



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO CLIMATIZACIÓN DE UN EDIFICIO DE OFICINAS EN TOLEDO

Autor: Leire Díez Zarraga

Director: Fernando Cepeda Fernández

Madrid

Julio de 2025

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

CLIMATIZACIÓN DE UN EDIFICIO DE OFICINAS EN TOLEDO

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2024/25 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido

tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Leire Díez Zarraga

Fecha: 27/07/2025

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Fernando Cepeda Fernández

Fecha: 27/07/2025



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO CLIMATIZACIÓN DE UN EDIFICIO DE OFICINAS EN TOLEDO

Autor: Leire Díez Zarraga

Director: Fernando Cepeda Fernández

Madrid

Julio de 2025

CLIMATIZACIÓN DE UN EDIFICIO DE OFICINAS EN TOLEDO

Autor: Díez Zarraga, Leire.

Director: Cepeda Fernández, Fernando.

Entidad Colaboradora: Grupo Cobra

RESUMEN DEL PROYECTO

Este trabajo aborda el diseño completo del sistema de climatización para un edificio administrativo ubicado en Toledo, teniendo en cuenta tanto los aspectos técnicos como normativos. Se han realizado los cálculos térmicos de carga, dimensionado de equipos, diseño de redes de conductos y tuberías, y estimación presupuestaria. El sistema ha sido planteado con criterios de eficiencia energética y adaptabilidad estacional.

Palabras clave: Climatización, Cargas térmicas, Ventilación, Fan-Coil, Conductos

1. Introducción

El proyecto se centra en la climatización integral de un edificio de oficinas, abarcando la totalidad de las instalaciones térmicas necesarias para proporcionar condiciones óptimas de confort en invierno y verano. El objetivo principal ha sido desarrollar una propuesta técnica viable que cumpla con el RITE y se adapte a la geometría del edificio, su uso y las condiciones climáticas específicas de la ciudad de Toledo.

La memoria técnica incluye el análisis detallado de la edificación, la definición de los condicionantes externos e internos, la estimación de las cargas térmicas, y la posterior selección y distribución de los sistemas de climatización más adecuados. Todo ello se ha desarrollado bajo principios de sostenibilidad, eficiencia energética y racionalización de recursos.

2. Definición del proyecto

A partir de los planos del edificio y su distribución por plantas y zonas, se han definido los espacios a climatizar teniendo en cuenta ocupaciones, cargas internas, orientación y envolvente térmica. Las condiciones exteriores se han seleccionado según los datos climáticos más desfavorables registrados en Toledo.

Se han calculado las cargas térmicas de verano e invierno para cada zona, permitiendo estimar los requerimientos de potencia frigorífica y calorífica. Esto ha servido como base para determinar los caudales de aire requeridos en cada estancia y el posterior dimensionamiento del sistema.

El sistema elegido se basa en unidades terminales tipo Fan-Coil, apoyadas por una enfriadora y una caldera de condensación, todo ello conectado mediante una red de distribución de

agua. La ventilación se ha resuelto con aportes de aire exterior tratados térmicamente y canalizados mediante conductos independientes.

3. Descripción del modelo / sistema / herramienta

El sistema diseñado consta de tres niveles de actuación: generación, distribución y emisión térmica. En generación, se contempla una caldera de gas natural de alta eficiencia y una enfriadora aire-agua. La distribución se realiza mediante redes hidráulicas separadas para invierno y verano, y una red de conductos para impulsión y retorno de aire tratado.

Las unidades terminales Fan-Coil están ubicadas en las diferentes zonas del edificio, permitiendo un control individualizado. El sistema incluye también elementos de control automático para regular la temperatura, humedad y caudal de aire en función de las condiciones interiores.

Planos adjuntos posteriormente en el documento

4. Resultados

- Se han obtenido cargas térmicas totales en verano e invierno, distribuidas por zonas y plantas.
- Se ha dimensionado una red de tuberías de acero negro con diferentes diámetros nominales según caudal.
- Los caudales de ventilación se han fijado conforme al RITE, garantizando renovación mínima y calidad del aire interior.
- El presupuesto de la instalación asciende a **380.000 €**, incluyendo todos los equipos principales, materiales y montaje.

Tablas de datos adjuntos posteriormente en el documento

5. Conclusiones

El proyecto ha permitido definir una instalación térmica completa, adaptada a las necesidades reales del edificio y al contexto normativo vigente. La solución propuesta combina eficiencia energética, control zonal y adaptabilidad a distintas condiciones climáticas. Se han optimizado los recursos mediante un diseño racional de redes y una selección adecuada de equipos, cumpliendo los objetivos de confort, consumo y coste establecidos al inicio del trabajo.

HVAC SYSTEM DESIGN FOR AN OFFICE BUILDING IN TOLEDO

Author: Díez Zarraga, Leire.

Supervisor: Cepeda Fernández, Fernando.

Collaborating Entity: Grupo Cobra

ABSTRACT

This project presents the complete design of the HVAC system for an office building located in Toledo, Spain, considering both technical and regulatory constraints. Thermal load calculations, equipment sizing, duct and piping network design, and budget estimation have been performed. The system has been designed following energy efficiency principles and seasonal adaptability.

Keywords: HVAC, Thermal loads, Ventilation, Fan-Coil, Ductwork

1. Introduction

The project focuses on the full HVAC installation of an office building, covering all thermal systems required to ensure optimal comfort conditions during both summer and winter seasons. The main goal was to develop a technically feasible solution compliant with RITE (Spanish HVAC regulation), while adapting to the building's geometry, use, and the specific climatic conditions of Toledo.

The technical report includes an in-depth analysis of the building, definition of both internal and external design conditions, estimation of thermal loads, and subsequent selection and layout of appropriate HVAC systems. The approach follows principles of sustainability, energy efficiency, and resource optimization.

2. Project Definition

Based on architectural floor plans and room distribution, the spaces requiring HVAC have been defined, considering occupancy, internal loads, orientation, and envelope performance. Outdoor conditions were selected using the most unfavorable climatic data available for the city of Toledo.

Thermal loads for both summer and winter have been calculated per zone, allowing the estimation of required heating and cooling capacities. This has guided the definition of air supply and extraction flowrates, in line with regulatory ventilation standards.

The system is based on Fan-Coil units supported by a high-efficiency chiller and a condensing boiler. These are connected by a dual-pipe water network and complemented by a ducted air ventilation system.

HVAC system drawings appended in subsequent sections of this document.

3. Model / System Description

The proposed system consists of three functional layers: generation, distribution, and terminal units. For thermal generation, a natural gas condensing boiler and an air-cooled water chiller are specified. The water distribution is divided into seasonal circuits, and air ducts are used for supply and return of treated air.

Fan-Coil units are distributed throughout the building and allow for individual zone control. The system also incorporates automatic control elements to regulate temperature, humidity, and airflow based on interior conditions.

4. Results

- Total thermal loads are accurately calculated for summer and winter, broken down by zones and levels.
- The water pipe network was sized using black steel pipes with nominal diameters according to the calculated flows.
- Ventilation rates were defined according to RITE, ensuring proper air renewal and indoor air quality.
- The budget for the complete installation amounts to **€380.000**, including main equipment, materials, and installation.

Data tables appended in subsequent sections of this document.

5. Conclusions

This project has defined a comprehensive thermal installation tailored to the real needs of the building and compliant with current regulations. The proposed solution provides energy efficiency, zoned control, and seasonal adaptability. System design has optimized resource use through careful sizing and proper equipment selection, meeting the goals of comfort, performance, and cost established from the outset.

Índice general

MEMORIA.....XII

PLANOS.....93

PRESUPUESTO.....101

ANEXO.....105

MEMORIA

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1 Objeto del proyecto.....	1
1.2 Naturaleza de la obra.....	2
1.3 Criterios normativos considerados y justificación del RITE.....	2
1.4 Metodología general.....	5
1.5 Descripción de la actividad del edificio.....	5
1.6 Aliníneación con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).....	5
Capítulo 2. Cálculos	7
2.1 Datos generales del edificio.....	8
2.2 Factores y características térmicas.....	11
2.2.1 Ventilación	13
2.3 Tipo de instalación seleccionada	14
2.4 Cálculo de cargas térmicas.....	15
2.4.1 Cargas térmicas de verano.....	16
2.4.2 Cargas térmicas de invierno.....	21
2.5 Cálculo y dimensionado de tuberías.....	26
2.6 Conductos de aire.....	35
2.7 Selección de equipos	36
Capítulo 3. Detalles y Especificaciones de la Instalación.....	42

Capítulo 1.

Introducción

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETO DEL PROYECTO

El presente documento tiene como finalidad detallar y justificar técnicamente las instalaciones de climatización y ventilación proyectadas para un edificio de oficinas de uso terciario ubicado en la ciudad de Toledo. En él se abordan las soluciones técnicas adoptadas para satisfacer las necesidades térmicas del edificio, garantizando el confort interior, la habitabilidad y el cumplimiento de los requisitos normativos vigentes.

Dentro del alcance del proyecto se incluye la especificación de los sistemas y equipos, así como los materiales empleados, asegurando que estos respondan adecuadamente a las exigencias de eficiencia energética, funcionalidad y sostenibilidad. Asimismo, se contempla la estimación económica de la instalación, así como su integración dentro del proyecto general de ejecución del edificio.

La memoria técnica se estructura en los siguientes bloques fundamentales:

- Descripción de bases de la instalación.
- Bases de cálculo: condiciones exteriores e interiores de diseño, y criterios empleados para el dimensionado de las instalaciones.
- Presupuesto estimado: desglose de costes previstos para la implantación del sistema completo.
- Planimetría: esquemas, detalles constructivos y planos con la ubicación de los equipos, así como el recorrido de las redes de tuberías y conductos.

1.2 NATURALEZA DE LA OBRA

La presente obra se enmarca dentro del ámbito de la edificación de uso terciario, concretamente oficinas administrativas, y tiene como objeto la ejecución de las instalaciones térmicas necesarias para garantizar condiciones de habitabilidad, confort y eficiencia energética. La intervención técnica contempla exclusivamente la parte relativa a las instalaciones de climatización, calefacción y ventilación del edificio, desarrolladas como parte integrante del proyecto de ejecución del mismo.

Este documento contempla el cálculo de las cargas térmicas en condiciones de verano e invierno, el dimensionado de redes de distribución, la selección de unidades terminales y de generación, así como una estimación presupuestaria de los elementos principales. Se incluyen también planos esquemáticos y fichas técnicas de los equipos seleccionados.

1.3 CRITERIOS NORMATIVOS CONSIDERADOS Y JUSTIFICACIÓN DEL RITE

Para el diseño de la instalación se ha tomado como referencia el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado por el Real Decreto 1027/2007, junto con sus sucesivas modificaciones, incluyendo la más reciente del Real Decreto 178/2021. Asimismo, se han seguido las Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) asociadas al RITE, en lo relativo a exigencias de eficiencia energética, calidad del aire interior, ventilación y seguridad.

Además, se han considerado los requerimientos establecidos en el Código Técnico de la Edificación (CTE), en particular los Documentos Básicos:

- DB HE - Ahorro de energía, que regula los límites máximos de consumo energético y el rendimiento mínimo de los equipos térmicos.
- DB HS - Salubridad, especialmente el apartado HS 3 - Calidad del aire interior, que establece las exigencias de ventilación mínimas en función del uso del edificio.

- DB SI - Seguridad en caso de incendio, para garantizar que la instalación no compromete la compartimentación ni las vías de evacuación.

También se han tenido en cuenta las siguientes normativas y criterios técnicos aplicables:

- Normas UNE, relativas a procedimientos de cálculo, dimensionado de equipos y componentes, y control de calidad del aire interior.
- Recomendaciones del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), orientadas a la mejora de la eficiencia energética en instalaciones térmicas.
- Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, en lo que respecta a la seguridad durante la ejecución y mantenimiento de la instalación.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, aprobado por RD 842/2002, en cuanto a los aspectos eléctricos asociados a los equipos de climatización.

De este modo, el diseño propuesto responde a la normativa técnica vigente, garantizando el cumplimiento de las exigencias funcionales, de eficiencia, salubridad y seguridad, dentro del marco legal aplicable al ámbito de la edificación.

Justificación del cumplimiento del RITE

De acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado por el Real Decreto 1027/2007, y con el objetivo de asegurar que la instalación proyectada cumple con las exigencias básicas en materia de eficiencia energética, seguridad y calidad del aire interior, se justifica a continuación el cumplimiento de las secciones más relevantes de dicho reglamento:

1. Eficiencia energética en generación y distribución (IT 1.2.4)

Las unidades terminales seleccionadas (fan-coils) y el climatizador de aire primario han sido dimensionados para adaptarse a las cargas térmicas reales del edificio, evitando sobredimensionamientos y contribuyendo así a la eficiencia energética. El sistema permite modular la potencia térmica en función de la demanda real en cada momento, lo que se traduce en una reducción del consumo energético innecesario.

La red de tuberías y conductos ha sido diseñada con recorridos racionales y materiales que permiten una adecuada conducción y aislamiento térmico. Se ha previsto el aislamiento de las conducciones según el espesor mínimo exigido por el RITE, utilizando materiales con baja conductividad térmica y resistencia al envejecimiento.

2. Control de las instalaciones (IT 1.2.4.3)

Cada unidad terminal dispone de su propio sistema de regulación, permitiendo un control individualizado por zona. Este control actúa sobre la temperatura interior, ajustando la potencia suministrada y el caudal de aire en función de la demanda térmica. Esta estrategia permite optimizar el uso de los recursos y mantener las condiciones de confort con el menor consumo posible.

3. Calidad del aire interior y recuperación de energía (IT 1.2.4.5)

La instalación incluye un sistema de ventilación con recuperación de calor a través de un climatizador con recuperador rotativo, lo que contribuye a mejorar la eficiencia del sistema y reducir las necesidades de calefacción y refrigeración del aire exterior. Este recuperador cumple con los requisitos mínimos de eficiencia establecidos por el RITE.

4. Seguridad en la instalación (IT 1.3.4)

Los elementos de la instalación han sido seleccionados conforme a normas UNE aplicables, y el diseño garantiza accesibilidad a los equipos para su mantenimiento, así como la instalación de elementos de corte y seguridad necesarios para un funcionamiento seguro.

5. Manual de uso y mantenimiento (IT 3.3)

Se ha elaborado un plan de mantenimiento preventivo para la instalación, con las operaciones y frecuencias mínimas requeridas, de modo que se asegure su correcta operación a lo largo del tiempo y se prolongue la vida útil de los equipos.

1.4 METODOLOGÍA GENERAL

La metodología adoptada se ha basado en una primera recopilación de datos arquitectónicos y de ocupación, seguida del cálculo de cargas mediante procedimientos manuales con soporte de hoja de cálculo. Posteriormente se han dimensionado redes hidráulicas y de ventilación, se han seleccionado equipos comerciales adaptados a la demanda estimada y se ha plasmado todo en un conjunto de documentos técnicos descriptivos.

1.5 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DEL EDIFICIO

El edificio objeto del proyecto está destinado a albergar oficinas de carácter administrativo. Esta actividad implica la permanencia prolongada de personas durante el horario laboral, lo que exige mantener condiciones de confort térmico adecuadas durante todo el año. Por ello, las instalaciones de climatización han sido proyectadas con criterios de eficiencia, fiabilidad y adaptabilidad estacional, garantizando la renovación del aire interior y el control de la temperatura en función de la carga térmica y la ocupación de los espacios.

1.6 ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

El presente proyecto, centrado en el diseño y dimensionado de las instalaciones de climatización de un edificio de uso terciario en la ciudad de Toledo, se enmarca dentro de una visión integral orientada hacia la sostenibilidad y el compromiso con el desarrollo responsable. En este sentido, se encuentra alineado con varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la Organización de las Naciones Unidas en su Agenda 2030.

Uno de los principales ejes de dicha alineación se encuentra en la apuesta por sistemas eficientes que favorezcan la reducción del consumo energético y la minimización del impacto ambiental, en consonancia con el ODS 7, relativo al acceso a una energía asequible y no contaminante. La selección de equipos de alto rendimiento, junto con el

redimensionamiento adecuado de la red de distribución, permite optimizar el uso de los recursos energéticos, reduciendo el gasto operativo y las emisiones asociadas al funcionamiento del sistema.

Asimismo, la propuesta responde al ODS 3, que promueve la salud y el bienestar de las personas, al garantizar unas condiciones de confort térmico adecuadas y una calidad del aire interior saludable. Esto es especialmente relevante en edificios de uso administrativo, donde la permanencia prolongada de usuarios exige unas condiciones ambientales controladas y estables.

Del mismo modo, la incorporación de soluciones técnicas sostenibles y respetuosas con el entorno urbano contribuye a los principios recogidos en el ODS 11, relativo a la creación de ciudades y comunidades más sostenibles. A través de una planificación responsable de las instalaciones, se mejora la eficiencia global del edificio y se fomenta una edificación más resiliente, moderna y adaptada a las nuevas exigencias de sostenibilidad.

Finalmente, el proyecto se encuentra alineado con el ODS 13, que hace referencia a la acción por el clima. La aplicación de criterios de eficiencia energética y racionalización del consumo contribuye a mitigar los efectos del cambio climático, promoviendo soluciones técnicas que reducen la huella de carbono asociada al funcionamiento de las instalaciones térmicas.

En conjunto, este proyecto se orienta no solo a resolver una necesidad técnica, sino también a integrar los principios de sostenibilidad, eficiencia y respeto ambiental como parte esencial del proceso de diseño, ejecución y futura operación del edificio.

Capítulo 2.

Cálculos

Capítulo 2. CÁLCULOS

2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO

La configuración arquitectónica del edificio sigue lo establecido en el correspondiente proyecto de arquitectura. En términos funcionales, se trata de una edificación destinada a albergar espacios de uso terciario, en este caso, oficinas en Toledo. Su diseño contempla distintas plantas en las que se distribuyen zonas de trabajo, circulación, servicios y espacios auxiliares, por lo que la climatización debe responder a diferentes exigencias según el uso previsto en cada área.

El edificio se ha estudiado en base a cada sala y planta de la siguiente forma :

Planta	Zona	Superficie Local (m ²)
Baja	Despacho Mercantil	28
Baja	Registro 1B	135
Baja	Despacho 1A+1B	64
Baja	Registro Mercantil	114
Baja	Registro 1A	164
Baja	Recepción	60
Baja	Registro 6B	72
Baja	Registro 6A	130.7
Baja	Sala de reuniones	24
Total PB		791.7

Tabla 1. Tabla de zonas y superficies planta baja

Planta	Zona	Superficie Local (m ²)
1	Despacho 5	24
1	Sala de reuniones	24
1	Despacho 3B	64
1	Registro 5	81.7
1	Despacho 2	135
1	Registro 3A	114
1	Registro 3B	164
1	Despacho 5	130.7
1	Despacho 3B	24
1	Despacho Registr. 1	25.6
Total P1		787

Tabla 2. Tabla de zonas y superficies planta 1

Planta	Zona	Superficie Local (m ²)
2	Salon de Actos	120
2	Sala de reuniones	87.3
2	Despacho 1 Decanato Registr.	28.2
2	Despacho 2 Decanato Registr.	32.2
2	Despacho 3 Decanato Registr.	35
Total P2		302.7

Tabla 3. Tabla de zonas y superficies planta 2

Zona	Superficie Local (m ²)
Cubierta	132.6
TOTAL edificio	2,014

Tabla 4. Tabla de zonas y superficies cubierta

Dado que el inmueble está destinado a uso administrativo, el funcionamiento de las instalaciones debe ajustarse a un régimen horario que contemple tanto el horario laboral como las ocupaciones propias del personal de oficina. Por tanto, las condiciones de confort se deberán mantener de forma constante en franjas horarias predefinidas, sin que ello impida adaptar puntualmente los sistemas a demandas específicas o usos excepcionales.

Debe prestarse atención especial a la diferenciación de espacios: no todos los recintos tienen las mismas exigencias. Así, áreas como despachos individuales, salas de reuniones o zonas comunes deben disponer de capacidad de regulación independiente, permitiendo un ajuste eficiente de temperatura y ventilación según los requerimientos reales de cada momento.

2.2 FACTORES Y CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

Con el objetivo de evaluar con precisión la demanda energética del edificio y determinar adecuadamente las prestaciones de las instalaciones térmicas, se han adoptado los siguientes valores medios de transmitancia térmica para los distintos elementos constructivos:

- Cristales (doble acristalamiento): $2,60 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$
- Muros exteriores: $0,65 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$
- Tabiques interiores: $1,20 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$
- Tejados: $0,46 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$
- Suelos interiores y exteriores: $1,10 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$
- Techos: $2,02 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$
- Puertas: $2,00 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$
- Factor de ganancia solar para cristales (F.G.S.): 0,48

Asimismo, para el dimensionamiento térmico y ambiental, se han considerado las siguientes condiciones exteriores e interiores:

- Ciudad de referencia: Toledo
- Temperatura seca exterior de verano: 34°C
- Temperatura seca interior de verano: 25°C
- Humedad relativa exterior: 35 %
- Humedad relativa interior: 50 %
- Contenido de vapor en aire exterior: $11,42 \text{ g/kg}$
- Contenido de vapor en aire interior: $10,00 \text{ g/kg}$

- Mes considerado: Julio
- Hora de cálculo considerada: 16:00 h

En cuanto a los parámetros de uso y ocupación, se adoptan los siguientes valores:

- Ventilación: 45 m³/h·persona
- Ocupación estimada: 8 m²/persona
- Ganancia térmica sensible por ocupante: 57 kcal/h
- Ganancia térmica latente por ocupante: 55 kcal/h

Por último, se incluyen ciertos coeficientes y factores de corrección para reflejar las condiciones reales de operación del sistema:

- Alumbrado: 20 W/m²
- Aplicaciones: 20 W/m²
- Coeficiente de reactancias: 25 %
- Coeficiente de seguridad: 10 %
- Factor de by-pass en batería: 15 %

Estos valores están alineados con las recomendaciones normativas y los estándares de eficiencia energética exigidos en edificios de uso terciario situados en zonas climáticas como la de Toledo, permitiendo así obtener resultados representativos en el proceso de cálculo energético.

2.2.1 VENTILACIÓN

Con el objetivo de dimensionar correctamente el sistema de ventilación y asegurar la calidad del aire interior, se ha tomado como referencia la Instrucción Técnica IT 1.1.4.2.2 del RITE, la cual establece las categorías IDA (Indoor Air Quality) en función del uso del edificio. Estas categorías definen el caudal mínimo de aire exterior necesario por persona para mantener unas condiciones interiores saludables. En concreto, se contemplan cuatro niveles:

- IDA 1, correspondiente a aire de óptima calidad, aplicable a espacios especialmente sensibles como hospitales, clínicas o laboratorios, con una exigencia de $20 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{persona}$ ($72 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{persona}$).
- IDA 2, que garantiza aire de buena calidad, destinada a oficinas, residencias, aulas, museos, y espacios con una ocupación continua pero no crítica, con un requerimiento de $12,5 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{persona}$ ($45 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{persona}$).
- IDA 3, para locales con menor exigencia como cines, restaurantes o gimnasios, donde se permiten $8 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{persona}$ ($28,8 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{persona}$).
- IDA 4, de calidad básica, aplicable únicamente en situaciones excepcionales, con un mínimo de $5 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{persona}$ ($18 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{persona}$).

Dado que el edificio objeto del presente estudio se destina a un uso docente, se ha clasificado dentro de la categoría IDA 2, lo que implica adoptar un caudal mínimo de $12,5 \text{ dm}^3/\text{s}$ por persona, equivalente a $45 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{persona}$, para asegurar una calidad del aire adecuada durante la ocupación habitual del recinto.

2.3 TIPO DE INSTALACION SELECCIONADA

La instalación de climatización propuesta para este proyecto corresponde a un sistema de expansión indirecta con producción centralizada de frío y calor, combinada con unidades terminales tipo fan-coil y un sistema de renovación de aire mediante climatizador específico. Se ha optado por esta solución por su versatilidad, eficiencia en edificios con múltiples espacios y facilidad de zonificación, especialmente adecuada para locales comerciales o de uso terciario como los contemplados en este proyecto.

El sistema se basa en una enfriadora de agua y una caldera que producen, respectivamente, agua fría y caliente. Esta agua es distribuida a los diferentes locales a través de una red de tuberías a cuatro tubos, permitiendo tanto la producción de frío como de calor de forma simultánea en función de las necesidades específicas de cada zona.

En el interior de los locales, se han dispuesto unidades fan-coil tipo cassette, que permiten controlar individualmente el ambiente de cada espacio. Este tipo de terminal resulta especialmente adecuado cuando se busca un compromiso entre confort, estética e integración en falsos techos, como es el caso del edificio proyectado.

Por otro lado, para garantizar la calidad del aire interior, se incorpora un sistema de climatización dedicado a la renovación, con su correspondiente climatizador de aire primario. Este equipo se encarga de tratar el aire exterior antes de su introducción en los recintos, ajustando sus condiciones de temperatura y humedad, y cumpliendo así con los requisitos de ventilación higiénica establecidos en la normativa vigente.

En conjunto, la solución adoptada permite cubrir la totalidad de las demandas térmicas del edificio con un sistema modular, flexible, y que facilita tanto el mantenimiento como futuras ampliaciones. Además, al separar la climatización del aire primario del sistema de acondicionamiento interior, se mejora la eficiencia global y el control independiente por zona.

