(que hay que sumar al calor sensible que ya teníamos)

Por lo que la nueva batería de calefacción tendrá que darnos:

Tipo de calor	C. TOTA (Kcal/h)	C.TOTAL (Kw)
Inicial	50.463,86	58,68
recalentar	22.671,36	26,36
TOTAL	73.135,22	85,04

-Batería de calefacción construida con tubo de cobre y aletas de aluminio

Batería de agua caliente

Capacidad térmica = 81.216 Kcal/h

Caudal aire = $19.200 \text{ m}^3/\text{h}$

Condiciones de entrada/salida de aire: 21°C -55%HR/ $32,10^{\circ}\text{C}$

Condiciones de entrada/salida de agua: 90°C / 60°C

Se adjunta en el anexo 3, en el apartado climatizadores el esquema del climatizador.

7.1.2 CLIMATIZADOR ZONA SOCIAL, SERVICIOS y VITRINA

Este climatizador por potencia y caudal será un climatizador Standard.

-Los datos obtenidos por las hojas de cálculo para la potencia máxima en refrigeración y calefacción eran:

ZONA	SUPERFICIE m ²	*C.TOTAL (Kcal/h) FRIO	C.TOTAL (kW) FRIO	*C.TOTAL (Kcal/h) CALOR	C.TOTAL (kW) CALOR
SOCIAL	82,24	9.991,28	11,62	8.068,16	9,38
SERVICIOS	21,36	4.387,89	5,10	3.634,58	4,23
VITRINA	10,63	1.187,40	1,38	417,89	0,49
TOTAL	114,23	15.566,57	18,1	12.120,63	14,1

-El caudal de toma de aire exterior es de 1.500 m³/h

-En este caso el caudal del climatizador no es tan importante, sólo nos tiene que satisfacer las necesidades de distribución de aire para conseguir temperatura.

Al igual que en la otra zona, el climatizador ha sido calculado según la carga calorífica estimada, en frío y calor, y las condiciones interiores demandadas.

Para este caso, el climatizador elegido será un climatizador Standard, marca Trox, Serie TBSN, modelo TBSN-50, con batería de frío de potencia frigorífica **15.725 frig/h** y batería de calor de potencia calorífica **16.632 Kcal/h**, caudal nominal de 3500m³/h.

Dicho climatizador estará construido por un bastidor autoportante de perfil de aluminio con paneles de tipo sándwich de 25 mm de espesor y aislamiento de espuma de poliuretano.

Las dimensiones de este climatizador serán:

Anchura = 1.800 mm

Longitud = 1.125 mm

Altura = 475 mm

Boca de impulsión = 1.000x260 mm

Boca de retorno = 1.000x210 mm

Peso aprox = 200 Kg

Adicionalmente podemos indicar que este climatizador posee:

-Ventilador centrífugo de doble oído con motor

Potencia = $2 \times 373 \text{ w}$

Tensión = 230 v

Frecuencia = 50 hz

Intensidad nominal = $2 \times 3 \text{ A}$

Velocidad de giro = 1.380 r.p.m.

Caudal = 3.500 m³/h

Nivel sonoro = 53 dB(A).

Grado de protección IP31

Clase de aislamiento F.

-Batería de frío construida con tubo de cobre y aletas de aluminio

El climatizador tendrá una batería de 4 filas de tubos.

-Batería de calor construida con tubo de cobre y aletas de aluminio

El climatizador tendrá una batería de 1 fila de tubos.

-Filtro con marco metálico

El filtro del climatizador será de la clase G3.

Se adjunta en el anexo 3, en el apartado climatizadores las características técnicas del climatizador elegido.

7.2. DISTRIBUCIÓN DE AIRE Y ELEMENTOS DE DIFUSIÓN

Una vez definidas las unidades de tratamiento de aire, sabemos los caudales de aire que tenemos que mover para cada una de las zonas.

En este apartado vamos a definir las conducciones y los elementos de difusión, para cada una de las zonas.

7.2.1 ZONA EXPOSICIÓN

La zona de exposición tiene un caudal a mover de 19.200,00 m³/h.

La distribución de aire de impulsión se hace perimetralmente, por tres conductos de sección constante, realizados en chapa galvanizada aislados. El caudal de entrada a cada uno de los conductos está regulado, para que siempre sea proporcional a la constancia que se ha marcado, es decir, que si distribuimos el caudal nominal de la turbina entre los tres conductos según necesidades, y después por motivos de control, la turbina baja de revoluciones y manda menos caudal, se debe mantener la proporcionalidad, aunque el caudal sea menor que el inicial.

La distribución de caudal por conductos de impulsión será:

-conducto lateral cuarto de máquinas

caudal = 900 m³/h.

Regulado por Regulador de caudal de aire para volumen constante, marca Trox, serie EN de 300x100, tarado en fábrica para este caudal, pudiendo trabajar entre los límites de 234 m³/h y 936 m³/h.

-conducto lateral medianera izquierda

caudal = 12.000 m³/h.

Regulado por Regulador de caudal de aire para volumen constante, marca Trox, serie EN de 600x600, tarado en fábrica para este caudal, pudiendo trabajar entre los límites de 3.024 m³/h y 12.096 m³/h.

-conducto lateral medianera derecha

caudal = 6.300 m³/h.

Regulado por Regulador de caudal de aire para volumen constante, marca Trox, serie EN de 600x400, tarado en fábrica para este caudal, pudiendo trabajar entre los límites de 1.836 m³/h y 7.344 m³/h.

Se entrega documento de características generales y selección de manual de Trox, en apartado anexo 3.

La sección de conducto será constante, para cada uno de los ramales, lo que implica que todos los elementos que se dispongan para impulsar deben tener la misma pérdida de carga y los ramales deben ser lo más rectos posible, para tampoco añadir pérdida de carga.

Las secciones de los conductos se han calculado por el método de pérdida de carga constante e igual 0.06 mm ca/m.

Las secciones de los conductos serán:

-conducto lateral cuarto de máquinas

caudal = 900 m³/h. => conducto rectangular de sección 150x450mm

-conducto lateral medianera izquierda

caudal = 12.000 m³/h. => conducto rectangular de 600x700 mm

-conducto lateral medianera derecha

caudal = 6.300 m³/h. => 300x700

Los conductos se diseñan con la altura más grande que la anchura, para poder colocar bien las toberas.

El conducto de impulsión, tendrá que estar pintado en negro, para que desde el suelo a través de la religa no se vea.

Su montaje se realizará mediante pletina y varilla a falso techo, colocándose refuerzos en la secciones que lo necesiten siempre cumpliendo con la normativa que marque el fabricante.

Las distribución de aire se realizará por tobera de largo alcance. Para cada ramal de aire tendremos:

conducto lateral cuarto de máquinas

caudal = 900 m³/h.

2 toberas de largo alcance, marca Trox, Serie Due, construida en chapa de acero, girable y orientable, en ejecución Standard, con chapa perforada para distribución homogénea de caudal y acabado en pintura Ral 9005, modelo DUE-V-0-LB/200/0/0/S1/9005-GE20

El caudal de tobera será de 450 m³/h

-conducto lateral medianera izquierda

caudal = 12.000 m³/h. =>

27 toberas de largo alcance, marca Trox, Serie Due, construida en chapa de acero, girable y orientable, en ejecución Standard, con chapa perforada para distribución homogénea de caudal y acabado en pintura Ral 9005, modelo DUE-V-0-LB/200/0/0/S1/9005-GE20

El caudal de tobera será de 444,44 m³/h

-conducto lateral medianera derecha

caudal = 6.300 m³/h

13 toberas de largo alcance, marca Trox, Serie Due, construida en chapa de acero, girable y orientable, en ejecución Standard, con chapa perforada para distribución homogénea de caudal y acabado en pintura Ral 9005, modelo DUE-V-0-LB/200/0/0/S1/9005-GE20

El caudal de tobera será de 484,62 m³/h

El Ral indicado 9005, se corresponde con el negro, para ocultarse en el falso techo. La tobera estará dotada de una chapa perforada, que permite una mejor distribución del aire.

Se entrega características técnicas de manual de Trox, en el anexo 3.

Por otro lado, la conducción de retorno se realizará por el centro del local, será de material climaver Neto, de propiedad muy absorbentes frente al ruido (se adjunta hoja de características técnicas en anexo 3), y la sección dependerá del caudal que arrastre.

La tabla de secciones según caudal, con pérdida de carga constante, será:

caudal	Pérdida carga	Sección circular	Sección rectangular
19.200	0,08	85	100x60
16.800	0,08	80	85x60
12.000	0,08	70	70x60
9.600	0,08	65	70x50
7.200	0,08	60	60x50
4.800	0,08	52	55x40
2.400	0,08	40	45x30

Al igual que el conducto de impulsión, se pintará en negro, para que no sea visto desde el suelo.

Las rejillas que se colocarán serán, rejillas de retorno, marca Trox, Serie AR-AG, en aluminio anodizado de lamas fijas y con compuerta de regulación, de 625x225 incluido marco. Se colocarán dos, por cada tramada del conducto de sección constante, uno a cada lado y en total serán 16 rejillas. También se pedirán en Ral 9005 (negro). El caudal de retorno por rejilla será de 1.200 m³/h.

7.2.2 ZONA SOCIAL, SERVICIOS Y VITRINA

El caudal del climatizador 2, que es de 3.500 m³/h se comparte para las tres zonas. La distribución vendrá dada por:

ZONA	POTENCIA EN FRIO	CAUDAL DE AIRE	AJUSTE AIRE
Social	9.991,28	2.246,48	2.425
Servicios	4.387,89	986,58	900
Vitrina	1.187,40	266,98	175

Con esta distribución de aire, pasamos a explicar el cálculo en cada una de las zonas.

