



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

**Estudio y diseño de instalaciones de
climatización mediante el uso de
herramientas BIM (Building Information
Modeling)**

Autor:

González Sánchez, Sergio

Tutor:

Manso Burgos, José Gabriel

Dpto. de CMelM/ Ingeniería Mecánica

Valladolid, julio de 2016

Resumen /Abstract

La tecnología de Modelos de Información de Edificios, más conocida por sus siglas en inglés, BIM, supone una metodología en auge que se implanta en diferentes disciplinas relacionadas con el diseño y ejecución de proyectos de edificación. En este Trabajo de Fin de Grado (TFG), se estudiará el alcance y utilidad de Revit, un software que utiliza este tipo de tecnología, en el diseño y dimensionado de instalaciones de climatización. Para ello se partirá de un modelo arquitectónico también creado con Revit del que se hará un estudio de necesidades y al cual se le instalará el equipo de climatización adecuado.

Technology of Building Information Models, better known by its acronym, BIM, is a booming methodology implanted in different disciplines related to the design and execution of building projects. In this Final Project (TFG), the scope and usefulness of Revit, a software that uses this type of technology, in the design and dimensioning of air conditioning systems will be studied. To do this it will be based on an architectural model created with Revit also to be made a study of needs and then we will install the appropriate air-conditioning equipment in it.

Palabras clave/ Keywords

BIM, Revit, Cargas de calefacción, Cargas de refrigeración, Instalaciones.

BIM, Revit, Heating loads, Cooling loads, systems.

INDICE

1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS:	7
2. DESARROLLO TEÓRICO	9
2.1. ¿QUÉ ES BIM?	9
2.2. EVOLUCIÓN DE BIM RESPECTO DE CAD.	10
2.3. NIVELES DE MADUREZ DE BIM	11
2.4. NIVELES DE DESARROLLO	12
2.5. VENTAJAS E INCOVENIENTES DE BIM.	13
2.6. REVIT, UN SOFTWARE BIM.	14
2.7. CONOCIENDO LA INTERFAZ DE REVIT:	15
3. UBICACIÓN Y REQUERIMIENTOS	19
3.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO.	19
3.2. REQUERIMIENTOS DE LA INSTALACIÓN.	19
4. DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN.	27
5. MODELADO ARQUITECTÓNICO Y ESTRUCTURAL:	29
5.1. ESTRUCTURA	29
5.2. SUELO.	30
5.3. CUBIERTAS	31
5.4. MUROS EXTERIORES	32
5.5. MUROS INTERIORES	34
5.6. FALSO TECHO.	35
5.7. PUERTAS Y VENTANAS	36
5.8. ENTORNO	36
6. MODELADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO:	39
6.1. ACCIONES PREVIAS: VINCULACIÓN DEL PROYECTO	39
6.2. DEFINICIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO	39

7. MODELADO DE LA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN	43
7.1. ESTUDIO DE LAS NECESIDADES TÉRMICAS CON REVIT	43
7.2. JUSTIFICACIÓN DE LOS CÁLCULOS DEL ESTUDIO DE CARGAS.....	50
7.3. DIMENSIONADO DE LOS DISPOSITIVOS UTILIZADOS.....	54
FAN COILS:.....	54
DIFUSORES:.....	57
REJILLAS DE ABSORCIÓN:	63
CLIMATIZADOR:	66
BOMBA DE CALOR:.....	71
7.4. COLOCACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS.....	73
7.5. CREACIÓN DE CONDUCTOS Y TUBERIAS.....	74
7.6. PÉRDIDAS DE CARGA DE CONDUCTOS Y TUBERIAS.	78
7.7. INFORMACIÓN SOBRE EL ESTUDIO DE PERDIDAS DE PRESIÓN.....	88
7.8. TABLAS DE CANTIDADES	88
8. CONCLUSIONES.....	93
9. FUTURAS LINEAS DE TRABAJO	95
BIBLIOGRAFÍA:	97
ANEXO I: MANUALES UTILIZADOS.....	99
ANEXO II: PLANOS.....	101

1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS:

La metodología BIM es una herramienta que podríamos considerar joven debido al corto periodo de tiempo que lleva siendo utilizada. Es por ello que hoy en día aún existe cierto escepticismo sobre la utilidad real de esta herramienta a la hora de proyectar.

En este Trabajo de Fin de Grado (TFG) se tratará de analizar la utilidad que tiene este nuevo método en las instalaciones de climatización. Para ello se utilizará Revit, un programa de Autodesk que incluye la disciplina BIM. Veremos hasta qué punto este software nos aporta datos y herramientas útiles a la hora de proyectar y dónde comienzan las deficiencias de este software en crecimiento.

En la primera parte de este TFG se hará un estudio más amplio de lo que es BIM y su software Revit y posteriormente se procederá al modelado de un edificio de oficinas al que se le suministrará el equipo de climatización necesario.

2. DESARROLLO TEÓRICO

2.1. ¿QUÉ ES BIM?

El modelado de información para la edificación (BIM) es un método innovador para facilitar la comunicación entre los sectores de la arquitectura, la ingeniería y la construcción.

Es decir, es una filosofía de trabajo; no es ninguna herramienta en concreto ni un proceso de trabajo; es una filosofía completa y compleja que se ocupa de englobar toda la información de una edificación concreta en una base de datos única desde la cual se crean relaciones entre las diferentes herramientas que participan en la misma. [1]

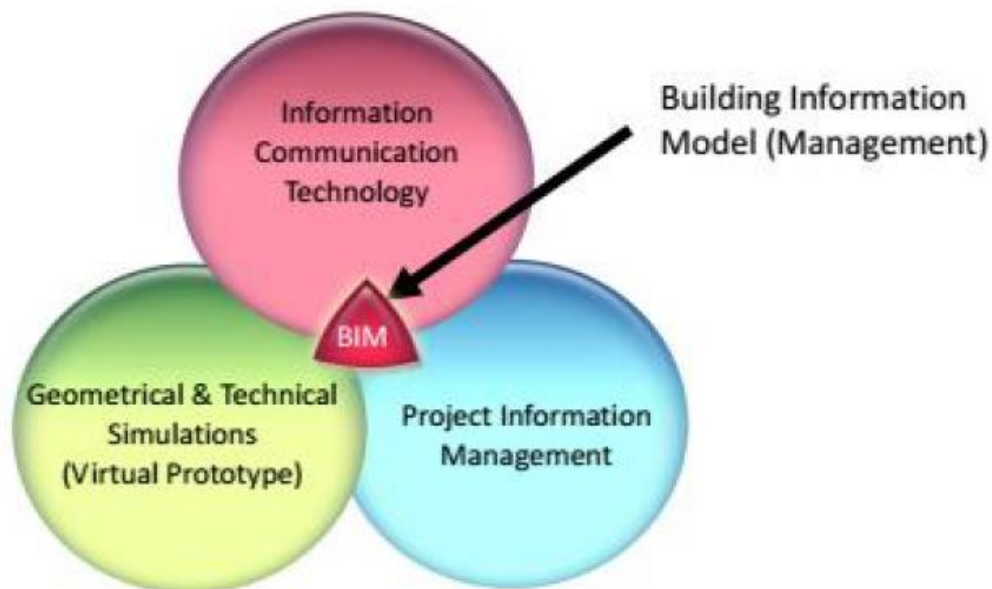


Fig. 2.1.1. Esquema de la filosofía BIM. [2]

Las herramientas o aplicaciones BIM se pueden entender de manera sencilla si las asimilamos como una serie de aplicaciones que nos permitirán obtener una información variada a cerca de nuestra edificación, y de manera coherente, pues toda la información será obtenida de una base de datos común.[1]

Pero BIM no es solo tecnología. Algunos autores piensan que esta herramienta viene condicionada hasta un 90% por el cambio cultural en nuestra forma de afrontar los proyectos [2]

2.2. EVOLUCIÓN DE BIM RESPECTO DE CAD.

Algunos de los modelos conceptuales de edificios se desarrollan utilizando un software especializado que permite a los arquitectos extruir o crear formas con diferentes geometrías. Cuando se finaliza el diseño esquemático, se exporta el modelo a formatos CAD, donde se detalla la solución.

El inconveniente principal del empleo de modelos de diseño esquemático y detallado sin conexión recíproca es obvios; la difícil transición de un modelo a otro; la importación y exportación de archivos puede suponer una gran pérdida de tiempo y la aparición de errores se hace cada vez más probable. Su puede perder la intención del diseño debido a esta falta de correlación entre los distintos sistemas. [1]

En los modelos BIM, la separación entre las dos fases de diseño desaparece lo que permite al diseñador trabajar con fluidez el modelo conceptual y el modelo de edificación mientras que, tanto la intención como el detalle del diseño se capturan en el momento de la conceptualización. [1] Además BIM incluye la integración de toda la información del activo inmobiliario (aspectos gráficos (Modelo 3D), técnicos, financieros, tiempos) en un solo archivo lo que permite un mayor conocimiento del proyecto y la consiguiente mejora en cuanto a materia de fallos se refiere. [2]

Con el sistema BIM lo que se pretende es sacrificar algo de esfuerzo en la fase de diseño y redacción del proyecto para así disminuir las posibilidades de error en la fase de ejecución y de petición de licencias. Las claves del éxito de esta metodología residen en que los costes en la revisión de ejecución de proyectos son considerables y con la metodología BIM se reducen de manera significativa. (Fig. 2.2.1).

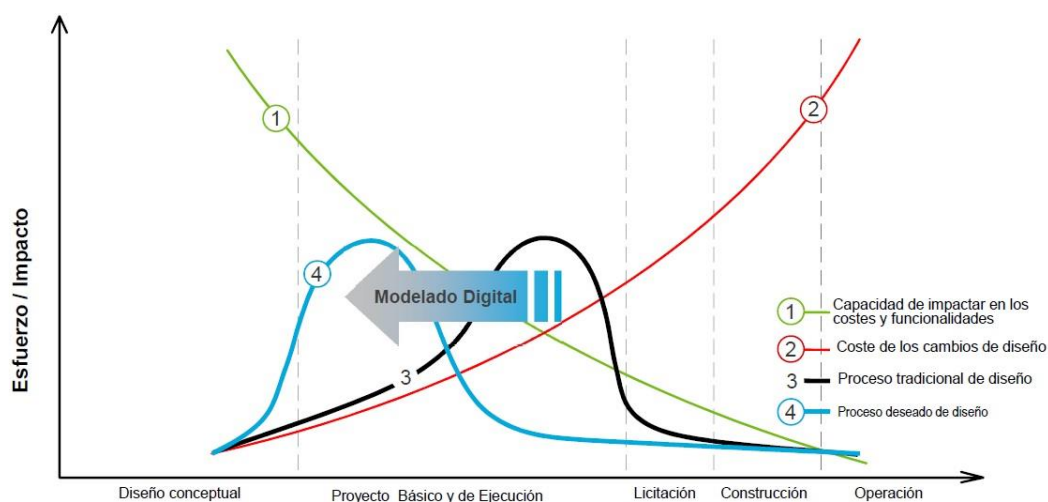


Fig. 2.2.1. Gráfica comparativa de proceso CAD (negro) con proceso BIM (azul) [2]

A pesar de esta reducción de costes debido a fallos, muchas empresas de diseño de edificaciones son reacias a adoptar el sistema BIM debido a que a corto plazo no se ven mejoras de productividad sino pérdidas. Esto es debido al coste de los softwares que incorporan esta alternativa. No obstante, a medio y largo plazo, el Building Information Modeling supondrá una mejora progresiva de la productividad. (Fig. 2.2.2).