2.4 CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS

La determinación de las cargas térmicas constituye un paso esencial en el diseño de los sistemas de climatización, ya que permite dimensionar adecuadamente los equipos según las necesidades energéticas del edificio en sus distintas zonas. Este proceso requiere un análisis detallado que tenga en cuenta múltiples variables, tanto del entorno exterior como del uso específico de los espacios interiores.

Dado que las condiciones ambientales varían de forma significativa entre las estaciones del año, se ha realizado una diferenciación clara entre el comportamiento térmico en verano e invierno. Esta distinción es fundamental, pues influye directamente en la naturaleza y magnitud de las cargas que deben ser cubiertas por el sistema.

Uno de los factores clave en este análisis es la orientación del edificio. En ausencia de datos explícitos sobre la disposición del inmueble, se ha adoptado una suposición convencional basada en una orientación tipo: se considera que la fachada principal se encuentra hacia el norte, la trasera hacia el sur y los laterales hacia el este y oeste respectivamente. Esta hipótesis permite asignar adecuadamente la incidencia solar y la exposición térmica de cada cerramiento.

Adicionalmente, para el cálculo de las cargas se han empleado herramientas ofimáticas que permiten establecer con precisión el balance energético bajo distintos escenarios climáticos. Estas hojas de cálculo han sido configuradas con los parámetros relevantes para verano e invierno, de modo que se puedan obtener resultados diferenciados para ambas estaciones.

Es importante destacar que el análisis contempla únicamente las cargas asociadas a la envolvente térmica y a las fuentes internas de calor, sin considerar las infiltraciones de aire no deseado. Esto se justifica por el hecho de que se prevé una ligera sobrepresión interior, cuyo objetivo es minimizar la entrada de aire exterior no tratado.

En este contexto, se identifican dos tipos principales de cargas:

- Cargas procedentes del entorno exterior: Corresponden al intercambio de calor entre el edificio y su entorno. En verano, representan una ganancia térmica, mientras que en invierno constituyen una pérdida que debe ser compensada.
- Cargas internas: Incluyen los aportes generados por personas, equipos, iluminación y otras fuentes internas. Aunque están presentes todo el año, su efecto es especialmente relevante en verano, ya que incrementan la necesidad de refrigeración.

Con todo ello, el presente estudio busca establecer un punto de partida riguroso para el dimensionado eficiente del sistema de climatización, adaptado tanto a las condiciones climáticas como al uso específico del edificio.

2.4.1 CARGAS TÉRMICAS DE VERANO

Con el objetivo de dimensionar adecuadamente el sistema de climatización durante el periodo estival, se ha procedido a calcular las cargas térmicas a las que deberán hacer frente los equipos. Estas cargas, tanto sensibles como latentes, dependen de una serie de factores externos (climáticos y constructivos) e internos (uso del espacio, ocupación y fuentes de calor).

El procedimiento parte de un análisis riguroso de las condiciones más exigentes a lo largo del año, seleccionando aquellas combinaciones de temperatura, radiación y orientación que representen el escenario más desfavorable para el confort térmico de los ocupantes. Para ello, se han utilizado como base los datos climáticos de diseño, así como las propiedades físicas de los cerramientos y la disposición arquitectónica de cada sala del edificio.

A través del software AutoCAD se han extraído las dimensiones precisas de cada espacio y de sus elementos constructivos (muros, ventanas, techos y suelos), que posteriormente han sido introducidos en una hoja de cálculo en Excel. Esta herramienta ha permitido integrar todas las variables relevantes: superficies expuestas, coeficientes de transmisión térmica, orientación solar, horarios de uso y ocupación, entre otros.

En la estación cálida, las cargas sensibles incluyen:

- Transmisión térmica a través de vidrios, fachadas y cubiertas.
- Ganancias solares sobre superficies exteriores.
- Intercambios con zonas no acondicionadas colindantes.
- Calor generado por la actividad humana, iluminación y equipos.

Por su parte, las cargas latentes se originan principalmente por la humedad aportada por las personas y el aire de renovación, afectando al contenido de vapor en el ambiente interior.

Una vez definidas todas estas variables, se ha calculado de forma individual la carga térmica total para cada sala, considerando tanto el componente sensible como el latente. A continuación, se mostrará un ejemplo concreto del proceso de cálculo aplicado a una de las estancias del edificio.

CÁLCULO DE EXIGENCIAS FRIGORÍFICAS																					
Proyecto:		EDIFICIO DE OFICINAS EN TOLEDO								19 de mayo de 2025											
Planta:		Baja		Zona:		REGISTRO 6B															
DIMENSIONES:		X		=		72,00 m2		HORA SOLAR:		16		TOLEDO									
CONCEPTO		SUPERFICIE		GAN. SOLAR O DIF. TEMP.		FACTOR		Kcal/h		MES:			JUNIO								
GANANCIA SOLAR-CRISTAL						TOTALES		CONDICIONES		BS		BH		zHR		TR		Grf/Kgr			
NORTE Cristal		m2 x		38 x		0,48				Exteriores		34,0		21,8		35		11,4			
NE Cristal		m2 x		38 x		0,48				Interiores		25,0		18,0		50		10,0			
ESTE Cristal		m2 x		38 x		0,48				DIFERENCIA		9,0						1,4			
SE Cristal		4,00 m2 x		38 x		0,48		73		CALOR LATENTE								TOTALES			
SUR Cristal		m2 x		42 x		0,48				Infiltración		m3/h x		1,4		x		0,72			
SO Cristal		4,00 m2 x		382 x		0,48		733		Personas		6		Personas		x		55			
OESTE Cristal		m2 x		527 x		0,48				Aplicaciones											
NO Cristal		m2 x		337 x		0,48				SUBTOTAL								330			
Claraboya		m2 x		405 x		0,48				COEFICIENTE DE SEGURIDAD		10		%				33			
GANANCIA SOLAR Y TRANS. PAREDES Y TECHOS						TOTALES		CALOR LATENTE DEL LOCAL						363							
NORTE Pared		m2 x		4,3 x		0,65				Aire Ext.		m3/h x		1,4 x		0,15		BF x 0,			
NE Pared		m2 x		5,5 x		0,65				CALOR LATENTE EFECTIVO DEL LOCAL						363					
ESTE Pared		m2 x		5,5 x		0,65				CALOR TOTAL EFECTIVO DEL LOCAL						5.326					
SE Pared		26,10 m2 x		8,8 x		0,65		149		CALOR AIRE EXTERIOR						TOTALES					
SUR Pared		m2 x		2,0 x		0,65				Sensible		m3/h x		9,0 x (1- 0,15 BF)		x 0,3					
SO Pared		28,50 m2 x		16,6 x		0,65		308		Latente		m3/h x		1,4 x (1- 0,15 BF)		x 0,72					
OESTE Pared		m2 x		13,2 x		0,65				SUBTOTAL											
NO Pared		m2 x		5,5 x		0,65				GRAN CALOR TOTAL						5.326					
Tejado-Sol		m2 x		10,0 x		0,46															
Tejado-Sombra		m2 x		3,2 x		0,46															
GANANCIA TRANSM. EXCEPTO PAREDES Y TECHOS						TOTALES		A.D.P.													
Total Cristal		8,00 m2 x		9,0 x		2,60		187		FACTOR CALOR SENSIBLE		4.963		Efec. Sens. Local		=		0,93			
Tabiques LNC		6,00 m2 x		4,5 x		1,20		32				5.326		Efec. Total Local							
Techo LNC		m2 x		4,5 x		2,02				ADP Indicados=						°C					
Suelo		m2 x		4,5 x		1,10				ADP Seleccionados=						12					
Suelo exterior		m2 x		9,0 x		1,10				CANTIDAD DE AIRE SUMINISTRADO (Q impulsión)											
Puertas		m2 x		9,0 x		2,00				ΔT=(1-0,15 BF)x(°C Lo- 25,0 - 12 ADP)=		11,05									
Infiltración		m3/h x		9,0 x		0,30				CAUDAL DE AIRE m3/h		4.963		Sensible Local		=		1.497			
		0,3 x		11,05		ΔT				Observaciones:											
Personas		6		Personas		x		57													
Alumbrado		1.700		Wattios x 0,86		x		1,25													
Aplicaciones, etc.				1.000		x		0,86													
Potencia						x															
Ganancias Adicionales						x															
SUBTOTAL						4.512															
COEFICIENTE DE SEGURIDAD						10 %								451							
CALOR SENSIBLE DEL LOCAL						4.963															
Aire Exterior		m3/h x		9,0 x		88		BF x 0,3													
CALOR SENSIBLE EFECTIVO DEL LOCAL						4.963															

Figura 1. Hoja de cálculo de cargas de verano

A continuación, se incluirá una tabla resumen con los valores resultantes de calor sensible, calor latente, carga térmica total y caudal de ventilación necesario para cada una de las zonas analizadas. Los valores de los caudales de aire asociados a cada espacio, provienen del cálculo teórico realizado durante el estudio de las exigencias frigoríficas del edificio, y hacen referencia al caudal de aire necesario para cubrir la demanda térmica total si la climatización se resolviera únicamente mediante un sistema de aire primario.

Aunque estos datos se han incluido con el objetivo de ofrecer una visión más completa del comportamiento térmico de cada zona, no se han empleado en la selección final de los equipos ni en el dimensionado del sistema. Al tratarse de una instalación basada en fan-coils por unidades independientes, la elección de los equipos se ha realizado a partir de las potencias térmicas necesarias en cada estancia, expresadas en kcal/h, y no en función del caudal teórico calculado.

PLANTA BAJA				
Zona	Calor Sensible (kcal/h)	Calor latente (kcal/h)	Gran calor total (kcal/h)	Caudal de aire (m³/h)
Despacho Mercantil	1,766	182	1,948	533
Registro 1B	7,549	726	8,275	2,277
Despacho 1A+1B	4,838	424	5,262	1,459
Registro Mercantil	9,269	484	9,753	2,796
Registro 1A	6,334	484	6,818	1,911
Recepción	3,370	182	3,552	1,016

Registro 6B	4,963	363	5,326	1,497
Registro 6A	7,656	545	8,201	2,310
Sala de reuniones	1,965	484	2,449	593
Total PB	47,710	3,874	51,584	14,392
PLANTA 1				
Despacho 5	1,667	242	1,909	503
Sala de reuniones	1,965	484	2,449	593
Despacho 3A	4,838	424	5,262	1,459
Registro 5	4,838	424	5,262	1,459
Despacho 2	7,597	726	8,323	2,292
Registro 3A	9,269	484	9,753	2,796
Registro 3B	6,334	484	8,818	1,911
Despacho 5A	7,656	545	8,201	2,310
Despacho 3B	4,137	242	4,379	1,248
Despacho Registr. 1	2,533	182	2,715	764
Total P2	50,834	4,237	57,071	15,335
PLANTA 2				

Salon de Actos	9,537	4,840	14,377	2,877
Sala de reuniones	4,635	726	5,361	1,398
Despacho 1 Decanato Registr.	2,301	182	2,483	694
Despacho 2 Decanato Registr.	2,250	182	2,432	679
Despacho 3 Decanato Registr.	2,357	182	2,529	711
Total P2	21,080	6,112	27,182	6,359
Cubierta	1,618	242	1,434	488
TOTAL	121,242	14,465	137,271	36,574

Tabla 5. Tabla cargas de verano

2.4.2 CARGAS TÉRMICAS DE INVIERNO

El estudio de las cargas térmicas necesarias para garantizar unas condiciones adecuadas de confort en invierno parte del análisis de la situación más crítica, la cual se corresponde con las primeras horas de la mañana durante el mes más frío del año. En este caso, se ha adoptado como escenario de referencia las 8:00 h de un día de enero, momento en el que no existe incidencia solar directa y el edificio se encuentra a temperatura mínima tras haber permanecido desocupado durante la noche.

A diferencia de los cálculos de verano, en el caso invernal no es necesario identificar la hora de máxima carga interna, ya que la calefacción no debe contrarrestar ganancias térmicas internas, sino suplir exclusivamente las pérdidas energéticas debidas a las condiciones exteriores. Así, los esfuerzos del sistema se centran en suministrar la energía

suficiente para compensar las pérdidas por transmisión térmica a través de los cerramientos y la ventilación requerida.

Para ello, se han considerado únicamente aquellos factores que contribuyen al descenso de temperatura en los espacios interiores. Las principales fuentes de pérdida térmica en invierno son:

- La transmisión de calor a través de ventanas o superficies acristaladas expuestas al exterior.
- El intercambio térmico con el ambiente a través de muros y cubiertas que delimitan con el entorno.
- Las pérdidas hacia zonas no acondicionadas del propio edificio, como pueden ser locales técnicos, almacenes o zonas comunes no climatizadas.
- El caudal de aire exterior de renovación, igual al calculado para el periodo estival, que representa una importante fuente de pérdida térmica al introducir aire más frío del exterior.

El procedimiento seguido para cuantificar estas pérdidas parte de la obtención de la geometría de cada recinto mediante planos técnicos desarrollados en AutoCAD, a partir de los cuales se extraen las dimensiones de cerramientos, superficies acristaladas y ubicación respecto a puntos cardinales. Con estos datos, se procede a su introducción en una hoja de cálculo diseñada específicamente para estimar las pérdidas térmicas por sala, considerando tanto los parámetros constructivos como las condiciones ambientales de diseño.

Las condiciones exteriores empleadas para el dimensionamiento térmico en invierno se han establecido en base a la Guía Técnica de Condiciones Climáticas de proyecto y normativa RITE. Para el caso particular del edificio analizado, emplazado en la ciudad de Toledo, se han adoptado los siguientes valores:

- Temp. Exterior -4.00 °C
- Temp. Interior 21.00 °C

- Temp. TERRENO 8.50 °C

Además, se han tenido en cuenta diversos coeficientes de ajuste que reflejan las condiciones reales de funcionamiento de la instalación. Entre ellos destacan:

- El coeficiente de transmisión térmica (K), específico para cada material y tipo de cerramiento, el cual ha sido previamente determinado en el análisis constructivo del edificio.
- El coeficiente de orientación o factor de viento (f_v), que permite considerar el efecto del viento y la mayor o menor exposición de cada cerramiento.
- Un coeficiente de régimen (C_r), destinado a corregir el cálculo para reflejar la necesidad de recuperar rápidamente la temperatura tras el apagado nocturno del sistema de calefacción, especialmente en instalaciones con parada programada o régimen intermitente.

Para completar el análisis, se incluye un ejemplo detallado de cálculo aplicado a una de las oficinas, que permite visualizar cómo se obtienen las pérdidas térmicas específicas por superficie y ventilación.

MODULO	ORIENT.	ancho (m)	alto (m)	Superficie (m ²)	K (Kcal/m ² °C)	T ^{int} - T ^{ext} (°C)	f _v	C.p.regime n	TOTAL (Kcal/h)
001									
CRISTAL	N				2,60	25,0	1,35	1,15	
CRISTAL	NE				2,60	25,0	1,35	1,15	
CRISTAL	E				2,60	25,0	1,25	1,15	
CRISTAL	SE			4,0	2,60	25,0	1,15	1,15	343,85 Kcal/h
CRISTAL	S				2,60	25,0	1,00	1,15	
CRISTAL	SO			4,0	2,60	25,0	1,10	1,15	328,90 Kcal/h
CRISTAL	O				2,60	25,0	1,20	1,15	
CRISTAL	NO				2,60	25,0	1,25	1,15	
MURO EXT. (SIN CRISTAL)	N				0,65	25,0	1,20	1,15	
MURO EXT. (SIN CRISTAL)	NE				0,65	25,0	1,20	1,15	
MURO EXT. (SIN CRISTAL)	E				0,65	25,0	1,15	1,15	
MURO EXT. (SIN CRISTAL)	SE			26,1	0,65	25,0	1,10	1,15	536,52 Kcal/h
MURO EXT. (SIN CRISTAL)	S				0,65	25,0	1,00	1,15	
MURO EXT. (SIN CRISTAL)	SO			28,5	0,65	25,0	1,05	1,15	559,22 Kcal/h
MURO EXT. (SIN CRISTAL)	O				0,65	25,0	1,10	1,15	
MURO EXT. (SIN CRISTAL)	NO				0,65	25,0	1,15	1,15	
CUBIERTA	H				0,46	25,0	1,00	1,15	
SUELO (en contacto con el terreno)					1,10	12,5	1,00	1,15	
SUELO EXTERIOR					1,10	25,0	1,00	1,15	
SUELO O TECHO A LNC					1,10	12,5	1,00	1,15	
TABIQUE A LNC (Superficies a Locales No Climatizados)				6,0	1,20	12,5	1,00	1,15	103,50 Kcal/h
CARGA DE VENTILACIÓN	Q (m³/h)								
AIRE EXTERIOR	1.497,00 m ³ /h								11.227,50 Kcal/h
TOTAL									13.099,49 Kcal/h

Figura 2. Hoja ejemplo de cálculo de cargas de invierno

Finalmente, y como cierre del apartado, se incluye una tabla resumen con las pérdidas térmicas calculadas para cada una de las estancias del edificio. En ella se indica el valor total de la carga térmica de invierno expresado en kcal/h, lo que permitirá seleccionar posteriormente los equipos de calefacción de forma adecuada para cada zona.

Zona	Total Carga perdidas invierno (kcal/h)
PLANTA BAJA(invierno)	
Despacho Mercantil	1631.5
Registro 1B	6987.5
Despacho 1A+1B	4547.6
Registro Mercantil	8084.0
Registro 1A	5903.9
Recepción	2758.5
Registro 6B	4366.5
Registro 6A	6692.0
Sala de reuniones	2041.7
Total PB	43013

PLANTA 1	
Despacho 5	1541.0
Sala de reuniones	1852.0
Despacho 3A	4225.6
Registro 5	4358.1
Despacho 2	4729.5
Registro 3A	8151.3
Registro 3B	5903.9
Despacho 5A	6688.1
Despacho 3B	3607.1
Despacho Registr. 1	2340.6
Total P2	43397
PLANTA 2	
Salon de Actos	8488.9
Sala de reuniones	4412.6
Despacho 1 Decanato Registr.	2036.4
Despacho 2 Decanato Registr.	2079.1
Despacho 3 Decanato Registr.	2179.2

Total P2	19196
Cubierta	2045.8
TOTAL	107652

Tabla 6. Tabla cargas de invierno

2.5 CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE TUBERÍAS

La red hidráulica de climatización es el sistema encargado de transportar tanto el agua caliente como el agua fría desde los generadores térmicos —caldera y enfriadora— hasta los elementos terminales distribuidos por las distintas zonas del edificio, y viceversa. Esta red se organiza mediante cuatro circuitos hidráulicos independientes: dos para los climatizadores (uno de frío y otro de calor) y dos para los fan-coils (igualmente, uno para cada régimen térmico). El diseño del trazado ha sido optimizado para facilitar el recorrido de impulsión y retorno, minimizando las pérdidas de carga y reduciendo la complejidad de la instalación.

Estas condiciones se adoptan como referencia para el cálculo del caudal de agua necesario en cada tramo del sistema. El caudal de diseño se determina a partir de la potencia térmica demandada por los elementos terminales, previamente calculada en kcal/h, dividiéndola entre el salto térmico correspondiente del circuito y el calor específico del agua. Con el caudal ya conocido, se procede a la selección del diámetro de tubería adecuado.

Para ello, se utilizan las tablas técnicas de conductos normalizados (DIN 2440), considerando dos restricciones fundamentales: la velocidad máxima del fluido no debe superar los 2 m/s (aunque excepcionalmente se admiten hasta 2,5 m/s), y la pérdida de carga unitaria por metro lineal debe mantenerse por debajo de los 30 mm.c.a. De esta forma se garantiza un equilibrio entre eficiencia energética y durabilidad del sistema.

Una vez definidos todos los tramos según su caudal y sección, se incorpora la longitud real de cada tramo de tubería, incluyendo tanto su desarrollo físico como las pérdidas adicionales asociadas a los accesorios hidráulicos (codos, válvulas, tes, reducciones, etc.). La equivalencia de cada accesorio en metros de longitud se extrae de la tabla técnica correspondiente.

Además, es fundamental tener en cuenta que el cálculo se realiza únicamente para el recorrido de impulsión. No obstante, como la bomba debe vencer la pérdida total del circuito completo (impulsión más retorno), se duplica el resultado obtenido. Finalmente, se añaden las pérdidas específicas asociadas a la válvulería de control y seguridad, tanto en el elemento terminal como en la bomba, según el esquema hidráulico definido para cada planta.

Este proceso se aplica a todas las plantas del edificio, considerando las condiciones de funcionamiento tanto en verano como en invierno, así como las cotas de altura efectiva de cada nivel.

Posteriormente, se adjuntarán, de forma organizada por niveles del edificio, las hojas de cálculo desarrolladas para el dimensionamiento hidráulico de cada planta y sus resultados resumidos. Estas hojas recogen los datos de carga térmica por planta en ambos regímenes (verano e invierno), el cálculo del caudal requerido por tramo, así como las pérdidas de carga asociadas y la selección del diámetro nominal adecuado en cada caso.

TRAMO	Q (l/h) (kcal/h/5)	DN	Perd. mm.c.a. / ml	V (m/s)	L (ml)	codos 90°		codos 45°		tes		reduc.		Tot acces.	BOLA		MARIP		FILTRO		ASIENTO		RET		REG		Tot válv.	Perd. en el tramo (mm.c.a.)	Perd. acumulada (mm.c.a.)
						uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd		uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd			
1-2	1363,6	1"	29	0,66	17,75	3	0,6			1	1,5			3,3														610,45	610,45
2-3	389,6	3/4"	10	0,31	15,9	4				1																		159,00	769,45
3-4	1950,6	1 1/4"	14	0,54	27	3	0,9			3	1,8			8,1														491,40	1.260,85
4-5	710,4	3/4"	28	0,54	7,1	1				1																		198,80	1.459,65
5-6	489,8	3/4"	14	0,38	31,5	7		2		2																		441,00	1.900,65
6-7	1640,2	1 1/4"	11	0,47	29,4	7	0,9			3	1,8			11,7														452,10	2.352,75
7-8	1065,2	1"	19	0,52	11,9	4	0,6			1	1,5			3,9														300,20	2.652,95
8-9	1655	1 1/4"	11	0,47	28,2	3	0,9			3	1,8			8,1														399,30	3.052,25
9-10	1052,4	1"	18	0,5	15,1	2	0,6			1	1,5			2,7														320,40	3.372,65
IMPULSIÓN + RETORNO																												3.372,65	6.745,30

Figura 3. Hoja calculo verano planta baja

TRAMO	Q (l/h) (kcal/h/10)	DN	Perd. mm.c.a. / ml	V (m/s)	L (ml)	codos 90°		codos 45°		tes		reduc.		Tot acces.	BOLA		MARIP		FILTRO		ASIENTO		RET		REG		Tot válv.	Perd. en el tramo (mm.c.a.)	Perd. acumulada (mm.c.a.)
						uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd		uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd			
1-2	1771,18	1 1/4"	11	0,49	17,75	3	0,9			1	1,8			4,50														244,75	244,75
2-3	489,45	1"	4	0,24	15,9	4	0,6			1	1,5			3,90														79,20	323,95
3-4	2425,21	1 1/4"	20	0,67	27	3	0,9			3	1,8			8,10														702,00	1.025,95
4-5	827,55	1"	11	0,41	7,1	1	0,6			1	1,5			2,10														101,20	1.127,15
5-6	612,52	3/4"	19	0,47	31,5	7		2		2																		598,50	1.725,65
6-7	2007,59	1 1/4"	14	0,56	29,4	7	0,9			3	1,8			11,70														575,40	2.301,05
7-8	1309,95	1"	25	0,63	11,9	4	0,6			1	1,5			3,90														395,00	2.696,05
8-9	2096,25	1 1/4"	15	0,58	28,2	3	0,9			3	1,8			8,10														544,50	3.240,55
9-10	1364,27	1"	27	0,66	15,1	2	0,6			1	1,5			2,70														480,60	3.721,15
IMPULSIÓN + RETORNO																												3.721,15	7.442,30

Figura 4. Hoja calculo invierno planta baja

TRAMO	DN (pulgadas)	L (m)	Diámetro nominal (mm)
1-2	1"	17,75	25
2-3	3/4"	15,9	20
3-4	1 1/4"	27	32
4-5	3/4"	7,1	20
5-6	3/4"	31,5	20
6-7	1 1/4"	29,4	32
7-8	1"	11,9	25
8-9	1 1/4"	28,2	32
9-10	1"	15,1	25

Tabla 7. Diametros y longitudes requeridos en verano de tuberías planta baja por tramo

TRAMO	DN	L (m)	Diámetro nominal (mm)
1-2	1 1/4"	17,75	32
2-3	1"	15,9	25
3-4	1 1/4"	27	32
4-5	1"	7,1	25
5-6	3/4"	31,5	20
6-7	1 1/4"	29,4	32
7-8	1"	11,9	25
8-9	1 1/4"	28,2	32
9-10	1"	15,1	25

Tabla 8. Diametros y longitudes requeridos en invierno de tuberías planta baja por tramo