-ZONA SOCIAL

La zona social dispone de un caudal de 2.425,00 m³/h.

Este caudal debe ser de nuevo dividido, en función de las tres zonas a climatizar:

ZONA	POTENCIA EN FRIO	CAUDAL DE AIRE	AJUSTE AIRE
Recepc.	2.898,39	663,81	700
Estar	4.989,56	1.142,74	1.025
Sala	2.700,39	618,45	700

La distribución de aire de impulsión se hace por uno de los perímetros, por el que está más cercano a la pared medianera. Se vuelve a realizar a sección constante, puesto que tenemos la misma pérdida de carga en todos los elementos de difusión, por ser iguales.

El conducto de impulsión se realizará en material climaver Neto (ya nombrado anteriormente), de sección 50x30. La conexión a cada uno de los elementos de difusión, se realizará mediante conducto flexible aislado de diámetro 200 mm, sujeto con bridas y con salida en conducto mediante collarín circular de la misma sección que el conducto flexible.

Los elementos de difusión, serán difusores lineales, adaptados a cada una de las zonas, así tendremos:

-Zona recepción

3 Difusores lineales, marca Trox, Serie VSD50, en aluminio, con frontal de 50 mm y 2 ranuras de impulsión, con plenum de conexión, compuerta de regulación y marco perimetral, frontal pintado en Ral 9010, modelo VSD50-2-AK-/1000x198x0/0/B00/S1/9010-GE50/WB/0/00

En total hace 3 mts de difusor lineal.
El caudal por elemento será de 233,33 m³/h.

-Zona Estar

5 Difusores lineales, marca Trox, Serie VSD50, en aluminio, con frontal de 50 mm y 2 ranuras de impulsión, con plenum de conexión, compuerta de regulación y marco perimetral, frontal pintado en Ral 9010, modelo VSD50-2-AK-/1000x198x0/0/B00/S1/9010-GE50/WB/0/00

En total hace 5 mts de difusor lineal.
El caudal por elemento será de 205 m³/h.

-Zona recepción

3 Difusores lineales, marca Trox, Serie VSD50, en aluminio, con frontal de 50 mm y 2 ranuras de impulsión, con plenum de conexión, compuerta de regulación y marco perimetral, frontal pintado en Ral 9010, modelo VSD50-2-AK-/1000x198x0/0/B00/S1/9010-GE50/WB/0/00

En total hace 3 mts de difusor lineal.
El caudal por elemento será de 233,33 m³/h.

El retorno, se realizará por el lado opuesto, también por techo, mediante rejilla lineal, adaptada a las dimensiones de la cada una de las zonas. El conducto también será de sección constante (50x30) realizado en climave Neto.

En total tendremos, 8 Rejillas lineales de retorno, Marca Trox, Serie AH-0-AG, en aluminio anodinado, con lamas fijas horizontales y compuerta de regulación de 1025x75 incluido marco de montaje, que nos darán un total de 8,20 mts.

El caudal de absorción de aire por metro de rejilla de retorno será de 295,73 m³/h.

-ZONA SERVICIOS

La zona Servicios, dispone de un caudal de 900 m³/h.

Este caudal debe ser de nuevo dividido, en función de las dos zonas a climatizar:

ZONA	POTENCIA EN FRIO	CAUDAL DE AIRE	AJUSTE AIRE
Control	2.143,35	468,25	470
Office	1.976,26	431,75	430

La distribución de aire de impulsión se lleva por el falso techo, siendo el conducto de climaver Neto, de sección rectangular y adecuado a la cantidad de aire a transportar.

La difusión, será mediante difusor rotacional de techo de sección circular.

El conducto de retorno será también de material climaver Neto se sección rectangular y la rejilla de retorno de techo.

Según las zonas tendremos:

-Zona Control

Caudal de aire de 470 m³/h

Conducto de impulsión y retorno de medidas 22x20

1Difusor rotacional de techo, sección circular, marca Trox, modelo VDW-R/500x24+puente de montaje

1 Rejilla de retorno, Marca Trox, Serie AR-A, en aluminio anodinado, con lamas fijas horizontales de 525x125 incluido marco de montaje

-Zona Office

Caudal de aire de 430 m³/h

Conducto de impulsión y retorno de medidas 20x20

1Difusor rotacional de techo, sección circular, marca Trox, modelo VDW-R/500x24+puente de montaje

1 Rejilla de retorno, Marca Trox, Serie AR-A, en aluminio anodinado, con lamas fijas horizontales de 525x125 incluido marco de montaje

-ZONA VITRINA

La zona Vitrina, estará dotada de un caudal de 175 m³/h.

Por las peculiaridades de la vitrina en invierno, se ha dotado de una cámara de mezclas con compuerta de aire exterior y compuerta de entrada a habitáculo.

Su funcionamiento es muy sencillo.

Para funcionamiento en frío, puede darse el caso de que al ser compartido el climatizador, la entrada de aire a la vitrina no tenga que ser tan fría, entonces se mezcla con aire exterior, para conseguir una temperatura más alta. Cuando se llega a consigna se cierra aire exterior y compuerta de entrada a vitrina.

Para funcionamiento en calefacción, puede darse el caso que el climatizador esté dando calor, para calentar la zona Social, pero que la vitrina ya halla llegado a consigna, manda cerrar a la compuerta, pero por calentamiento de las otras zonas, se nos eleva la temperatura de la vitrina y necesitamos enfriar, lo haremos directamente con el aire exterior (de invierno).

La cámara de mezclas será de la marca Trox, Serie VAV-VAV, modelo Varyfan para 275 m3/h.

El conducto de impulsión saldrá de esta cámara de mezclas mediante conducto flexible de diámetro 200 mm, aislado a falso techo de la vitrina.

El retorno irá a climatizador mediante conducto realizado en material climaver Neto de 150x150, y será recogido por la parte baja de la vitrina, a través del falso suelo de instalaciones.

7.3. CIRCUITO HIDRAÚLICO

Por último vamos a calcular los componentes que gorman nuestro circuito, analizando nuestro esquema de circuito para agua fría y agua caliente, que se encuentran disponibles, en la sección de planos.

7.3.1. CIRCUITO DE AGUA FRÍA

El agua fría alimentará a las baterías de frío de los dos climatizadores. Las baterías de los climatizadores nos dan una potencia total de:

CLIMATIZADOR	POTENCIA Frig/h	POTENCIA KW
CLIMATIZADOR 1	98.246	114,24
CLIMATIZADOR 2	15.725	18,28
TOTAL	113.971	132,52

Con estos datos totales reales de los climatizadores y sabiendo que el salto térmico es de $15,5-7=8,5^{\circ}\text{C}$, calculamos los caudales que van por el circuito obteniendo, los datos de la siguiente tabla,

CLIMATIZADOR	POTENCIA Frig/h	CAUDALES AGUA M3/H
CLIMATIZADOR 1	98.246	11,56
CLIMATIZADOR 2	15.725	1,85
TOTAL	113.971	13,41

Estos son los caudales nominales que deben pasar a las baterías y que vamos a fijar con los k-Flows. Como ya hemos dicho, estas válvulas no permiten fijar el caudal al nominal con un error de $\pm 5\%$, para un rango elevado de presiones de trabajo.

Para el circuito del climatizador grande, tomaremos un Regulador automático de caudal K-Flow, de la Marca Sedical, con cartucho de acero inoxidable AISI 304, calibrado en fábrica a su caudal nominal seleccionado trabajando en rango, modelo KT-65.

Para el otro circuito, el del climatizador pequeño tomaremos el mismo tipo de regulador, pero esta vez se corresponde con el modelo KT-40.

Las secciones de las tuberías serán las siguientes:

CAUDALES AGUA (M3/H)	Secciones (")	Secciones (Dn)
11,56	2 ½"	65
1,85	1 ½"	40
13,41	3"	80

El caudal 13,41 m3/h podría ir perfectamente por tubería de 2 ½", pero como la salida de llave de fachada es de 3", la mantenemos en esa sección hasta la T de derivación.

Una vez que tenemos que llega el agua al climatizador, debemos regular esa entrada de agua mediante una válvula de tres vías con regulador proporcional controlado por sonda termostática en retorno.

Las elegidas para cada uno de los climatizadores serán:

-Para el climatizador grande tendremos 1 Válvula de tres vías de asiento motorizada V5011R1099 r-2" Kvs 40 con servomotor ML7420A3071 (0-10v).

-Para el climatizador pequeño tendremos 1 Válvula de tres vías de asiento motorizada V5833A2100 DN32 Kvs 16,00 con servomotor ML7410E1028 24v (0-10v).

También dotaremos al circuito de un separador de lodos y burbujas, que nos hará las funciones de purgador (quitar aire de la instalación) y filtro (quitar partículas que pueda llevar la instalación). Este tipo de aparato, permite la limpieza de los lodos sin tener que parar la instalación. Se debe colocar en la parte mas baja de la instalación, cerca de la producción de frío. Se adjunta dossier de características técnicas.

El elegido para la instalación es un separador de microburbujas Sedical Spirovent, Aire y Lodos, soldado DN 100, para un caudal de 15,00 m3/h y una temperatura de 0 a 110°C, modelo BC65L.