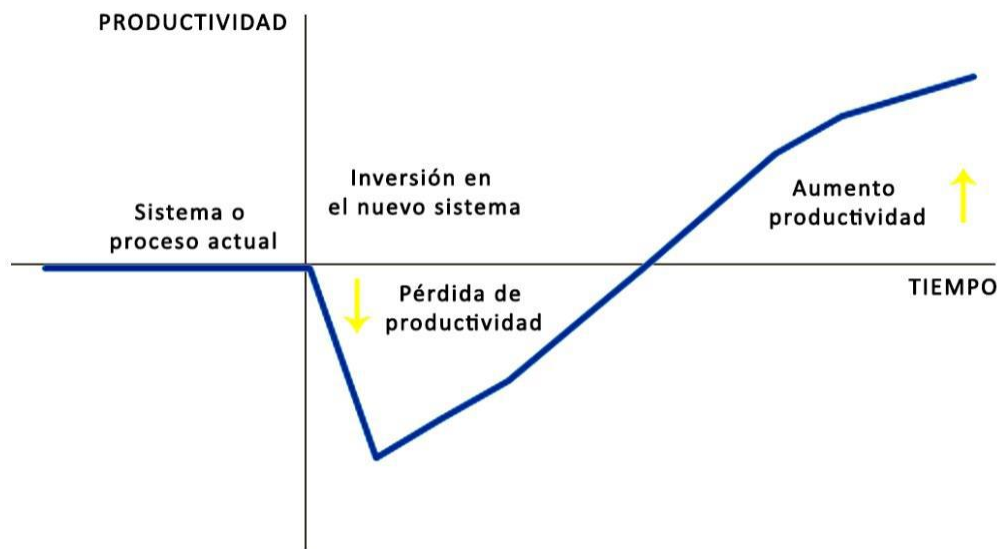


Fig. 2.2.2. Productividad de un diseño a la hora de implementar BIM [1]

2.3. NIVELES DE MADUREZ DE BIM

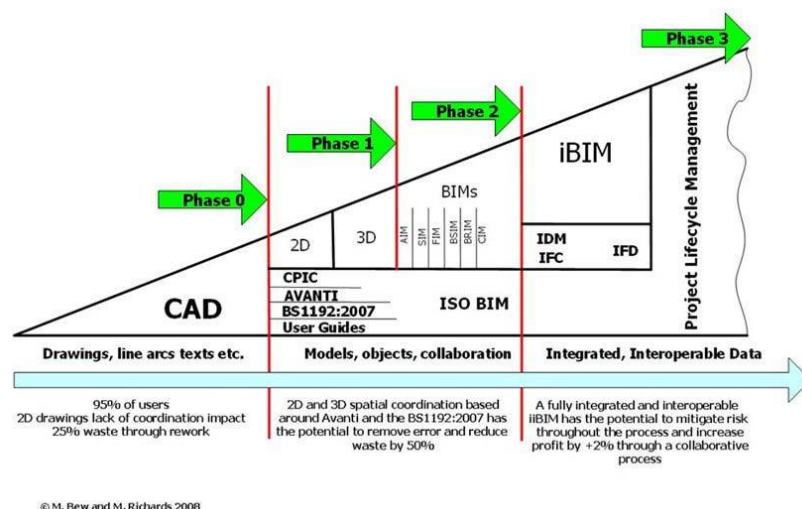


Fig. 2.3.1. Niveles de madurez de BIM. [3]

Existen en la actualidad cuatro niveles distintos de madurez BIM.

- Nivel 0: como aquel en el que se utiliza todavía el CAD como sustituto de los planos tradicionales en papel.
- Nivel 1: comienza con la introducción de prácticas para la gestión de la producción, la distribución y la calidad de la información de la construcción, incluyendo los generados por sistemas CAD, usando un proceso normalizado para la colaboración.
- Nivel 2: supone la gestión con herramientas BIM de entornos 3D de las distintas disciplinas del proyecto y los datos asociados. Este nivel ya es obligatorio en Reino Unido. Los distintos entornos no tienen por qué estar integrados en un único modelo pero es lo deseable.
- Nivel 3: supone la integración de los datos en servicios web que permitan la colaboración y la interoperabilidad. Es el nivel más avanzado por el momento. En este nivel aparte de incluir el modelo 3D, se incluirán el control de planificación (4D), el control de costes (5D), la sostenibilidad (6D), el mantenimiento (7D) y la seguridad (8D). [2][3][4]

Tanto el nivel 2 como el 3, presentan implicaciones legales que están siendo objeto de mucha atención en distintos estudios científicos y técnicos. Actualmente la mayoría de las empresas se encuentran en el nivel 1 y solo algunas se encuentran en el nivel 2 y han podido experimentar la mejora que supone la incorporación del BIM a sus proyectos.

2.4. NIVELES DE DESARROLLO

Los niveles de desarrollo, conocidos por sus siglas en inglés, LOD (Level Of Development), suponen una característica en los modelos BIM que definen la fiabilidad de estos en las distintas etapas del proceso. A mayor nivel de desarrollo mayor será el grado de fidelidad del archivo BIM con la realidad. Estos son los niveles de desarrollo existentes:

- LOD 100 El elemento del modelo puede ser representado gráficamente con un símbolo u otra representación genérica, pero no satisface los requisitos para LOD 200. La información relacionada con el modelo del elemento (es decir, el coste por metro cuadrado, carga de climatización, etc.) puede ser derivado de otros elementos del modelo.

- LOD 200 El elemento del modelo se representa gráficamente como un sistema genérico, objeto o ensamblaje con cifras aproximadas de tamaño, forma, ubicación y orientación. La información no gráfica también se puede integrar en el modelo del elemento.
- LOD 300 El elemento del modelo se representa gráficamente como un sistema, objeto o ensamblaje específico en términos de cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación. La información no gráfica también se puede integrar en el modelo del elemento.
- LOD 350 El elemento del modelo se representa gráficamente como un sistema específico, objeto o ensamblaje en términos de cantidad, tamaño, forma, orientación, e interfaces con otros sistemas del edificio. La información no gráfica también se puede integrar en el modelo del elemento.
- LOD 400 El elemento del modelo se representa gráficamente como un sistema, objeto o ensamblaje específico en términos de tamaño, forma, ubicación, cantidad y orientación con detalle, fabricación, montaje, y la información de instalación. La información no gráfica también se puede integrar en el modelo del elemento.
- LOD 500 El elemento de modelo es una representación sobre el terreno verificado en términos de tamaño, forma, ubicación, cantidad, y la orientación. La información no gráfica también se puede integrar en el modelo del elemento. [5]

2.5. VENTAJAS E INCOVENIENTES DE BIM.

Como ya hemos visto, BIM posee una serie de ventajas sobre el sistema CAD, pero en este apartado se nombrarán algunas más y también algunos inconvenientes que el uso de esta metodología ha descubierto.

- Ventajas:
 - Reducción de los cambios inesperados y tardíos.
 - Mejora del proceso de coordinación y detección de colisiones.
 - Reutilización de la información, el diseño y los productos.
 - Digitalización de los procesos de fabricación.
 - Mejora en la visualización de diferentes escenarios.

- Posibilidad de optimizar el diseño de forma digital.
 - Información y visualización mejorada.
 - Estimación y gestión de costes más precisa.
 - Optimización de procesos y coordinación de disciplinas.
 - Aparición de nuevos agentes en el proyecto.
 - Cambio de metodología de trabajo: Se proyecta como se construye.
 - Se adelanta la toma de decisiones. Cambia el impacto de las decisiones en el tiempo.
 - La tecnología adquiere papel protagonista. Perfil de recursos escaso.
 - Se genera la tendencia de involucrar al contratista en el proceso de diseño. (Modelo anglosajón).
 - Obtención de información del proyecto inmediata: tablas de planificación. Agilización de la producción de entregables. [2]
- Inconvenientes:
 - La mayoría de usuarios trabajan con herramientas particulares y la transferencia de datos se complica debido a la incompatibilidad.
 - La posibilidad de que haya un error en las bases de datos ya que estas no tienen por qué actualizarse al mismo nivel que la realidad. Esto conllevaría fallos a la hora de hacer los cálculos.
 - Se necesita un alto nivel de conocimiento del software para su correcta utilización.
 - Existe un gran temor entre las personas que usan este tipo de software debido a que son algo desconocido y que requiere tiempo de aprendizaje y una gran inversión.
 - La falta de unos estándares comunes a nivel global hace que BIM no sea una herramienta tan interdepartamental como se pretende. [6].

2.6. REVIT, UN SOFTWARE BIM.

Dentro de la filosofía BIM aparecen programas que pretenden aunar esta idea de gran contenedor de datos. Estas aplicaciones se han concebido como idea primigenia de una organización en esta filosofía. En ellos podemos modelar, y obtener gran parte de la información de nuestra edificación, pero también permiten la compatibilidad con nuevos programas para el cálculo de mediciones, presupuestos, memorias, siendo estos, programas que crean los propios despachos de arquitectura adaptándose a sus necesidades. [1]

Revit es un software de Modelado de información de construcción desarrollado actualmente por Autodesk.

Permite al usuario diseñar con elementos de modelación y dibujo paramétrico. BIM es un paradigma del dibujo asistido por computador que permite un diseño basado en objetos inteligentes y en tercera dimensión. De este modo, Revit provee una asociación completa de orden bidireccional.

Un cambio en algún lugar significa un cambio en todos los lugares, sin la necesidad de que el usuario intervenga manualmente todas las vistas. Un modelo BIM debe contener el ciclo de vida completo de la construcción, desde el concepto hasta la edificación. Esto se hace posible mediante la subyacente base de datos relacional de arquitectura de Revit, a la que sus creadores llaman el motor de cambios paramétricos.

En Revit colaboran diferentes disciplinas dentro del diseño arquitectónico y constructivo entre las que destacan son arquitectura, estructura, mecánica, fontanería, electricidad y coordinación; las cuales, se pueden desglosar subdisciplinas, acorde a las necesidades del usuario. Las empresas que adoptan el software, pueden examinar el proceso del flujo de trabajo existente para determinar de qué manera deben emplear esta herramienta de colaboración.

Otro uso, principal de Revit, es la implementación de uso fases que sirven para determinar el proceso de obra nueva o remodelación de algún proyecto arquitectónico. Cada fase, puede representar el proceso constructivo de un edificio como son trazo y nivelación, cimentaciones, estructura, colocación de muros, instalaciones, acabados y etc. [7]

Revit tan solo utiliza un único y paramétrico modelo 3D para generar planos, secciones, alzados, perspectivas, detalles, programas de planificación en definitiva, todos los documentos necesarios para el diseño de la edificación, siendo todos los elementos manipulados siguiendo una jerarquía de parámetros.

Por último, al hablar de la herramienta BIM de trabajo, nos estaremos refiriendo de manera genérica, pues existen diferentes herramientas BIM a parte del Autodesk Revit Architecture, también está el Archicad o Allplan entre otros [1]

2.7. CONOCIENDO LA INTERFAZ DE REVIT:

La interfaz de este programa está expuestas en las figuras 2.7.1 y 2.7.2. Dicha interfaz podrá personalizarse a antojo del usuario tanto en tamaño como en posición. Además a través de el menú “Interfaz de usuario” podremos ocultar o visualizar algunos de los paneles de opciones que aparecen.

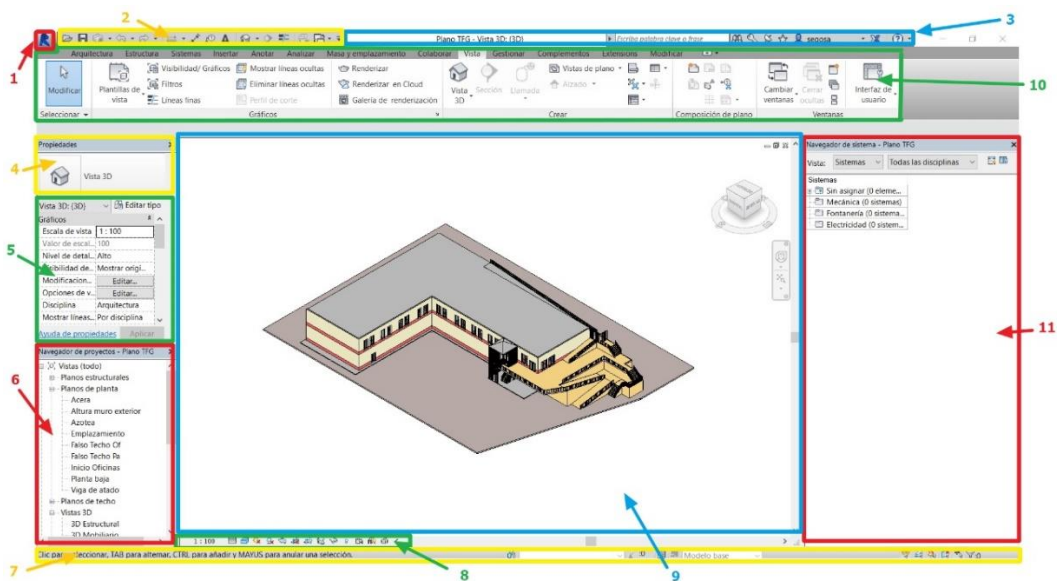


Fig. 2.7.1. Vista general de la interfaz de Revit. [Elaboración propia].



Fig. 2.7.2. Detalle de la cinta de opciones. [Elaboración propia].