Planta 1

TRAMO	Q (l/h) (kcal/h/10)	DN	Perd. mm.c.a. / ml	V (m/s)	L (ml)	codos 90°		codos 45°		tes		reduc.		Tot acces.	BOLA		MARIP		FILTRO		ASIENTO		RET		REG		Tot válv.	Perd. en el tramo (mm.c.a.)	Perd. acumulada (mm.c.a.)
						uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd		uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd			
1-2	1911	1 1/4"	14	0,54	17,75	3	0,9			1	1,8			4,5														311,50	311,50
2-3	1459	1 1/4"	9	0,43	17,40	4	0,9			2	1,8			7,2														221,40	532,90
3-4	2796	1 1/4"	28	0,77	34,10	6	0,9	2	0,3	4	1,8			13,2														1.324,40	1.857,30
4-5	1357	1"	29	0,66	26,50	1	0,6			1	1,5			2,1														829,40	2.686,70
5-6	2310	1 1/4"	19	0,64	29,40	7	0,9			3	1,8			11,7														780,90	3.467,60
6-7	1459	1 1/4"	9	0,43	11,90	4	0,9			1	1,8			5,4														155,70	3.623,30
7-8	2292	1 1/4"	19	0,64	28,20	3	0,9			3	1,8			8,1														689,70	4.313,00
8-9	1751	1 1/4"	13	0,52	15,10	2	0,9			1	1,8			3,6														243,10	4.556,10
IMPULSIÓN + RETORN																												4.556,10	9.112,20

Figura 5. Hoja calculo verano planta 1

TRAMO	Q (l/h) (kcal/h/10)	DN	Perd. mm.c.a. / ml	V (m/s)	L (ml)	codos 90°		codos 45°		tes		reduc.		Tot acces.	BOLA		MARIP		FILTRO		ASIENTO		RET		REG		Tot válv.	Perd. en el tramo (mm.c.a.)	Perd. acumulada (mm.c.a.)
						uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd		uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd			
1-2	1771,18	1 1/4"	11	0,49	17,75	3	0,9			1	1,8			4,5														244,75	244,75
2-3	1267,67	1"	24	0,61	17,40	4	0,6			2	1,5			5,4														547,20	791,95
3-4	2445,39	1 1/4"	20	0,67	34,10	6	0,9	2	0,3	4	1,8			13,2														946,00	1.737,95
4-5	1257,78	1"	23	0,60	26,50	1	0,6			1	1,5			2,1														657,80	2.395,75
5-6	2006,42	1 1/4"	14	0,56	29,40	7	0,9			3	1,8			11,7														575,40	2.971,15
6-7	1307,44	1"	25	63	11,90	4	0,6			1	1,5			3,9														395,00	3.366,15
7-8	1418,84	1"	29	0,68	28,20	3	0,6			3	1,5			6,3														1.000,50	4.366,65
8-9	1544,43	1 1/4"	4	0,32	15,10	2	0,9			1	1,8			3,6														74,80	4.441,45
IMPULSIÓN + RETORN																												4.441,45	8.882,90

Figura 6. Hoja calculo invierno planta 1

TRAMO	DN	L (ml)	Diametro nominal (mm)
1-2	1 1/4"	17,75	32
2-3	1 1/4"	17,40	32
3-4	1 1/4"	34,10	32
4-5	1"	26,50	25
5-6	1 1/4"	29,40	32
6-7	1 1/4"	11,90	32
7-8	1 1/4"	28,20	32
8-9	1 1/4"	15,10	32

Tabla 9. Diametros y longitudes requeridos en verano de tuberías planta 1 por tramo

TRAMO	DN	L (ml)	Diametro nominal (mm)
1-2	1 1/4"	17,75	32
2-3	1"	17,40	25
3-4	1 1/4"	34,10	32
4-5	1"	26,50	25
5-6	1 1/4"	29,40	32
6-7	1"	11,90	25
7-8	1"	28,20	25
8-9	1 1/4"	15,10	32

Tabla 10. Diametros y longitudes requeridos en invierno de tuberías planta 1 por tramo

Planta 2

TRAMO	Q (l/h) (kcal/h/10)	DN	Perd. mm.c.a. / ml	V (m/s)	L (ml)	codos 90º		codos 45º		tes		reduc.		Tot acces.	BOLA		MARIP		FILTRO		ASIENTO		RET		REG		Tot válv.	Perd. en el tramo (mm.c.a.)	Perd. acumulada (mm.c.a.)
						uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd		uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd			
1-2	2875,4	2"	5	0,40	14,15																					70,75	70,75		
2-3	1072,2	1"	19	0,52	44,57	6	0,6			1	1,5			5,1												943,73	1.014,48		
3-4	496,6	3/4"	14	0,38	12,21	1				1																170,94	1.185,42		
4-5	486,4	3/4"	13	0,36	12,21	1				1																158,73	1.344,15		
5-6	505,8	3/4"	15	0,39	31,22	6		1		1																468,30	1.812,45		
IMPULSIÓN + RETORN																										1.812,45	3.624,90		

Figura 7. Hoja calculo verano planta 2

TRAMO	Q (l/h) (kcal/h/10)	DN	Perd. mm.c.a. / ml	V (m/s)	L (ml)	codos 90º		codos 45º		tes		reduc.		Tot acces.	BOLA		MARIP		FILTRO		ASIENTO		RET		REG		Tot válv.	Perd. en el tramo (mm.c.a.)	Perd. acumulada (mm.c.a.)
						uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd		uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd			
1-2	2546,67	1 1/4"	22	0,71	14,15																						311,30	311,30	
2-3	1323,77	1"	26	0,64	44,57	6	0,6			1	1,5			5,1													1.291,42	1.602,72	
3-4	610,91	3/4"	19	0,47	12,21	1				1																	231,99	1.834,71	
4-5	623,73	3/4"	19	0,47	12,21	1				1																	231,99	2.066,70	
5-6	653,75	3/4"	21	0,49	31,22	6		1		1																	655,62	2.722,32	
IMPULSIÓN + RETORN																											2.722,32	5.444,64	

Figura 8. Hoja calculo invierno planta 2

TRAMO	DN	L (ml)	Diametro nominal (mm)
1-2	2"	14,15	50
2-3	1"	44,57	25
3-4	3/4"	12,21	20
4-5	3/4"	12,21	20
5-6	3/4"	31,22	20

Tabla 11. Diametros y longitudes requeridos en verano de tuberías planta 2 por tramo

TRAMO	DN	L (ml)	Diametro nominal (mm)
1-2	1 1/4"	14,15	32
2-3	1"	44,57	25
3-4	3/4"	12,21	20
4-5	3/4"	12,21	20
5-6	3/4"	31,22	20

Tabla 12. Diametros y longitudes requeridos en invierno de tuberías planta 2 por tramo

Cubierta

TRAMO	Q (l/h) (kcal/h/10)	DN	Perd. mm.c.a. / ml	V (m/s)	L (ml)	codos 90°		codos 45°		tes		reduc.		Tot acces.	BOLA		MARIP		FILTRO		ASIENTO		RET		REG		Tot válv.	Perd. en el tramo (mm.c.a.)	Perd. acumulada (mm.c.a.)
						uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd		uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd			
1-2	286,8	1/2"	21	0,37	20,8	7				1																		436,80	436,80
IMPULSIÓN + RETORN																												436,80	873,60

Figura 9. Hoja calculo verano cubierta

TRAMO	DN	L (ml)	Diametro nominal (mm)
1-2	1/2"	20,8	15

Tabla 13. Diametros y longitudes requeridos en verano de tuberias cubierta por tramo

TRAMO	Q (l/h) (kcal/h/10)	DN	Perd. mm.c.a. / ml	V (m/s)	L (ml)	codos 90°		codos 45°		tes		reduc.		Tot acces.	BOLA		MARIP		FILTRO		ASIENTO		RET		REG		Tot válv.	Perd. en el tramo (mm.c.a.)	Perd. acumulada (mm.c.a.)
						uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd		uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd	uds	perd			
1-2	613,75	3/4"	19	0,47	20,8	7				1																		395,20	395,20
IMPULSIÓN + RETORN																												395,20	790,40

Figura 10. Hoja calculo invierno cubierta

TRAMO	DN	L (ml)	Diametro nominal (mm)
1-2	3/4"	20,8	20

Tabla 14. Diametros y longitudes requeridos en invierno de tuberias cubierta por tramo

	Planta Baja	Planta 1	Planta 2	Cubierta	Total
VERANO (M.C.A)	7,42	10,02	3,99	0,96	22,39
INVIERNO (M.C.A)	8,19	9,77	5,99	0,87	24,82

Tabla 15. Alturas efectivas requeridas por planta y estacion

2.6 CONDUCTOS DE AIRE

La red de conductos tiene como función principal conducir el aire exterior, una vez tratado por los climatizadores, hasta los distintos terminales del edificio. El recorrido comienza en cubierta, donde se ubican los equipos de tratamiento de aire, y desde allí el aire desciende hacia las plantas inferiores, conectándose con los fan-coils y difundiéndose finalmente en las estancias a través de rejillas o difusores.

Teniendo en cuenta las limitaciones de espacio que suelen darse en los falsos techos de los edificios, se ha optado por el uso de conductos rectangulares, ya que permiten una mejor adaptación a la arquitectura sin comprometer el caudal de aire necesario. Esta decisión también responde a criterios de montaje y accesibilidad para mantenimiento.

Para llevar a cabo el cálculo de la red, el primer paso consiste en conocer el caudal de aire requerido en cada tramo, lo cual depende tanto del uso de los espacios como de la ocupación prevista. A partir de ahí, se determina el diámetro equivalente en conducto circular, que servirá de referencia para calcular las pérdidas de carga. Posteriormente, este diámetro se transforma en una sección rectangular equivalente, aplicando los diagramas de conversión habituales, tratando de mantener una relación entre lados inferior a 3, para asegurar un reparto uniforme del aire.

Además del dimensionamiento en sí, se tienen en cuenta los accesorios presentes (como codos, reducciones o empalmes), ya que estos generan pérdidas adicionales que deben sumarse a las pérdidas por fricción del propio tramo recto. Por este motivo, es importante trabajar con longitudes equivalentes que representen correctamente el comportamiento del conjunto.

En cuanto a los criterios de diseño, se han establecido dos límites fundamentales: por un lado, la pérdida de carga unitaria no debe superar los 0,1 mm.c.a./m, y por otro, la velocidad máxima del aire en el interior de los conductos no debe sobrepasar los 10 m/s, tanto por eficiencia como por cuestiones acústicas.

En puntos de bifurcación o confluencia de caudales, el planteamiento de cálculo ha sido aguas arriba, es decir, sumando los caudales progresivamente desde los terminales hasta los climatizadores, con el fin de asegurar que los ventiladores sean capaces de compensar todas las pérdidas del sistema.

A partir de la documentación se han adoptado los caudales de diseño y el trazado de la red, los cuales se mostrarán en los planos y tablas incluidas en el anexo correspondiente.

2.7 SELECCIÓN DE EQUIPOS

Una vez realizadas las simulaciones energéticas y definidos los perfiles de uso del edificio, se procedió al cálculo de cargas térmicas para las condiciones más desfavorables del año. Como resultado, se obtuvo una carga máxima de refrigeración de 159,6 kW (137.271 kcal/h) y una carga de calefacción de 107.652 kcal/h (125,1 kW). A partir de estas demandas, se han seleccionado y dimensionado todos los equipos del sistema de climatización, garantizando una solución técnica equilibrada entre eficiencia energética, fiabilidad y facilidad de mantenimiento.

Sistemas de Producción de Calor y Frío

Producción de calor – Calderas

Para satisfacer la demanda térmica en los meses más fríos, se han instalado dos calderas de hierro fundido del modelo FERROLI GN2-N 300, concebidas específicamente para instalaciones de calefacción de mediano y gran tamaño. Estas unidades están alimentadas por gas natural y ofrecen cada una una potencia útil de 300 kW, lo que proporciona un margen amplio respecto a la carga térmica de

calefacción calculada para el edificio. Esta elección no solo responde a criterios de cobertura de demanda, sino también a razones de fiabilidad, permitiendo alternar su funcionamiento o mantener una en reserva para mantenimiento o fallos imprevistos.

Ambas calderas operan con un régimen térmico de 80/60 °C (temperatura de impulsión/retorno) y están preparadas para soportar una presión de trabajo máxima de 6 bar, lo que garantiza su adaptabilidad a las condiciones hidráulicas del circuito cerrado. Se trata de equipos de bajo contenido de agua con cámara de combustión presurizada, lo que favorece una elevada rapidez de respuesta frente a variaciones de carga y asegura un buen rendimiento, incluso en regímenes parciales de funcionamiento.

Además, el sistema incorpora dos vasos de expansión de 100 litros cada uno, conectados directamente al colector de retorno. Estos elementos son fundamentales para compensar las variaciones de volumen del fluido caloportador asociadas a los ciclos de calentamiento y enfriamiento del sistema, contribuyendo así a preservar la seguridad y la estabilidad hidráulica de toda la instalación.

Producción de frío – Enfriadora

La generación de energía frigorífica para cubrir las cargas térmicas estivales se realiza mediante una unidad enfriadora de agua modelo CARRIER AQUASNAP 30RBS 170, equipada con refrigerante R-410A, de alto rendimiento y bajo impacto ambiental dentro de los estándares actuales. Esta enfriadora está diseñada para proporcionar una potencia frigorífica nominal de 170 kW, trabajando en un régimen habitual de 12/7 °C (temperatura de entrada/salida del agua enfriada), parámetros adecuados para sistemas de climatización en edificios terciarios como el que ocupa este proyecto.

El equipo cuenta con compresores scroll de alta eficiencia, caracterizados por su bajo nivel sonoro y un excelente comportamiento en cargas parciales, lo que se traduce en un funcionamiento más eficiente a lo largo del tiempo. La unidad incorpora además condensadores por aire con ventiladores axiales de velocidad modulante, que permiten adaptar el rendimiento del sistema a las condiciones exteriores, optimizando el consumo energético.

La regulación y supervisión del equipo se realiza a través de un sistema electrónico integrado que gestiona las diferentes funciones del compresor, el ciclo frigorífico y los ventiladores, asegurando así una operación precisa y segura. La enfriadora está alojada en un carenado insonorizado y ha sido prevista para su instalación en exterior, en una zona accesible de la cubierta, protegida y convenientemente señalizada, tal como se especifica en los planos de emplazamiento del proyecto.

Unidades de Tratamiento de Aire (UTAs)

El sistema de aire primario requiere un caudal de ventilación total de unos 15.000 m³/h, que se ha dividido entre dos UTAs modulares del fabricante Systemair:

- GENIOX-27SR: caudal de impulsión regulable entre 8.000 y 35.000 m³/h
- GENIOX-24SR: caudal entre 7.500 y 26.000 m³/h

Ambas unidades están equipadas con:

- Intercambiador rotativo de recuperación energética
- Baterías de agua caliente y fría
- Filtros G4 y F
- Ventiladores EC con control proporcional
- Sección de mezcla aire exterior/recirculado con compuertas motorizadas
- Compuertas cortafuegos EI-60 en la salida de impulsión

Las unidades se montan sobre bancada antivibratoria e incluyen armario eléctrico de control, con protección térmica y señales remotas para supervisión BMS. Cada sección está dimensionada para permitir acceso a mantenimiento según normativa.

Red de Tuberías

La distribución de agua en los circuitos de climatización se realiza mediante una red de tuberías de acero negro soldado, conforme a norma DIN 2240. Se utilizan distintos

diámetros nominales, desde 1/2” hasta 2”, en función del caudal demandado en cada tramo. En total, se han instalado 998,72 metros lineales entre ida y retorno. Todas las conducciones incluyen:

- Aislamiento térmico con elastómero flexible (espesor 9 mm)
- Válvulas de corte tipo bola de acero galvanizado
- Válvulas de equilibrado manuales
- Purgadores automáticos en los puntos altos
- Colectores de distribución en zona de máquinas

El aislamiento cumple con la exigencia mínima de la sección HE-1 del CTE (limitación de la demanda energética).

Impulsión hidráulica

Para impulsar el caudal de agua caliente/fría, se han instalado 18 bombas tipo in-line EBARA ELINE-D 50-160 1,1A, con motor trifásico de 1,1 kW (1,5 CV), control de velocidad simple y cuerpo en fundición. Estas bombas ofrecen un caudal unitario de 6,5 l/s y son capaces de vencer las pérdidas de carga totales del sistema, estimadas en:

- 22,39 m.c.a. (verano)
- 24,82 m.c.a. (invierno)

El grupo de impulsión está montado sobre bancada común, con amortiguadores antivibración, válvulas de retención y filtros en Y para protección del sistema.

Unidades Terminales: Fan-Coils

Para la emisión térmica en locales se han instalado un total de 34 unidades fancoil de la gama BAXI IQD 110, en dos modelos:

<i>Modelo</i>	<i>Pot. frigorífica</i>	<i>Pot. calorífica</i>	<i>Caudal de agua</i>	<i>Caudal de aire</i>	<i>Formato</i>
<i>IQD 110-A</i>	7,05 kW	7,10 kW	1.930 l/h	1.250 m³/h	Cassette 4 tubos
<i>IQD 110-B</i>	5,70 kW	6,00 kW	1.570 l/h	1.100 m³/h	Cassette 4 tubos

Las unidades están empotradas en falso techo y cuentan con bandeja de condensados, ventilador centrífugo, válvulas de 2 vías, termostato ambiente y conexión hidráulica flexible.

Difusión y Retorno de Aire

Se han instalado diferentes tamaños de difusores KOOLAIR DFRO (20, 24, 32, 40 y 48), rotacionales con aletas móviles, para permitir una difusión uniforme del aire. Estos difusores presentan una pérdida de carga inferior a 25 Pa, nivel sonoro inferior a 35 dB(A), y están fabricados en aluminio anodizado con pintura epoxi. Además, se han colocado:

- Rejillas de retorno en todas las zonas interiores
- Compuertas de regulación de caudal con mando accesible
- Compuertas cortafuegos en zonas técnicas y de paso de sector

Red de Conductos y Aislamiento

La red de conductos se ha fabricado íntegramente en chapa galvanizada, con secciones rectangulares calculadas según la velocidad máxima permitida en cada zona (máx. 4 m/s en impulsión). La superficie total instalada es de 4.290 m², distribuida en conductos de 300×200, 400×300, 500×250, 600×400, 700×450, 800×650.

Ver en plano

El aislamiento térmico está realizado con manta de fibra de vidrio tipo ISOAIR de 30 mm, específica para uso interior, que garantiza una conductividad térmica inferior a 0,036 W/m·K. Este aislamiento va protegido con revestimiento de aluminio exterior, cumpliendo con la normativa de reacción al fuego (Euroclase B-s1,d0).

Capítulo 3. Detalles y Especificaciones de la Instalación

Capítulo 3. DETALLES Y ESPECIFICACIONES DE LA INSTALACIÓN

CARGAS TÉRMICAS DE LOS LOCALES

La determinación de las cargas térmicas ha sido realizada a partir de un programa de simulación específico que integra la metodología CTLD/CSL/CLF, siguiendo criterios similares a los de ASHRAE. Este método permite establecer la evolución de la carga térmica a lo largo del día, considerando tanto la ocupación real como las características constructivas y de orientación del edificio.

Este sistema de cálculo permite identificar los momentos de mayor exigencia térmica en cada espacio y seleccionar, en consecuencia, los equipos más adecuados. En lo referente a calefacción, los valores se han determinado según las condiciones descritas previamente, garantizando así un dimensionado coherente con las necesidades energéticas reales.

SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AIRE

En el presente proyecto se ha diseñado un sistema de tratamiento de aire basado en unidades climatizadoras de aire primario, complementadas por fan-coils de cuatro tubos como terminales de climatización. Esta combinación garantiza un aporte adecuado de aire exterior renovado y un control térmico eficaz por zonas.

El sistema de distribución de aire se realizará a través de redes de conductos fabricados en chapa galvanizada, debidamente aislados térmica y acústicamente. Los tramos verticales se aislarán con lana mineral y los horizontales con fibra de vidrio, empleando además acabados exteriores con chapa de aluminio de 0,7 mm para garantizar su

protección mecánica. La extracción de aire viciado se llevará a cabo mediante redes independientes, también aisladas, con el recorrido situado preferentemente en el techo técnico.

En lo que respecta al aire primario, será distribuido hasta los fan-coils de forma directa mediante redes de conductos. Dichas unidades terminales se ubicarán estratégicamente en las distintas zonas del edificio en función de la demanda térmica de cada una. Cada fan-coil tendrá su propia regulación, lo que permite un control individualizado del confort por estancias. Este control se realizará a través de un termostato conectado a un módulo electrónico que gobierna las válvulas de tres vías responsables del paso de agua caliente o fría, en función de la necesidad detectada.

En zonas húmedas como aseos, el aire será extraído de forma continua mediante ventiladores instalados en la cubierta, asegurando una tasa de extracción mínima de 25 l/s por cabina, conforme a lo exigido por la norma UNE 100011. El sistema estará diseñado para mantener estos espacios en ligera depresión, favoreciendo así el correcto movimiento del aire desde zonas limpias a zonas sucias.

Cada climatizadora se compone de los siguientes elementos funcionales:

- Ventilador de retorno.
- Recuperador de calor estático tipo placas.
- Filtro de alta eficiencia (clase EU-7), con una eficacia mínima del 85 %, conforme al estándar ASHRAE.
- Batería de frío con bandeja de recogida de condensados y sifón de evacuación.
- Batería de calor con sistema de drenaje independiente.
- Ventilador de impulsión.

Además, se incluyen unidades de expansión directa tipo split inverter en los aseos de planta primera, debido a que por configuración del falso techo no se dispone de altura suficiente para instalar conductos. Estas unidades se componen de un evaporador interior

mural y un condensador situado en la cubierta, conectados mediante línea frigorífica y con regulación por termostato independiente.

Todo el sistema garantiza una respuesta eficiente y flexible ante las variaciones térmicas del edificio, siendo capaz de ofrecer simultáneamente calefacción en unas zonas y refrigeración en otras, en función del uso y la orientación.

REDES DE TUBERÍAS

El circuito hidráulico que alimenta tanto los terminales de tratamiento de aire como los fan-coils será de caudal constante en el primario y caudal variable en el secundario, conforme al esquema de funcionamiento dual clásico en instalaciones de climatización. La distribución se realizará mediante tuberías de acero negro en los tramos principales, con derivaciones en cobre hasta los equipos.

Cada circuito principal contará con bombas gemelas en paralelo, conmutables entre sí. Estas bombas permitirán garantizar el servicio incluso ante una eventual avería. Se dispondrá de un sistema de control automático que priorizará la bomba en reposo alternándola periódicamente con la activa para igualar los tiempos de funcionamiento.

El circuito de agua fría se alimentará desde la enfriadora situada en cubierta, mientras que el de agua caliente lo hará desde la sala de calderas. Ambas redes discurrirán por patinillos verticales hasta las plantas inferiores, donde se conectarán con los diferentes terminales a través de derivaciones laterales.

Los aislamientos térmicos se han dimensionado conforme al Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), previendo un coeficiente global de transmisión de calor inferior a $0,040 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ para evitar pérdidas térmicas. Además, se ha considerado la protección frente a la condensación en tuberías de impulsión de agua fría, para lo cual se han seleccionado aislamientos de célula cerrada y baja conductividad térmica.

La distribución horizontal de los circuitos en las plantas se realizará por falsos techos, siempre respetando los pasos estructurales y garantizando su accesibilidad para operaciones de mantenimiento. Para ello se han previsto registros técnicos en puntos clave.

En cuanto a los desagües de las unidades de tratamiento de aire y fan-coils, se ha proyectado una red de evacuación formada por tuberías de PVC de 32 mm, conectadas al sistema general de saneamiento del edificio mediante sifones hidráulicos.

DETALLES COMPLEMENTARIOS DEL SISTEMA HIDRÁULICO

Para compensar las dilataciones que se generan en los tramos lineales de las conducciones, tanto en los circuitos de agua fría como en los de calefacción, se han previsto dilatadores de acero inoxidable del tipo compensador axial con tubo guía, o bien sistemas tipo “línea en U”, ubicados estratégicamente en cada red, siempre conforme a la normativa vigente.

En las zonas más bajas del sistema hidráulico, así como en las plantas inferiores del edificio, se instalarán válvulas de vaciado y purga que conducirán el fluido hasta los puntos de evacuación más próximos, siempre garantizando que en caso de vertido accidental este no afecte a zonas transitables.

Los colectores de retorno de los distintos circuitos dispondrán de acometidas específicas con válvulas de corte, válvulas de retención y filtros magnéticos para facilitar tanto las maniobras de mantenimiento como el llenado inicial del sistema. Las acometidas principales estarán conectadas a través de tramos flexibles de acero inoxidable con protección externa de malla trenzada.

Para garantizar una correcta presión diferencial entre circuitos y evitar desequilibrios hidráulicos, se ha dimensionado toda la instalación mediante el método de caída de presión constante. La velocidad máxima del fluido en los tramos rectos se ha limitado entre 2,5 y 3,5 m/s, siguiendo criterios de eficiencia energética y minimización del ruido inducido por fricción.

Además, se han utilizado programas de cálculo específicos para dimensionar todos los tramos, teniendo en cuenta tanto pérdidas de carga locales como lineales, con la finalidad de asegurar un caudal uniforme a cada equipo terminal. En aquellas zonas donde se prevea un uso más intensivo o mayores requerimientos, se han incluido dispositivos de equilibrado automático, válvulas de corte y reguladores de caudal.

Para cada anillo o red de distribución se ha definido una estrategia de equilibrado hidráulico y regulación independiente, especialmente en los circuitos que abastecen a unidades de tipo fan-coil o climatizadores.