Nuestro circuito de secundario, tendrá que tener su propia bomba de recirculación. Con los datos de caudal a mover total de 13, 41 m3/h y sabiendo que la pérdida de carga más desfavorable está en las válvulas y que el circuito no presenta prácticamente curvas, ni grandes distancias, pudiéndose considerar la pérdida de carga en 5,5 mca, calculamos la bomba con ayuda del programa de Sedical. Adjuntamos hojas de cálculo.

Así tendremos, un circulador simple, de rotor seco en línea embreada, Sedical, para climatización, para bombeo de líquidos desde -15°C a +120°C, velocidades de motor inferiores a 1.500 rpm, trifásica, modelo SIM 50/150.1-0.37/k.

Por último decir que la tubería será de tubo de acero negro, según DIN 2440, forrado con coquilla aislante a base de espuma elastomérica, cumpliendo espesor marcado por Rite, y que en el circuito existirán otros elementos como son los purgadores, termómetros, manómetros diferenciales, llaves de corte, elementos auxiliares pero necesarios en todo circuito hidráulico.

7.3.2. CIRCUITO DE AGUA CALIENTE

El agua caliente alimentará a las baterías de calor de los dos climatizadores. Los datos para estas baterías eran:

CLIMATIZADOR	POTENCIA Frig/h	POTENCIA KW
CLIMATIZADOR 1	81.216	94,44
CLIMATIZADOR 2	16.632	19,34
TOTAL	97.848	113,78

Con estos datos totales reales de los climatizadores y sabiendo que el salto térmico es de $90-60=30^{\circ}\text{C}$, calculamos los caudales que van por el circuito obteniendo, los datos de la siguiente tabla,

CLIMATIZADOR	POTENCIA Frig/h	CAUDALES AGUA M3/H
CLIMATIZADOR 1	81.216	2,71
CLIMATIZADOR 2	16.632	0,55
TOTAL	97.848	3,26

Al igual que en el caso anterior, fijaremos estos caudales de paso por baterías por k-Flows.

Para el circuito del climatizador grande, tomaremos un Regulador automático de caudal K-Flow, de la Marca Sedical, con cartucho de acero inoxidable AISI 304, calibrado en fábrica a su caudal nominal seleccionado trabajando en rango, modelo KRV-1 $\frac{1}{4}$ "

Para el otro circuito, el del climatizador pequeño tomaremos el mismo tipo de regulador, pero esta vez se corresponde con el modelo KR-3/4".

Las secciones de las tuberías serán las siguientes:

CAUDALES AGUA (M3/H)	Secciones (")	Secciones (Dn)
2,71	1 $\frac{1}{4}$ "	32
0,55	$\frac{3}{4}$ "	20
3,26	1 $\frac{1}{2}$"	40

Para este caso, aunque se parte de fachada con llave de 3", realizaremos una reducción para salir a nuestra tubería real de 1 $\frac{1}{2}$ ".

Al igual que en frío, una vez que tenemos que llega el agua al climatizador, debemos regular esa entrada de agua mediante una válvula de tres vías con regulador proporcional controlado por sonda termostática en retorno.

Las elegidas para cada uno de los climatizadores serán:

-Para el climatizador grande tendremos 1 Válvula de tres vías de asiento motorizada de 1 1/4" con servomotor ML7420A3071 (0-10v).

-Para el climatizador pequeño tendremos 1 Válvula de tres vías de asiento motorizada de 3/4" con servomotor ML7410E1028 24v (0-10v).

Al igual que al otro circuito, lo dotaremos de un separador de lodos y burbujas, que nos hará las funciones de purgador (quitar aire de la instalación) y filtro (quitar partículas que pueda llevar la instalación).

El elegido para la instalación es un separador de microburbujas Sedical Spirovent, Aire y Lodos, soldado DN 100, para un caudal de 8,00 m³/h y una temperatura de 0 a 110°C, modelo BC50L.

Nuestro circuito de secundario, tendrá que tener su propia bomba de recirculación. Con los datos de caudal a mover total de 3,26 m³/h y sabiendo que la pérdida de carga más desfavorable será de 5,5 mca, calculamos la válvula con el catálogo comercial de Sedical. Adjuntamos catálogo comercial.

Así tendremos, un circulador simple, de rotor seco en línea embridada, Sedical, para climatización, para bombeo de líquidos desde -15°C a +120°C, velocidades de motor inferiores a 1.500 rpm, trifásica, modelo SAM 25/2T.

Además para el caso de calefacción, tenemos que calcular el vaso de expansión, que será el encargado de absorber las variaciones de volumen del fluido contenido en un circuito cerrado al variar su temperatura, manteniendo la presión constante entre los varemos establecidos, evitando pérdidas y reposiciones de fluido. Utilizando el programa comercial y el catálogo de la marca Sedical obtenemos que el vaso será, un vaso de expansión Reflex, conexiones roscadas, membrana no recambiable, según DIN 4807, Tª máxima de 120°C y presión inicial de 1,5 bar (nitrógeno), modelo NG18/6. Se adjunta catálogo comercial, en el anexo 3.

Por último decir que la tubería será de tubo de acero negro, según DIN 2440, forrado con coquilla aislante a base de espuma elastomérica, cumpliendo espesor marcado por Rite, y que en el circuito existirán otros elementos como son los purgadores, termómetros, manómetros diferenciales, llaves de corte, elementos auxiliares pero necesarios en todo circuito hidráulico.

7.4. CIRCUITO DE CONTROL

El control de la instalación se va a realizar mediante un único autómata, situado en el cuadro de control de clima, del cuarto de control de la zona de Servicios. Dicho control, una vez que esté en funcionamiento, sólo permitirá a través de un teclado muy sencillo, el cambio de consignas, los cambios de programación horaria de on/off, los cambios vacacionales y el off de todos los componentes de la instalación de clima. A este control, sólo tendrán acceso las personas de mantenimiento de clima.

El controlador será de la marca Siemens, modelo MCR 50 PF 8E/A-4S-4E/D-

S7D con terminal de operador y flash-eprom, incluido convertidor MCR 50 SD6 de 6SD y accesorio de montaje para puerta ER-9.

a) Zona Exposición

Las sondas que necesitamos en esta zona son:

- Sonda ambiente combinada de temperatura y humedad, Mod QFA2060
- Sonda de calidad de aire ambiente (CO2), Mod QPA2000
- Sonda de exterior combinada de temperatura y humedad, Mod QFM2120

Las salidas digitales serán:

- Autorización de funcionamiento a climatizador grande a través de variador de frecuencia
- Marcha/paro de cabina de extracción de esta zona

Las salidas analógicas serán:

- Válvulas de climatizador grande (frío y calor)
- Compuertas toma y salida de aire de climatizador grande

b) Zona Social, Servicios y Vitrina

Las sondas que necesitamos en esta zona son:

- Sonda ambiente temperatura para zona Social, Mod QAA26 (con regulador de selección de temperatura)
- Sonda de temperatura de superficie para cristal de la vitrina, Mod QAT22
- Sonda de exterior combinada de temperatura y humedad, Mod QFM2120 (compartida con la otra zona)

Las salidas digitales serán:

- Autorización de funcionamiento de climatizador pequeño
- Marcha/paro de cabina de extracción de esta zona
- Compuerta de Vitrina

Las salidas analógicas serán:

- Válvulas de climatizador pequeño (frío y calor)

Se entrega en el anexo 3, esquema de conexiones de señales.

El control básicamente funcionará de la siguiente manera:

Zona Exposición

-Sonda de ambiente hace lectura, si es correcto, no manda marcha a extracción. Si no es correcta activa la extracción y el climatizador (, si este no estuviera ya activado) con la toma de aire exterior abierta del todo y la compuerta de salida cerrada.

-Sonda ambiente hace lectura de temperatura y humedad, según lo que reciba actúa sobre la válvula de frío, de calor, compuerta de toma, compuerta de salida de aire, y variador de frecuencia, es decir sobre el caudal de aire de la instalación, para llegar a valores de consigna. Prioritaria la temperatura de confort, siempre que la humedad no se salga del rango del 70%. Para controlar la humedad en invierno, primero trabajará con el aire exterior, sino llega, pasará a trabajar con la batería de frío y de calor.

-Sonda de exterior, nos dará la temperatura de entrada del aire exterior y de su humedad, nos permitirá en todo momento utilizarlo, para enfriar, calentar, quitar humedad e incluso para disminuir el Co2 del ambiente.

Zona Social, Servicios y Vitrina

-Sonda de cristal de vitrina, lee su valor de temperatura y lo compara con la temperatura de rocío de la zona exposición, calculada según los datos que se leen de temperatura y humedad, en la zona exposición. Si la lectura está 3 grados superior a la temperatura de rocío calculada, no actúa. Si es inferior a esos tres grados, tiene que calentarse la vitrina para cumplir. Si estamos en invierno calentamos con climatizador, si estamos en verano calentamos con aire del exterior, siempre a través del control de compuertas del varyfan. Esta acción es prioritaria sobre el control de temperatura consigna de la vitrina.

Esta misma sonda nos sirve para controlar la temperatura de la vitrina, y actúa de la misma manera, sobre el varyfan, para calentar o enfriar con aire de climatizador o de aire exterior.

-Sonda ambiente de zona Social, actúa sobre la válvula del climatizador generando frío o calor, según convenga. Siempre que se actúe sobre la toma de aire exterior, se habilitará la cabina extractora de la zona.

La zona Servicios, se climatizará únicamente con los caudales previstos por distribución de aire, y no tendrá control sobre el climatizador, ya que se ha considerado una zona secundaria.

8. MANTENIMIENTO

El Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE), en su disposición I.T. 3, hace referencia al mantenimiento y uso de la Instalaciones Térmicas, en general, incluyéndose la que nosotros hemos definido.