1. Menú de aplicación.
2. Barra de herramientas de acceso rápido.
3. Centro de información.
4. Selector de tipo.
5. Propiedades.
6. Navegador de proyectos.
7. Barra de estado.
8. Barra de controles de vista.
9. Área de dibujo.
10. Barra de opciones
11. Navegador de sistemas
12. Fichas de la barra de opciones.
13. Herramientas en la ficha actual de la cinta de opciones.
14. Grupos de la cinta de opciones.

Cabe destacar que en el área de dibujo se podrán visualizar varias vistas a la vez eligiéndolas a través del navegador de proyectos.

Para el correcto entendimiento de las pautas que se dan en este TFG, cada vez que se necesite una herramienta esta se señalará a través de su ruta que se nombrará con el esquema; *Ficha-> Grupo-> Herramienta*. Por ejemplo si lo que queremos es modificar el interfaz del usuario, lo haremos de la siguiente forma: *Vista-> Ventanas -> Interfaz de usuario*. [8][9]

3. UBICACIÓN Y REQUERIMIENTOS

En este apartado se describirá la ubicación de nuestro edificio que se modelará mediante Autodesk Revit y donde se alojarán las instalaciones de climatización objeto de este TFG y los requerimientos que deben de tener en cuenta dichas instalaciones referidos a las calidades de los aires y al funcionamiento del sistema.

3.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO.

El edificio objeto de este TFG se encuentra en el barrio de Parquesol en Valladolid. El local estará dedicado al uso de oficinas y situará en la primera planta del inmueble. Debajo habrá locales comerciales y encima una cubierta comunitaria que no serán objetos de estudio. El edificio tendrá una geometría en forma de L y el espacio del local se dividirá para formar 7 oficinas independientes. En terreno sobre el que se levantará el edificio se encuentra en las coordenadas 41.638198852539 N, 4.7484416961670 O. Podemos usar la herramienta *Google Maps* para geolocalizar nuestro emplazamiento. (Fig. 3.1.1).

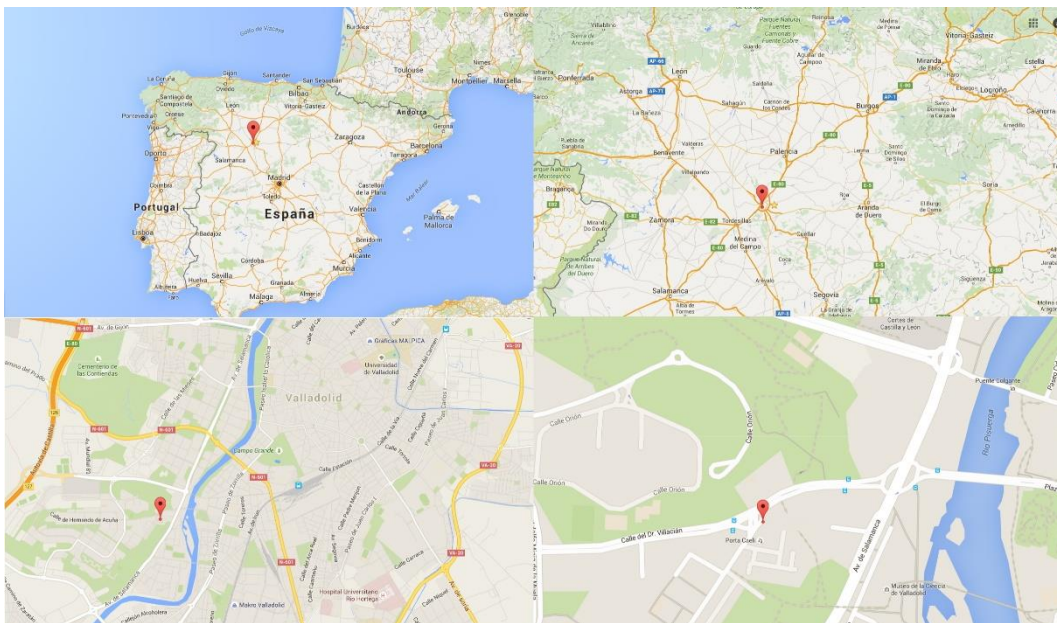


Fig. 3.1.1. Geolocalización del emplazamiento. [Google Maps]

3.2. REQUERIMIENTOS DE LA INSTALACIÓN.

Una vez definido nuestro edificio, debemos comenzar la instalación del sistema de climatización deseado no sin antes tener en cuenta los requerimientos que este debe cumplir.

- Calidad térmica del ambiente:

En el RITE existen varios métodos para determinar la calidad del aire de un edificio. Siendo el nuestro un local de oficinas nos guiaremos por el método prescriptivo.

Las temperaturas operativas y la humedad ambiental tanto en invierno como en verano del interior el espacio de trabajo son las siguientes:

Estación	Temperatura operativa (°C)	Humedad relativa (%)
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

Fig. 3.2.1. Condiciones interiores de diseño (Tabla 1.4.1.1 del RITE). [10]

Asimismo, también se define una velocidad media máxima del aire interior para evitar el malestar térmico localizado.

Temperatura operativa	Velocidad media máxima (m/s)	
	Difusión por mezcla	Difusión por desplazamiento
21,0	0,14	0,11
22,0	0,15	0,12
23,0	0,16	0,13
24,0	0,17	0,14
25,0	0,18	0,15

Fig. 3.2.2. Limitación de la velocidad media del aire en la zona ocupada. [10]

- Exigencias de calidad del aire interior:

En este apartado se definen los requisitos de RITE para la calidad del aire interior que a su vez proceden de la norma UNE-EN 13779.

Para el diseño de instalaciones de ventilación en oficinas vamos a tener en cuenta los siguientes parámetros.

- Todos los edificios dispondrán de un equipo de ventilación mecánica.

- El aire exterior de ventilación deberá ser filtrado acorde a la normativa correspondiente.
- El aire puede no recibir tratamiento térmico si se justifican las condiciones de bienestar de la zona.
- Si el aire extraído supera los 0.5 m³/s deberá disponerse de un recuperador de calor.

A priori, como nuestro edificio consta de 7 oficinas podemos asumir que el aire extraído superará esta cota por lo que instalaremos un intercambiador de calor en nuestro climatizador para recuperar el calor del aire saliente y aclimatar el entrante.

- Ventilación:

El RITE hace una clasificación de la calidad del aire interior exigida dependiendo del tipo de uso que se le dé a la instalación. Esto también servirá para establecer el caudal de aire interior necesario.

IDA 1	Aire de óptima calidad: hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.
IDA 2	Aire de buena calidad: oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.
IDA 3	Aire de calidad media: edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.
IDA 4	Aire de calidad baja: no se debe aplicar.

Fig.3.2.3. Categorías del aire interior en función del uso de los edificios. [10]

Se observa que nuestro edificio está dentro de la categoría IDA 2.

Una vez conocida dicha categoría el RITE estipula el caudal de aire exterior que debe introducirse. Existen 5 métodos alternativos para dicho cálculo pero nosotros vamos a utilizar el método indirecto de caudal de aire por persona.

Categoría	l/s por persona
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

Fig.3.2.4. Caudales de aire exterior, l/s por persona (Tabla 1.4.2.1 del RITE). [10]

Cabe explicar que en los locales donde se permita fumar, este caudal deberá ser duplicado y si la tasa metabólica es superior a 1,2 met, el caudal será multiplicado por el factor (TM/1,2).

Debido a que nuestro edificio cuenta con zonas cuya ocupación es no permanente como serían los pasillos, debemos tratarlos de forma distinta a las oficinas. Para ello se seguirá la siguiente tabla que proporciona un caudal mínimo por unidad de superficie para zona de tránsito.

Categoría	l/s por m ²
IDA 1	no aplicable
IDA 2	0,83
IDA 3	0,55
IDA 4	0,28

Fig.3.2.5. Caudales de aire exterior por unidad de superficie de locales no dedicados a ocupación humana permanente, (Tabla 1.4.2.4 del RITE) [10]

- Filtración:

La filtración que requiere una instalación viene definida por el grado de calidad del aire exterior que tiene nuestro edificio. Para determinar esto, el RITE ha elaborado una clasificación a partir de los niveles de contaminación que se dan en el exterior.

ODA 1	Aire puro que puede contener partículas sólidas (por ejemplo, polen) de forma temporal.
ODA 2	Aire con altas concentraciones de partículas.
ODA 3	Aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos.
ODA 4	Aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas.
ODA 5	Aire con muy altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas.

Fig.3.2.6. Categorías de calidad del aire exterior [10]

Al encontrarse nuestro edificio en una zona urbana de la ciudad de Valladolid y al estar rodeado por edificios residenciales, podemos suponer que nuestro aire exterior entra dentro de la categoría ODA 1.

Una vez determinados los tipos de calidad de aire interior y exterior, podemos ver qué tipos de filtros son requeridos en nuestra instalación. Estos serán instalados tanto en la entrada de la unidad exterior como en la toma de retorno.

Prefiltros / Filtros				
	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F7 / F9	F6 / F8	F6 / F7	G4 / F6
ODA 2	F7 / F9	F6 / F8	F6 / F7	G4 / F6
ODA 3	F7 / F9	F6 / F8	F6 / F7	G4 / F6
ODA 4	F7 / F9	F6 / F8	F6 / F7	G4 / F6
ODA 5	F6/GF(*) / F9	F6/GF(*) / F9	F6 / F7	G4 / F6

Fig.3.2.7. Clases de filtración, (Tabla 1.4.2.5 del RITE corregida) [10]

Observando la tabla, concluimos en instalar un prefiltro (entrada de aire exterior) de tipo F6 y un postfiltro de tipo F8.

- Descarga y recirculación de aire:

En este apartado se verá el grado de utilización que se le puede dar al aire que se extrae de un edificio. El parámetro principal que determina esta característica es el nivel de contaminación de dicho aire. El RITE recoge una serie de categorías que son las siguientes.

AE 1	Bajo nivel de contaminación: aire que procede de los locales en los que las emisiones más importantes de contaminantes proceden de los materiales de construcción y decoración, además de las personas (está excluido el aire que procede de locales donde se permite fumar): oficinas, aulas, salas de reuniones, locales comerciales sin emisiones específicas, espacios de uso público, escaleras y pasillos.
AE 2	Moderado nivel de contaminación: aire de locales ocupado con más contaminantes que la categoría anterior, en los que, además, no está prohibido fumar: restaurantes, habitaciones de hoteles, vestuarios, bares, almacenes.
AE 3	Alto nivel de contaminación: aire que procede de locales con producción de productos químicos, humedad, etc.: aseos, saunas, cocinas, laboratorios químicos, imprentas, habitaciones destinadas a fumadores.
AE 4	Muy alto nivel de contaminación: aire que contiene sustancias olorosas y contaminantes perjudiciales para la salud en concentraciones mayores que las permitidas en el aire interior de la zona ocupada: extracción de campanas de humos, aparcamientos, locales para manejo de pinturas y solventes, locales donde se guarda lencería sucia, locales de almacenamiento de residuos de comida, locales de fumadores de uso continuo, laboratorios químicos.

Fig.3.2.8. Categorías de calidad del aire extraído de los locales [10]

El aire de categoría AE1 puede ser recirculado de nuevo al interior del local. El AE2 puede ser utilizado como aire de transferencia para ventilar locales de servicio, aseos y garajes. Por último, los aires de categoría AE3 y AE4 no podrán ser recirculados.

Nuestro edificio entra dentro de la categoría AE1 por lo que podemos recircular el aire de nuevo a las oficinas no sin antes pasar por el filtro F8 determinado en el apartado anterior.

- Aislamiento térmico de redes de conductos:

El RITE en el punto 2.4.2.2 de su IT1. Diseño y dimensionado establece lo siguiente:

1. Los conductos y accesorios de la red de impulsión de aire dispondrán de un aislamiento térmico suficiente para que la pérdida de calor no sea mayor del 4% de la potencia que transportan.
2. Cuando la potencia útil nominal a instalar de generación de calor o frío sea menor o igual que 70 kW son válidos los espesores mínimos de aislamiento para conductos y accesorios de la red de impulsión de aire que se indican:
 - a) Para un material con conductividad térmica de referencia a 10°C de 0,040 W/ (m*K) y en conductos interiores será de 30 mm.
 - b) Para materiales de conductividad térmica distinta de la anterior, se considera válida la determinación del espesor mínimo aplicando la siguiente ecuación que es válida para superficies planas.

$$d = d_{\text{ref}} * \frac{\lambda}{\lambda_{\text{ref}}}$$

En este caso, el aislante que se va a utilizar es espuma de poliuretano cuya conductividad térmica es de 0.023 W/ (m*K). Siguiendo la ecuación anterior, el espesor mínimo a añadir es de 17.25 mm.

4. DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

En este apartado se describirá el sistema por el que se llevará a cabo el acondicionamiento del inmueble detallando cada uno de los componentes que forman el mismo. Aquí se indicarán las distintas máquinas a utilizar aunque su justificación se dará más adelante una vez hecho el estudio del edificio.

Nuestro edificio será climatizado a partir de sistema de climatización aire-agua con recuperación de calor.

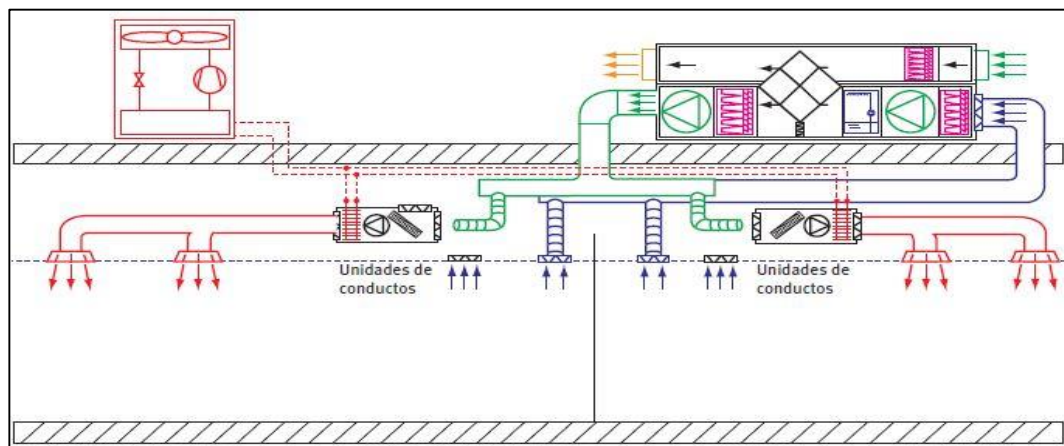


Fig. 4.1. Esquema de la instalación de climatización aire-agua con recuperador [10]

Cabe añadir que al esquema de la figura 4.1 le falta una conexión de agua (fluido caloportador) entre la bomba de calor y el climatizador ya que queremos que el aire que entre del exterior llegue tratado a las unidades interiores consiguiendo así que estas necesiten menos potencia.

Para ello contaremos con una serie de componentes:

1. **Unidades exteriores:** Serán las encargadas tanto de producir el calor y frío requerido en la instalación como de proporcionar el caudal de aire entrante necesario a nuestras oficinas. Las unidades exteriores se colocarán en la azotea del edificio. Estas unidades serán:
 - **Bomba de calor:** Proporcionará las cargas térmicas requeridas por toda la instalación. De la bomba de calor saldrá un circuito cerrado que contendrá el fluido caloportador que pasará por las unidades interiores y por el climatizador. Para este TFG se ha elegido el modelo EWYQ064BAWN de la marca Daikin.

- **Climatizador:** Gestionará la entrada de aire exterior necesario total del edificio y lo enviará a las unidades interiores. Se utilizará CL-3-4540 de la marca Schako como climatizador en este TFG. Además como se ha mencionado anteriormente, este climatizador incluirá un recuperador de calor del aire de salida. Para esto, el aire de salida se enfriará adiabáticamente gracias a un humectador hasta su temperatura de rocío y después pasará por un intercambiador de calor donde aclimatará el flujo de aire entrante del exterior.
2. **Unidades interiores:** Se encargarán de la distribución del aire exterior proporcionado según los requerimientos de cada habitación. A estas llegará por un lado el aire del climatizador ya aclimatado junto con una porción del aire ya usado de la instalación y por otro el fluido caloportador de la bomba que pasará a través de un serpentín para calentar o enfriar el aire usado ya que este se encontrará a una temperatura diferente debido a las pérdidas que hay por diversos motivos que se explicarán más adelante. Estarán situadas entre el techo y el falso techo de cada una de las estancias. Para este TFG, hemos utilizado los modelos *FWD08AATN6V3* y *FWD12AATN6V3* de la serie FWD-AT de Daikin. Cada unidad interior estará conectada a una serie de difusores para favorecer una distribución más equitativa del fluido los cuales se encontrarán empotrados en el falso techo de las habitaciones. El modelo que utilizaremos en nuestro proyecto será el difusor rotacional de techo DQJ-A-SQ-Z-625.

5. MODELADO ARQUITECTÓNICO Y ESTRUCTURAL:

Este apartado se dedicará a la explicación de cómo se efectuó el edificio con el Revit en cuanto a arquitectura y estructura se refiere.

Se hará un especial hincapié en los materiales que conformarán los cerramientos, muros internos, techos y suelos ya que serán fundamentales a la hora de analizar las necesidades térmicas del bloque de oficinas.

5.1. ESTRUCTURA

Para comenzar, se ejecutará el desarrollo estructural del edificio empezando por la colocación de las zapatas (hormigón de 1800x1200x450mm) unidas por las vigas de atado (hormigón de 400x300). De las zapatas se sujetarán con unas uniones metálicas unos perfiles IPE300 que serán nuestros pilares. (Fig.5.1.1).

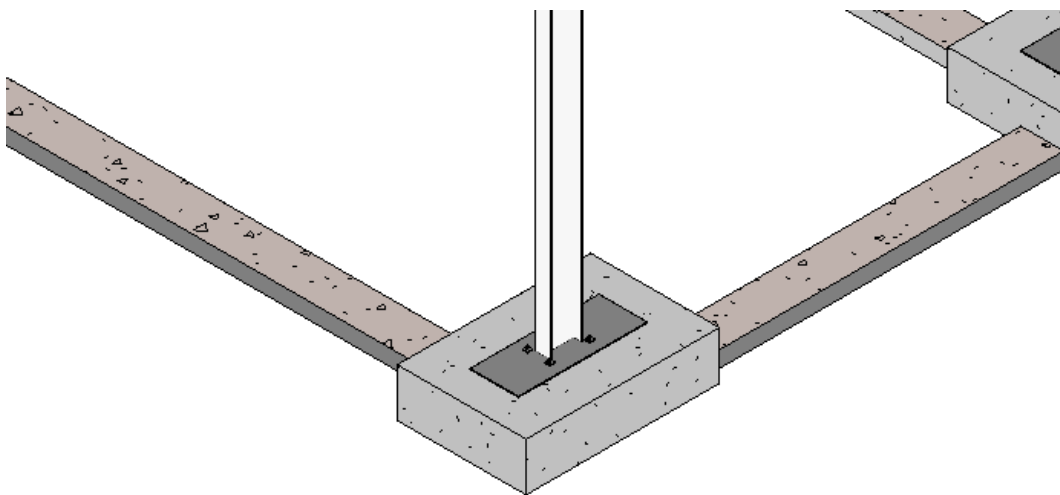


Fig. 5.1.1. Detalle constructivo zapata - viga de atado - pilar - unión. [Elaboración propia]

A continuación se ejecutarán las vigas que formarán nuestros forjados. Necesitaremos dos sistemas de vigas diferentes, uno a la altura de 3.985m correspondiente al nivel de Inicio de oficinas con un desfase negativo de 0.015m y otro a 7.55 correspondiente al nivel Azotea con un desfase positivo de 0.20m.

Para su ejecución usaremos *Estructura -> Estructura -> Sistema de Vigas* y lo ejecutaremos dos veces en cada nivel siendo la primera con perfiles IPE200 y la segunda con vigueta de Calibre delgado Z: 124 Z 13. Por último se unirán los perímetros con perfiles IPE200 (Fig. 5.1.2)

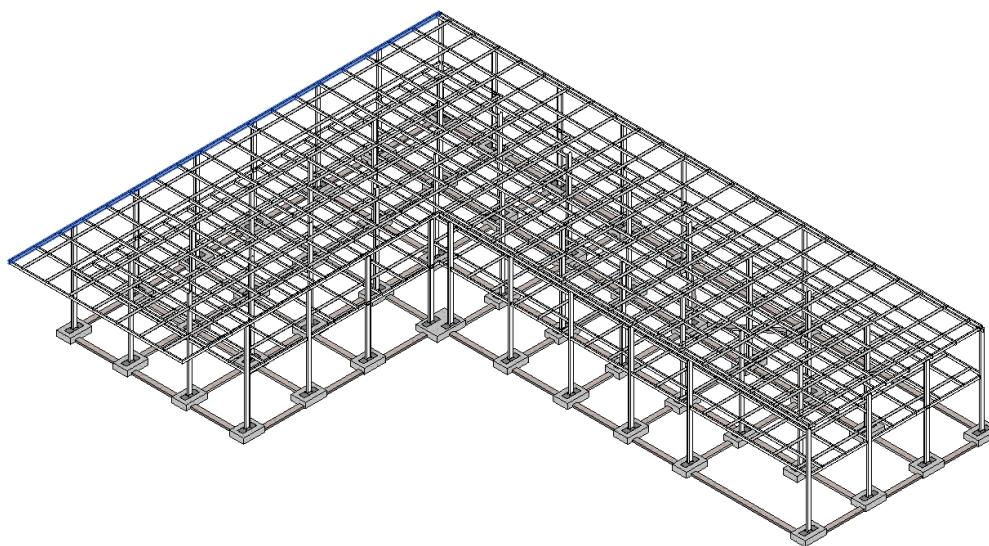


Fig. 5.1.2. Modelo estructural completo en 3D [Elaboración propia]

5.2. SUELO

Una vez definida la estructura, se ejecutará el suelo del edificio. Solo vamos a colocar el correspondiente al Nivel de Oficinas (planta 1) ya que es el de interés para el estudio de la climatización de las oficinas. Usaremos el comando *Arquitectura -> Construir -> Suelo*.

Vamos a usar un suelo de parquet de 12mm que se sostendrá sobre una capa de hormigón de 220mm la cual envolverá la estructura del Inicio de Oficinas antes mencionada. (Fig. 5.2.1 y 5.2.2)

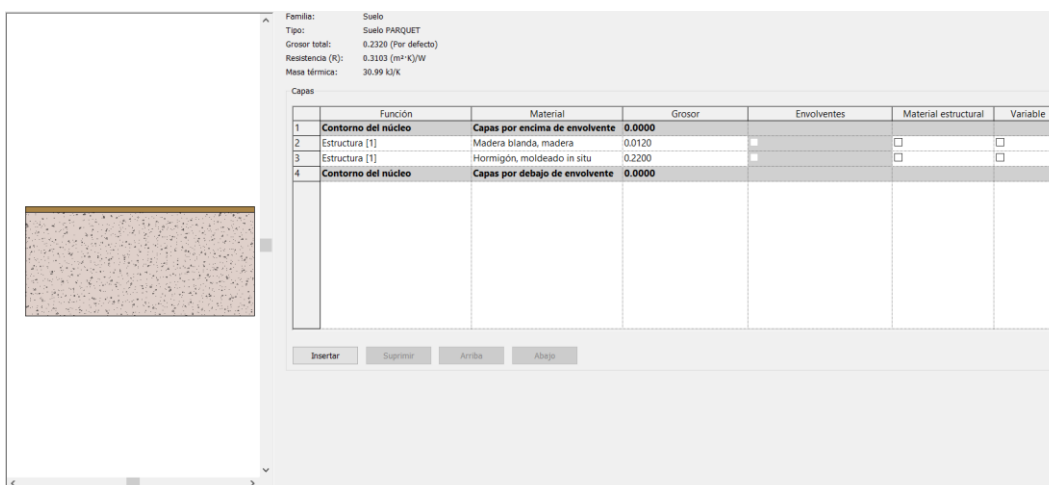


Fig. 5.2.1. Materiales que conforman el suelo [Elaboración propia]

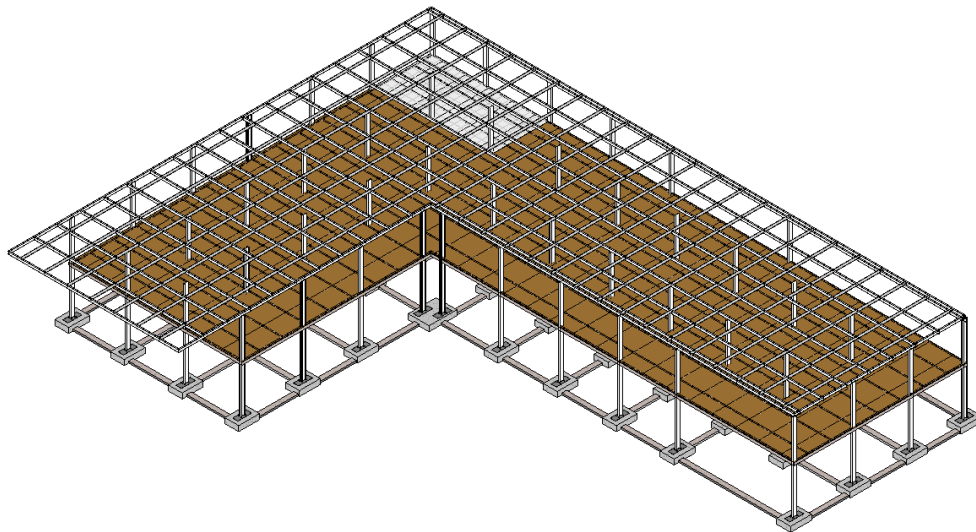


Fig. 5.2.2. Adición del suelo [Elaboración propia]

Es importante destacar que el coeficiente de transferencia de calor (U) es de 3.2224 W/m²·K. Este dato al igual que el de resto de elementos arquitectónicos será muy importante en el cálculo de las cargas de calefacción y refrigeración.