RED DE CONDUCTOS

En lo referente a la red de distribución de aire, se han diseñado conductos de sección rectangular fabricados en chapa galvanizada, aislados mediante manta de fibra de vidrio tipo Isoair de 30 mm de espesor, con barrera de vapor y acabado exterior de aluminio. Este aislamiento se aplica en los tramos expuestos al exterior o situados en zonas no climatizadas, con el fin de minimizar las pérdidas térmicas y proteger la red frente a la intemperie.

En interiores o zonas climatizadas, como despachos y salas de trabajo, se optará por conductos circulares de fibra de vidrio con revestimiento exterior de aluminio y refuerzo interior en chapa para los tramos con exigencia de mayor rigidez estructural o resistencia al paso del tiempo.

La pérdida de carga total en los conductos ha sido limitada a valores inferiores a 1 Pa/m, siendo este un objetivo prioritario para asegurar eficiencia energética y reducir el consumo de los ventiladores.

El cálculo de toda la red se ha realizado con software específico de simulación de redes de aire, considerando las características geométricas, longitudes y singularidades de cada tramo. En base a esto se han seleccionado ábacos y tablas técnicas para cada tipo de material, asegurando compatibilidad entre los elementos.

UNIDADES TERMINALES DE DIFUSIÓN DE AIRE

En esta sección se describen los componentes encargados de distribuir el aire tratado dentro de los distintos espacios del edificio, priorizando el confort térmico y la calidad ambiental interior.

En general, la distribución en oficinas, zonas comunes y áreas abiertas se realizará mediante difusores rotacionales de doble anillo, con dimensiones aproximadas de 300x120 mm, seleccionados de forma que la pérdida de carga se mantenga por debajo del 15 Pa y que el nivel sonoro no supere los 25 dB(A), con lo cual se aseguran condiciones acústicas óptimas.

Para áreas de atención al público o salas de espera, se emplearán difusores rotacionales de mayor caudal, en formato 600x600 mm, diseñados para instalación en techo modular registrable, lo que facilita el mantenimiento.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE FRÍO Y CALOR

El diseño del sistema contempla una producción térmica centralizada, compuesta por una enfriadora eléctrica de agua para la producción de frío y una caldera alimentada a gas para la producción de calor. Ambos equipos se ubicarán en salas técnicas independientes situadas en plantas diferenciadas del edificio, con la finalidad de optimizar el espacio útil y garantizar el mantenimiento seguro de los equipos.

La ubicación de la enfriadora, en una zona elevada del edificio, responde al criterio de evitar largos recorridos de tuberías hacia los puntos de consumo. Este equipo será del tipo compresor por tornillo, con condensación por aire y ventiladores axiales, capaz de entregar una potencia frigorífica del orden de 160 kW. La selección de esta tipología responde tanto a su fiabilidad en funcionamiento continuo como a su buen comportamiento en cargas parciales. La temperatura de impulsión a las unidades terminales se establece en 7 °C.

Se ha optado por este modelo en particular debido a su alta eficiencia energética (valores de EER y COP elevados), su capacidad para modular la potencia mediante control electrónico del motor del compresor y por requerir un número reducido de piezas móviles, lo que reduce

el desgaste mecánico y la frecuencia de mantenimiento. Además, este equipo se adapta adecuadamente a variaciones en la demanda sin necesidad de encendidos y apagados repetitivos, lo cual alarga su vida útil y mejora el rendimiento estacional.

En cuanto a la producción de calor, se instalará una caldera mural de gas de tipo modular y con quemadores de etapas, capaz de regular su potencia en función de la demanda térmica real. Esta unidad, ubicada en una sala específica bajo cubierta, cumple con lo establecido en la norma UNE 60601:2000. La caldera, con una potencia de 275 kW, trabaja con un rendimiento estacional cercano al 93 % y suministrará agua caliente a temperaturas de entre 80 y 65 °C, suficiente para cubrir los requisitos de calefacción e impulsión hacia los climatizadores y fan coils.

En ambos circuitos, tanto el de refrigeración como el de calefacción, se incluirán vasos de expansión cerrados con membrana, que compensen las variaciones de volumen por dilatación térmica del agua. El volumen útil del vaso se calculará según el producto del volumen total de instalación y el coeficiente de dilatación, ajustando el valor según las presiones de trabajo y la altura manométrica. En el caso de la caldera, este vaso se instalará en la impulsión del sistema, minimizando así las oscilaciones de presión en arranque y parada de los equipos.

DEPÓSITOS DE EXPANSIÓN Y ACUMULACIÓN TÉRMICA / DE INERCIA

Para mantener la estabilidad volumétrica y térmica en los circuitos cerrados de agua caliente y refrigerada, el proyecto incorpora depósitos acumuladores hidroneumáticos cerrados, con membrana flexible intercambiable. Su instalación se justifica tanto por la necesidad de absorber las dilataciones térmicas como por la mejora en el comportamiento de los sistemas de producción, especialmente en condiciones de carga variable.

El cálculo del volumen de estos depósitos ha seguido los criterios establecidos en la norma UNE 100155, y su dimensionado ha tenido en cuenta tanto los volúmenes de agua en circulación como las oscilaciones térmicas previsibles por ciclo de funcionamiento.

Además, se contempla un depósito de inercia térmica situado a la salida del circuito de impulsión del agua refrigerada, que ayuda a suavizar los arranques del compresor en los momentos de baja demanda. Este elemento facilita una regulación más precisa y evita oscilaciones innecesarias, mejorando la respuesta del sistema de control. La inercia térmica proporcionada garantiza una variación de temperatura lo suficientemente lenta como para que el sistema de gestión pueda modular la producción en función de los sensores instalados, sin necesidad de activaciones repetidas.

CHIMENEAS DE EVACUACIÓN DE HUMOS

La evacuación de los productos de combustión generados en las calderas se realizará mediante chimeneas dimensionadas conforme a los requisitos técnicos establecidos en la norma UNE 123001, garantizando así una adecuada dispersión de gases en condiciones de seguridad.

FUENTES DE ENERGÍA

El suministro energético principal de la instalación será de origen eléctrico, dado que todos los equipos de generación de frío operan mediante sistemas de refrigeración accionados por energía eléctrica. Para la producción de calor, se empleará gas natural como fuente para los quemadores de las calderas. En ambos casos, tanto los ventiladores como los elementos auxiliares estarán igualmente alimentados por energía eléctrica, optimizando el rendimiento y la gestión del sistema.

SISTEMA DE CONTROL Y GESTIÓN CENTRALIZADA

Aunque el sistema de gestión se aplicará de forma general a todas las instalaciones electromecánicas del edificio, se especifica que las instalaciones de climatización se integrarán completamente en dicho sistema. La gestión abarcará desde el control de accesos

y sistemas antiintrusión hasta los cuadros eléctricos que abastecen a los equipos térmicos, respetando lo estipulado en el proyecto específico de Baja Tensión.

ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control de la instalación incluirá:

- Un puesto de control central, encargado de gestionar y visualizar el estado general del sistema.
- Una interfaz gráfica específica para las instalaciones electromecánicas.
- Programación específica orientada a los equipos mecánicos.
- Subcentrales propias para las instalaciones de climatización.
- Un bus de comunicación que interconecte todos los componentes del sistema.
- Canalizaciones específicas entre las subcentrales y los elementos de campo.
- Cableado de mando entre las subcentrales y los cuadros eléctricos que abastecen los equipos de climatización, incluso cuando estos no estén directamente conectados.

PLANTEAMIENTO GENERAL DEL SISTEMA DE GESTIÓN

La solución adoptada parte del principio de integrar un sistema automatizado de control que facilite la supervisión de todos los puntos estratégicos del edificio, especialmente aquellos considerados críticos para su operatividad. Este sistema permitirá:

- Optimizar el consumo energético y reducir costes operativos.
- Gestionar el funcionamiento continuo de las instalaciones con total autonomía.

- Aplicar estrategias de mantenimiento preventivo, permitiendo una respuesta rápida y localizada ante posibles averías o fallos.

GESTIÓN GRÁFICA Y SOFTWARE DE SUPERVISIÓN

El sistema de gestión centralizado contará con un paquete completo de software capaz de visualizar gráficamente, en tiempo real e interactivo, todos los elementos de las instalaciones técnicas bajo supervisión. El operador podrá ver sobre la pantalla, de forma dinámica, datos como temperaturas por zona, aperturas de válvulas, estados de actuadores, alarmas y cualquier otra variable de control. Estas gráficas se actualizarán automáticamente con cada cambio de valor, ofreciendo una representación clara e inmediata del estado de la instalación.

Asimismo, se podrán generar ventanas gráficas complementarias que recojan en paralelo la evolución temporal de las variables, facilitando el análisis de tendencias y la detección anticipada de posibles anomalías. La herramienta incluirá módulos específicos para la gestión de eventos, informes históricos, planificación del mantenimiento preventivo y herramientas de ayuda a la optimización energética.

El software será íntegramente en castellano, con interfaz sencilla e intuitiva, basado en un entorno operativo conocido y de fácil acceso como puede ser Microsoft Windows XP Profesional o similar.

Las gráficas e informes permitirán visualizar la información agrupada según distintos niveles jerárquicos, desde un resumen global hasta detalles pormenorizados.

El acceso a los distintos niveles del sistema estará protegido mediante contraseñas, establecidas por un supervisor autorizado. El puesto de control, como núcleo operativo, permitirá ejecutar las siguientes funciones:

- Consulta y exportación de datos recogidos por el sistema.
- Generación de alarmas en tiempo real, clasificadas por nivel de prioridad.
- Supervisión de valores, incluyendo simulaciones o forzados manuales.

- Acceso y análisis de históricos, tanto de alarmas como de informes y eventos.
- Visualización gráfica del estado actual de la instalación.

CONTROLADORES PROGRAMABLES Y COMUNICACIÓN DISTRIBUIDA

Cada uno de los controladores instalados en la red de gestión funcionará de forma independiente en su ubicación específica, sin depender del resto para operar correctamente. En caso de fallo en uno de ellos, el resto continuará operando con normalidad, garantizando así la robustez del sistema.

Las funciones básicas que desempeñarán estos controladores incluyen:

- Regulación automática de parámetros.
- Programación de consignas y secuencias operativas según horarios establecidos.
- Detección inmediata y notificación de alarmas, con indicación de fecha y hora.
- Gestión de tareas de mantenimiento.
- Registro de datos históricos y análisis de tendencias.
- Funcionalidades de autodiagnóstico del sistema.

La arquitectura comunicativa del sistema estará basada en un bus de datos que permitirá la interacción directa entre controladores. Esta comunicación será compatible con futuras ampliaciones gracias al diseño modular del hardware.

Cada controlador incluirá un microprocesador capaz de ejecutar, almacenar y comunicar los programas de control. Las alarmas generadas por estos equipos serán visualizadas en el puesto central y quedarán registradas con su correspondiente identificación y marca temporal.

NIVEL DE EQUIPOS DE CAMPO

El sistema se completará con un conjunto amplio de sensores destinados a captar distintas variables, junto con elementos de regulación que permitirán modificar los parámetros y valores requeridos para mantener controladas dichas variables según las necesidades del sistema.

CLIMATIZADOR DE AIRE PRIMARIO

El control sobre el climatizador se realizará en base a las mediciones obtenidas de la temperatura del retorno. A partir de estas señales, se regulará de forma proporcional la válvula de mezcla aire frío/calor.

El sistema enviará una señal de marcha o parada a los ventiladores, además de registrar el estado de los mismos y de los filtros correspondientes. En el conducto de impulsión se ubicarán sondas que controlarán temperatura y humedad.

Asimismo, en función de la ocupación prevista para cada zona del edificio, se supervisará la apertura de compuertas de aire exterior, optimizando el caudal necesario en cada momento.

PRODUCCIÓN DE AGUA FRÍA O CALIENTE (ENFRIADORA Y CALDERA)

La producción de agua para climatización será gestionada por un sistema de control que, en función de la lectura de las temperaturas de retorno y del colector de retorno, regulará tanto la entrada como la salida de la enfriadora o de la caldera.

La lógica de control contemplará válvulas motorizadas de tres vías y bombas tanto en los circuitos primario como secundario. Se instalarán elementos como detectores de flujo que garantizarán el funcionamiento adecuado del sistema, activando los equipos de producción según la demanda térmica de la instalación.

En el circuito de impulsión primario, se priorizará el arranque de bombas en función de la temperatura media exterior. El llenado de los circuitos se llevará a cabo mediante válvula manual instalada en armario técnico.

SISTEMA DE FAN-COILS

El sistema fan-coil estará formado por unidades que funcionarán de manera autónoma. Cada fan-coil contará con un control local equipado con termostato que activará válvulas de tres vías, según la necesidad térmica de la zona. El mismo dispositivo se encargará también de arrancar y parar el ventilador y de ajustar su velocidad en tres niveles.

El control individual permitirá gobernar tanto el funcionamiento como el modo de operación del equipo, actuando según el estado de ocupación de las estancias. Las señales de ocupación o desocupación serán compartidas con el sistema del climatizador de aire primario, garantizando una secuencia de arranque ordenada.

ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS Y DE COMPONENTES

A continuación, se presenta la relación de fichas técnicas que describen las características cualitativas de los principales equipos y elementos que componen las instalaciones referidas en la presente memoria.

El listado de componentes incluidos es el siguiente:

1. Calderas de alto rendimiento
2. Enfriadoras de condensación por aire
3. Climatizadores horizontales para tratamiento de aire primario
4. Conductos galvanizados de chapa
5. Difusores rotacionales de techo

6. Rejillas de impulsión y retorno
7. Bombas de circulación
8. Tuberías de acero negro
9. Válvulas tipo mariposa y de bola
10. Vasos de expansión abiertos
11. Aislamiento de conductos con terminación en aluminio
12. Aislamiento de redes mediante espuma elastomérica

CALDERAS DE ALTO RENDIMIENTO

Las calderas que se van a emplear cuentan con un cuerpo fabricado en acero inoxidable, mientras que los intercambiadores están contruidos en aluminio o bien en tubos de cobre con aletas, según la calidad del agua de alimentación disponible.

El rendimiento energético mínimo garantizado para estas unidades es del 95 % sobre el poder calorífico inferior (PCI), siendo una eficiencia que responde a los requisitos actuales de optimización térmica.

En cuanto a las temperaturas de operación, la impulsión no excederá los 100 °C y el retorno deberá mantenerse por debajo de los 50 °C para asegurar una adecuada transferencia térmica y preservar la integridad de los componentes.

Los quemadores están preparados para operar con gas natural y su funcionamiento será modulante, adaptando su potencia a la demanda real del edificio en cada momento.

Estas calderas estarán correctamente aisladas térmicamente mediante una capa envolvente de fibras minerales de al menos 100 mm de grosor. La carcasa exterior será de chapa de acero esmaltada al horno y diseñada para facilitar su desmontaje en operaciones de mantenimiento.

A nivel de control, incorporan electrónica que permite regular con precisión la temperatura del agua impulsada. Además, incluyen interruptor general de funcionamiento, pilotos indicadores de fallo del quemador, termostatos de seguridad y de operación, así como sensores de temperatura en impulsión y retorno. También se contemplan contadores horarios y dispositivos de verificación de estado operativo.

ENFRIADORA CONDENSADA POR AIRE

Se instalará una enfriadora compacta de condensación por aire, montada y cableada íntegramente en fábrica. Este equipo estará compuesto por una estructura sólida de acero galvanizado con tratamiento epoxi y paneles en aluminio, asegurando resistencia mecánica y durabilidad.

El rendimiento energético (COPE) de la unidad se estima en valores mínimos de 2,70 para carga completa y 2,60 a carga parcial del 60 %, datos que se corresponden con el comportamiento esperado en las condiciones previstas para el proyecto.

Cada enfriadora será ensayada en fábrica con su carga total de refrigerante y puesta a prueba bajo los parámetros definidos en la fase de diseño, asegurando así un rendimiento óptimo desde su puesta en marcha.

Cada unidad incluirá los siguientes elementos técnicos:

El fluido refrigerante utilizado será R134a. El sistema incluirá compresores de tornillo especialmente diseñados para funcionar con bajo consumo cuando operan a cargas parciales. El sistema de lubricación será forzado, asistido mediante bomba reversible. Los motores de estos compresores estarán protegidos térmicamente, con sensores incorporados en los bobinados, y se refrigerarán por gas de aspiración.

Los evaporadores serán uno o dos por unidad, funcionando con expansión directa. Estarán fabricados con tubos de cobre ranurados y placas de acero al carbono, con envolventes aisladas térmicamente. Un cable calefactor con control termostático impedirá la formación

de hielo, incluso con temperaturas de hasta $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$. Cada evaporador incorporará doble circuito frigorífico.

Las baterías condensadoras estarán formadas por tubos de cobre sin soldadura, dispuestos de forma escalonada y mecanizados para alojar aletas de aluminio, que se fijarán con anillos ("collares") con el fin de maximizar el intercambio térmico. Un subenfriador de líquido integrado ayudará a eliminar burbujas y mejorará la eficiencia entre un 5 y un 7 %. Estas baterías incluirán también rejillas de protección.

Los ventiladores de condensador serán del tipo axial, con palas de polipropileno para reducir el nivel sonoro y mejorar el rendimiento. Los motores estarán protegidos contra el polvo y la humedad (IP55), con seis polos y una tolerancia térmica de funcionamiento que abarcará desde $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Serán adecuados para operar a 8 m.m.c.a.

El sistema de expansión contará con una válvula electrónica modulante, controlada por impulsos y gobernada por un sistema inteligente tipo Micro Tech, que ajustará su comportamiento ante cambios en la demanda térmica.

El cuadro de control será metálico, preparado para ambientes exteriores, y dispondrá de cerradura. En su interior se ubicarán todos los elementos eléctricos, como interruptores de emergencia, seccionadores, protecciones térmicas, relés, presostatos, temporizadores, contadores horarios y alarmas. Estará diseñado para permitir una gestión integral del funcionamiento de compresores y ventiladores.

Cada unidad estará gestionada por un microprocesador que dispondrá de pantalla digital. Se podrán programar calendarios anuales de funcionamiento, así como activar modalidades de arranque progresivo. También se integrarán opciones de comunicación por puertos RS 232 o RS 485, con posibilidad de conexión a sistemas de supervisión mediante protocolos abiertos.

CLIMATIZADOR TIPO HORIZONTAL PARA TRATAMIENTO DE AIRE

La carcasa del climatizador será una estructura rígida ensamblada con perfiles de aluminio, sobre los cuales se instalarán paneles de cierre.

Los paneles estarán fabricados en chapa galvanizada, con un espesor adaptado al tamaño y la presión de trabajo requeridos. La estructura completa estará diseñada para evitar vibraciones o deformaciones durante su funcionamiento.

Entre las dos chapas metálicas se colocará aislamiento térmico y acústico de 25 mm de grosor, con propiedades ignífugas y no inflamables según norma DIN-4102. El material aislante será de poliuretano. Las puertas para mantenimiento estarán equipadas con manetas que facilitan su apertura rápida.

Todas las superficies metálicas serán galvanizadas, y las soldaduras estarán protegidas con un mínimo de dos capas de pintura anticorrosiva de alta adherencia y con contenido rico en zinc.

Las uniones entre paneles y bastidores estarán diseñadas para facilitar el desmontaje sin comprometer la estanqueidad. Esta característica será independiente de la frecuencia de apertura de los módulos.

La base de cada unidad será resistente, preparada para soportar al personal técnico y el peso del equipamiento de mantenimiento, con una capacidad estructural mínima de 150 Kg/m². También dispondrá de aislamiento inferior.

Finalmente, las bandejas de recogida de condensados serán metálicas, tratadas con pintura epoxi y montadas sobre perfiles que permitirán una adecuada evacuación del aire exterior. Esta configuración asegurará una limpieza rápida y evitará acumulaciones que puedan afectar al rendimiento.

SECCIÓN DE FILTROS

El sistema filtrante incorporado en el climatizador estará diseñado para garantizar una depuración eficiente del aire. Se emplearán filtros planos de panel con bastidor metálico y

medio filtrante de fibra de vidrio entrelazada. Esta fibra contará con una densidad progresiva y estará impregnada de viscosa, asegurando una eficacia de retención gravimétrica comprendida entre el 75 % y el 80 %, cumpliendo con la clase G-3 según norma UNE EN 779.

La velocidad de paso del aire por estos elementos se fijará en 2,5 m/s. Se prevé una pérdida de carga inicial aproximada de 40 Pa, alcanzando hasta 150 Pa al final de su vida útil. El espesor estándar de estos filtros será de 20 mm.

En caso de emplearse filtros de tipo bolsa, se utilizarán también medios filtrantes a base de fibra de vidrio, alcanzando eficiencias Dust-Spot del 80 % al 85 %, y clasificados como clase EU-7. La velocidad de paso oscilará entre 1,25 y 3,2 m/s, con pérdidas de carga iniciales entre 83 y 130 Pa, y finales que pueden llegar a los 300 Pa.

Se limitará la velocidad del aire de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de los filtros. Tanto los bastidores como los filtros en sí estarán fabricados en materiales resistentes a la corrosión. Se priorizará que su acceso para mantenimiento sea cómodo, rápido y sin necesidad de desmontajes complejos.

SECCIÓN DE BATERÍAS

Las baterías del climatizador estarán construidas con tubos de cobre y aletas de aluminio de tipo continuo. Estas aletas estarán estampadas con cuellos separadores, lo que facilitará el paso del aire y mejorará la transferencia térmica.

Para los intercambiadores de frío, se cuidará que la velocidad del aire no exceda los valores indicados por el fabricante, evitando así la generación de condensaciones no deseadas y pérdidas de carga elevadas. En cualquier caso, la pérdida de carga máxima permitida en el paso de aire no superará los 20 mm.c.a.

El paso del fluido térmico se realizará a contracorriente, optimizando el rendimiento térmico de la batería. En el lado del agua, la pérdida de carga no excederá los 3,4 metros de columna de agua.

Las baterías incluirán puntos de drenaje y purga, y deberán pasar pruebas de estanqueidad antes de su instalación. Estas pruebas se efectuarán en fábrica, mediante inmersión en cuba a presión ajustada a las condiciones reales de trabajo previstas en proyecto.

SECCIÓN DE VENTILADORES

Los ventiladores seleccionados serán centrífugos de doble oído, adaptados a las necesidades específicas de presión y caudal de cada unidad.

Los grupos moto-ventiladores irán montados sobre bancadas metálicas. Se garantizará su aislamiento frente a vibraciones mediante apoyos antivibratorios, así como el uso de juntas flexibles en la boca de descarga para evitar transmisiones mecánicas indeseadas.

La transmisión se efectuará a través de correas trapezoidales y poleas acanaladas intercambiables, sobredimensionadas hasta un 30 % respecto a la potencia nominal del motor. Se incluirán cubrecorreas metálicos como medida de seguridad.

Los motores eléctricos serán trifásicos y dispondrán de protección IP-54. Estarán montados sobre soportes ajustables que permitirán el tensado adecuado de las correas.

El aislamiento de los motores será de clase B, y todos los equipos cumplirán con las exigencias de las normas técnicas europeas en vigor (IEC).

Para facilitar la conexión con los conductos de aire, la impulsión y el retorno dispondrán de embocaduras adecuadas, que permitirán una unión segura con el sistema de distribución. Todos los requisitos relativos a caudales, potencias y niveles de presión se verificarán con los datos recogidos en los anexos de cálculo.

CONDUCTOS DE CHAPA GALVANIZADA

Dimensiones:

Las medidas de los conductos metálicos fabricados en chapa galvanizada cumplirán con lo establecido en la norma UNE 100-101-84.

Clasificación:

La resistencia estructural y la estanqueidad de estos conductos, así como las pérdidas por fugas, estarán condicionadas por la presión interna del aire que circula en su interior. Del mismo modo, el nivel de ruido, las vibraciones y las pérdidas de carga por fricción se verán afectadas por la velocidad del flujo de aire.

En aquellos casos donde exista la posibilidad de cierres rápidos de compuertas, se incorporará un sistema de alivio de sobrepresiones, ya sea mediante conductos específicos o válvulas adecuadas que puedan asumir dicha presión sin comprometer la integridad de la instalación.

Estanqueidad:

Para asegurar la estanqueidad conforme a la norma UNE 100-104-88, se procederá al sellado de uniones según los siguientes criterios:

- Clases B.1, B.2 y B.3: unión transversal sellada.
- Clases M.1 y M.2: se sellarán uniones transversales y longitudinales.
- Clases M.3 y A.1: sellado integral de todas las uniones, tanto transversales como longitudinales, incluyendo elementos de fijación como tornillos, esquinas o conexiones.

Una vez instalado el sistema de conductos, se realizará una prueba de estanqueidad de acuerdo con lo estipulado en el anexo D de la UNE 100-104-88.

Conductos rectangulares: espesores, refuerzos y uniones:

Los espesores mínimos para las chapas empleadas y las características de los refuerzos transversales vendrán definidos por la clase del conducto y la dimensión transversal máxima, atendiendo a las siguientes limitaciones:

- Deflexión máxima de los refuerzos: 6 mm.
- Refuerzos transversales dimensionados para soportar al menos 1,5 veces la presión máxima de trabajo, sin deformación permanente.
- Para conductos de hasta 300 mm: chapa mínima de 10 mm.
- Hasta 450 mm: mínimo de 12 mm.
- Hasta 600 mm: mínimo de 16 mm.
- Mayores de 600 mm: mínimo de 20 mm.