Esta Instrucción técnica contiene las exigencias que deben cumplir las instalaciones térmicas con el fin de asegurar, que su funcionamiento, a lo largo de su vida útil, se realice con la máxima eficiencia energética, garantizando la seguridad, la durabilidad y la protección del medio ambiente.

En el caso particular de nuestra instalación térmica tendremos:

1.MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Nuestra instalación térmica tiene una potencia superior a 70 kW, y deberá ser mantenida realizando las siguientes operaciones de mantenimiento con la periodicidad indicada.

OPERACIÓN	PERIODICIDAD
Limpieza del evaporador *	T
Limpieza del condensador*	T
Comprobación de la estanquidad y nivel de refrigerante y aceites de los equipos frigoríficos	M
Revisión del vaso de expansión	M
Revisión de los sistemas de tratamiento de agua	M
Comprobación de los niveles de agua en los circuitos	m
Comprobación de estanquidad de circuitos de tuberías	T
Comprobación de estanquidad de válvulas de interceptación	2†
Comprobación del tarado de los elementos de seguridad	M
Revisión y limpieza de filtros de agua	2†
Revisión y limpieza de filtros de aire	M
Revisión de baterías de intercambio térmico	T
Revisión y limpieza de aparatos de recuperación de aire	2†
Revisión de unidades terminales de agua-aire	2†
Revisión de unidades terminales de distribución de aire	2†
Revisión y limpieza de unidades de impulsión de aire y retorno	T
Revisión de bombas y ventiladores	M
Revisión del estado del aislamiento térmico	T
Revisión del estado del control automático	†

T=una vez por temporada

M=una vez al mes, la primera al inicio de temporada

2†=Dos veces por temporada, uno al inicio de la misma y otra a mitad del periodo de uso, siempre que exista una diferencia entre ambas de 2 meses.

2.PROGRAMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA

Se trata de evaluar energéticamente los generadores de calor y frío, que en nuestro caso son comunitarios a todos los locales, por lo que no nos concierne y tendrá que ser la propiedad del conjunto quien se preocupe de cumplir con este requisito.

9. ESTUDIO DE MEJORAS

Nuestro estudio puede mejorarse, desde el puntote vista energético en varios puntos.

1. RECUPERACIÓN

Los sistemas de recuperación, tratan de recuperar el frío o calor que se pierde lanzando al exterior el aire del local a través de una extracción forzada, utilizándolo para calentar o enfriar el aire que metemos de la calle (la toma de aire exterior).

Además estamos obligados por el Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE), Instrucción I.T. 12.4.5.2 Recuperación de calor del aire de extracción, siempre que el aire expulsado al exterior, por medios mecánicos, sea superior a 0,5 m³/s o lo que el lo mismo 1.800m³/h.

Y además exige unas eficiencias mínimas y unas pérdidas de presión máximas en función de las horas de funcionamiento anual y caudal de aire exterior.

Para nuestros casos tenemos:

-Zona Exposición

Horas de funcionamiento de la extracción > 70% horas posibles de funcionamiento 24 horas => 8.760 horas *0,7=6.132 horas

Caudal de extracción = 5.000 m³/h = 1,39 m³/s

La tabla de Rite 2.4.5.1, nos marca una eficiencia de recuperación del **50%** con una pérdida de presión máxima de funcionamiento de 180 Pa.

-Zona Social, servicios y vitrina

Horas de funcionamiento de la extracción > 70% horas posibles de funcionamiento 12 horas, 5 días a la semana => 3.120 horas *0,7=2.184 horas

Caudal de extracción = 1.500 m³/h = 0,41 m³/s (no estoy obligado por ley)

Pero tomamos las condiciones más cercanas que marca la tabla de Rite que son, una eficiencia de recuperación del **44%** con una pérdida de presión máxima de funcionamiento de 140 Pa.

2. ENFRIAMIENTO GRATUITO POR AIRE EXTERIOR (FREE-COOLING)

En este caso, se trata de enfriar habitáculos en Invierno, que demandan frío, por medio de aire exterior.

Por ley, es de obligado cumplimiento hacerlo para subsistemas de climatización del tipo todo aire, de potencias térmicas totales superiores a 70 Kw. (RITR IT 1.2.4.5.1.)

En nuestro caso, lo utilizamos en la vitrina de exposición, mediante una caja varyfan, donde un sistema de compuertas regula la temperatura del aire, utilizando aire de climatizador y aire exterior.

Es muy útil para espacios con gran densidad de ocupación y para estancias que generan mucho calor sensible debido a la radiación solar sobre superficies acristaladas, con orientación Este y sobre todo Sur y Oeste, un ejemplo sería el muro cortina, tan de moda hace unos años en construcción.

Para nuestro caso, sería útil si la zona exposición tuviera sólo plantas. El calor sensible que desprenden sería compensado con aportación de aire exterior en invierno. Pero al existir, grandes aportaciones latentes, el aire exterior es insuficiente para compensarlas, por lo que es necesario aplicar la batería de frío, no para enfriar, sino para secar.

Si que sería útil, para la zona Social, donde ya vimos en el apartado de ajuste de calefacción que se podía dar el caso de necesitar frío en Invierno, en esta zona, si la ocupación era la máxima permitida.

3. ZONIFICACIÓN EN ZONA SOCIAL Y ZONA SERVICIOS

Tal y como se ha presentado en el estudio, estas zonas junto con la vitrina están climatizadas con el mismo climatizador.

La vitrina soluciona sus problemas de compartir climatizador, con la cámara varyfan de entrada de aire exterior.

Para la zona Social y Servicios, hemos visto que el control del climatizador sobre la válvula termostática la lleva la zona Social, en conjunto, y deja a la zona Servicios a expensas de esta zona.

Para subsanar este problema se propone una zonificación de las tres salas que conforman la zona social, y por otro lado, otra zonificación de la zona Servicios, en sus dos salas y además utilizar free-cooling independiente para cada zona, con cámaras como la de la vitrina, por si fuera necesario aportar frío a la zona Social o a la zona Servicios.

Con zonificación, queremos decir a colocar una compuerta de zona en el conducto de impulsión controlada por termostato sito en la zona (control de temperatura ambiente), que lo que hará, será abrir o cerrar esa compuerta en función de la consigna temperatura. Esa compuerta puede ir controlada por un servo-motor todo/nada o proporcional según convenga. Sabemos que el control proporcional es más exacto, pero más caro.

Por otro lado hay que controlar las compuertas abiertas y cerradas (Control Todo/nada), o la proporción de apertura o cierre (Control proporcional), para saber el caudal que debe disminuir el climatizador, lo que supone, que el climatizador debe llevar variador de frecuencia.

10. ESTUDIO ECONÓMICO

10.1. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN VERANO

La demanda energética en verano la calculamos a través del método de Grados-Día, en el que se toman en cuenta las variaciones de la temperatura exterior, con respecto a la temperatura exterior de diseño, que es la más desfavorable.

En el anexo 4, aparece explicado el método y calculada la demanda energética por cada mes.

Así los datos obtenidos para cada climatizador son:

CLIMATIZADOR 1

MES	GD	DEMANDA FRIO (Kwh)
JUNIO	25,5	7.572,53
JULIO	82,25	25.316,01
AGOSTO	77,50	23.014,56
SEPTIEMBRE	10,50	3.118,10
	TOTAL	59.021,20

CLIMATIZADOR 2

MES	GD	DEMANDA FRIO (Kwh)
JUNIO	40,5	1.976,76
JULIO	100,75	4.917,51
AGOSTO	93,50	4.539,24
SEPTIEMBRE	25,50	1.244,63
	TOTAL	12.678,14

Por lo tanto, la demanda total estima para Refrigeración de todo el local es de **71.699,34 Kwh**, es decir **71,70 Mwh**.

10.2. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA POR CALEFACCIÓN EN INVIERNO

La demanda energética de Invierno la calculamos a través del método de Grados-Día, en el que se toman en cuenta las variaciones de la temperatura exterior, con respecto a la temperatura exterior de diseño, que es la más desfavorable.

En el anexo 4, aparece explicado el método de aplicación a calefacción.

Calculamos este caso, las demandas sólo por calefacción y luego en el apartado siguiente calcularemos las de deshumidificación (refrigeración+recalentamiento)

-Datos para calefacción

Así los datos obtenidos para cada climatizador son:

CLIMATIZADOR 1

MES	GD	DEMANDA (Kwh)	CALOR
ENERO	454,15	28.052,13	
FEBRERO	352,80	21.791,90	
MARZO	313,10	19.339,69	
ABRIL	238,50	14.731,77	
MAYO	117,80	7.276,32	
SEPTIEMBRE	9,00	555,92	
OCTUBRE	170,50	10.531,52	
NOVIEMBRE	328,50	20.290,93	
DICIEMBRE	430,90	26.616,01	
	TOTAL	149.186,19	

CLIMATIZADOR 2

MES	GD	DEMANDA (Kwh)	CALOR
ENERO	454,15	6.740,54	
FEBRERO	352,80	5.236,29	
MARZO	313,10	4.647,06	
ABRIL	238,50	3.539,84	
MAYO	117,80	1.748,40	
SEPTIEMBRE	9,00	133,58	
OCTUBRE	170,50	2.530,58	
NOVIEMBRE	328,50	4.875,63	
DICIEMBRE	430,90	6.395,46	
	TOTAL	35.847,38	

Por lo tanto, la demanda total estima para calefacción sin quitar humedad es de **185.033,57 Kwh**, es decir **185,03 Mwh**.