5.3. CUBIERTAS

Para definir la cubierta de nuestro edificio debemos ir al plano de Azotea (7.35m) y ejecutar *Arquitectura -> Construir -> Cubierta*.

Usaremos una cubierta básica formada por acero, hormigón y aislamiento según se detalla en la Fig. 5.3.1.

Familia: Cubierta básica
 Tipo: Cubierta Oficina
 Grosor total: 0.3000 (Por defecto)
 Resistencia (K): 17.1440 (m²·K)/W
 Masa térmica: 17.67 kJ/K

Función	Material	Grosor	Envoltorios	Variable
1 Acabado 1 [4]	Hormigón - Hormigón moldeado i	0.0150	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Capa térmica/de aire [3]	Aislamiento rígido	0.0400	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Contorno del núcleo	Capas por encima de envoltivo	0.0000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Estructura [1]	Chapa grecada	0.0500	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 Estructura [1]	Estructura. Capa de vigueta de alma	0.4000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 Contorno del núcleo	Capas por debajo de envoltivo	0.0000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Insertar Suprimir Arriba Abajo

Fig. 5.3.1. Composición de la cubierta [Elaboración propia]

Al igual que el suelo, la cubierta se incrustará en el sistema de vigas que formamos aunque en este caso en el nivel Azotea. (Fig. 5.3.2)

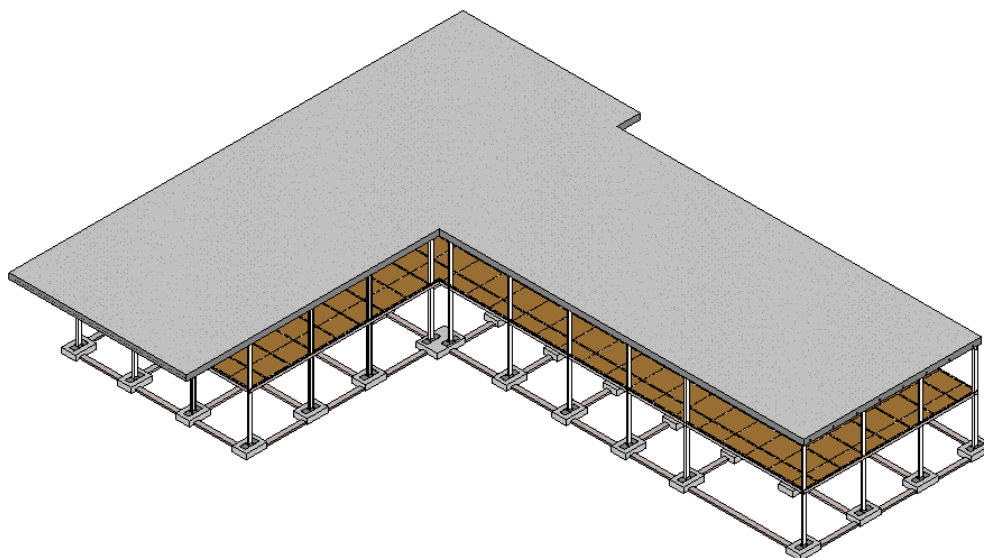


Fig. 5.3.2. Adición de la azotea [Elaboración propia]

El coeficiente de transmisión de calor de esta cubierta es de $0.0583 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

5.4. MUROS EXTERIORES

Para los cerramientos exteriores crearemos un muro apilado *MuroEXT Oficina* que estará formado a su vez por 3 tipos diferentes de muro también creados: *Muro Exterior 300mm*, *Zócalo Exterior 300mm* y *MuroSoporte*. (Fig. 5.4.1)

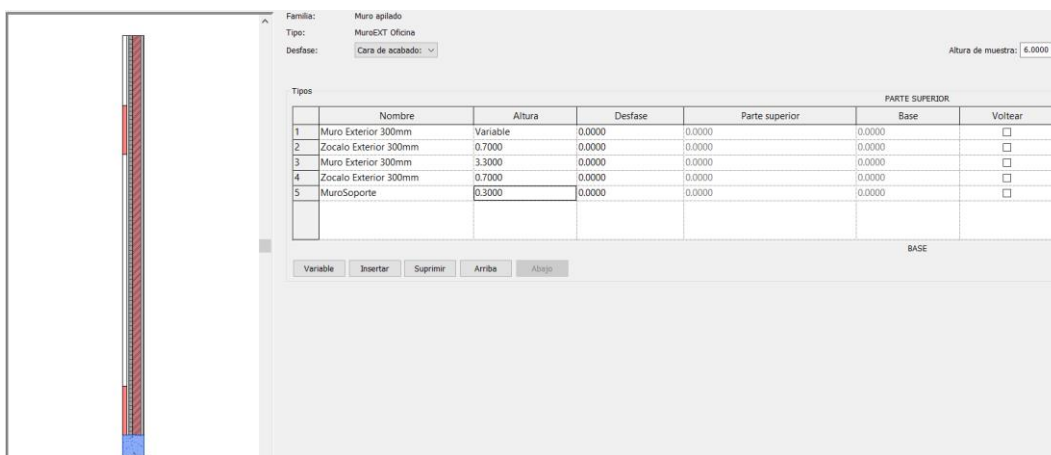


Fig. 5.4.1. Partes del muro apilado seleccionado [Elaboración propia]

Arquitectónicamente, este muro apilado se apoyará sobre la viga de atado que tenga bajo él (-0.30m en la vista de alzado) y terminará en el plano Altura muro exterior (8m en el alzado). (Fig. 5.4.2).

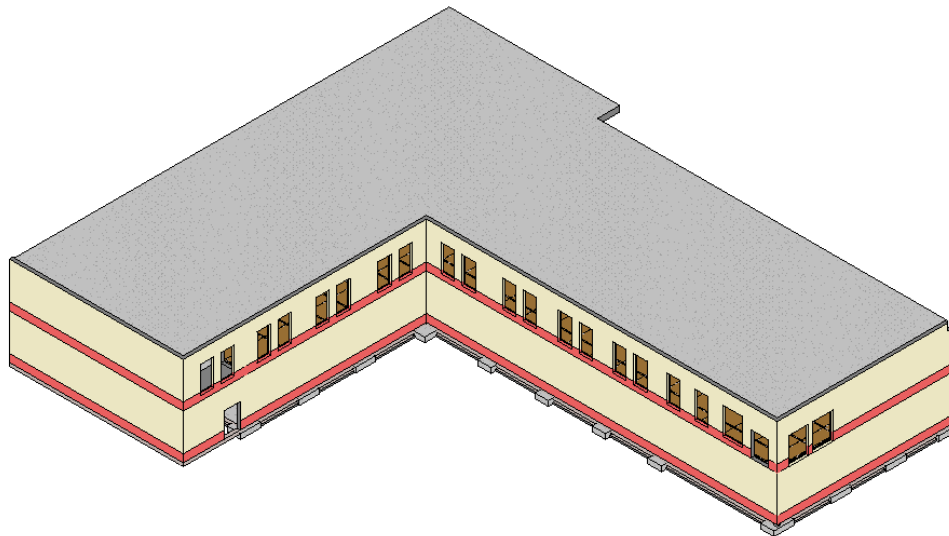


Fig. 5.4.2. Adición de muros exteriores [Elaboración propia]

En cuanto al análisis de cargas de calefacción y refrigeración se refiere, nos interesan las características del *Muro Exterior 300mm* ya que además de ocupar la mayoría del espacio, solo se diferencia del *Zócalo Exterior 300mm* en el color de la piedra del acabado exterior.

En cuanto las características del cerramiento que nos interesa, tendrá varias capas que se detallan en la Fig. 5.4.3. Estos estratos le proporcionarán un coeficiente de transmisión de calor de $0.2453 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Función		Material	Grosor	Envoltivos	Material estructural
1	Acabado 1 [4]	Piedra Vista Acabado Exterior	0.0600	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Capa térmica/de aire [3]	Aire	0.0300	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Capa membrana	Aislamiento contra la humedad	0.0000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Capa térmica/de aire [3]	Aislamiento rígido	0.0500	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Contorno del núcleo	Capas por encima de envoltivo	0.0000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Estructura [1]	Ladrillo, común	0.1150	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Contorno del núcleo	Capas por debajo de envoltivo	0.0000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Capa térmica/de aire [3]	Aire	0.0300	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Capa membrana	Cámara contra infiltraciones de aire	0.0000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Acabado 2 [5]	Pladour Reforzado	0.0150	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fig. 5.4.3. Capas que forman el Muro Exterior 300mm [Elaboración propia]

5.5. MUROS INTERIORES

La ejecución de los muros interiores se llevará a cabo a través de una estructura de aluminio que sujetará nuestros paneles.

Los paneles estarán formados por diversas capas que se concretarán a través de la Fig. 5.4.1. El coeficiente U de este cerramiento es de 0.6402 W/m²·K.

CARA EXTERIOR				
Función	Material	Grosor	Envolventes	Material estructural
1 Acabado 1 [4]	Pladour Reforzado	0.0200	<input checked="" type="checkbox"/>	
2 Capa térmica/de aire [3]	Aislamiento rígido	0.0100	<input checked="" type="checkbox"/>	
3 Contorno del núcleo	Capas por encima de envoltente	0.0000		
4 Estructura [1]	Pladour	0.0200	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 Estructura [1]	Aire	0.0200	<input checked="" type="checkbox"/>	
6 Estructura [1]	Pladour	0.0200	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7 Contorno del núcleo	Capas por debajo de envoltente	0.0000		
8 Capa térmica/de aire [3]	Aislamiento rígido	0.0100	<input checked="" type="checkbox"/>	
9 Acabado 2 [5]	Pladour Reforzado	0.0200	<input checked="" type="checkbox"/>	

Alta de muestra: 6.0000

CARA INTERIOR

Fig. 5.5.1. Capas constitutivas de los muros interiores [Elaboración propia]

Los paneles de los muros cubrirán la distancia que hay desde el Inicio de Oficinas hasta el nivel Azotea (supone un total de 3.35m). (Fig. 5.5.2).

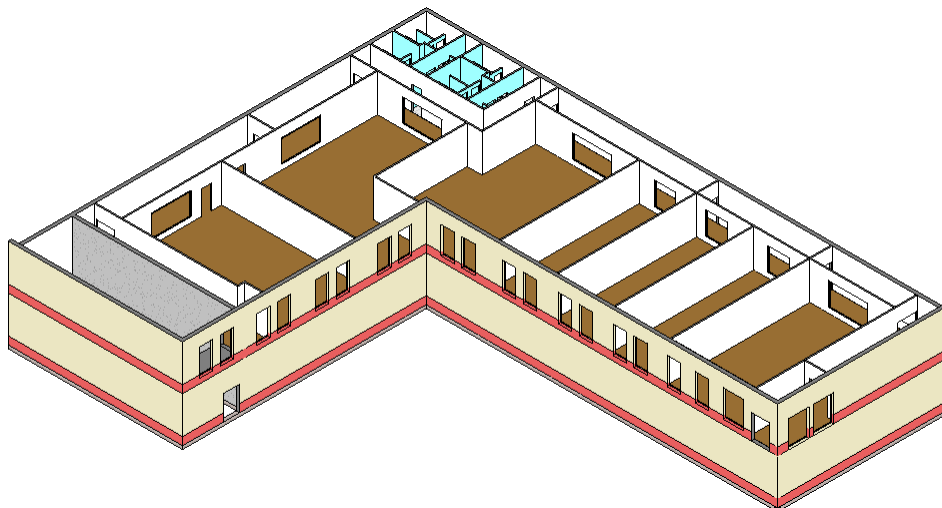


Fig. 5.5.2. Adición de muros interiores [Elaboración propia]

5.6. FALSO TECHO

La importancia del falso techo reside en la reducción del espacio a climatizar al bajar la altura de la habitación.