Queda prohibido el uso de ciertos tipos de refuerzo (UT.12, UT.12-R1, UT.12-R2 y UT.14) en conductos clase M.2, M.3 y A.1, tal como señala la UNE 100-102-88.

Para conductos cuya dimensión mayor sea igual o superior a 500 mm, el matizado en punta de diamante o el conformado transversal será obligatorio, salvo en aquellos casos donde se emplee un aislamiento rígido firmemente anclado a la chapa. No obstante, estas técnicas no sustituyen a los refuerzos estructurales exigidos.

Si se emplea chapa con cara negativa, se recomienda que la parte matizada quede orientada hacia el interior para evitar deformaciones.

Los refuerzos con chapas de acero de espesor igual o inferior a 1,5 mm deberán estar galvanizados. Aquellos realizados con perfiles normalizados de mayor espesor podrán ejecutarse con acero sin galvanizar.

CONDUCTOS CIRCULARES Y SOPORTES DE CONDUCTOS

En el punto 9.3 de la norma UNE 100.102-88 se recogen los criterios aplicables a las uniones transversales con o sin refuerzo, así como a paneles de acceso, cambios de sección, baterías, puertas, derivaciones, curvas y otros elementos.

Las conexiones con unidades de climatización se llevarán a cabo mediante manguitos elásticos con propiedades ignífugas, adecuados para instalaciones en exteriores.

En aquellas zonas donde los conductos crucen con elementos metálicos o de obra, se instalará aislamiento entre ambos con el fin de evitar transmisiones de vibraciones por contacto accidental.

En los tramos de conducto con lados superiores a 500 mm, todas las curvas estarán provistas de aletas para redirigir el flujo.

Conductos circulares: espesores de chapa, uniones y refuerzos

Las posibles uniones longitudinales en conductos circulares serán las siguientes:

- UL.1: unión en espiral engatillada
- UL.1-R: versión reforzada de la unión espiral engatillada
- UL.2: unión longitudinal engatillada
- UL.3: unión soldada
- UL.4: unión con ribeteado o solape soldado a puntos cada 50 mm

(1) Para presiones negativas máximas de hasta 250 Pa

(1) Unión transversal con manguito o banda superpuesta

(2) Unión transversal con brida

Las uniones transversales podrán realizarse mediante banda superpuesta, manguito o brida. De acuerdo a la UNE 100.102-88, solo se permitirá el uso de banda superpuesta en conductos con unión longitudinal soldada.

En el caso de manguitos o bandas, se permitirá su uso hasta 900 mm de diámetro en conductos clase B.1, B.2 y B.3. Para clases M.1, M.2, M.3 y A.1, el límite será 600 mm de diámetro.

Para conductos de mayor tamaño será recomendable recurrir a uniones mediante brida. La norma UNE 100.102-88 también recoge detalles sobre piezas especiales y uniones flexibles aplicables a conductos circulares.

Soportes de los conductos horizontales

El diseño de los soportes se ajustará a los requisitos establecidos por la norma UNE 100.103-84.

El soporte deberá tener dimensiones adecuadas para garantizar la estabilidad del conducto, su aislamiento térmico y el peso propio, sin deformaciones ni desplazamientos.

Los sistemas de soporte incluirán componentes de anclaje, fijación y tirantes.

El anclaje se dimensionará para no comprometer la estructura del edificio y garantizar que la carga total no supere una relación de 1:4 entre la carga del anclaje y la del conducto.

Los tirantes se fabricarán a partir de chapa de acero galvanizado, varillas o pletinas sin tratar. Cuando se trate de varillas galvanizadas, estarán protegidas contra la corrosión mediante pintura si han perdido el recubrimiento por mecanizado. La inclinación máxima será de 10°, y no podrán utilizarse alambres como tirantes definitivos.

La unión de los soportes al conducto podrá realizarse con tornillos tipo rosca-chapa o mediante remaches, siempre que el conducto sea clase B.1, B.2 o B.3. Para clases M.1, M.2, M.3 y A.1 se evitará el uso de perforaciones directas, utilizando elementos roscados y perfiles en contacto.

No se permitirá bajo ningún caso que los elementos de soporte se unan al conducto únicamente mediante remaches o tornillos sin dichos elementos adicionales.

En conductos rectangulares, la distancia entre soportes dependerá de la sección de los tirantes y del perímetro del conducto. La norma UNE 100.103-84 proporciona tablas específicas. Siempre que sea posible, los soportes deberán situarse cerca de las uniones transversales.

SOPORTES DE CONDUCTOS VERTICALES Y DIFUSORES ROTACIONALES DE TECHO

Los conductos instalados en posición vertical se fijarán mediante perfiles anclados a forjados o a elementos estructurales verticales. En función del tipo y sección del conducto, se aplicarán las siguientes distancias máximas entre puntos de apoyo:

- Hasta 8 metros de separación para conductos rectangulares con perímetro inferior o igual a 2 metros.
- Hasta 4 metros en aquellos cuya sección supere dicha medida.

Cuando se realice fijación directa sobre paredes, se considerará un coeficiente de seguridad entre 1 y 4, aplicando cargas de tracción y corte reducidas al 50 % del peso soportado.

La unión entre conducto y soporte podrá resolverse con tornillos tipo rosca-chapa o mediante remaches en conductos de clase B.1, B.2 y B.3, siempre que la dimensión lateral no supere los 750 mm.

En casos donde las dimensiones excedan ese límite o el conducto sea de clase M.1, M.2, M.3 o A.1, se optará por soldadura en puntos o fijación mediante refuerzos a base de varillas o perfiles.

DIFUSORES DE TECHO ROTACIONALES

Los difusores rotacionales de techo están diseñados para generar una alta inducción del aire impulsado en la sala. Funcionan eficazmente con saltos térmicos de hasta 10 °C por encima de la temperatura ambiente. Constan de dos partes fundamentales: el plenum de conexión y el propio difusor, que puede ser de lamas fijas, regulables manualmente o con accionamiento motorizado.

Plenum de conexión

Fabricado en chapa galvanizada, incluirá un aislamiento interior de espuma ignífuga de 12 mm de espesor. La compuerta de regulación estará integrada en una hoja, accionable frontalmente. La conexión al plenum se realizará a través de una entrada circular dispuesta en uno de sus laterales.

Difusor de lamas fijas

Este modelo está concebido para espacios con alturas comprendidas entre 2,5 y 4 metros. Su configuración puede ser cuadrada o circular, y la fabricación será en chapa metálica pintada, con color a definir.

Difusor de lamas ajustables manualmente

Similares a los anteriores, estos difusores permiten modificar la orientación de las lamas para elegir entre impulso horizontal centrífugo, impulso horizontal centrípeto o impulso vertical libre.

Criterios de instalación

- a) La fijación al plenum se realizará mediante tornillo en la parte central del difusor. Se colocará una junta estanca perimetral para garantizar la estanqueidad de la unión. El tornillo quedará oculto tras embellecedor.
 - b) El conjunto formado por el plenum y el difusor se sujetará directamente al forjado del techo, sin apoyarse sobre el falso techo. Para ello, se emplearán varillas roscadas M4 fijadas a pestañas del plenum mediante tuerca y contratuerca, ancladas al forjado superior con tacos de rosca.
 - c) La conexión del conducto principal con el plenum se hará mediante conducto circular flexible aislado, con un recorrido no superior a 1,5 metros. En caso de necesitar un tramo mayor, deberá añadirse un punto intermedio de soporte. No se permitirán conexiones directas sin plenum.
 - d) La elección del modelo de difusor deberá seguir las especificaciones del fabricante.
- Nivel sonoro: no debe superar los 40 dBA.

- Velocidad máxima del aire en zona ocupada: 0,25 m/s.

e) Se exigirá que todos los difusores pertenezcan a marcas de referencia reconocida en el sector. En caso de discrepancia entre datos del catálogo y resultados en ensayos del fabricante, prevalecerán estos últimos. No se aceptarán difusores que no puedan ser verificados mediante documentación técnica completa.

REJILLAS DE IMPULSIÓN Y RETORNO

Las rejillas destinadas a la impulsión y al retorno del aire podrán situarse en cualquier tipo de paramento: techos, suelos o paredes. También se admite su montaje directamente sobre los conductos. Estas rejillas estarán compuestas por una parte frontal, un marco o premarco, y elementos adicionales según necesidades concretas.

Parte frontal

La zona visible de la rejilla estará constituida por lamas horizontales, ya sean regulables de forma individual o fijas. Se fabricarán en aluminio o en acero laminado, con acabado mediante pintura horneada o lacado. Se excluyen expresamente los modelos en plástico.

Marco y premarco

En los casos en los que el proyecto lo determine, se incorporará un marco que comparta material y acabado con la parte frontal. Este marco se realizará con perfiles metálicos, unidos de forma hermética y acompañados de una junta que garantice el cierre perimetral. Cuando las rejillas se coloquen en paramentos, se empleará un premarco fijado al soporte, normalmente de chapa galvanizada. Si el anclaje se realiza sobre superficies enlucidas o de yeso, el premarco será de madera para evitar problemas de corrosión.

Accesorios

- a) En el caso de las rejillas de impulsión, podrán incorporar por su parte posterior un dispositivo de lamas verticales regulables para dirigir el flujo de aire.
- b) También se podrán añadir compuertas de regulación de caudal, situadas detrás del frontal,

accionables manualmente.

c) Si es necesario, se podrá colocar un filtro de aire en el dorso. Este filtro será metálico, tipo lavable, con marco resistente. Su clasificación al fuego será M1 y ofrecerá una eficiencia mínima EU4. No se permitirán filtros desechables ni con marcos de cartón.

Criterios de instalación

a) El montaje de las rejillas podrá realizarse directamente en los conductos o bien mediante premarco anclado al paramento. No se aceptará sujeción directa a placas de falso techo, debido al riesgo de deformación. En caso de instalar en falso techo, deberá colocarse sobre travesaños o fijaciones al forjado. Tampoco se permitirá el atornillado directo a los perfiles del techo.

b) La conexión entre rejilla y conducto se hará, en instalaciones con rejillas lineales, mediante embocadura situada cada 1500 mm como máximo. Esta unión será circular y del mismo material que el conducto. No se admitirán embocaduras con apertura superior a 600 mm de lado sin elementos que aseguren una distribución uniforme del caudal. En casos excepcionales, se podrá usar un plenum de chapa galvanizada con aislamiento interno y chapa perforada interior.

c) Para la elección del modelo de rejilla, se seguirán las directrices del fabricante. Se establecen los siguientes valores máximos:

- Velocidad de aire a la salida: 4 m/s
- Nivel sonoro: 40 dBA
- Velocidad máxima en zona ocupada: 0,25 m/s

d) Las rejillas deberán contar con referencias claras y verificables en catálogos técnicos actualizados. Su rendimiento deberá estar contrastado mediante ensayos en laboratorios del fabricante. No se aceptarán productos sin documentación técnica fiable.

e) El acabado final y el modelo concreto deberá validarse previamente con la Dirección Facultativa antes de proceder a su instalación.

REJILLA DE INTEMPERIE PARA CARGA Y DESCARGA DE AIRE EXTERIOR

Las rejillas destinadas a la toma o descarga de aire desde el exterior se instalarán sobre paramentos verticales. Estarán compuestas por tres partes principales: frontal, marco y premarco.

Parte frontal

El frontal incluirá lamas horizontales con diseño específico para evitar el paso del agua de lluvia, fabricadas en chapa de acero galvanizado con acabado pintado o lacado. No se admitirán versiones en materiales plásticos. Detrás del conjunto frontal se incorporará una malla de protección contra el acceso de animales u objetos, fabricada en malla metálica galvanizada, con luz de cuadrícula aproximada de 20x20 mm.

Marco y premarco

Cuando el proyecto lo determine, la rejilla irá montada sobre un marco del mismo material que el frontal, con perfiles metálicos ensamblados con junta perimetral de estanqueidad. En instalaciones empotradas o con revestimiento, se colocará también un premarco metálico fijado al paramento para facilitar la correcta sujeción del conjunto.

Criterios de instalación

a) La selección del fabricante será conforme a los modelos recomendados en proyecto o autorizados por la dirección de obra.

Velocidad máxima admisible en paso de aire: 2,5 m/s

b) Se requerirá que los modelos cuenten con documentación técnica verificable y estén avalados por ensayos de laboratorio. No se instalarán productos genéricos sin referencia comercial clara.

c) El diseño y acabado final (color, orientación de lamas) deberá ser aprobado por la dirección facultativa antes de su colocación.

La regulación de caudal podrá realizarse mediante el giro de un disco ubicado en el centro del paso de aire, fijado mediante tornillería y tuerca de tope.

La conexión de la boca de ventilación al conducto se hará mediante tramo flexible circular, salvo que el diseño justifique otra solución.

BOCAS CIRCULARES

Se utilizarán bocas circulares para los puntos de impulsión o retorno de caudales reducidos. Se construirán en chapa metálica de acero pintada al horno, y estarán disponibles en versiones con disco central regulable o con lamas interiores fijas.

Se fijarán al techo o paramento mediante tornillos ocultos o abrazaderas adecuadas. Para asegurar la estanqueidad del conjunto, se incorporará una junta perimetral. El disco o lama podrá regularse girando sobre un eje central roscado, con tope de ajuste.

No se aceptará el uso de plásticos ni elementos que no garanticen la durabilidad y resistencia exigidas para instalaciones de climatización.

BOMBAS ACELERADORAS

En aquellas instalaciones donde se requiera mantener la circulación del agua aun en condiciones de baja demanda, se dispondrán bombas aceleradoras montadas directamente sobre la tubería. Estas bombas contarán con un motor independiente y deberán quedar posicionadas siempre en sentido horizontal.

Los cuerpos internos de las bombas deben presentar un diseño que facilite el paso del agua incluso en el caso de que el equipo no se encuentre en funcionamiento, evitando así bloqueos por estancamiento.

La conexión de las bombas con el circuito se realizará mediante juegos de platinas y elementos reductores adecuados a las necesidades de la instalación. Será requisito

imprescindible que el motor quede en un emplazamiento visible y fácilmente accesible para su mantenimiento o sustitución.

Los componentes deberán estar preparados para resistir temperaturas elevadas, alcanzando hasta 110 °C sin deterioro funcional.

En cuanto a los soportes verticales de columnas o bajantes, estos consistirán en abrazaderas metálicas que rodeen completamente el tubo, realizadas con pletina curvada en forma de semicírculo. Estas piezas irán fijadas mediante tornillos y tuercas a elementos resistentes del edificio, o bien a perfiles metálicos fijados a la estructura si fuera necesario.

Para las conducciones horizontales, se empleará un sistema de suspensión formado por dos perfiles en U unidos en sus extremos por pletinas que dejarán entre sí un espacio de aproximadamente 2 cm. Este marco se fijará a elementos del techo mediante varillas roscadas y se dotará de una abrazadera que sujete el tubo, permitiendo cierto juego para la dilatación térmica.

En el punto de contacto entre la abrazadera y el tubo se colocará una junta de goma que evite la transmisión de vibraciones y posibles ruidos. Cuando la abrazadera se apoye directamente en elementos verticales, deberá utilizarse una varilla roscada acompañada de un taco antivibratorio.

Los soportes para la recogida de agua de los bajantes se realizarán mediante perfiles en U fijados al techo con elementos de anclaje apropiados. La unión entre el tubo y el soporte se resolverá mediante pletina ajustada y tornillería, de modo que quede firmemente sujeto sin comprometer la forma del tubo.

Las conducciones correspondientes a los sistemas de climatización o fontanería que atraviesen zonas sensibles o de paso deberán incluir juntas de goma que impidan el contacto directo con los soportes, como forma de proteger frente a vibraciones y posibles daños estructurales. En el caso de sistemas contra incendios, se sustituirá esta junta por capas de cinta adhesiva plástica, cumpliendo así con los requisitos exigidos por las compañías aseguradoras.

Cualquier elemento metálico destinado a instalarse al exterior deberá estar fabricado con acero laminado, galvanizado tras su mecanizado. Esto aplica tanto a la tornillería como a tuercas, arandelas y abrazaderas. En instalaciones interiores, podrán emplearse elementos tratados con pintura protectora, siempre que se acredite su resistencia a la corrosión. De lo contrario, se exigirá igualmente su fabricación en acero galvanizado o pavonado.

TUBERÍA DE ACERO NEGRO

Las conducciones realizadas en acero negro podrán ser del tipo sin soldadura conforme a lo indicado en la norma UNE 19.052:85.

Este tipo de material sin costura se utilizará específicamente en los siguientes sistemas:

- Instalaciones de climatización.
- Conducciones de radiadores.
- Redes de fan-coils.

Todas las tuberías deberán estar identificadas de forma visible, con marcado conforme a la normativa aplicable. Además, sus extremos deberán mantenerse lisos, sin presentar rebabas ni irregularidades que puedan dificultar su montaje o su funcionamiento.

Las uniones entre tramos se ejecutarán mediante soldadura. En cuanto a los accesorios, estos se conectarán a través de uniones roscadas cuando los diámetros sean iguales o inferiores a DN 50. Para dimensiones superiores, se emplearán bridas. Queda prohibido el uso de tubos que hayan sido curvados mediante calentamiento directo.

La instalación de los tendidos se organizará paralelamente a los elementos estructurales del edificio, asegurando una disposición ordenada que no entorpezca el paso de otras instalaciones.

Los tubos serán cortados a pie de obra con precisión y se ubicarán sin necesidad de forzarlos ni someterlos a esfuerzos. Además, se adoptarán todas las medidas necesarias para evitar

deformaciones o dilataciones que pudieran comprometer la instalación o afectar a elementos próximos.

Donde los tubos atraviesen tabiques o muros, se protegerán mediante manguitos de PVC flexible que permitirán cierta libertad de movimiento. En ningún caso estos tubos deberán entrar en contacto directo con superficies húmedas o expuestas, evitando así riesgos de corrosión o condensaciones.

En los sistemas de climatización, se incluirán válvulas de purga en los puntos más altos y dispositivos de vaciado en los más bajos. Las conducciones horizontales tendrán una pendiente suficiente hacia las zonas de vaciado.

Una vez concluido el montaje, se llevará a cabo una prueba de estanqueidad a 30 kg/cm² para confirmar que no existen pérdidas ni fugas.

Finalizada la instalación y antes del aislamiento térmico, las conducciones se pintarán con una capa de protección antioxidante. Posteriormente, se aplicará el revestimiento aislante, y este podrá pintarse o cubrirse con un acabado de color adecuado al entorno, según lo previsto en proyecto.

En último lugar, se señalarán de forma visible aquellas tuberías que transporten fluidos y su dirección de circulación, conforme a la simbología establecida para tal fin.

TUBOS PARA DESAGÜES Y BAJANTES

Los tubos destinados al sistema de evacuación se seleccionarán atendiendo a su diámetro nominal, así como al espesor de sus paredes, conforme a las especificaciones indicadas en los cuadros de mediciones del proyecto.

La superficie tanto interior como exterior de los tubos será lisa y sin irregularidades, asegurando un correcto ajuste en las uniones y la estanqueidad en los puntos de empalme.

En las conexiones, derivaciones o cambios de dirección, se emplearán elementos auxiliares diseñados específicamente para ello, como accesorios prefabricados compatibles. Se

permitirá el uso de piezas curvas o perforadas únicamente si están homologadas. Las bajantes se conectarán utilizando coples o juntas de goma.

Siempre que los tubos deban atravesar muros o losas, se colocarán manguitos que dejen un espacio libre entre el tubo y el elemento estructural, con un margen de entre 3 y 5 cm. Este hueco no debe rellenarse con mortero u otros materiales que impidan la libre dilatación del tubo. En caso necesario, se integrarán piezas especiales que faciliten la absorción de movimientos.

La distancia máxima entre puntos de sujeción será de 1,5 metros en tramos verticales, y de 1,0 metros para secciones horizontales. Las uniones entre tubos de PVC y otros materiales deberán realizarse con adaptadores de latón o piezas metálicas diseñadas para ello.

En tramos horizontales largos, se instalarán tapones de registro en los extremos para facilitar inspecciones o labores de mantenimiento.

VÁLVULAS DE MARIPOSA Y DE BOLA

Las válvulas que se contemplen en el proyecto para realizar interrupciones del flujo de agua serán de tipo mariposa o bola, con accionamiento mediante palanca o volante, y roscadas hasta un diámetro nominal de 2", mientras que para medidas superiores se emplearán bridas.

Deberá garantizarse una estanqueidad mínima del 50 % antes de ser puestas en carga, de modo que cualquier fuga detectada durante esta prueba será motivo suficiente para su rechazo.

Todas las válvulas se instalarán en lugares que faciliten su acceso directo.

Cuando la tubería vaya alojada dentro de una pared o forjado, se dispondrá una abrazadera a no más de 15 cm de la válvula, evitando así movimientos que pudieran perjudicar el conjunto.

En el caso de válvulas ocultas tras techos, su posición exacta será señalizada mediante discos plásticos de color, de 12 cm de diámetro y con una marca visible de 8 cm, que se situarán en

la cara inferior del techo. Se emplearán colores diferenciados para cada tipo de válvula, y se indicará además el número de circuito o destino, garantizando que la información coincida con los planos del proyecto. Este sistema de identificación será obligatorio y su coste se incluirá dentro del presupuesto de las válvulas.

DILATADORES

Se instalarán dispositivos de dilatación en los puntos señalados en planos, procurando que su colocación facilite tanto la inspección como el mantenimiento. Serán de acero inoxidable, con conexión roscada hasta 2" y mediante bridas a partir de ese diámetro.

La función de los dilatadores será absorber desplazamientos de la tubería únicamente en sentido longitudinal. Si se permite algún movimiento axial, éste sólo se admitirá cuando el dispositivo esté colocado a continuación de una junta de dilatación estructural del edificio.

La presión de trabajo y la presión de prueba de los dilatadores será idéntica a la indicada para las válvulas y el resto de elementos de la red.

Durante su instalación, deberán estar completamente protegidos, tanto con topes como con mecanismos indicados por el fabricante.

Los puntos de fijación asociados a los dilatadores estarán definidos en los planos y dimensionados para absorber las fuerzas generadas, incluyendo estos anclajes en los precios de los accesorios que componen la instalación.

DEPÓSITO DE EXPANSIÓN ABIERTO

El depósito se construirá con chapa de acero negro soldado, que será galvanizado por inmersión tras el montaje. El espesor mínimo de la chapa será de 3 mm.

La capacidad del depósito será suficiente para absorber como mínimo el doble del incremento volumétrico que experimente el agua del sistema al alcanzar la temperatura máxima prevista de funcionamiento.

El depósito deberá permanecer conectado permanentemente a la instalación, tanto en el llenado como en el retorno, sin que exista ninguna válvula intermedia. Se instalará a una altura no inferior a un metro por encima del punto más elevado del radiador.

Dispondrá de una toma de agua fría con válvula de flotador para su llenado automático, así como de una conducción de rebose que permita evacuar el exceso de agua hasta la zona de desagüe más próxima.

Se dotará en su parte superior de una boca de acceso, cerrada mediante tornillería, que permita realizar tareas de inspección desde el interior.

Además, este depósito se alojará en una base de fibra de vidrio de 30 mm de grosor, rematada con acabado exterior en chapa galvanizada.

ENTRADAS ANALÓGICAS Y DIGITALES

Las señales analógicas se emplean para supervisar y medir magnitudes físicas como temperatura, presión, humedad o caudal, mediante señales de tensión (0 a 1 V o 0 a 10 V) o señales de corriente de 4 a 20 mA.

Por su parte, las señales digitales permiten registrar el estado de funcionamiento de un dispositivo mediante un cambio de tensión, ya sea de alto a bajo o viceversa, a través de un contacto sin carga.

SEÑALES DE ESTADO

Se entiende por señal de estado aquella que procede del sistema de gestión y que se activa al establecerse una conexión desde un equipo o dispositivo externo, a través de un contacto normalmente abierto o cerrado.

Este tipo de señal se enlaza directamente con el cuadro eléctrico de control, permitiendo advertir el estado de un componente específico de la instalación. Puede ser empleada para notificar incidencias o activar elementos auxiliares asociados a un circuito determinado.

El estado será interpretado como una señal de aviso ante posibles anomalías en el dispositivo conectado, y se transmitirá a través del contacto correspondiente.

SEÑALES DE ESTADO TÉRMICO

Una señal térmica se refiere a aquella que se origina por el cierre o la apertura de un contacto bajo tensión en respuesta a un disparo térmico. Este tipo de estado suele estar vinculado a protecciones térmicas de motores o equipos.

Estas señales se conectan directamente al sistema de control, permitiendo la transmisión de información relativa al sobrecalentamiento o disparo de seguridad, y funcionan como una advertencia de mal funcionamiento del equipo afectado.

Al igual que en el caso anterior, este aviso se recoge mediante un contacto auxiliar conectado a la línea correspondiente.

INDICADOR DE FIN DE CARRERA

Se utilizarán indicadores de posición para válvulas motorizadas, los cuales estarán compuestos por un elemento visual, un conector eléctrico y un bornero de conexiones.

El interruptor correspondiente enviará una señal digital una vez que el actuador haya alcanzado completamente su posición de cierre o apertura.

Dicho interruptor deberá ser compatible con la lógica de control del actuador en función de sus características y funcionamiento. La instalación incluirá las conexiones necesarias para garantizar un correcto funcionamiento del sistema automatizado.