10.3. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA POR DESHUMIDIFICACIÓN EN INVIERNO

Para calcular esta demanda, primero calcularemos la cantidad de calor latente que somos capaces de quitar con el aire exterior. Después la cantidad de calor sensible que todavía nos queda por quitar con la batería de frío. Estas cantidades serán las que tendremos que sumar a las demandas de frío, calculadas en el apartado 1.

Posteriormente el caudal de aire que hemos utilizado para deshumectar y por último la temperatura a la que sale el aire en la batería, porque será la válida para calcular, el calor que necesitamos para recalentar el aire y llevarlo a condiciones de retorno.

En el anexo 4, aparece explicado el método de aplicación a deshumectación.

-Datos para deshumidificación

Datos obtenidos para quitar humedad con batería de frío.

CLIMATIZADOR 1

MES	Qlat ext (Kcal/h)	Qlat frio (Kw)	Qlat frio (Kwh)
ENERO	-7.200	23,47	17.462,96
FEBRERO	-9.720	20,54	13.803,88
MARZO	-6.480	24,31	18.085,84
ABRIL	-5.400	25,56	18.406,52
MAYO	-2.160	29,33	21.823,15
SEPTIEMBRE	15.840	31,84	22.927,55
OCTUBRE	5.040	31,84	23.691,80
NOVIEMBRE	-6.480	24,31	17.502,43
DICIEMBRE	-9.720	20,54	15.282,87
		TOTAL	168.987

Por lo tanto, a la demanda total estima para refrigeración hay que sumar la cantidad de **168.987,00 Kwh**, es decir **168,99 Mwh**.

Datos obtenidos para recalentar el aire a condiciones de retorno.

CLIMATIZADOR 1

MES	Q añadido (Kw)	Q añadido (Kwh)
ENERO	19,43	14.452,82
FEBRERO	17,00	11.424,55
MARZO	20,12	14.968,31
ABRIL	21,16	15.233,75
MAYO	24,28	18.061,25
SEPTIEMBRE	26,35	18.974,52
OCTUBRE	26,35	19.607,00
NOVIEMBRE	20,12	14.485,46
DICIEMBRE	17,00	12.648,61
	TOTAL	139.856,27

Por lo tanto, a la demanda total estima para calefacción hay que sumar la cantidad de **139.856,27 Kwh**, es decir **139,86 Mwh**.

Adjuntamos la tabla resumen con los totales de estimación de consumos:

TIPO	POT FRIO (Mwh)	POT CALOR (Mwh)
REFRIGERACION NORMAL	71,70	0,00
CALEFACCION NORMAL	0,00	185,03
REFRIGERACION QUITAR HUMEDAD	168,99	0,00
RECALENTAMIENTO	0,00	139,86
TOTAL	240,69	324,89

Observando los datos, vemos que consumimos más refrigeración para quitar humedad que para refrigerar, ya que se utiliza durante mas meses y que el calentamiento que necesitamos para llevar otra vez la a la temperatura de retorno es también importante.

Hacemos notar que en esta estimación no están contempladas las mejoras introducidas en el sistema.

También que hay sistemas mas eficientes para deshumidificar, pero que las condiciones de diseño de las instalaciones dadas por el local, nos lo hacen hacer así.

Calculamos también los consumos estimados de caudal en m3, que los necesitaremos después para calcular los costes.

TIPO	POT FRIO (Mwh)	POT CALOR (Mwh)	Horas Equivale.	Caudal M3
R. NORMAL	71,70	0,00	541,05	7.255,48
C. NORMAL	0,00	185,03	1.626,21	5.301,44
R. HUMEDAD	168,99	0,00	1.275,20	17.100,43
C. RECALEN.	0,00	139,86	1.229,21	4.007,22
TOTAL	240,69	324,89		

10.4. ESTIMACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

En este apartado se calcula los consumos eléctricos de los componentes que forman nuestro circuito en función de las horas equivalentes trabajadas.

Los componentes que necesitan electricidad para su funcionamiento son:

componente	Consumo eléctrico	unidades
Turbina climatizador 1	7,50 KW	1
Turbina climatizador 2	2X373 W	1
Variador de frecuencia		1
Extracción 1	1,5 kw	1
Extracción 2	0,25 Kw	1
Servo motores válvulas de 3 vías	1,0 W	2
Servo motores compuertas toma/salida	0,2 W	3
Bomba de circulación frío	0,37 kw	1
Bomba de circulación calor	80 W	1
Varyfan	150 W	1
Cuadro de control	250 W	1
Sondas	0,2 w	5

Sabiendo el consumo de cada elemento, sabiendo el número de elementos y las horas equivalentes de funcionamiento, calculamos el consumo total eléctrico para frío y para calor:

FUNCIONAMIENTO FRIO

Horas Equivalentes de funcionamiento =240,69 Mwh/132,52 Kw=1.816,25 horas equivalentes

componente	C.Eléctrico	unidades	C. Eléctrico K Wh
Turbina climatizador 1	7,50 KW	1	13.621,88
Turbina climatizador 2	2X373 W	1	1.354,92
Variador de frecuencia	100 w	1	181,63
Extracción 1	1,5 kw	1	2.724,38
Extracción 2	0,25 Kw	1	454,06
Servo motores válvulas de 3 vías	1,0 W	1	1,82
Servo motores compuertas toma/salida	0,2 W	2	0,73
Bomba de circulación frío	0,37 kw	1	672,01
Cuadro de control	250 W	1	454,06
Sondas	0,2 w	5	1,82
	total	15	19.467,31

Nuestra demanda eléctrica en frío es de 19.467,31 Kwh (10,7184 Kw * Horas Equivalentes)

FUNCIONAMIENTO CALOR

Horas Equivalentes de funcionamiento = $324,89 \text{ Mwh} / 113,78 \text{ Kw} = 2.855,42 \text{ horas equivalentes}$

componente	C.Eléctrico	unidades	C. Eléctrico K Wh
Turbina climatizador 1	7,50 KW	1	21.415,65
Turbina climatizador 2	2X373 W	1	2.130,14
Variador de frecuencia	100 w	1	285,54
Extracción 1	1,5 kw	1	4.283,13
Extracción 2	0,25 Kw	1	713,86
Servo motores válvulas de 3 vías	1,0 W	1	2,86
Servo motores compuertas toma/salida	0,2 W	1	0,57
Bomba de circulación calor	80 w	1	228,43
varyfan	150 w	1	428,31
Cuadro de control	250 W	1	713,86
Sondas	0,2 w	5	2,86
	total	15	30.205,21

Nuestra demanda eléctrica en calor es de 30.205,21Kwh (10,578 kw * horas equivalentes)

Por lo tanto la demanda total vendrá dada por 49.672,52 Kwh ó 49,67 Mwh.

10.5. ESTIMACIÓN DE COSTE DE CONSUMO DE ENERGÍA

Para calcular la estimación de consumo de energía, por una parte calcularemos lo que nos cuesta el Kwh de energía producida y después los kwh de consumo eléctrico.

-COSTE DE ENERGÍA PRODUCIDA

Por las características del local que se trata, la producción de energía para refrigeración y calefacción, no depende de nosotros mismos, sino que es suministrada de forma general para todo el complejo.

Las condiciones de contratación, fijadas por el explotador de la producción de energía son:

CALOR		
	TERMINO FIJO	10,49 e/Kw/año
	TERMINO VARIABLE DE ENERGÍA	18,928 e/Mwh
	TERMINO VARIABLE CAUDAL	0,06237 e/m3
FRIO		
	TERMINO FIJO	13,11 e/Kw/año
	TERMINO VARIABLE DE ENERGÍA	17,208 e/Mwh
	TERMINO VARIABLE CAUDAL	0,0567 e/m3

-Un término fijo por potencia térmica contrada en Kw/año

Para nuestro caso contrataremos:

Potencia térmica Refrigeración = 132,52Kw

Potencia térmica Calefacción = 113,78Kw

Coste fijo producción = $13,11 \times 132,52 \text{ Kw} + 10,49 \times 113,78 \text{ Kw} = 2.930,89 \text{ e}$

-Un término variable, que dependerá del consumo real de energía contabilizado en Mwh

Para nuestro caso tendremos:

Estimación consumo frío = 240,69MWh

Estimación consumo calor = 324,89Mwh

Coste variable consumo energía = $17,208 \times 240,69 \text{ Mwh} + 18,928 \times 324,89 \text{ Mwh}$
 $= 10.291,31 \text{ e}$

-Un término variable, que dependerá del consumo real de caudal contabilizado en m3

Para nuestro caso tendremos:

Estimación consumo frío = 24.355,91 m3

Estimación consumo calor = 9.308,66 m3

Coste variable consumo caudal = $0,0567 \times 24.355,91 \text{ m3} + 0,06237 \times 9.308,66 \text{ m3}$
 $= 1.961,56 \text{ e}$

A modo de resumen indicamos la siguiente tabla de costes de energía producida:

	FRÍO	CALOR	TOTAL
TERMINO FIJO	1.737,34	1.193,55	2.930,89
TERMINO VARIABLE ENERGÍA	4.141,79	6.149,52	10.291,31
TERMINO VARIABLE CAUDAL	1.380,98	580,58	1.961,56
TOTAL	7.260,11	7.923,65	15.183,76

Por lo tanto, el coste total que nos supone la energía producida es de 15.183,76 euros + impuestos (iva 18%)=**17.916,84 euros**

-COSTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El coste de la energía eléctrica también se compone de un término fijo. Según la tarifa contratada de energía y un coste variable, que dependerá del consumo.