Más adelante se observará que Revit tiene problemas a la hora de realizar los cálculos de cargas de calefacción y refrigeración con estos falsos techos por lo que no se tendrán en cuenta para ello.

No obstante, es un elemento arquitectónico de nuestro edificio y debe tenerse en cuenta. En la Fig. 5.6.1 se detallan los distintos materiales que forman los falsos techos. El coeficiente U no tendrá relevancia ya que no se usará en este TFG.

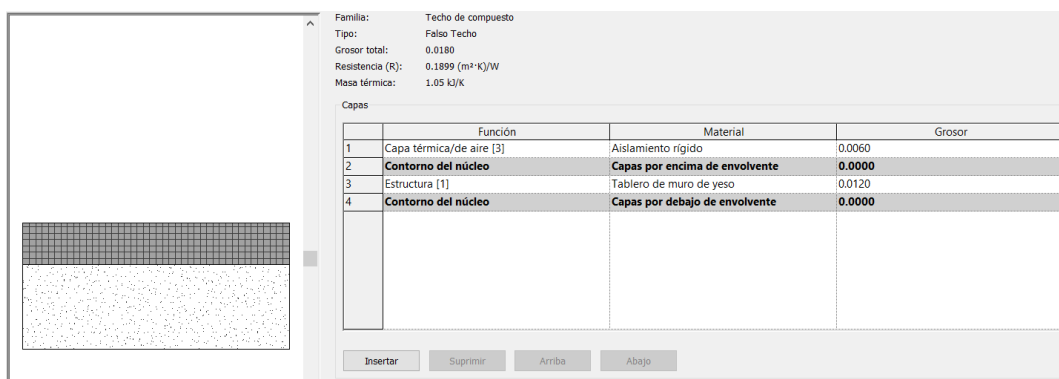


Fig. 5.6.1. Capas constitutivas del falso techo [Elaboración propia]

Los falsos techos se encontrarán a 2.60m sobre el nivel de Inicio de Oficinas dentro de las oficinas y a 2.80m en los pasillos.

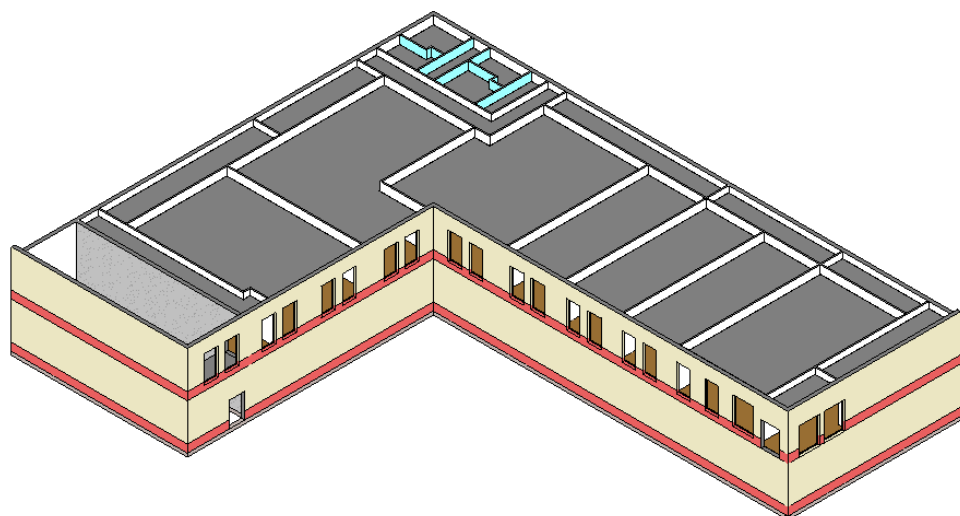


Fig. 5.6.2. Adición de falsos techos [Elaboración propia]

5.7. PUERTAS Y VENTANAS

Estos elementos también son importantes a la hora del cálculo de necesidades térmicas del edificio ya que a través de ellos se transmitirá calor entre las oficinas y el pasillo y entre las oficinas y el exterior. (Fig. 5.7.1).

- Puertas:

Serán de madera con unas dimensiones de 0.864 x 2.134m y tendrán un coeficiente U de 2,1944 W/m²·K.

- Ventanas interiores:

Estarán situadas entre las oficinas y el pasillo. Habrá dos tamaños diferentes y sus dimensiones serán de 1.8 x 2m y de 3.4 x 2m. A pesar de la diferencia de tamaño, su coeficiente U será el mismo y de valor 3,6898 W/m²·K.

- Ventanas exteriores:

Estarán situadas entre las oficinas y el exterior. Todas medirán 1.2 x 2.4m a excepción de una que medirá 1.8 x 2.4m. El coeficiente de transmisión de calor de estas ventanas será 1,6743 W/m²·K.

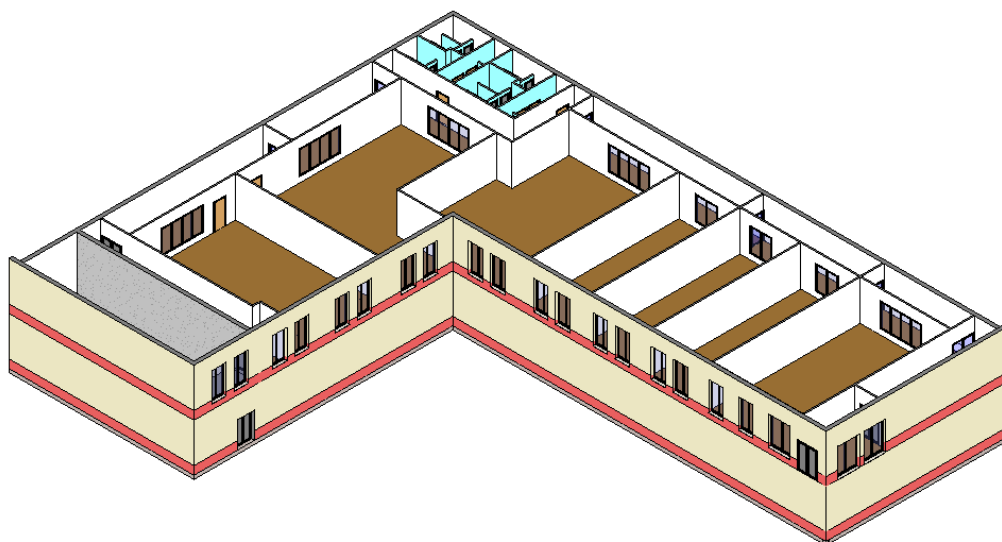


Fig. 5.7.1. Adición de ventanas y puertas [Elaboración propia]

5.8. ENTORNO

Una vez añadidos todos los elementos a tener en cuenta en el estudio térmico de nuestro edificio, podemos incluir en él algunos detalles importantes como

puede ser el mobiliario, (Fig. 5.8.1) que nos dará una idea de las personas que pueden entrar en cada habitación y otros más decorativos como serían aceras, plataformas, escaleras y las rampas que nos ayudarán a acceder al edificio. (Fig. 5.8.2).

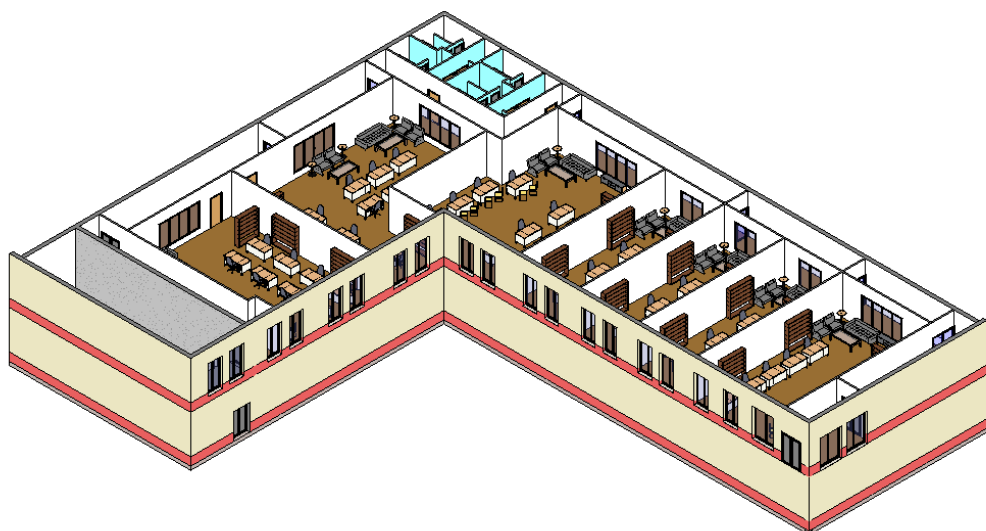


Fig. 5.8.1. Vista 3D con mobiliario [Elaboración propia]

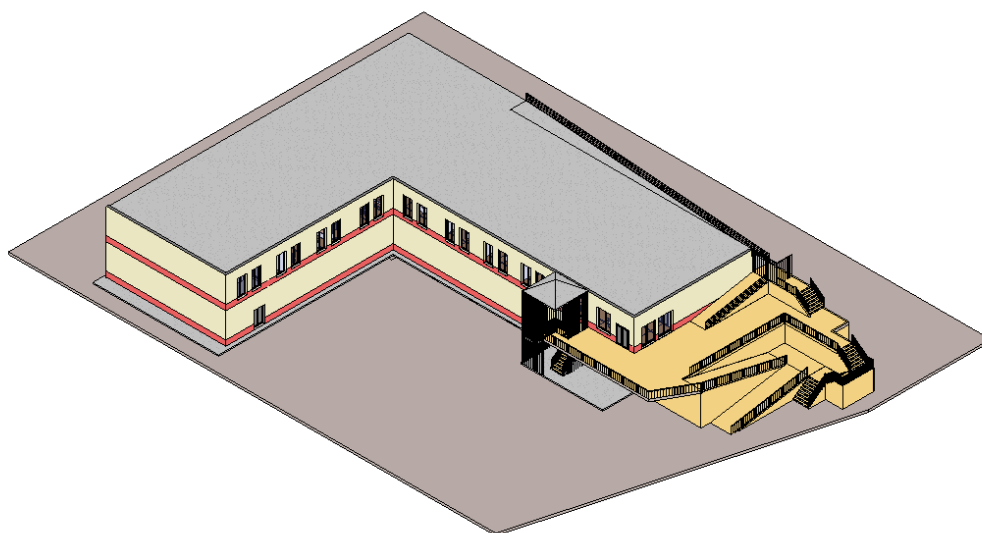


Fig. 5.8.2. Vista 3D completa [Elaboración propia]

6. MODELADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO:

En este apartado se estudiará de forma escueta cómo se realiza un sistema eléctrico en Revit.

Básicamente nos centraremos en las luminarias necesarias por habitación ya que su instalación tendrá consecuencias en el estudio de cargas de calefacción y refrigeración como se ha mencionado anteriormente.

6.1. ACCIONES PREVIAS: VINCULACIÓN DEL PROYECTO

Para elaborar este sistema, vamos a utilizar una plantilla por lo que tras abrir Revit 2015, seleccionaremos *Nuevo -> Plantilla de Proyecto* y aceptamos.

Una vez dentro procederemos a vincular nuestro modelo arquitectónico a la plantilla. Lo haremos a través de *Insertar -> Vincular -> Vincular Revit*. Tras esto buscaremos nuestro archivo con el modelo de arquitectura con posición centro a centro y aceptamos. Aparecerá nuestro modelo arquitectónico completo y en el 3D gracias a la herramienta *Vista -> Visibilidad -> Visibilidad/Gráficos*, podemos ocultar todos los elementos que nos dificulten una visualización clara de nuestro proyecto. Por último debemos bloquear nuestro vínculo para evitar modificaciones indeseadas en el modelo de arquitectura. Se realizará seleccionando el edificio vinculado en 3D y dando a *Modificar Vínculos RVT -> Modificar->Bloquear*.