ACTUADOR DE COMPUERTAS PROPORCIONAL

Este componente está destinado al ajuste progresivo del ángulo de apertura de compuertas de lamas paralelas, utilizado para secciones de aire de hasta 3 m², mediante un sistema electrónico de control de posición.

Se requiere que el ángulo de operación permita un giro mínimo de 95°, asegurando así un funcionamiento reversible del sistema.

El actuador rotativo estará equipado con un acoplamiento específico que lo vincule directamente con el eje de la compuerta. Incluirá un sistema de liberación del engranaje que permita la intervención manual cuando sea necesario.

La energía para el funcionamiento será de 24 V en corriente continua, con una señal de mando de entre 0 y 10 V. El par de giro que debe alcanzar se estima en 15 Nm.

Será esencial que el equipo quede correctamente alineado con el eje de la compuerta, para evitar tensiones mecánicas o esfuerzos indebidos.

ACTUADOR PARA VÁLVULAS DE DOS Y TRES VÍAS, ACCIÓN TODO O NADA

Se utilizará un motor síncrono con sistema de transmisión para operar cuerpos de válvulas de asiento. El actuador ejecutará una maniobra de apertura o cierre sin posiciones intermedias, actuando en respuesta a una orden de control.

La energía suministrada será de 24 V y su activación se realizará mediante contactos auxiliares, que actuarán como señales digitales. Se exige que el esfuerzo mínimo desarrollado alcance los 600 N.

El actuador contará con mecanismo que permita realizar la apertura o cierre de forma manual en caso necesario.

En caso de disponer de conexiones auxiliares, estas proporcionarán información de los estados "abierta" y "cerrada", transmitida a través de contactos libres de tensión.

ACTUADOR PARA VÁLVULAS DE DOS Y TRES VÍAS, ACCIÓN PROPORCIONAL

Para válvulas de 2 y 3 vías que requieran regulación modulante, se empleará un motor síncrono con sistema de transmisión apto para mover cuerpos de válvulas de asiento.

El dispositivo se alimentará con 24 V y será gobernado mediante señal analógica de 0 a 10 V. La fuerza que deberá ejercer no será inferior a los 600 N.

Al igual que en otros modelos, dispondrá de accionamiento manual. En caso de contar con contactos auxiliares, ofrecerá información sobre la posición de la válvula en forma de contactos libres de tensión.

Cuando se requiera una retroalimentación de la posición, esta se suministrará mediante una señal analógica de 0 a 10 V o una corriente continua entre 4 y 20 mA.

TEMPERATURA DE AMBIENTE INTERIOR

La medición de la temperatura en espacios interiores se realizará mediante una sonda equipada con un sensor térmico, el cual irá montado en una caja plástica diseñada tanto para su conexión como para su protección. Dicha caja tendrá una ranura que permita el paso del aire hasta el sensor, garantizando así una lectura precisa.

Esta sonda emitirá una señal analógica proporcional de entre 0 y 10 V, con una relación lineal respecto a la temperatura ambiente. Deberá presentar un coeficiente de temperatura positivo, cubriendo un rango de medición que abarque desde -40 °C hasta +130 °C.

En cuanto a su instalación, podrá colocarse empotrada o en superficie, preferentemente sobre una pared vertical, a la altura que determine la Dirección Facultativa. Se evitarán emplazamientos cercanos a puertas o corrientes de aire, así como zonas donde la radiación solar incida directamente, como ocurre junto a ventanas, para garantizar la fiabilidad de las mediciones.

TEMPERATURA DE AMBIENTE EXTERIOR

Para la monitorización de la temperatura exterior, se utilizará una sonda compuesta por un sensor térmico alojado dentro de una caja plástica que permita tanto su conexión como su protección ante las condiciones del entorno.

Este dispositivo deberá ofrecer una señal de salida analógica comprendida entre 0 y 10 V, cuya variación sea proporcional a los cambios de temperatura. El rango operativo será también de -40 °C a +130 °C, con un coeficiente positivo.

La instalación se realizará en una pared exterior que resulte fácilmente accesible, pero manteniendo una altura mínima de tres metros respecto al suelo. El emplazamiento específico dependerá de las condiciones particulares del edificio, por lo que se recomienda ubicar estas sondas en las fachadas representativas de cada zona diferenciada térmicamente.

Es fundamental que su ubicación se mantenga alejada de fuentes de calor, como chimeneas, unidades exteriores de climatización o conductos de extracción. Del mismo modo, deberá evitarse la proximidad a ventanas, terrazas o puertas que puedan alterar la circulación natural del aire.

TEMPERATURA PARA CONDUCTOS DE AIRE Y LÍQUIDOS

Las sondas destinadas a medir la temperatura del aire en redes de ventilación estarán compuestas por una vaina de acero inoxidable y un sensor térmico alojado en una carcasa cilíndrica con caja de conexión.

Dichas sondas emitirán una señal analógica comprendida entre 0 y 10 V, cuyo valor variará linealmente con la temperatura, manteniendo un coeficiente positivo. El margen de funcionamiento abarcará temperaturas desde -40 °C hasta +130 °C. La longitud de la vaina deberá ser, al menos, la mitad del lado menor del conducto donde se instale, y solo se permitirá su uso si la sección del conducto no supera los 0,64 m² (800x800 mm).

Su colocación se realizará centrada respecto al eje longitudinal del conducto, procurando que el extremo quede en el centro del paso de aire. No se permitirá su instalación en tramos donde la sección del conducto exceda los 0,64 m² o donde haya turbulencias, codos, registros o transiciones. La ubicación deberá garantizar la estabilidad del flujo para evitar errores en la medición.

El acceso para la colocación de la vaina se llevará a cabo mediante un orificio realizado a medida, procurando una inserción precisa y cuidando el sellado posterior con el fin de mantener la continuidad del aislamiento térmico y barrera de vapor del conducto.

Por otro lado, las sondas utilizadas para el control de temperatura en líquidos se diseñarán con vaina protectora también de acero inoxidable y sensor montado dentro de una carcasa con caja de conexiones.

Estas sondas generarán igualmente una señal analógica de 0 a 10 V, con respuesta lineal respecto al aumento de temperatura y un rango operativo idéntico al anterior, entre -40 °C y +130 °C. La vaina y el sensor deberán tener una longitud mínima conjunta de 65 mm.

En conductos de diámetro inferior a 150 mm, se recomienda instalar la sonda aprovechando un codo de 90°, de modo que el sensor se sitúe paralelo al eje del fluido. En caso de que esta configuración no sea posible, se buscará un punto accesible dentro del depósito que permita una medición precisa, cumpliendo con los requisitos de profundidad y sin que el diámetro interior sea inferior a 150 mm.

Si el conducto tiene un diámetro igual o superior a 150 mm, se podrá optar por una instalación perpendicular al eje, siempre y cuando se garantice una buena representatividad del valor medido.

En depósitos, la colocación se hará en un punto donde la temperatura del líquido refleje fielmente la media del contenido. No se permitirá su instalación en zonas donde puedan existir estratificaciones térmicas o condiciones no representativas.

TEMPERATURA DE INMERSIÓN PARA LÍQUIDOS

Para la medición de la temperatura en sistemas líquidos, se empleará una sonda equipada con vaina protectora de acero inoxidable. Esta sonda incluirá un sensor de temperatura alojado en una carcasa cilíndrica con su correspondiente caja de conexión.

El dispositivo proporcionará una señal analógica en un rango de 0 a 10 V, con una respuesta lineal respecto a la temperatura medida. El sensor deberá operar dentro de un intervalo de temperatura comprendido entre -40 °C y +130 °C. La longitud mínima de la vaina junto al sensor será, en cualquier caso, de 65 mm.

Cuando la sonda deba instalarse en tuberías o depósitos con un diámetro menor a 150 mm, será necesario aprovechar un codo de 90° para introducir la vaina de modo que esta quede paralela al eje longitudinal de la conducción. Si dicha disposición no fuese viable, la instalación se podrá realizar directamente sobre el depósito o tubería, siempre y cuando la altura, el diámetro o la inclinación no sean inferiores al umbral mencionado.

En aquellas instalaciones donde el diámetro de la conducción sea igual o superior a 150 mm, se permitirá una colocación perpendicular respecto a la pared del conducto.

La ubicación de la sonda se definirá en zonas donde se prevea la menor dispersión térmica, evitando corrientes o remolinos que distorsionen la lectura. Preferiblemente se colocará en el punto de retorno del fluido, de forma que se registre un valor representativo de la temperatura media.

TEMPERATURA DE HUMOS

Para la lectura de la temperatura de gases de combustión en salidas de chimenea, se utilizará una sonda con vaina de acero inoxidable, que contendrá un sensor térmico instalado en una carcasa cilíndrica con caja de conexión asociada.

El sistema entregará una señal analógica continua entre 0 y 10 V, directamente proporcional a la temperatura, manteniendo una relación lineal. El margen mínimo de medición será de 50 a 240 °C. La longitud de la vaina deberá alcanzar como mínimo la mitad del diámetro del conducto en el que se instale.

Será imprescindible proteger adecuadamente todos los componentes expuestos al contacto directo con los gases, tanto por la elevada temperatura como por la agresividad de los humos. Si el paso de los cables eléctricos próximos a la sonda no se puede evitar, se deberá garantizar que no haya riesgo de deterioro. En ese caso, se prohíbe el uso de pasatubos metálicos.

La ubicación recomendada de la sonda será el eje central del conducto, con la vaina orientada de forma que quede también centrada en su sección.

Durante la instalación, el orificio de acceso a la vaina tendrá que adaptarse con precisión a sus dimensiones, sellando correctamente la apertura para recuperar el aislamiento original del conducto una vez colocado el sensor.

INTERRUPTOR DE FLUJO PARA LÍQUIDOS

El dispositivo de detección de caudal para líquidos se encargará de generar una señal eléctrica (digital) mediante la apertura o cierre de un contacto, en función de la presencia o ausencia de flujo en una tubería.

El sistema estará compuesto por una lengüeta móvil fabricada en acero inoxidable AISI 316 y una carcasa de conexión equipada con microcontrolador.

AISLAMIENTO DE CONDUCTOS TERMINADO EN ALUMINIO

En aquellos puntos donde así lo indiquen los planos, se empleará acabado de chapa de aluminio-manganeso para proteger el aislamiento de los conductos. Este tipo de chapa ofrece resistencia frente a la corrosión y puede ser mecanizada in situ mediante herramientas manuales apropiadas. El ajuste se realizará solapando las uniones entre chapas entre 50 y 100 mm, en función del diámetro del conducto.

La fijación de la envolvente metálica se ejecutará mediante tornillos de acero inoxidable 18/8 con cabeza de dureza media.

El recubrimiento térmico se dispondrá a base de mantas de lana mineral IBR-aluminio, con un espesor de 45 mm, fijadas mediante cinta metálica.

Las juntas se resolverán en el interior y exterior del conducto mediante bridas o tornillos, y se sellarán con masilla o silicona resistente a altas temperaturas, de modo que se logre una buena estanqueidad.

Cuando sea necesario, se incorporarán separadores de 20 cm de grosor que impidan el colapso del aislamiento, así como paneles deflectores que minimicen condensaciones y eviten el pandeo de las chapas.

ESPUMA ELASTOMÉRICA

Antes de aplicar cualquier tipo de aislamiento, se comprobará que tanto tuberías como superficies estén completamente secas y libres de suciedad. Además, se verificará que las conducciones han superado las pruebas de estanqueidad requeridas.

En el caso de tuberías aún no instaladas de forma definitiva, la colocación del aislamiento se realizará deslizando directamente la coquilla sobre el tubo o elemento a proteger. Esta operación se hará sin aplicar ningún tipo de adhesivo previo. Una vez la coquilla esté en su posición final, se aplicará una capa delgada de pegamento, presionando la superficie hasta asegurar su correcta fijación.

Para las conducciones ya montadas, la coquilla flexible será cortada longitudinalmente con un cúter. Una vez abierta, se ajustará cuidadosamente sobre el tubo. Se aplicará adhesivo tanto en el corte como en las uniones, presionando firmemente para garantizar un cierre hermético y continuo.

El sellado de las juntas se llevará a cabo tras la aplicación uniforme del pegamento. Se recomienda mantener la presión durante unos minutos, asegurando así que las celdillas internas de la coquilla queden completamente adheridas, lo que proporciona una eficaz barrera de vapor.

Se procederá del mismo modo con todos los elementos accesorios, incluyendo válvulas y conexiones.

Concluida la instalación del aislamiento, se aplicará un tratamiento superficial de protección, consistente en dos capas de pintura vinílica, que además servirá para señalar la red correspondiente.

SEÑALES ANALÓGICAS

El tendido de señales analógicas, ya sea en forma de impulsos o señales continuas, se efectuará entre los distintos elementos de campo y las subestaciones de control. Este tipo de instalación se hará mediante cableado multipar apantallado, cumpliendo con lo establecido en la normativa UNE-VHOV.

Los conductores estarán compuestos por hilo de cobre electrolítico, con sección mínima de 1 mm² para distancias cortas (hasta 100 metros), y 1,5 mm² para distancias superiores, con aislamiento individual de PVC de 105 °C. La pantalla de cada par será de aluminio-poliéster, mientras que la colectiva será del mismo material, incorporando un hilo de drenaje. Las cubiertas exteriores serán también de PVC de 105 °C.

La tensión nominal del cable será de 300/500 V, y su resistencia máxima a 20 °C no superará los 19 Ω/km por conductor.

El trazado de los cables se realizará preferiblemente mediante canaletas o bandejas metálicas. En el caso de utilizar tubo, se elegirá un diámetro interno adecuado al volumen de conductores a alojar, permitiendo un tendido cómodo y seguro, sin estrangulamientos ni dobleces forzados.

Con el fin de facilitar futuras operaciones de mantenimiento, el recorrido de los cables se organizará en función de su longitud y destino, minimizando cruces y empalmes innecesarios. Se evitará en todo momento el paso por zonas húmedas o con riesgo de condensación.

En instalaciones que conecten elementos de campo a relés ubicados en cuadros de control, los cables estarán identificados con etiquetas claras y resistentes, indicando circuito y función. Estas etiquetas deberán colocarse en ambos extremos del cable, cerca de sus puntos de conexión.

SEÑALES DIGITALES

El sistema de transmisión de señales digitales entre los elementos de campo y las subestaciones de control utilizará cableado multipar con apantallamiento integral, según lo especificado por la norma UNE-VVOV.

Los conductores serán de cobre clase 2, con aislamiento de PVC tipo 105 °C. La protección colectiva estará formada por una cinta de aluminio-poliéster, con cubierta exterior de PVC también clasificado para 105 °C. Se trabajará con cables de tensión nominal de 300/500 V, cuya resistencia máxima por kilómetro a 20 °C no deberá superar los 19 ohmios en corriente continua.

En cuanto a secciones, se emplearán cables de 1 mm² para trayectos de hasta 100 metros. Para recorridos superiores y hasta 200 metros, se utilizará una sección mínima de 1,5 mm².

Para realizar la conexión desde la subestación hasta los elementos de campo, se recurrirá a cables multipar, con el objetivo de reducir tanto el número total de cables como su longitud.

Cada uno de los pares será identificado de manera precisa, de forma que su trazado y conexión posterior no genere ambigüedades.

Los cables se instalarán mediante canaletas metálicas o bandejas, o bien embutidos en tubos, según el número de conductores y el tipo de recorrido previsto. En todos los casos se evitará que su trazado interfiera con líneas de potencia, minimizando cruces y manteniendo la distancia de seguridad adecuada.

La conexión final de estos cables se hará en una regleta o bornes alojados en la subestación, identificados claramente. Desde este punto se derivarán las señales a los elementos de campo de forma ordenada y funcional.

CANALIZACIONES POR TUBERÍA RÍGIDA METÁLICA

Las instalaciones que requieren tubos metálicos rígidos se ejecutarán con materiales que pueden ser acero, aleaciones de aluminio o acero inoxidable. Este tipo de tubos, caracterizados por su resistencia mecánica y propiedades de apantallamiento, se emplearán para proteger cables eléctricos, de datos o de señal, en aquellos casos en los que sea necesario limitar interferencias o reforzar la integridad de la instalación.

Para su fabricación, los tubos cumplirán con lo establecido en las normas UNE 213.101 R (desactualizada), UNE 213.04 y UNE 213.34, alcanzando un grado mínimo de protección 70 y resistencia al impacto equivalente a la categoría 4 (IK07).

Durante la ejecución de la instalación, se atenderán a los siguientes criterios:

- Se priorizará su montaje en trazados paralelos al plano de las paredes o techos, tanto en orientación vertical como horizontal.
- Los tubos deberán unirse mediante elementos de conexión apropiados, de modo que se garantice en todo momento la continuidad mecánica y eléctrica de la conducción.

Será condición imprescindible que el paso de cables a través de estos tubos se realice sin riesgo de dañar el aislamiento. Se utilizarán herramientas o técnicas que aseguren la

introducción limpia y sin arrastres, y se evitarán radios de curvatura inferiores a los especificados por los fabricantes. Los radios de doblado deberán respetar un mínimo equivalente a 1,5 veces el diámetro exterior del tubo o el requerido por las condiciones del cableado.

Los registros estarán ubicados en los puntos de cambio de dirección o de empalme, así como en los accesos necesarios para revisión y mantenimiento. En su interior, se instalarán cajas metálicas estancas o de superficie, debidamente conectadas a tierra.

Siempre que existan codos, uniones o tramos ocultos, se dejarán previstos registros o sistemas que permitan el tendido sin tracción directa del cable. Se evitará en lo posible que los cables realicen más de dos cambios de dirección sin intermedio de cajas de registro o paso.

Cuando el trazado de los tubos atraviese zonas estructurales, elementos constructivos o de partición, se sellará la penetración mediante materiales compatibles con los requisitos de resistencia al fuego o estanqueidad del sector atravesado.

En relación a la puesta a tierra, toda canalización metálica deberá estar conectada eléctricamente a tierra mediante conductores adecuados. Las canalizaciones nunca se utilizarán como conductores activos ni de retorno, ni como toma de tierra directa.

No se permitirán empalmes en el interior de la tubería metálica, salvo en los puntos destinados a registros. Tampoco se permitirá que tubos sin continuidad eléctrica compartan recorrido con cables de seguridad, salvo que estén adecuadamente separados o apantallados.

Finalmente, será recomendable prever tubos corrugados o canalizaciones adicionales para facilitar futuras ampliaciones o cambios de configuración, dejando siempre una reserva libre equivalente a un 25% de la sección total de la conducción.

SEÑALIZACIÓN

Todos los elementos metálicos como pasamanos, anclajes y tuberías ejecutados en acero negro deberán ser tratados con una doble capa de pintura antioxidante, previa limpieza integral de su superficie, garantizando así una protección duradera frente a la corrosión.

En el caso de instalaciones con aislamiento, se procederá a marcar los diferentes circuitos empleando códigos de color reglamentarios. Además, se deberá indicar claramente el sentido de circulación de los fluidos, señalizando cada tramo recto con una frecuencia máxima de cinco metros.

Las conducciones sin aislamiento recibirán un tratamiento de pintado completo en toda su extensión, aplicando dos capas de pintura conforme a los estándares normativos.

Cuando se trate de canalizaciones metálicas enterradas, particularmente aquellas en acero, será obligatorio aplicar una protección bituminosa en dos capas continuas, cubriendo toda la longitud. Esta protección deberá aplicarse únicamente cuando las tuberías estén completamente secas, limpias de polvo y libres de cualquier resto de óxido.

La protección empleada deberá ser flexible en el tiempo, con capacidad de adaptarse a los movimientos del elemento protegido sin agrietarse ni fisurarse. Deberá presentar una resistencia adecuada frente al desgaste por fricción, así como frente a la radiación solar y la acción combinada del agua y los agentes químicos presentes en la atmósfera, garantizando así su durabilidad a largo plazo.

SISTEMA DE CONTROL Y REGULACIÓN

La instalación de climatización proyectada incorpora un sistema de control centralizado que permite una gestión automatizada y eficiente del conjunto de equipos que componen la instalación. El sistema se estructura en base a autómatas programables, que actúan en coordinación con termostatos y sondas de temperatura repartidas por las diferentes estancias del edificio.

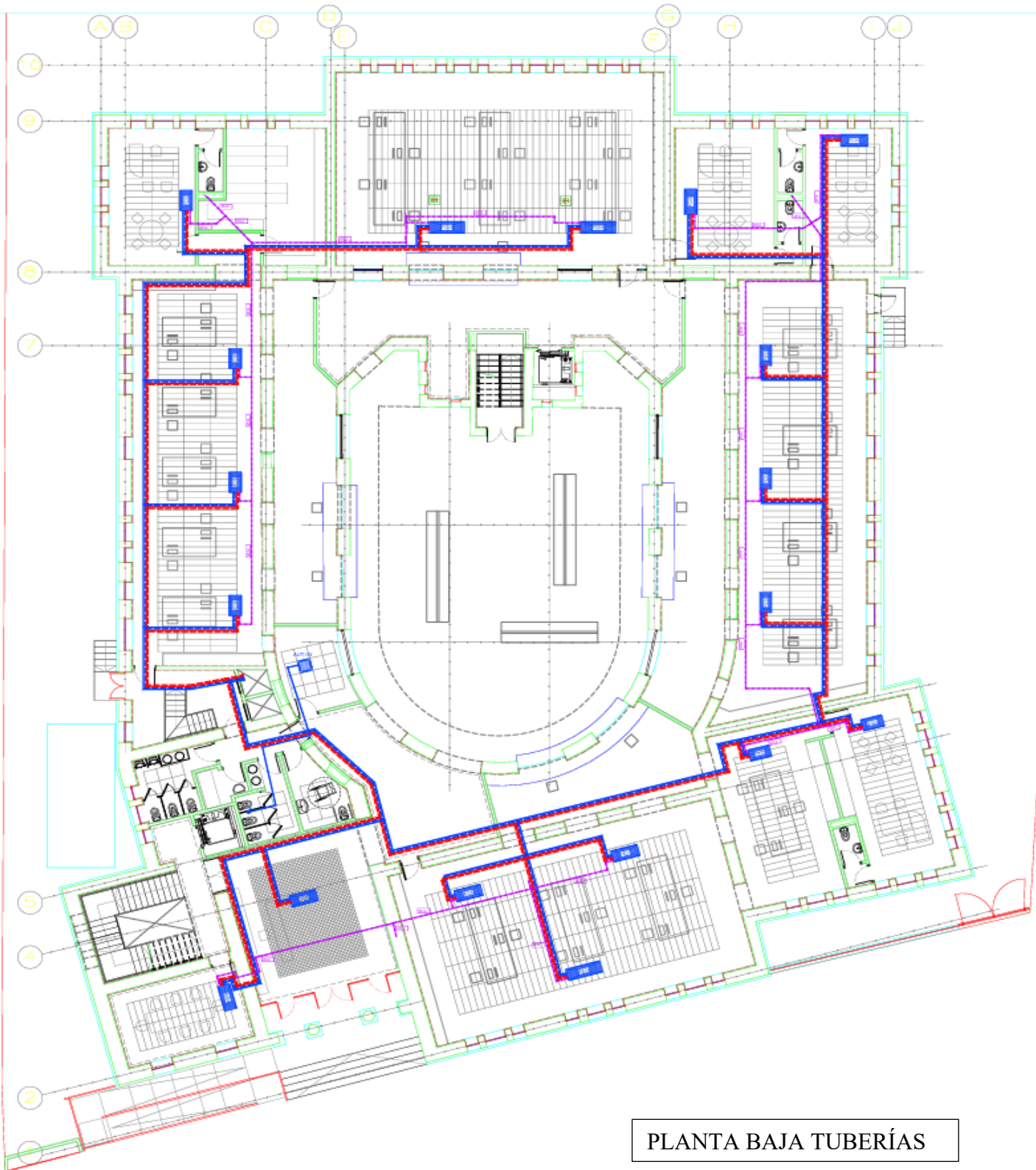
Cada unidad terminal tipo fan coil cuenta con su propio termostato, lo que posibilita un control independiente por zonas, adaptando la climatización a las condiciones específicas de

cada área de uso. Esta regulación zonificada permite, además, mejorar el confort térmico sin penalizar el consumo energético.