Como el mercado es libre, tomamos como referencia los precios de Ibedrola a 21 de Julio de 2011.

La potencia a contratar será de 10,72 Kw, por lo tanto las tarifas para consumidores de más de 10 Kw es:

ELECTRICIDAD		
	TERMINO FIJO	31,773045 e/Kw/año
	TERMINO VARIABLE DE ENERGÍA	0,056357 e/kwh

-Un término fijo por potencia eléctrica contratada en Kw/año

Para nuestro caso contrataremos:

Sabiendo que necesitamos 10,72 Kw, contratamos 11 Kw

Coste fijo electricidad = $31,773045 \times 11 \text{ Kw} = 349,50 \text{ e}$

-Un término variable, que dependerá del consumo real de electricidad contabilizado en Kwh

Para nuestro caso hemos estimado:

Estimación consumo electricidad = 49.672,52 Kwh

Coste variable consumo electricidad = $0,056357 \times 49.672,52 \text{ Kwh} = 2.799,39$ euros.

A modo de resumen indicamos la siguiente tabla de costes de energía producida:

	ELECTRICIDAD
TERMINO FIJO	349,50
TERMINO VARIABLE ENERGÍA	2.799,39
TOTAL	3.148,89

Por lo tanto, el coste total en electricidad será de 3.148,89 euros + impuestos (iva 18%)=**3.715,69 euros**

Por lo tanto el coste total de la instalación por consumo de energía será de:

Energía producida = 17.916,84 euros

Energía eléctrica = 3.715,69 euros

El coste total energético al año es de **21.632,53 euros**

10.6. ESTIMACIÓN DE AHORRO ENERGÉTICO CON LAS MEJORAS PROPUESTAS

El ahorro energético, puede venir por reducir el consumo de electricidad de los componentes eléctricos de nuestro sistema o por reducir el consumo térmico de nuestro sistema.

En el primer apartado no podemos actuar, por que los componentes eléctricos que conforman nuestro sistema son los mínimos y han sido elegidos de calidad, para tener un consumo eficiente.

Si que podemos actuar para la reducción de consumo de energía térmica.

Las actuaciones propuestas eran:

1-RECUPERACIÓN DEL AIRE DE EXTRACCIÓN

Colocaremos tanto para el climatizador pequeño como para el climatizador grande, recuperadores entálpicos de eficiencia nominal del 55%.

Su recuperación media a lo largo del año será del 35% de la energía de extracción.

Así tendremos :

-FRIO

climatizador 1

Calor latente + calor sensible = 17.575 Kcal/h climatizador 1

climatizador 2

Calor latente + calor sensible = 4.957 Kcal/h (Social)
Calor latente + calor sensible = 1.982,4 Kcal/h (Servicios)
Calor latente + calor sensible = 625,70 Kcal/h (Vitrina)

Total a calor a recuperar es de 25.140,10 Kcal/h = 29,23 Kw

Rendimiento del 55%=>Recupera 16,08 Kw

Calor total en Kwh = 16,08 Kw * horas equivalentes (frío)
Horas equivalentes (frío)= 1.816,25
Calor total en Kwh = 29.205,3 Kwh

Recuperación media a lo largo del año es de 35%

Calor recuperado en frío = 10,22 Mwh

-CALOR

climatizador 1

Calor latente = 33.060 Kcal/h climatizador 1

climatizador 2

Calor latente = 7.334,69 Kcal/h (Social)
Calor latente = 3.304,16 Kcal/h (Servicios)
Calor latente = 574,20 Kcal/h (Vitrina)

Total a calor a recuperar es de 44.273,05 Kcal/h = 51,48 Kw

Rendimiento del 55%=>Recupera 28,31 Kw

Calor total en Kwh = 16,08 Kw * horas equivalentes (calor)
Horas equivalentes (calor)= 2.855,42
Calor total en Kwh = 45.915,15Kwh

Recuperación media a lo largo del año es de 35%

Calor recuperado en calor = 16,07 Mwh

El ahorro energético vendrá dado en el factor variable de consumo de energía y de caudal.

Calculamos ese ahorro:

-Ahorro factor variable de consumo de energía

Coste variable consumo energía = 17,208 * 10,22 Mwh + 18,928 * 16,07 Mwh = 480,04 e

-Ahorro factor variable de caudal de energía

Caudal ahorrado en frío

Potencia ahorrada = 10,22 Mwh => Horas equivalentes = 77,12 horas
Caudal ahorrado = $77,12 * 13,41 = 1.034,18 \text{ m}^3$

Caudal ahorrado en calor

Potencia ahorrada = 16,07 Mwh => Horas equivalentes = 141,24 horas
Caudal ahorrado = $141,24 * 3,26 = 460,44 \text{ m}^3$

Coste variable consumo caudal = $0,0567 * 1.034,18 \text{ m}^3 + 0,06237 * 460,44 \text{ m}^3 = 87,36 \text{ e}$

El ahorro total es de 567,40 + iva = **669,53 euros**, que es un 3,1% del consumo total.

Para hacer el cálculo correcto, tendríamos que considerar el consumo eléctrico de los recuperados.

Consumo eléctrico recuperador 1- $2 \times 1500 \text{ w} = 3000 \text{ w} \Rightarrow$
Consumo anual eléctrico del recuperador 1 = $3 \text{ Kw} * 218,36 \text{ horas equiv.} = 655,08 \text{ Kwh}$

Consumo eléctrico recuperador 2- $2 \times 350 \text{ W} = 700 \text{ w}$
Consumo anual eléctrico del recuperador 1 = $0,7 \text{ Kw} * 218,36 \text{ horas equiv.} = 152,85 \text{ Kwh}$

Aumento de consumo eléctrico = 807,93 kwh
Coste de la energía eléctrica = $0,056357 * 807,93 \text{ Kwh} = 45,53 \text{ e} + \text{iva} (18\%) = \mathbf{53,73 \text{ euros}}$

Por lo tanto el ahorro total es de $669,53 - 53,73 = 615,80 \text{ euros}$.

2-ENFRIAMIENTO GRATUITO POR AIRE EXTERIOR (FREE-COOLING)

En este caso se trata de calentar o de enfriar mediante aire exterior.

Colocaremos free-cooling por control térmico para el climatizador grande y para el climatizador pequeño otro.

-Verano-

Nos ayudará a bajar la temperatura del local durante toda la noche (funcionamiento 24 h) y las horas tempranas de la mañana y las finales de la tarde.

El ahorro estimado de estos equipos en localidades secas, como es Zaragoza es del 36,9%, de la potencia estimada de refrigeración de Verano

-Invierno-

Sólo será utilizado por la zona del climatizador 1, cuando exista gran ocupación y se tenga que bajar temperatura por alto calor latente, generado por el interior del local.

Se puede considerar que es un porcentaje muy bajo, por lo cual no se tiene en cuenta.

Así tendremos:

Ahorro del 36,9% de la potencia que se demanda en frío en Verano que se corresponde con 71,70 Mwh.

$$\text{Ahorros energético} = 0.369 \cdot 71,70 = 26,46 \text{ Mmwh}$$

Calculamos ese ahorro:

-Ahorro factor variable de consumo de energía

$$\text{Coste variable consumo energía} = 17,208 \cdot 26,46 \text{ Mwh} = 455,32 \text{ e}$$

-Ahorro factor variable de caudal de energía

Caudal ahorrado en frío

$$\text{Potencia ahorrada} = 26,46 \text{ Mwh} \Rightarrow \text{Horas equivalentes} = 199,67 \text{ horas}$$

$$\text{Caudal ahorrado} = 199,67 \cdot 13,41 = 2.677,55 \text{ m}^3$$

$$\text{Coste variable consumo caudal} = 0,0567 \cdot 2.677,55 \text{ m}^3 = 151,82 \text{ e}$$

El ahorro total es de 607,14 + iva = **716,42** euros, que es un 3,3% del consumo total.

Para hacer el cálculo correcto, tendríamos que considerar el consumo eléctrico de los free-cooling, que únicamente consumirán energía eléctrica los servomotores de las compuertas, que ronda el 0,1 w por servo-motor, por lo que lo consideramos despreciable.

3- ZONIFICACIÓN EN ZONA SOCIAL Y ZONA SERVICIOS

Estos Sistemas nos permiten mejores prestaciones en las estancias, ya que ejercen un control de temperatura sobre la zona y además permiten no climatizar una sala si no hay ocupación, y hacer que ese aire se reparta a las demás salas o regular la máquina para que baje de caudal su ventilador .

Para nuestro sistema sería de aplicación sobre la zona social y servicios.

El ahorro energético, depende de la instalación, de la posibilidad de que todas las zonas estén ocupadas a la vez o no.

Para nuestro sistema hemos calculado que el ahorro puede ser de un 30% sobre la potencia total usada por el climatizador 2 en frío y calor.

Cálculo del ahorro de la mejora:

$$\text{Consumo frigorífico de climatizador 2} = 12,68 \text{ Mwh}$$

$$\text{Ahorro frío} = 12,68 \cdot 0,3 = 3,80 \text{ Mwh}$$

$$\text{Consumo caloríficode climatizador 2} = 35,85 \text{ Mwh}$$

Ahorro frío= $35,85 \cdot 0,3 = 10,76$ Mwh

Calculamos ese ahorro:

-Ahorro factor variable de consumo de energía

Coste variable consumo energía = $17,208 \cdot 3,80$ Mwh + $18,928 \cdot 10,76$ Mwh =
269,06 e

-Ahorro factor variable de caudal de energía

Caudal ahorrado en frío

Potencia ahorrada = 3,80 Mwh => Horas equivalentes = 28,67 horas

Caudal ahorrado = $28,67 \cdot 13,41 = 384,53$ m3

Caudal ahorrado en calor

Potencia ahorrada = 10,76 Mwh => Horas equivalentes = 94,574 horas

Caudal ahorrado= $94,57 \cdot 3,26 = 308,29$ m3

Coste variable consumo caudal = $0,0567 \cdot 384,53$ m3 + $0,06237 \cdot 308,29$ m3 =
41,03 e

El ahorro total es de $310,09 + \text{iva} = 365,91$ euros, que es un 1,6% del consumo total.