Al dejar nuestra vista más limpia de elementos podemos proceder a copiar los niveles que necesitemos para la instalación de los distintos sistemas.

Para ello, nos iremos a cualquier alzado, donde nos aparecerán los niveles del arquitectura y los del vínculo. A partir de ahí nos vamos a *Colaborar -> Coordinar -> Copiar/Supervisar -> Seleccionar vínculo* y seleccionamos nuestro edificio. Aparecerá entonces un nuevo menú del que seleccionaremos Copiar y a partir de ahí se seleccionarán los niveles que serán útiles en nuestro vínculo. Una vez elegidos borraremos los niveles que vienen por defecto.

6.2. DEFINICIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Con nuestro archivo vinculado ya preparado, procedemos a la instalación de nuestras luminarias.

En primer lugar debemos seleccionar nuestro vínculo y en el panel de propiedades clicar en *Editar tipo* y activar la opción *Delimitación de habitación*. A continuación se diferenciarán los distintos espacios de los que dispone nuestra instalación con *Analizar -> Espacios y Zonas -> Espacios*. (Fig. 6.2.1)



Fig. 6.2.1. Delimitación de espacios [Elaboración propia]

Con los espacios ya delimitados, nos damos cuenta de que, pinchando en ellos, Revit nos informa de la iluminación media que él estima para dicho espacio. Su procedimiento de cálculo se basa en la determinación de los lúmenes dedicados a cada instalación en el plano de trabajo de cálculo de la iluminación y dividiendo por el área del espacio. (Fig. 6.2.2) [11]

$$AEI = \sum_{i=1}^n \frac{L(i)}{\text{Area}}$$

Fig. 6.2.2. Fórmula utilizada por Revit para el cálculo de iluminación [11]

Sabiendo esto, incluiremos luminarias en las oficinas al nivel del falso techo hasta alcanzar la iluminación mínima establecida para este tipo de tarea o actividad.

Se va a usar la luminaria ECE regulable DALI 80 W 3000 K de la marca OSRAM que proporciona 7600 lm por luminaria instalada.

La iluminación mínima la establecerá la norma UNE-EN 12464-1:2003 y vemos que para nuestras oficinas es de 500lx (Fig. 6.2.3)

3 Oficinas					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observaciones
3.1	Archivo, copias, etc.	300	19	80	
3.2	Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos	500	19	80	Trabajo en EPV: véase el apartado 4.11
3.3	Dibujo técnico	750	16	80	
3.4	Puestos de trabajo de CAD	500	19	80	Trabajo en EPV: véase el apartado 4.11
3.5	Salas de conferencias y reuniones	500	19	80	La iluminación debería ser controlable
3.6	Mostrador de recepción	300	22	80	
3.7	Archivos	200	25	80	

Fig. 6.2.3. Iluminación mínima por actividad realizada [UNE-EN 12464-1:2003]

Se han añadido también interruptores, paneles eléctricos y tomas de corriente para completar el sistema eléctrico pero no tendrán mayor repercusión en estudio de cargas de calefacción y refrigeración ya que el calor generado por la potencia eléctrica (tomas de corriente) se establecerá a partir del número de personas que pueden trabajar en cada oficina.

En la Fig. 6.2.4 se puede observar una vista general de cómo queda nuestro sistema eléctrico tras el estudio de la iluminación media.



Fig. 6.2.4. Vista 3D del sistema eléctrico completo [Elaboración propia]

7. MODELADO DE LA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN

En este apartado, se ejecutará un análisis de las cargas de calefacción y refrigeración de nuestro edificio de oficinas, se dimensionará la instalación y se comprobará la utilidad de Revit durante todo este proceso.

7.1. ESTUDIO DE LAS NECESIDADES TÉRMICAS CON REVIT

Antes de ejecutar el análisis debemos de fijar una serie de parámetros referidos a las distintas habitaciones y sus cerramientos.

En primer lugar debemos diferenciar las distintas zonas de climatización. Para ello, vamos al plano de planta en el que deseemos hacer la separación de zonas y ejecutamos *Analizar -> Espacios y Zonas -> Zonas*. En nuestro TFG se diferenciarán 9 zonas diferentes: una zona por cada oficina (7 en total), una para el pasillo y otra para la planta baja de nuestro edificio que corresponderá a los locales que se encuentran debajo de nuestras oficinas.

Tras esto se hará una tabla de planificación de espacios para obtener y modificar la información de estos. Ejecutamos *Analizar -> Informes y Tablas de Planificación -> Tablas de planificación/Cantidades*. Dentro del cuadro “Nueva tabla de planificación”, usamos el filtro de mecánica y pinchamos en “Espacios”. Dentro del cuadro de “Propiedades de tablas de planificación” seleccionamos los campos de la tabla. En nuestro caso seleccionaremos los siguientes:

- Nombre.
- Número.
- Tipo de espacio: Clasificación del espacio según su uso.
- Número de personas.
- Área.
- Tipo de construcción: Con este parámetro se definen los cerramientos.
- Tipo de condición: Necesidades en cuanto a climatización del espacio.
- Ocupable.
- Zona: Zona de climatización a la que pertenece el espacio.

Obtendremos así la <Tabla de planificación de espacios> y la modificaremos para que se adapte a las propiedades reales de nuestra edificación.

Se hace especial hincapié en el “Tipo de construcción”. Observamos que el tipo por defecto es <Edificio> y que no se corresponde con nuestro recinto. Para resolver esto, haremos clic en “Nueva” y la llamaremos *Construcción 1*. Ahora hay que modificarlo para que el coeficiente U se adapte lo máximo posible a nuestro edificio. (Tabla 7.1.1).

Categoría	U real [W/m ² °C]	U escogida [W/m ² °C]
Cubierta	0.0583	0.0857
Muros exteriores	0.2453	0.2470
Muros interiores	0.6402	0.6302
Suelos	3.2224	3.15
Puertas	2.1944	2.1944
Ventanas exteriores	1.6743	1.6743
Ventanas interiores	3.6898	3.6898

Tabla 7.1.1. Comparación de los cerramientos reales con los escogidos para el análisis [Elaboración propia]

En la Fig. 7.1.1 se observa cómo quedaría nuestra tabla de planificación de espacios tras adaptarlas a nuestras necesidades.

<Tabla de planificación de espacios>								
A	B	C	D	E	F	G	H	I
Nombre	Número	Tipo de espacio	Número de personas	Área	Tipo de construcción	Tipo de condición	Ocupable	Zona
Oficina	1	Oficina - Recintos cerrados	16	109 m ²	Construcción 1	Calentado y enfriado	<input checked="" type="checkbox"/>	1
Oficina	2	Oficina - Recintos cerrados	13	134 m ²	Construcción 1	Calentado y enfriado	<input checked="" type="checkbox"/>	2
Oficina	3	Oficina - Recintos cerrados	14	129 m ²	Construcción 1	Calentado y enfriado	<input checked="" type="checkbox"/>	3
Oficina	4	Oficina - Recintos cerrados	6	65 m ²	Construcción 1	Calentado y enfriado	<input checked="" type="checkbox"/>	4
Oficina	5	Oficina - Recintos cerrados	6	65 m ²	Construcción 1	Calentado y enfriado	<input checked="" type="checkbox"/>	5
Oficina	6	Oficina - Recintos cerrados	6	63 m ²	Construcción 1	Calentado y enfriado	<input checked="" type="checkbox"/>	6
Oficina	7	Oficina - Recintos cerrados	13	91 m ²	Construcción 1	Calentado y enfriado	<input checked="" type="checkbox"/>	7
Pasillo	17	Zonas comunes de oficina - Almacén inactivo	0	27 m ²	Construcción 1	Ventilado	<input type="checkbox"/>	9
Pasillo	18	Zonas comunes de oficina - Almacén inactivo	0	27 m ²	Construcción 1	Ventilado	<input type="checkbox"/>	9
Pasillo	19	Zonas comunes de oficina - Almacén inactivo	0	21 m ²	Construcción 1	Ventilado	<input type="checkbox"/>	9
Pasillo	20	Zonas comunes de oficina - Almacén inactivo	0	31 m ²	Construcción 1	Ventilado	<input type="checkbox"/>	9
Pasillo	21	Zonas comunes de oficina - Almacén inactivo	0	26 m ²	Construcción 1	Ventilado	<input type="checkbox"/>	9
Pasillo	22	Zonas comunes de oficina - Almacén inactivo	0	19 m ²	Construcción 1	Ventilado	<input type="checkbox"/>	9
Pasillo	23	Zonas comunes de oficina - Almacén inactivo	0	14 m ²	Construcción 1	Ventilado	<input type="checkbox"/>	9
Pasillo	24	Zonas comunes de oficina - Almacén inactivo	0	25 m ²	Construcción 1	Ventilado	<input type="checkbox"/>	9
Pasillo	25	Zonas comunes de oficina - Almacén inactivo	0	12 m ²	Construcción 1	Ventilado	<input type="checkbox"/>	9
Planta Baja	26	Zonas comunes de oficina - Almacén inactivo	0	937 m ²	Construcción 1	Sin condición	<input type="checkbox"/>	10

Fig. 7.1.1. Tabla de planificación de espacios [Elaboración propia]

Tras este paso se pasará a efectuar el análisis de cargas de calefacción y refrigeración. Para ello vamos a *Analizar -> Informes y Tablas de Planificación -> Cargas de calefacción y refrigeración.*

Aquí se nos abrirá un cuadro a partir del cual podremos concretar tanto nuestro edificio como nuestro entorno para precisar aún más las necesidades reales de nuestro edificio. Observamos que hay una imagen del edificio con las distintas zonas diferenciadas y dos pestañas (General y Detalles) que podemos manipular para comprobar la correcta distribución de los espacios y escoger algún otro parámetro como el tipo de informe, la ubicación, etc. (Fig. 7.1.2)

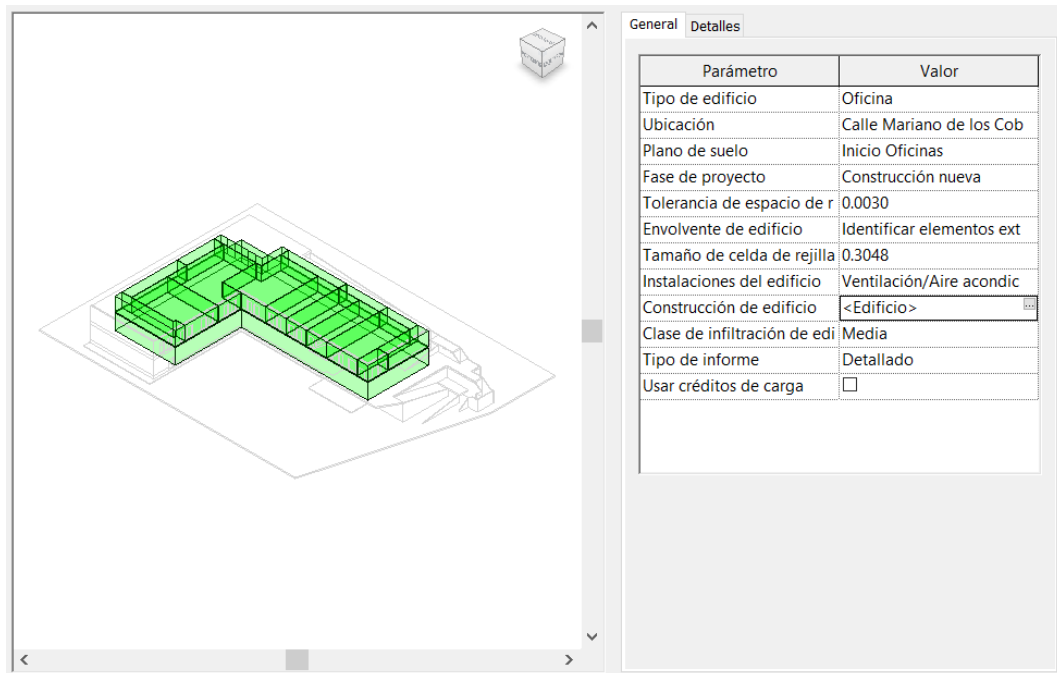


Fig. 7.1.2. Cuadro principal del informe de cargas de calefacción y refrigeración [Elaboración propia]

En la pestaña “General”, encontraremos información sobre el estudio de las cargas de calefacción y refrigeración.