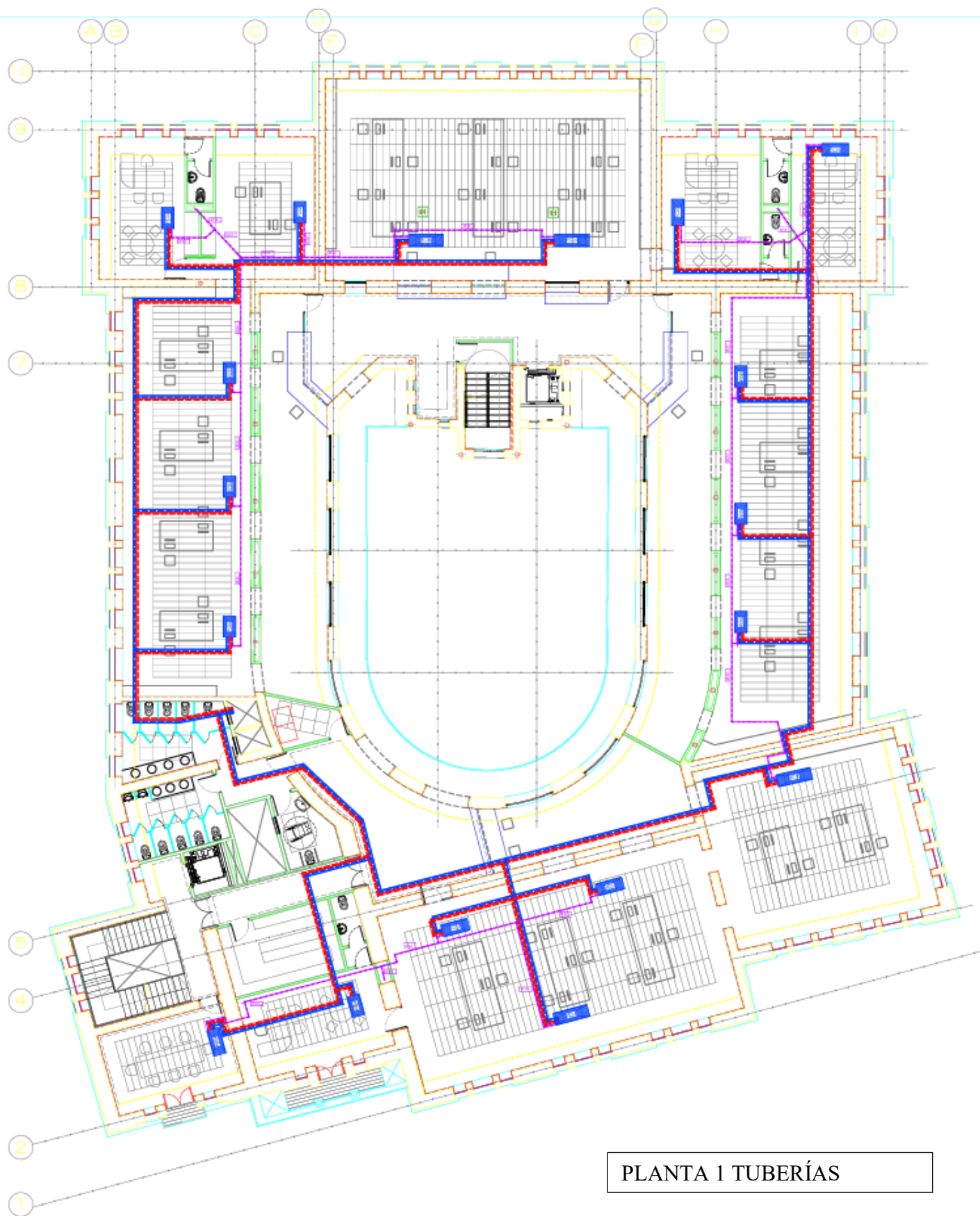
Los equipos principales, como las unidades de tratamiento de aire, se integran en un sistema central de supervisión mediante una centralita, desde la cual se pueden establecer consignas, horarios de funcionamiento y parámetros de regulación. Este sistema contempla programaciones horarias acordes al uso previsto del edificio, permitiendo, no obstante, la activación puntual en función de la demanda térmica real detectada por los sensores.

Gracias a esta estrategia de regulación, el sistema no solo garantiza el cumplimiento de las condiciones de confort, sino que también contribuye a la optimización energética del conjunto, asegurando un funcionamiento racional y eficiente de los recursos técnicos disponibles, en concordancia con lo establecido en el RITE.

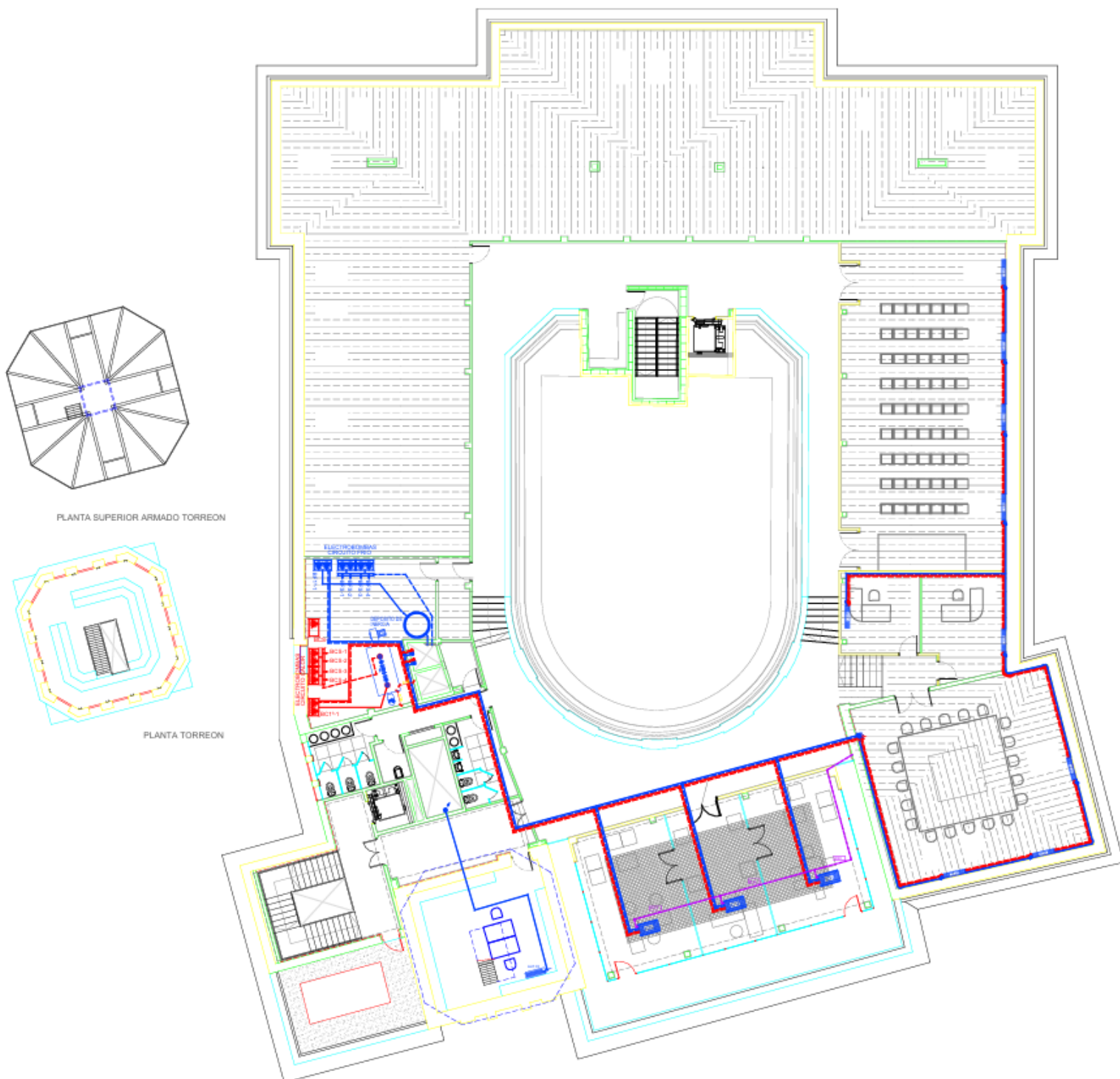
PLANOS



PLANTA BAJA TUBERÍAS



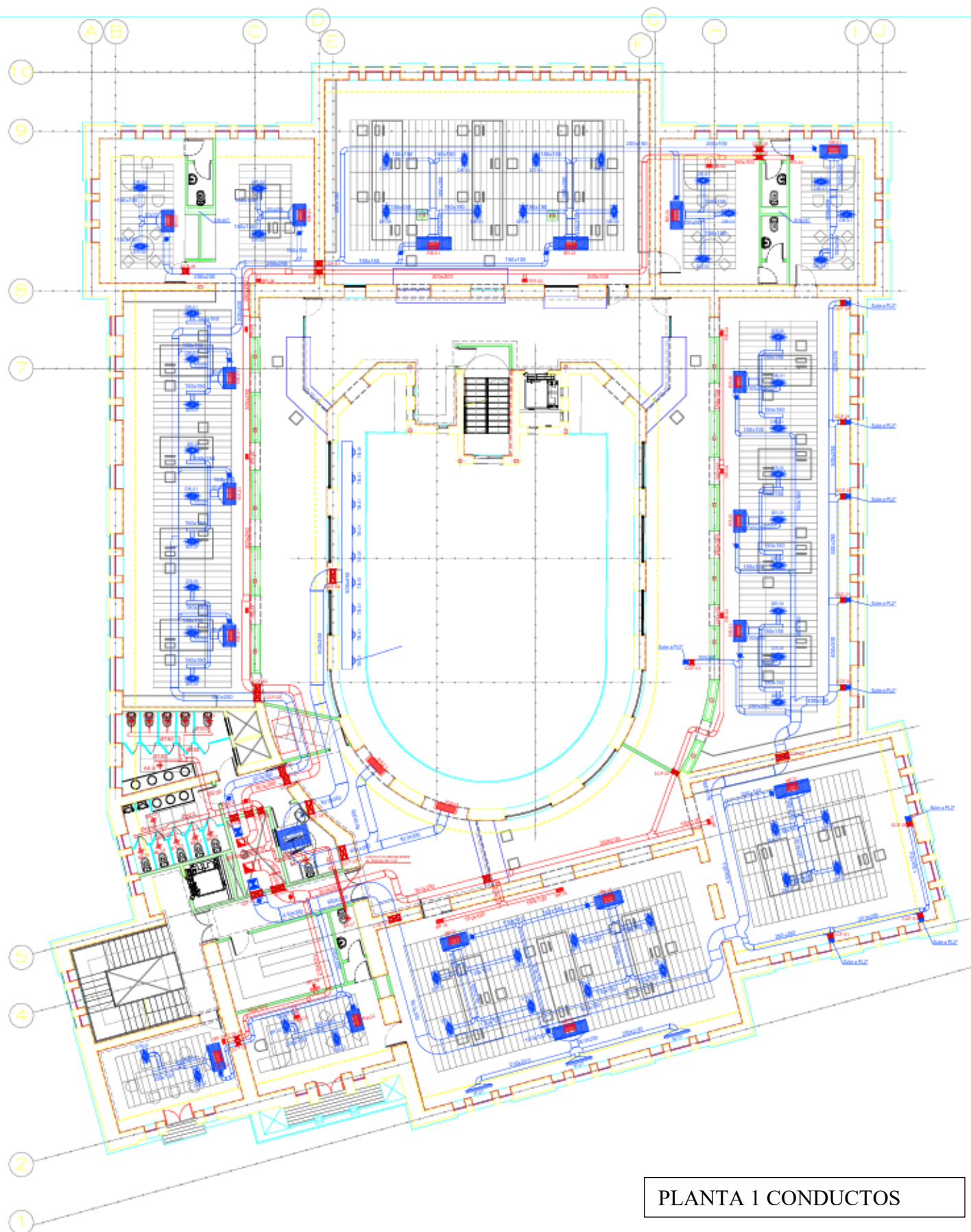
PLANTA 1 TUBERÍAS

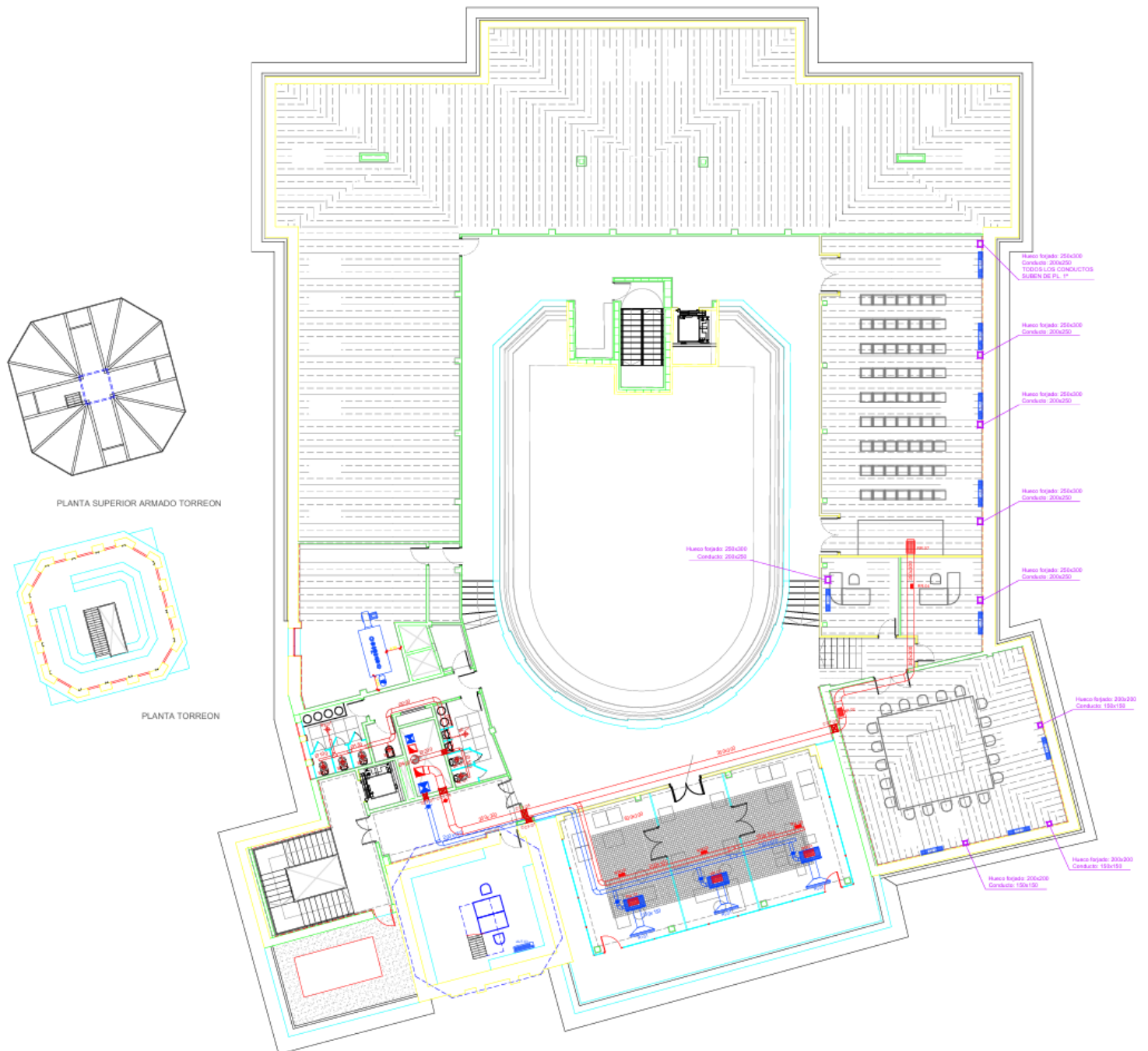


PLANTA 2 TUBERÍAS

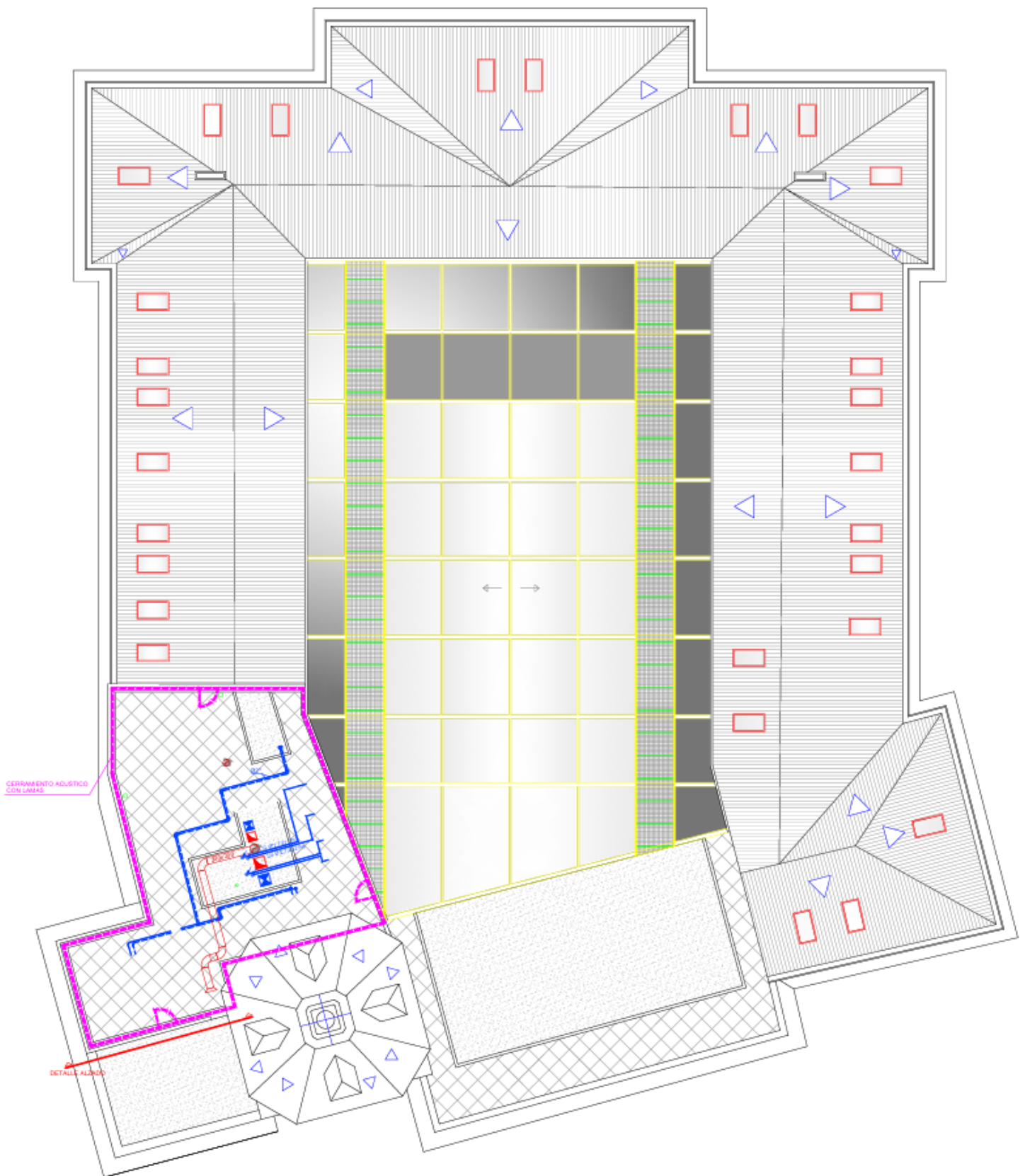


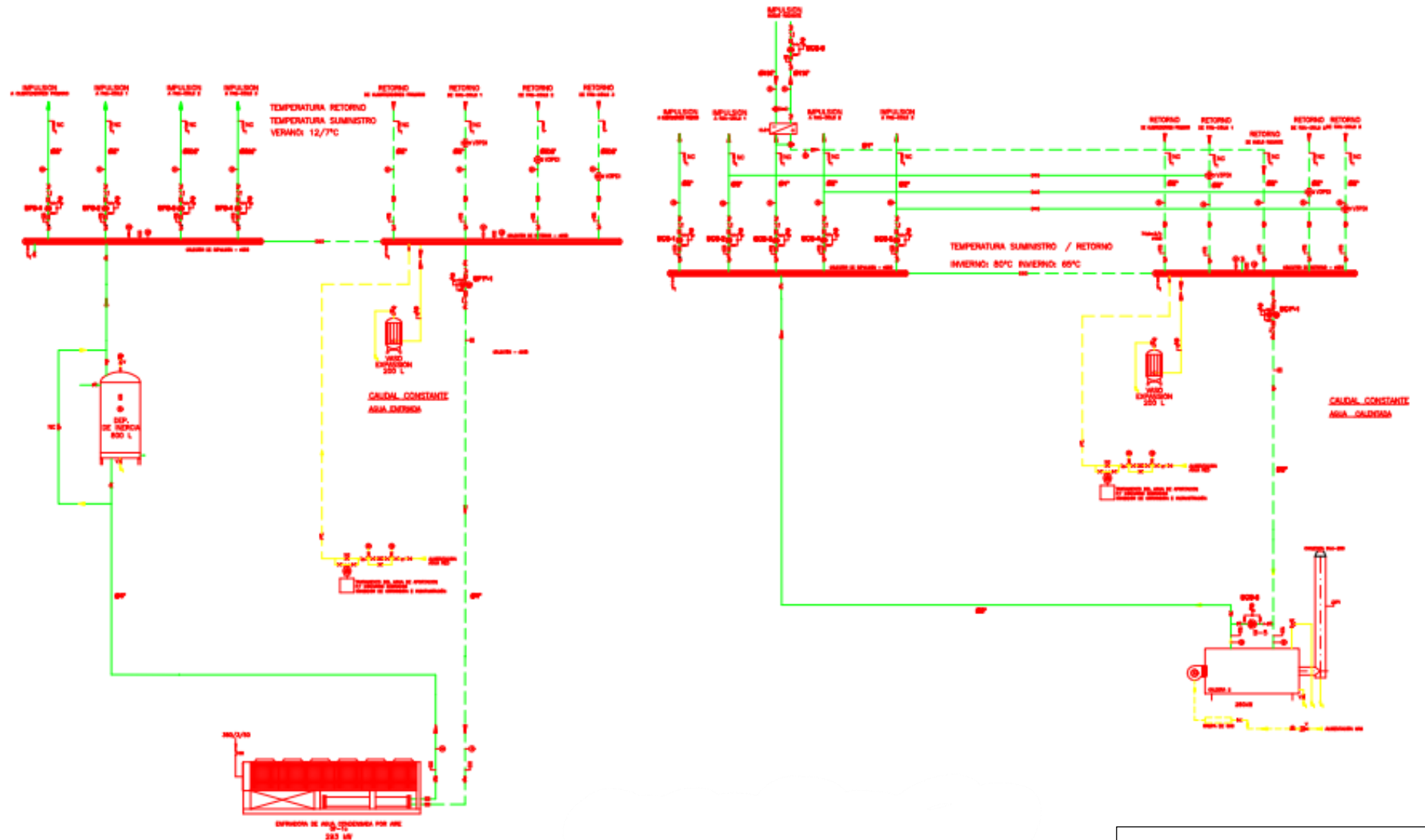
PLANTA BAJA CONDUCTOS





PLANTA 2 CONDUCTOS





ESQUEMA DE PRINCIPIO

PRESUPUESTO

	UNIDADES	€/unidad	TOTAL (€)
CALDERA FERROLI GN2-N 300 – Gas, hierro fundido, 300 kW	1	58.000	58.000
ENFRIADORA CARRIER AQUASNAP 30RBS 170 – R-410A, 170 kW	1	85.000	85.000
TOTAL SISTEMAS PRODUCCIÓN			143000
CLIMATIZADOR SYSTEMAIR GENIOX-27SR	1	19.500	19.500
CLIMATIZADOR SYSTEMAIR GENIOX-24SR	1	15.000	15.000
TOTAL CLIMATIZADORES			34500
BOMBA EBARA ELINE-D 50-160 1,1A. Electrobomba monobloc tipo In-line con control de velocidad simple. 1,1 kW 1,5 cV.	18	2956	53208
TOTAL BOMBAS			53208
FAN-COIL BAXI IQD 110-A.	24	1.707	40.968
FAN-COIL BAXI IQD 110-B.	10	1.707	17.070
TOTAL FAN-COILs			70966

DIFUSOR KOOLAIR DFRO Tamaño 20.	6	41,25	247,5
DIFUSOR KOOLAIR DFRO Tamaño 24.	18	52,90	952,2
DIFUSOR KOOLAIR DFRO Tamaño 32.	4	64,30	257,2
DIFUSOR KOOLAIR DFRO Tamaño 40.	38	75,90	2.884,2
DIFUSOR KOOLAIR DFRO Tamaño 48.	14	87,40	1.223,6
TOTAL DIFUSORES			5564,7
Vasos de expansión (100 L)	2	420,00	840,00
Colectores (acero soldado, 2 ramales)	2	290,00	580,00
Válvulas de retención, corte y equilibrado (juego)	12	65,00	780,00
Rejillas de retorno o extracción (rejilla metálica)	24	112,00	2.688,00
Compuertas de regulación de caudal	12	140,00	1.680,00
Compuertas cortafuegos EI120	8	190,00	1.520,00
TOTAL componentes			8088

	L (m)	€/m	
Tubería acero DIN 2240 1/2"	20,8	20	416
Tubería acero DIN 2240 3/4"	218,08	28	6106,24
Tubería acero DIN 2240 1"	294,39	40	2943,9
Tubería acero DIN 2240 1 1/4"	451,3	60	6769,5
Tubería acero DIN 2240 2"	14,15	84	297,15
Aislamiento tuberías		46,4	13226.232
TOTAL TUBERIAS			29759.022
	m2	€/m2	
Conducto de plancha galvanizada	490	44,5	21805
Aislamiento conductos ISOAIR 30mm	490	28,34	13886,6
TOTAL CONDUCTOS			35691,6
TOTAL PRESUPUESTO FINAL			380.777,3€

El presupuesto final del proyecto asciende a un total de casi **380.000 €**.