Para hacer el cálculo correcto, tendríamos que considerar el consumo eléctrico de la zonificación. Pero al igual que el otro caso la vamos a despreciar, porque sólo habría 5 servomotores para regular las compuertas de zona y 5 sondas de temperatura, que tienen un consumo eléctrico mínimo.

11.CONCLUSIONES

Como conclusiones a este proyecto podemos indicar,

- Que los cerramientos que componen un local o un edificio son una parte esencial en el ahorro energético y en particular en el estudio de la climatización, y que su nivel de aislamiento es un factor importante a tener en cuenta.
- Que la mayoría de los locales o edificios son diseñados sin cumplir con las exigencias de ahorro energético, lo que supone un aumento de pérdidas térmicas, que son suplidas con mas aportación en calefacción o refrigeración.
- Que se tendría que exigir, de alguna manera, que los edificios o locales cumplieran esta normativa y a los agentes que intervienen en su diseño y construcción, se les concienciara de ello.
- Que las plantas, como seres vivos que son, tienen aportación de calor latente y sensible al ambiente y deben ser consideradas como un "ocupación especial", siempre que su densidad sea elevada.

- Que los canales agua interiores, en un ambiente climatizado, tienen a evaporar su capa superficial, y que esta se evaporará más fácilmente, cuanto más turbulento sea el flujo y más velocidad lleve el aire incidente.
- Que existen locales distintos a las piscinas cubiertas, que por su nivel de calor latente en su interior en invierno, necesitan de algún sistema para bajar la humedad del aire interior.
- Que el sistema para secar el ambiente, no es el más efectivo existente en el mercado, pero que el tipo de instalación que tenemos no nos permite otro.
- Que en estos tipos de locales donde se necesita deshumidificar, el moviendo de grandes cantidades de aire es muy importante, para evitar masas de aire estancado que puedan enfriarse y condensar. Se deben manejar caudales de aire de por lo menos de 4 a 8 veces el volumen del local.
- Que debemos evitar la incidencia de aire climatizado por tobera a la superficie de los canales (para evitar evaporaciones) y de las plantas, para que no se mueran.
- Que el coste económico más elevado es el coste de la energía producida.
- Que todas las medidas de mejora deben contribuir a disminuir este coste energético.
- Que el introducir la mejora de la recuperación de calor supone un ahorro de un 3,1%
- Que introducir la mejora de free-cooling, supone un ahorro de un 3,3%
- Que introducir la mejora de la zonificación en Social y Servicios, supone un ahorro del 1,6%.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Código Técnico de la Edificación. Ministerio de la Vivienda, Marzo 2006
- Ley 38/1999 de la Ordenanza de la Edificación.
- Reglamento de instalaciones Térmicas en los edificios, Real decreto 1027/2007, de 20 de Julio
- Real Decreto 1826/2009, de 27 de Noviembre, por el que se modifica el Real Decreto de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Normas UNE asociadas a Instalaciones Térmicas en los Edificios
- Manual de aire acondicionado de Carrier
- Acondicionamiento y refrigeración de Carlo Pizzetti
- Manual de climatización de piscinas cubiertas de la marca comercial Ciatea, realizado por Agustín Mailló.
- Registro de datos climáticos para Zaragoza de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)
- Tarifas eléctricas de Iberdrola, Boe 1 de julio de 2011
- Tarifas de consumos energéticos de la empresa Destrictima, para Zaragoza

- Proyecto fin de Carrera de Jorge E. Bergua Díez, titulado "Geotermia y energía solar en climatización y ACS como sistema de eficiencia energética"

-Proyecto fin de Carrera de Jesús García Domínguez, titulado "Diseño de instalación solar térmica multipropósito para un edificio de viviendas en Zaragoza"

-Proyecto fin de Carrera de David Lasala López, titulado "Instalación de climatización para centro Socio-cultural y escuela de música"

-Tablas de selección rápida, de la casa comercial Trox, para climatizadores y elementos de difusión.

-Catálogos técnicos, de la casa comercial Sedical, para bombas de recirculación, K-flows, depósitos de acumulación, separadores de lodos y burbujas y válvulas de tres vías.

-Catálogo comercial, de la casa S&P, para sistemas de ventilación

-Catálogo comercial, de la casa Novovent, para recuperadores térmicos.

-Catálogo comercial, de la casa Airzone, para zonificación.

-Catálogo técnico, de la casa Isover, para conducciones de aire.

-Catálogo comercial, de la casa Siemens, para sistemas de control.

II.- PRESUPUESTO

It.	Cant.	Concepto	Precio	Importe
1.- Producción de energía				
1		No procede. Está centralizado en el District Heating & Cooling Equipo		0,00
Total Producción				0,00
2.- Circuito hidráulico y Neumático (Incluidos los Climatizadores)				
2		Ud. Manguito antivibratorio PN-16 de 2 1/2" marca IPROSA o similar, totalmente instalada y pequeño material y accesorios	105,00	210,00
5		Ud. Manguito antivibratorio PN-16 de 1 1/2" marca IPROSA o similar, totalmente instalada y pequeño material y accesorios	92,00	184,00
2		Ud. Manguito antivibratorio PN-16 de 1 1/4" marca IPROSA o similar, totalmente instalada y pequeño material y accesorios	85,00	170,00
2		Ud. Manguito antivibratorio PN-16 de 3/4" marca IPROSA o similar, totalmente instalada y pequeño material y accesorios	53,00	106,00
1		Climatizador modular para climatización de zona ajardinada, marca Trox, serie TKM, formado por bastidor en perfil de aluminio extruado y paneles tipo sandwich de 25 m.m. de espesor, con chapa exterior galvanizado y prelacado en color rojo exterior, aislamiento de poliuretano y puertas de intervención rápida, modelo TKM.53 para una potencia térmica de 98.246 Kcal/h y caudal de aire de 19.200 m³/h, incluido su montaje en cuarto de máquinas a 6,5 metros sobre el nivel de suelo. Nota: Para su montaje es necesario grúa	12.453,00	12.453,00
1		Climatizador de tratamiento de aire, tipo Standard, para la zona VIP, marca Trox, serie TBS, formado por bastidor autoportante de perfil de aluminio, paneles tipo sandwich de 25 m.m. de espesor y aislamiento de espuma de poliuretano, modelo TBS-50 para una potencia térmica de 15.950 Kcal/h y caudal de aire de 3.000 m³/h, incluido su montaje en cuarto de máquinas a 6,5 metros sobre el nivel de suelo. Nota: Para su montaje es necesario grúa	2.950,00	2.950,00
1		Variador de frecuencia ABB con filtro RFI y panel de control para climatizador TKM 53/CL-1/7286 CD-ACS-401-0011-3-2(11 Kw)	Incluido	0,00
1		Módulo silenciador, para climatizador de zona ajardinada, TKM-53, marca Trox, serie MS de longitud 1000 y nivel sonoro de salida en impulsión de 65 dB(A).	Incluido	0,00

35	Ml de tubo negro DIN 2440 de 3", totalmente colocado y pintado.	43,29	1.515,15
15	Ml de tubo negro DIN 2440 de 2 ½", totalmente colocado y pintado.	35,20	528,00
15	Ml de tubo negro DIN 2440 de 1 ½", totalmente colocado y pintado.	20,90	313,50
2	Reducción de 3" a 1 ½", totalmente instalada	15,90	31,80
35	Ml de tubo negro DIN 2440 de 1 ½", totalmente colocado y pintado	20,90	731,50
15	Ml de tubo negro DIN 2440 de 1 ¼", totalmente colocado y pintado	17,95	269,25
15	Ml de tubo negro DIN 2440 de ¾", totalmente colocado y pintado	12,20	183,00
35	Ml de aislamiento a base de espuma elastométrica de caucho sintético, de espesor 27 m.m. para tubería negra de 3", marca SH/Armaflex o similar, incluyendo acabado en chapa aluminio de 0,6 m.m., completamente montado.	76,33	2.671,55
15	Ml de aislamiento a base de espuma elastométrica de caucho sintético, de espesor 27 m.m. para tubería negra de 2 ½", marca SH/Armaflex o similar, incluyendo acabado en chapa aluminio de 0,6 m.m., completamente montado	76,33	1.144,95
15	Ml de aislamiento a base de espuma elastométrica de caucho sintético, de espesor 27 m.m. para tubería negra de 1 ½", marca SH/Armaflex o similar, incluyendo acabado en chapa aluminio de 0,6 m.m., completamente montado.	76,33	1.144,95
35	Ml de aislamiento a base de espuma elastométrica de caucho sintético, de espesor 27 m.m. para tubería negra de 1 ½", marca SH/Armaflex o similar, incluyendo acabado en chapa aluminio de 0,6 m.m., completamente montado	76,33	2.671,00
15	Ml de aislamiento a base de espuma elastométrica de caucho sintético, de espesor 27 m.m. para tubería negra de 1 ¼", marca SH/Armaflex o similar, incluyendo acabado en chapa aluminio de 0,6 m.m., completamente montado.	76,33	1.144,95
15	Ml de aislamiento a base de espuma elastométrica de caucho sintético, de espesor 27 m.m. para tubería negra de ¾", marca SH/Armaflex o similar, incluyendo acabado en chapa aluminio de 0,6 m.m., completamente montado.	55,20	828,00
1	Vaso de expansión Reflex, conexiones roscadas, membrana no recambiable, según DIN 4807, Tª máxima de 120°C y presión inicial de 1,5 bar (nitrógeno) NG50/6, totalmente instalado.	130,83	130,83
1	Circulador simple, de rotor seco en línea embridada, Sedical, para climatización, para bombeo de líquidos desde -15°C a +120°C, velocidades de motor inferiores a 1.500 rpm, trifásica SIM 50/150.1-0.37/k, totalmente instalado.	1.156,00	1.156,00
	Circulador simple, de rotor seco en línea embridada, Sedical, para climatización, para bombeo de líquidos desde -15°C a +120°C, velocidades de motor inferiores a 1.500 rpm, trifásica SAM 25/2T, totalmente instalado.	890,00	890,00