ANEXO

40°		HORA SOLAR																		40°	
D ^a LATITUD NORTE		HORA SOLAR																		D ^a LATITUD SUR	
Época	Orientación	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Orientación	Época					
21 Junio	N	87	54	32	35	38	38	38	38	38	35	32	54	86	22 Diciembre	N					
	NE	320	360	303	198	81	38	38	38	38	35	32	27	16		SE					
	E	341	436	439	385	257	119	38	38	38	35	32	27	16		E					
	SE	138	238	295	301	268	192	92	38	38	35	32	27	16		NE					
	S	16	27	32	35	38	38	119	257	385	439	436	341	86		N					
27 Julio y 21 Mayo	SO	16	27	32	35	38	38	38	38	38	35	32	27	16	NO						
	O	16	27	32	35	38	38	119	257	385	439	436	341	86	O						
	Horizontal	84	222	363	485	569	629	642	629	569	485	363	222	84	SO						
	N	65	38	32	35	38	38	38	38	38	35	32	38	65	Horizontal						
	NE	287	344	284	179	70	38	38	38	38	35	32	27	13	S						
24 Agosto y 20 Abril	E	320	436	444	390	265	116	38	38	38	35	32	27	13	SE						
	SE	146	260	322	339	298	222	113	40	38	35	32	27	13	E						
	S	13	27	35	70	119	170	187	170	119	70	35	27	13	NE						
	SO	13	27	32	35	38	40	133	222	298	339	322	260	146	N						
	O	13	27	32	35	38	38	116	265	390	444	436	320	84	NO						
22 Septiembre y 22 Marzo	Horizontal	65	198	341	463	550	610	631	610	550	463	341	198	65	O						
	N	19	21	29	35	38	38	38	38	38	35	29	21	19	SO						
	NE	184	276	222	124	43	38	38	38	38	35	29	21	8	Horizontal						
	E	227	398	439	393	273	122	38	38	38	35	29	21	8	S						
	SE	130	284	374	396	377	290	179	67	38	35	29	21	8	SE						
23 Octubre y 20 Febrero	S	8	21	65	138	241	263	276	241	138	65	21	8	8	N						
	SO	8	21	29	35	38	38	38	38	35	29	21	8	8	NE						
	O	8	21	29	35	38	38	122	273	393	439	398	227	24	NO						
	Horizontal	24	327	271	406	501	556	580	556	501	406	271	127	24	O						
	N	0	13	24	32	35	35	38	35	35	32	24	13	0	SO						
22 Noviembre y 21 Enero	NE	0	138	157	70	35	35	38	35	35	32	24	13	0	Horizontal						
	E	0	314	404	377	268	122	38	35	35	32	24	13	0	S						
	SE	0	257	390	439	425	360	244	111	38	32	24	13	0	SE						
	S	0	32	119	219	298	330	379	330	298	219	119	32	0	E						
	SO	0	13	24	32	38	111	244	360	425	439	390	257	0	NE						
21 Diciembre	O	0	13	24	32	35	35	38	35	38	32	24	13	0	N						
	Horizontal	0	13	24	32	35	35	38	35	35	32	24	13	0	NO						
	N	0	5	16	27	29	32	32	29	27	16	5	0	0	O						
	NE	0	94	89	32	29	32	32	29	27	16	5	0	0	SO						
	E	0	220	317	330	238	165	32	32	29	27	16	5	0	Horizontal						
21 Mayo y 23 Julio	SE	0	219	358	336	442	390	290	170	54	27	16	5	0	S						
	S	0	57	160	282	371	417	439	417	371	282	160	57	0	SE						
	SO	0	5	16	27	34	170	290	390	442	336	358	219	0	E						
	O	0	5	16	27	29	32	32	29	27	16	5	0	0	NE						
	Horizontal	0	5	16	27	29	32	32	29	27	16	5	0	0	N						
22 Diciembre	N	0	5	16	24	27	27	27	24	19	8	0	0	0	O						
	NE	0	0	32	19	24	27	27	24	19	8	0	0	0	SO						
	E	0	0	246	271	200	89	29	27	24	19	8	0	0	S						
	SE	0	0	295	390	423	390	314	189	73	19	8	0	0	SE						
	S	0	0	160	282	377	428	450	428	377	282	160	0	0	E						
21 Junio	SO	0	0	8	19	24	27	29	27	24	19	8	0	0	NE						
	O	0	0	8	19	24	27	29	27	24	19	8	0	0	N						
	Horizontal	0	0	83	116	198	249	279	249	198	116	83	0	0	NO						
	N	0	0	5	16	24	27	27	24	16	5	0	0	0	O						
	NE	0	0	19	16	24	27	27	24	16	5	0	0	0	SO						
22 Diciembre	E	0	0	195	233	184	84	27	27	24	16	5	0	0	S						
	SE	0	0	238	363	401	385	311	198	81	19	5	0	0	SE						
	S	0	0	138	268	363	428	447	428	363	268	138	0	0	E						
	SO	0	0	5	19	81	198	311	385	401	363	238	0	0	NE						
	O	0	0	5	16	24	27	27	24	16	5	0	0	0	N						
21 Junio	Horizontal	0	0	21	86	149	206	230	206	149	86	21	0	0	O						
	N	0	0	21	86	149	206	230	206	149	86	21	0	0	SO						
	NE	0	0	21	86	149	206	230	206	149	86	21	0	0	Horizontal						
	E	0	0	21	86	149	206	230	206	149	86	21	0	0	S						
	SE	0	0	21	86	149	206	230	206	149	86	21	0	0	SE						
Correcciones		Marco metálico o ningún marco × 1,0,85 ó 1,17		Defecto de limpieza 15 % máx.		Altitud + 0,7 % por 300 m		Punto de rocío superior a 19,5 °C - 14 % por 10 °C		Punto de rocío superior a 19,5 °C + 14 % por 10 °C		Latitud sur Dic. o Enero + 7 %									

Figura 11. Aportaciones solares a través del vidrio sencillo

[illegible]

*Figura 12. tabla calculo tuberias agua fria a 10 °c según el diagramade Moody y ecuaciones
anexas para tuberia de acero DIN 2440 y 2448*

[illegible]

Figura 13. Coeficientes de pérdida de carga de accesorios y válvulas de tuberías

		DIN 2440														DIN 2448							
Ø nominal	pulgadas	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"		8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"		
Ø interior	mm	12.5	16	21.6	27.2	35.9	41.8	53	68.8	80.8	105.3	130	155.4		207.3	260.4	309.7	339.6	388.8	437.2	486		
Pérdida de carga en mm.c.a. / ml		CAUDAL EN L/H VELOCIDAD EN M/S																					
3		52	101	229	429	908	1369	2.604	5.180	7.891	15.924	28.150	45.040	97.320	176.824	280.679	353.408	510.901	685.049	892.907			
		0.12	0.14	0.17	0.21	0.25	0.28	0.33	0.39	0.43	0.51	0.58	0.66	0.75	0.85	0.92	1.03	1.08	1.20	1.27	1.34		
4		61	120	268	502	1.064	1.581	3.006	5.982	9.292	18.783	32.524	52.008	112.376	204.182	324.100	408.080	589.938	791.028	1.030.575			
		0.14	0.17	0.20	0.24	0.29	0.33	0.38	0.45	0.50	0.60	0.68	0.76	0.82	0.92	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.54		
5		68	134	303	569	1.190	1.796	3.361	6.815	10.390	21.000	36.362	58.146	125.640	228.282	362.355	456.247	659.570	884.394	1.152.222			
		0.15	0.18	0.23	0.27	0.33	0.38	0.42	0.51	0.56	0.67	0.76	0.85	0.93	1.03	1.10	1.20	1.30	1.40	1.54	1.64		
6		76	148	337	624	1.324	1.957	3.747	7.466	11.380	23.004	39.833	63.696	137.631	250.072	396.945	499.794	722.523	968.805	1.303.173			
		0.17	0.20	0.24	0.28	0.34	0.40	0.46	0.55	0.62	0.73	0.83	0.93	1.03	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	1.64	1.74		
7		82	162	364	674	1.430	2.125	4.047	8.054	12.292	24.847	43.025	70.489	148.659	270.072	428.744	539.836	798.414	1.046.428	1.408.035			
		0.18	0.22	0.26	0.32	0.39	0.43	0.51	0.60	0.67	0.79	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	1.74	1.84		
8		88	173	389	730	1.528	2.309	4.327	8.621	13.141	26.563	47.078	75.366	158.923	288.756	458.347	577.112	834.298	1.118.680	1.505.256			
		0.20	0.24	0.29	0.35	0.42	0.47	0.54	0.64	0.71	0.85	0.99	1.10	1.21	1.31	1.41	1.51	1.60	1.70	1.80	1.90		
9		94	183	412	775	1.621	2.449	4.589	9.144	13.938	28.174	49.933	79.938	168.963	306.272	486.150	612.120	884.900	1.186.539	1.596.665			
		0.21	0.25	0.31	0.37	0.44	0.50	0.58	0.68	0.76	0.90	1.04	1.17	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	1.90	2.00		
10		100	195	440	816	1.709	2.582	4.838	9.838	14.995	29.696	52.634	84.262	177.881	322.839	512.447	645.231	932.773	1.250.722	1.682.028			
		0.23	0.27	0.33	0.39	0.47	0.52	0.61	0.72	0.81	0.95	1.10	1.23	1.36	1.46	1.58	1.68	1.80	1.90	2.10	2.20		
11		106	205	462	858	1.792	2.708	5.074	10.105	15.727	31.148	55.203	88.375	186.354	336.597	537.458	676.724	978.301	1.311.768	1.765.069			
		0.24	0.28	0.35	0.41	0.49	0.55	0.64	0.76	0.85	0.99	1.16	1.29	1.43	1.57	1.70	1.80	1.90	2.10	2.30	2.40		
12		109	214	482	894	1.902	2.828	5.299	10.558	16.428	32.533	57.658	92.305	194.640	353.665	561.359	706.815	1.021.802	1.370.907	1.843.595			
		0.25	0.30	0.37	0.43	0.52	0.57	0.67	0.79	0.89	1.04	1.20	1.33	1.48	1.62	1.76	1.87	2.00	2.10	2.30	2.50		
13		115	225	502	931	1.970	2.944	5.516	10.985	17.097	33.861	60.012	96.074	202.588	368.094	584.279	735.672	1.063.525	1.426.043	1.918.833			
		0.26	0.31	0.38	0.44	0.54	0.60	0.70	0.82	0.92	1.08	1.22	1.36	1.51	1.67	1.80	1.93	2.10	2.20	2.50	2.70		
14		119	231	521	980	2.054	3.055	5.724	11.830	17.742	35.929	62.278	99.700	210.235	381.985	606.335	763.448	1.103.672	1.479.874	1.991.267			
		0.27	0.32	0.39	0.47	0.56	0.63	0.73	0.87	0.98	1.15	1.30	1.46	1.63	1.79	1.92	2.06	2.24	2.34	2.64	2.84		
15		124	242	547	1.014	2.126	3.162	5.925	12.038	18.365	37.190	64.464	103.200	217.614	395.399	627.617	790.243	1.142.409	1.531.815	2.061.157			
		0.28	0.33	0.41	0.48	0.58	0.64	0.75	0.90	1.02	1.19	1.35	1.51	1.70	1.86	2.01	2.17	2.31	2.43	2.67	2.83		
16		128	250	564	1.048	2.196	3.266	6.231	12.433	18.967	38.410	66.578	106.584	224.751	408.363	648.200	816.160	1.179.875	1.582.052	2.128.754			
		0.29	0.35	0.43	0.50	0.60	0.68	0.78	0.93	1.03	1.23	1.39	1.56	1.85	2.01	2.15	2.30	2.50	2.70	3.00	3.19		
17		132	258	582	1.080	2.264	3.368	6.423	12.816	19.551	39.592	68.627	109.665	231.698	420.931	666.149	841.278	1.216.187	1.630.742	2.194.269			
		0.30	0.36	0.44	0.52	0.62	0.69	0.81	0.96	1.06	1.26	1.44	1.61	1.91	2.07	2.20	2.40	2.58	2.85	3.02	3.29		
18		137	265	599	1.111	2.329	3.464	6.609	13.187	20.118	40.740	70.616	113.050	238.385	433.139	687.520	865.668	1.251.447	1.678.020	2.257.884			
		0.31	0.37	0.45	0.53	0.64	0.73	0.85	0.99	1.09	1.29	1.48	1.66	1.96	2.12	2.24	2.46	2.65	2.95	3.16	3.39		
19		141	273	615	1.142	2.393	3.569	6.791	13.540	20.669	41.856	72.551	116.147	244.917	445.003	706.359	889.385	1.285.739	1.724.001	2.319.170			
		0.32	0.38	0.47	0.55	0.66	0.75	0.88	1.01	1.10	1.30	1.49	1.67	2.00	2.16	2.28	2.50	2.70	3.00	3.24	3.47		
20		144	280	631	1.171	2.455	3.713	6.967	13.901	21.206	42.943	74.138	119.165	251.219	456.054	724.715	912.494	1.319.141	1.788.789	2.380.015			
		0.33	0.39	0.48	0.56	0.67	0.77	0.90	1.04	1.13	1.37	1.56	1.73	2.07	2.23	2.37	2.60	2.80	3.09	3.27	3.55		
21		148	287	647	1.200	2.516	3.805	7.139	14.244	21.730	44.004	76.274	122.108	257.485	467.833	742.606	935.029	1.351.717	1.812.468	2.438.794			
		0.33	0.40	0.49	0.57	0.69	0.77	0.90	1.06	1.18	1.40	1.60	1.78	2.12	2.24	2.34	2.60	2.80	3.16	3.35	3.65		
22		151	293	662	1.229	2.575	3.896	7.307	14.579	22.241	45.039	78.069	124.981	263.544	478.846	760.082	957.032	1.383.520	1.855.121	2.496.165			
		0.34	0.41	0.50	0.59	0.71	0.79	0.92	1.09	1.20	1.44	1.63	1.83	2.17	2.28	2.36	2.60	2.80	3.24	3.43	3.74		
23		155	304	677	1.256	2.633	3.982	7.471	14.907	22.741	46.052	79.824	127.790	269.467	489.610	777.164	978.544	1.414.821	1.886.814	2.552.289			
		0.35	0.42	0.51	0.60	0.72	0.81	0.94	1.11	1.23	1.47	1.67	1.87	2.21	2.32	2.39	2.60	2.80	3.30	3.51	3.82		
24		158	310	691	1.283	2.690	4.068	7.632	15.227	23.240	47.042	81.541	130.538	275.263	500.141	793.880	999.587	1.445.046	1.937.610	2.607.180			
		0.36	0.43	0.52	0.61	0.74	0.82	0.96	1.14	1.26	1.50	1.71	1.91	2.27	2.37	2.43	2.60	2.80	3.30	3.56	3.90		
25		161	317	706	1.310	2.745	4.152	7.785	15.541	23.759	48.012	83.222	133.23	280.398	510.454	810.255	1.020.200	1.474.844	1.977.565	2.660.942			
		0.36	0.44	0.53	0.62	0.75	0.84	0.98	1.16	1.28	1.52	1.73	1.93	2.30	2.39	2.45	2.60	2.80	3.30	3.57	3.92		
26		166	323	720	1.336	2.799	4.230	7.944	15.849	24.170	48.963	84.870	135.965	286.503	520.595	826.295	1.040.400	1.504.052	2.016.723	2.713.639			
		0.38	0.45	0.54	0.63	0.77	0.86	1.00	1.18	1.31	1.56	1.77	1.97	2.35	2.44	2.50	2.60	2.80	3.30	3.57	3.95		
27		169	329	743	1.352	2.900	4.315	8.095	16.151	24.639	49.896	86.487	138.437	291.960	530.473	842.036	1.060.232	1.532.703	2.055.148	2.765.332			
		0.38	0.45	0.56	0.66	0.80	0.87	1.02	1.21	1.33	1.59	1.81	2.03	2.40	2.47	2.50	2.60	2.80	3.30	3.59	3.80		
28		172	335	757	1.407	2.953	4.394	8.243	16.448	25.091	50.811	88.074	140.998	297.318	540.214	857.488	1.079.678	1.560.828	2.092.558	2.816.077			
		0.39	0.46	0.57	0.67	0.81	0.89	1.04	1.23	1.36	1.62	1.84	2.06	2.45	2.52	2.54	2.60	2.80	3.30	3.65	3.87		
29		176	341	770	1.432	3.006	4.472	8.389	16.739	25.535	51.711	89.633	143.493	302.580	549.776	872.666	1.098.796	1.588.456	2.129.903	2.865.023			
		0.40	0.47	0.58	0.68	0.82	0.91	1.06	1.25	1.38	1.65	1.88	2.10	2.49	2.57	2.62	2.70	2.90	3.40	3.72	3.94		
30		179	347	784	1.458	3.057	4.548	8.533	17.025	25.972	52.595	91.165	145.946	307.753	559.174	887.584	1.117.573	1.615.611	2.166.314	2.914.916			
		0.40	0.48	0.59	0.70	0.84	0.92	1.07	1.27	1.41	1.68	1.91	2.14	2.53	2.60	2.62	2.70	2.90	3.40	3.78	4.01		
31		181	352	796	1.480	3.107	4.623	8.674	17.306	26.401	53.642	92.672	148.559	312.840	568.418	902.258	1.136.048	1.642.317	2.202.123	2.963.100			

Figura 14. Tabla calculo tuberías agua caliente a 50 °c según el diagrama de moody y ecuaciones anexas para tuberías de acero DIN 2440 y 2448

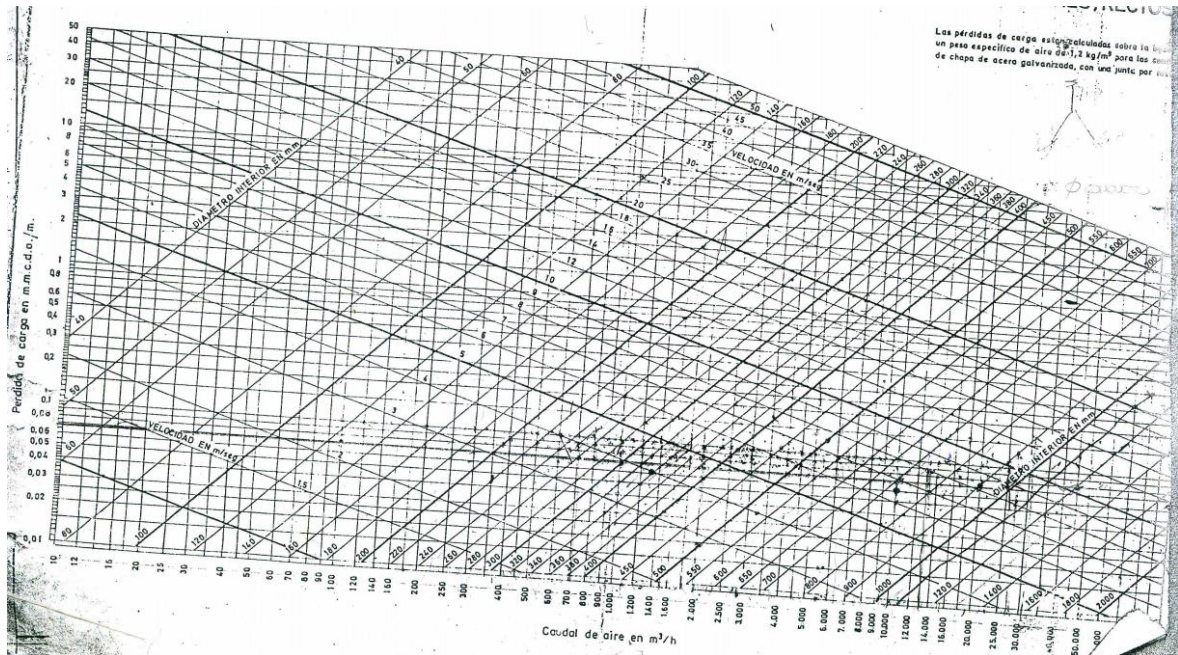


Figura 15. Diagrama para el cálculo de pérdidas de carga de aire de los conductos circulares, rectos

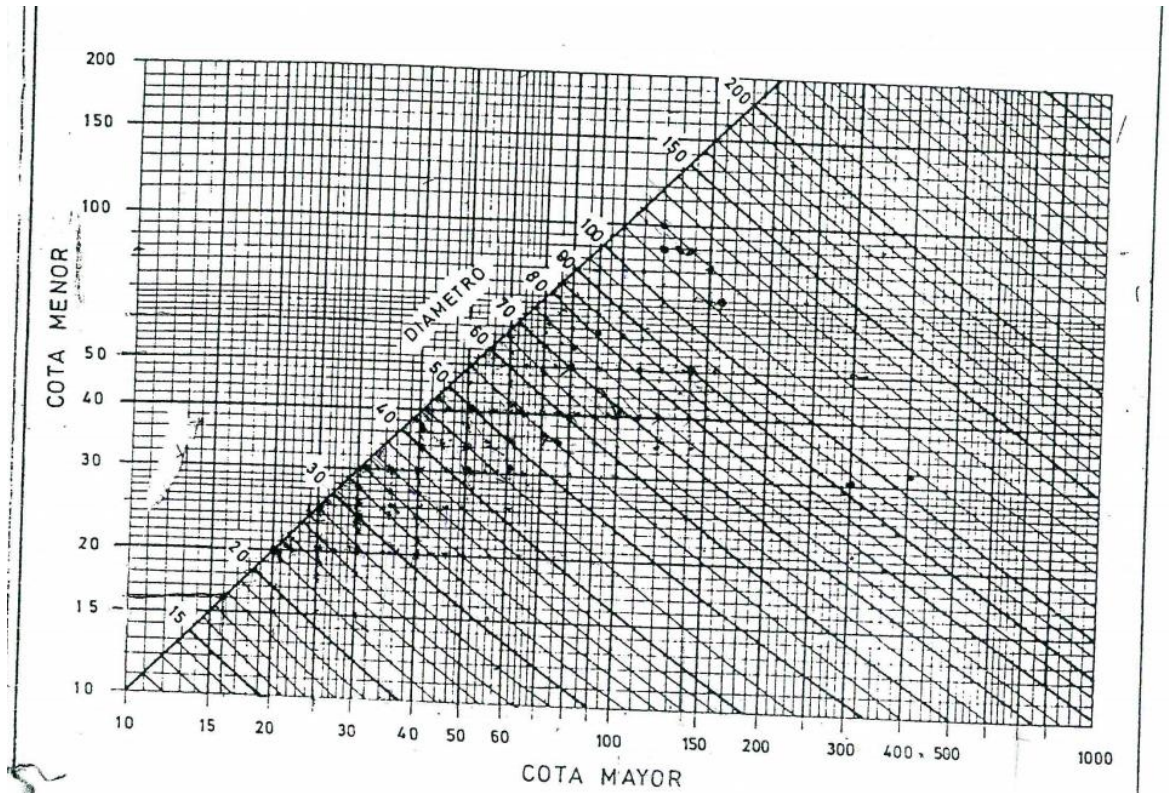


Figura 16. Diagrama de transformación de los conductos rectangulares en conductos circulares a iguales pérdidas de carga

LONGITUD EQUIVALENTE EN ML DE ACCESORIOS PARA REDES DE CONDUCTOS

n=	0,326	0,53
v (m/s)	REDUCCIÓN	DERIVACIÓN
1	0,20	0,33
1,5	0,46	0,75
2	0,82	1,33
2,5	1,27	2,07
3	1,83	2,98
3,5	2,50	4,06
4	3,26	5,30
4,5	4,13	6,71
5	5,09	8,28
5,5	6,16	10,02
6	7,34	11,93
6,5	8,61	14,00
7	9,98	16,23
7,5	11,46	18,63
8	13,04	21,20
8,5	14,72	23,93
9	16,50	26,83
9,5	18,39	29,90
10	20,38	33,13
10,5	22,46	36,52
11	24,65	40,08
11,5	26,95	43,81
12	29,34	47,70
12,5	31,84	51,76
13	34,43	55,98
13,5	37,13	60,37
14	39,94	64,93
14,5	42,84	69,65
15	45,84	74,53
15,5	48,95	79,58
16	52,16	84,80
16,5	55,47	90,18
17	58,88	95,73
17,5	62,40	101,45
18	66,02	107,33
18,5	69,73	113,37
19	73,55	119,58
19,5	77,48	125,96
20	81,50	132,50

LONGITUD EQUIVALENTE EN ML DE CODOS A 90° CON RELACIÓN R/D = 1,25

alto (mm)	1200	900	750	600	500	400	300	250	200	150
ancho (mm)										
2400	9,22	7,38	6,51	5,65	4,67					
1800	8,25	6,9	6,2	5,05	4,42	3,8	3,56			
1500	8	6,51	5,65	4,77	4,18	3,56	2,95			
1200	7,67	5,9	5,28	4,42	4,18	3,26	2,62	2,4	2,39	
1050		5,9	5,03	4,42	3,87	3,25	2,66	2,4	2,08	
900		5,6	4,79	4,14	3,53	2,98	2,7	2,36	2,08	
800			4,76	4,11	3,54	2,95	2,33	2,08	1,72	
700				3,84	3,54	2,95	2,33	2,08	1,72	
600				3,74	3,26	2,91	2,33	2,05	1,75	1,47
500					3,25	2,66	2,05	1,8	1,47	1,17
400						2,66	2,05	1,76	1,47	1,17
300							2,05	1,76	1,47	1,15
250								1,47	1,19	1,19
200									1,16	0,88
150										0,88

Figura 17. Perdidas de carga en accesorios de conductos