1	Regulador automático de caudal K-Flow, cartucho de acero inoxidable AISI 304, calibrado en fábrica para su caudal nominal seleccionado trabajando en rango K32, totalmente instalado.	176,00	176,00
1	Regulador automático de caudal K-Flow, cartucho de acero inoxidable AISI 304, calibrado en fábrica para su caudal nominal seleccionado trabajando en rango KT65, totalmente instalado.	441,60	441,60
1	Regulador automático de caudal K-Flow, cartucho de acero inoxidable AISI 304, calibrado en fábrica para su caudal nominal seleccionado trabajando en rango KR-3/4", totalmente instalado.	98,90	98,90
1	Regulador automático de caudal K-Flow, cartucho de acero inoxidable AISI 304, calibrado en fábrica para su caudal nominal seleccionado trabajando en rango KRV-1 1/4", totalmente instalado.	155,00	155,00
6	Purgador rápido automático, Sedical Siprotop 1/2" AB050, totalmente instalado	74,00	444,00
1	Separador de microburbujas Sedical spirovent, Aire y Lodos, soldado DN 100, para un caudal de 30,00 m3/h y una temperatura de 0 a 110°C BC080L, totalmente instalado	1.525,00	1.525,00
1	Separador de microburbujas Sedical spirovent, Aire y Lodos, soldado DN 100, para un caudal de 8,00 m3/h y una temperatura de 0 a 110°C BC050L, totalmente instalado	1.115,00	1.115,00
1	Válvula de tres vías de asiento motorizada V5833A2100 DN32 Kvs 16,00 con servomotor ML7410E1028 24v (0-10v) incluidos 3 racores de conexión de 1 1/4", totalmente instalada	480,00	480,00
1	Válvula de tres vías de asiento motorizada V5011R1099 r-2" Kvs 40 con servomotor ML7420A3071 (0-10v), totalmente instalada	790,00	790,00
1	Válvula de tres vías de asiento motorizada V5833A2100 DN32 Kvs 16,00 con servomotor ML7410E1028 24v (0-10v) incluidos 3 racores de conexión de 1 1/4", totalmente instalada	480,00	480,00
1	Válvula de tres vías de asiento motorizada V5833A2100 DN32 Kvs 16,00 con servomotor ML7410E1028 24v (0-10v) incluidos 3 racores de conexión de 1 1/4", totalmente instalada	285,00	285,00
2	Sonda de temperatura para conducto, de longitud 280 mm LF20, totalmente instalada	76,40	152,80
2	Presostato diferencial para aire, indicación de filtros sucios, 40-400Pa DPS400, totalmente instalado	109,20	218,40
8	Válvulas de bola, totalmente instaladas	17,62	140,96

4	Suministro y montaje de termómetro con vaina	38,04	152,16
4	Suministro y colocación de manómetro con llave y lira	38,04	152,16
2	Suministro y montaje de válvula de drenaje con autocierre para vaciado de climatizador	23,40	23,40
2	Suministro y montaje de válvula de llenado con autocierre para llenado de climatizador	23,40	23,40
1	Conjunto de bridas y tornillos DN-80, para montaje de elementos anteriormente mencionados	256,92	256,92
Total Circuito			38.538,13

3.- Distribución de aire

275	M ² de conducto para impulsión de aire acondicionado en zona Ajardinada, realizado en chapa galvanizada de 0,6 a 0,8 mm de espesor, con sistema de embreado metu-30, incluidas curvas y piezas de unión, piecerio de sujeción y montaje a 8 metros de altura.	46,29	12.729,75
302	M ² de aislamiento para conducto de chapa IBR-AL 55 con malla, incluido el montaje.	13,57	4.098,14
160	M ² de conducto de aire acondicionado de retorno de zona Ajardinada, realizado en climaver Neto, incluido piecerio de sujeción y montaje a 8 metros de altura.	26,03	4.164,80
80	M ² de conducto de aire acondicionado para impulsión y retorno de zona VIP, realizado en climaver Plus, incluido piecerio de sujeción y montaje a 8 metros de altura	24,68	1.974,40
30	Ml de conducto flexible aislado de diámetro 203 mm. para conexión de difusores lineales a conducto en zona VIP, incluido su montaje	22,83	684,90
15	Collarines de chapa de diámetro 203 mm para conexión de flexible, incluido su montaje	7,60	114,00
1	Regulador de caudal de aire para volumen constante, marca Trox, serie EN de 300x100, tarado en fábrica, totalmente instalado en conducto de chapa.	200,99	200,99
1	Regulador de caudal de aire para volumen constante, marca Trox, serie EN de 600x400, tarado en fábrica, totalmente instalado en conducto de chapa.	277,99	277,99
1	Regulador de caudal de aire para volumen constante, marca Trox, serie EN de 600x600, tarado en fábrica, totalmente instalado en conducto de chapa.	312,15	312,15
31,16	Ml de Lona antivibratoria para conexión de bocas de impulsión a red de conductos de impulsión, totalmente instaladas.	23,86	743,48

42	Tobera de largo alcance para zona ajardinada, marca Trox, Serie Due, construida en chapa de acero, girable y orientable, en ejecución Standard, con chapa perforada para distribución homogénea de caudal y acabado en pintura Ral 9005, modelo DUE-V-0-LB/200/0/0/S1/9005-GE20, totalmente instalado sobre conducto de chapa	123,39	5.182,38
14	Difusor lineal para zona VIP, marca Trox, Serie VSD50, en aluminio, con frontal de 50 mm y 2 ranuras de impulsión, con plenum de conexión, compuerta de regulación y marco perimetral, frontal pintado en Ral 9010, modelo VSD50-2-AK-/1000x198x0/0/B00/S1/9010-GE50/WB/0/00, totalmente instalado en techo fijo de zona VIP	204,04	2.856,56
14	Rejillas de retorno para zona ajardinada, marca Trox, Serie AR-AG, en aluminio anodinado de lamas fijas y con compuerta de regulación, de 625x225 incluido marco y totalmente instaladas sobre conducto de Climaver Neto de zona ajardinada.	123,57	1.729,98
7	Rejillas lineales de retorno para zona VIP, Marca Trox, Serie AH-0-AG, en aluminio anodinado, con lamas fijas horizontales y compuerta de regulación de 1970x75 incluido marco de montaje, totalmente instalada en techo fijo de la zona VIP.	258,35	1.808,45
Total distribución			36.877,97

4.- Control de la instalación

1	Controlador MCR 50 PF 8E/A-4S/A-4E/D-6S7D con terminal de operador y flash-eprom	
1	Convertidor MCR 50 SD6 de 6SD (solo MCR50)	
1	Accesorio de montaje para puerta ER-9	
1	Convertidor binario de salida analógica a digital SDOM4.	
1	Trasformador 220/24v -6A CRT6	
1	Programación de sistemas MCR50-PF o PFL (una unidad).	
1	Puesta en marcha del sistema MCR50-PF o PFL (una unidad)	4.838,00
2	Cuadro de fuerza motriz y de control para climatizadores, incluyendo todas las protecciones necesarias a todas las alimentaciones y alojando a todo el material de campo para el control de la instalación	1.920,00
Total Control		6.758,00

5.- Extracción de aire viciado

1	Cabina de extracción 12/12, instalada en cuarto de máquinas con elementos antivibratorios	330,12	330,12
1	Cabina de extracción 7/7, instalada en cuarto de máquinas con elementos antivibratorios	175,00	175,00
3,2	Ml de Lona antivibratoria para conexión de bocas de extracción a red de conductos de extracción y a conducto dispuesto por propiedad, totalmente instaladas.	23,86	76,35
80	M² de conducto para extracción de aire viciado de zona ajardinada, realizado en climaver Plus, incluido piecerio de sujeción y montaje a 8 metros de altura	24,68	1.974,40
12	Rejillas de extracción para zona ajardinada, marca Trox, Serie AR-A, en aluminio anodinado de lamas fijas, de 325x125 incluido marco y totalmente instaladas sobre conducto de Climaver Plus de zona ajardinada.	85,80	1.029,60

Total Extracción 3.585,47

Total Presupuesto 85.759,57

Base imp.	85.759,57
IVA 18%	
Total	

<u>IMPORTE PTS.</u>	OCHENTA Y CINCO MIL SETECIENTOS CINCUENTA Y NUEVE EUROS CON CINCUENTA Y SIETE CENTIMOS
<u>FORMA DE PAGO:</u>	LA HABITUAL