Una de las más importantes es la “Ubicación”. Con este parámetro podemos definir el lugar de nuestro edificio a través de su dirección, sus coordenadas o con un servicio de geolocalización que posee Revit. Al ubicar nuestro proyecto, también adquiriremos los datos de la estación meteorológica más cercana, en este caso Valladolid.

También son importantes los parámetros de “Plano de suelo” e “Instalaciones del edificio”. En el caso de este TFG se fijará el plano Inicio de Oficinas como plano de suelo y Ventilación/Aire acondicionado de doble conducto como tipo de instalación.

Con el parámetro “Tipo de informe”, podremos exigir un que el estudio sea más simple o más detallado. Se escogerá un tipo de informe detallado para poder adquirir más información sobre las distintas oficinas de nuestro edificio.

En la pestaña “Detalles”, se puede observar y modificar la información de cada una de las estancias de nuestro edificio. La información estará dividida por zonas de climatización y a su vez estas zonas se subdividirán en los espacios que contienen. (Fig. 7.1.3)

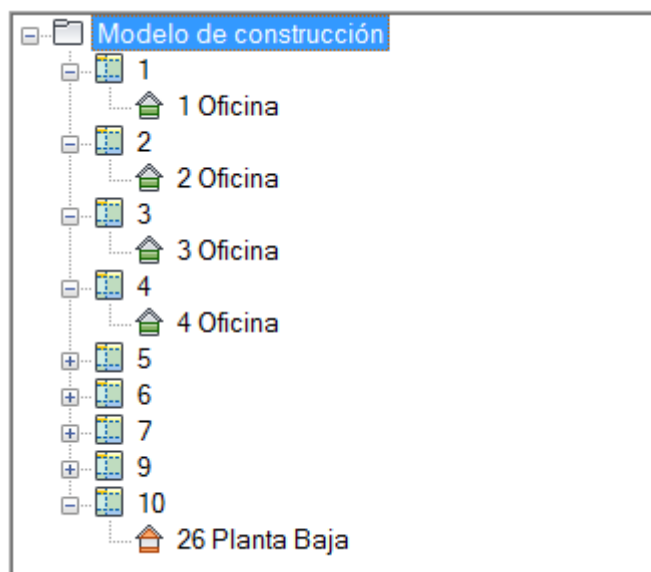


Fig. 7.1.3. Ejemplo de subdivisión por zonas y espacios [Elaboración propia]

Pinchando en las zonas de climatización podremos ver información sobre el tipo de servicio, la calefacción, la refrigeración y el aire exterior. Con estos parámetros podremos variar las temperaturas y humedades de diseño del interior del edificio, las temperaturas de los aires de calefacción y refrigeración y los caudales de aire exterior. El tipo de servicio deberá ser el mismo que hemos definido anteriormente (Ventilación/aire acondicionado – conducto doble).

En las zonas ocupadas (señaladas con una flecha verde en sus espacios) se definirán los parámetros de la Tabla 7.2.2.

	Refrigeración	Calefacción
<i>T^a de diseño</i>	23.33°C	21.11°C
<i>T^a aire entrante</i>	12.22°C	32.22°C
<i>Hum. rel. de diseño</i>	50%	45%
<i>Caudal aire exterior</i>	12.5 L/(s*persona)	

Tabla 7.1.2. Información de las zonas ocupadas [Elaboración propia]

En las zonas no ocupadas (señaladas con una flecha roja en sus espacios) se definirán los parámetros de la Tabla 7.2.3.

	Refrigeración	Calefacción
<i>T^a de diseño</i>	28.00°C	15.00°C
<i>T^a aire entrante</i>	12.22°C	32.22°C
<i>Hum. rel. de diseño</i>	N/D	N/D
<i>Caudal aire exterior</i>	0.83 L/(s*m ²)	

Tabla 7.1.3. Información de las zonas no ocupadas [Elaboración propia]

Una vez definida la información de las zonas de climatización, pasamos a la información ofrecida por los espacios. Aquí encontramos cuatro categorías: tipo de espacio, tipo de construcción, personas y cargas eléctricas.

En cuanto al tipo de espacio buscaremos y les asignaremos a todos el espacios “Oficina - Recintos cerrados” y en cuanto al tipo de construcción, todos serán de la forma “Construcción 1” descrita anteriormente.

La información sobre las personas y cargas eléctricas de las oficinas se definirán según la Tabla 7.2.4

	Personas	Iluminación	Potencia
<i>Oficina 1</i>	16	880 W	3000 W
<i>Oficina 2</i>	13	960 W	3250 W
<i>Oficina 3</i>	14	960 W	2500 W
<i>Oficina 4</i>	6	640 W	1500 W
<i>Oficina 5</i>	6	640 W	1500 W
<i>Oficina 6</i>	6	640 W	1500 W
<i>Oficina 7</i>	13	720 W	2250 W

Tabla 7.1.4. Información de las personas y cargas eléctricas de las oficinas [Elaboración propia]

El resto de espacios tendrán todos estos datos a 0 ya que no se consideran zonas ocupadas y además dichos espacios solo tienen la categoría de ventilados en caso de los pasillos y sin condición en el caso de los locales inferiores. En este punto también debemos comprobar que los espacios y las superficies analíticas están bien delimitados. (Fig. 7.1.4)

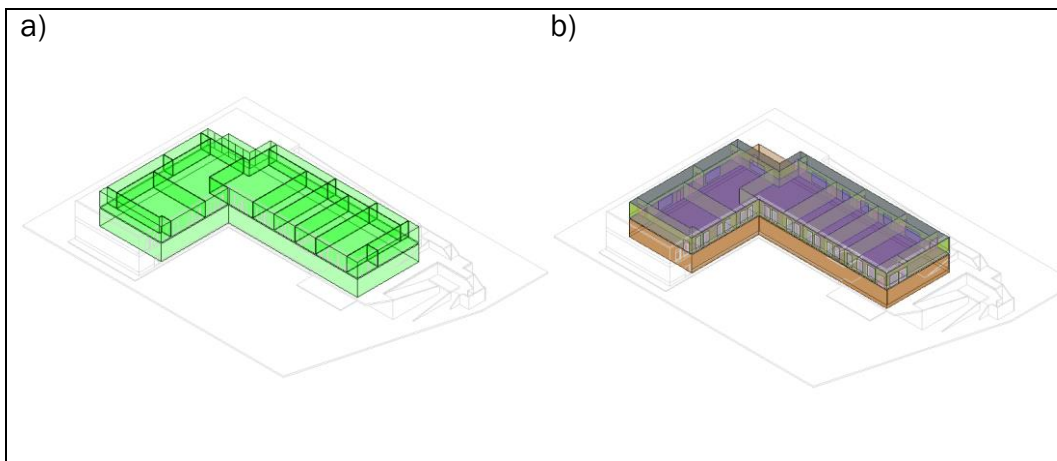


Fig. 7.1.4. Delimitación de las zonas: a) Espacios b) Superficies analíticas [Elaboración propia]

Observamos que Revit tiene ciertas dificultades a la hora de delimitar las cubiertas de nuestras oficinas debido a nuestros falsos techos. Para solucionar este incidente, decidimos crear una copia de nuestro modelo arquitectónico y tras eliminar los falsos techos, vincularlo a nuestra plantilla de instalaciones.

Una vez definidos todos los datos y corregidos todos los errores, guardaremos la configuración y clicaremos en Calcular. Revit es capaz de hacer un análisis por horas y puede tener en cuenta la simultaneidad de las distintas ganancias o pérdidas de calor. En la Fig. 7.1.5 se observa un esquema del procedimiento de cálculo de este software.

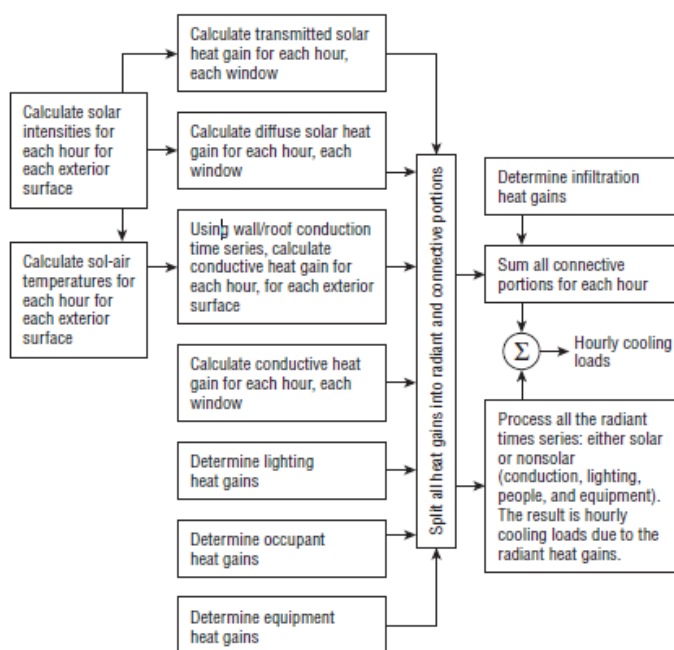


Fig. 7.1.5. Esquema del procedimiento de cálculo de cargas térmicas [9]

Una vez finalizado el cálculo nos aparecerá un informe de cargas en el que podremos encontrar información general del edificio e información de cada una de las zonas de climatización. (Fig. 7.1.6)

Project Summary	
Ubicación y clima	0001
Proyecto	
Dirección	
Tiempo de cálculo	jueves, 16 de junio de 2016 9:40
Tipo de informe	Detallado
Latitud	41.84°
Longitud	-4.75°
Temp. seca verano	36 °C
Temp. húmeda verano	20 °C
Temp. seca invierno	4 °C
Oscilación media diaria	16 °C

Building Summary	
Entradas	
Tipo de edificio	Oficina
Área (m²)	863
Volumen(m³)	2.892.70
Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	56,832
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Julio 16:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	54,784
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	1,253
Capacidad máxima de refrigeración (W)	56,995
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	3,043.6
Valor máximo de carga de calefacción (W)	39,370
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	1,138.3
Sumas de comprobación	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m²)	64.90
Densidad del flujo de refrigeración (L/s-m²)	4.22
Flujo/carga de refrigeración (L/s-kW)	63.42
Área/carga de refrigeración (m²/kW)	15.41
Densidad de la carga de calefacción (W/m²)	45.59
Densidad del flujo de calefacción (L/s-m²)	1.32

Level Summary - Inicio Oficinas	
Entradas	
Área (m²)	863
Volumen(m³)	2,892.70
Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	44,784
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Julio 16:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	41,420
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	3,364
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	3,043.1
Valor máximo de carga de calefacción (W)	12,056
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	1,138.3
Sumas de comprobación	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m²)	51.86
Densidad del flujo de refrigeración (L/s-m²)	4.22
Flujo/carga de refrigeración (L/s-kW)	81.35
Área/carga de refrigeración (m²/kW)	19.28
Densidad de la carga de calefacción (W/m²)	13.96
Densidad del flujo de calefacción (L/s-m²)	1.32

Zone Summary - 1	
Entradas	
Área (m²)	109
Volumen(m³)	364.47
Posición de ajuste de refrigeración	23 °C
Posición de ajuste de calefacción	21 °C
Temperatura de suministro de aire	12 °C
Número de personas	16
Infiltración(L/s)	5.4
Tipo de cálculo de volumen de aire	Ventilación/Aire acondicionado - conducto doble
Humedad relativa	50.00% (User Specified)
Psicometría	
Mensaje psicrométrico	None
Serpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura seca	26 °C
Serpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura húmeda	17 °C
Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca	12 °C
Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura húmeda	12 °C
Temperatura seca de mezcla de aire	26 °C
Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	10,408
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Junio 16:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	10,211
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	197
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	660.1
Valor máximo de carga de calefacción (W)	7,294
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	200.0
Valor máximo de flujo de aire de ventilación (L/s)	200.0
Sumas de comprobación	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m²)	95.47
Densidad del flujo de refrigeración (L/s-m²)	6.07
Flujo/carga de refrigeración (L/s-kW)	63.42
Área/carga de refrigeración (m²/kW)	10.45
Densidad de la carga de calefacción (W/m²)	67.04
Densidad del flujo de calefacción (L/s-m²)	1.84
Densidad de ventilación (L/s-m²)	1.84
Ventilación/persona (L/s)	12.5

Cooling Components	Total [W]	Percentage	Norte(W)	Sur(W)	Este (W)	Oeste(W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	38	0.37%	0	0	0	0	0	0	38	0
Ventana	2,564	24.64%	0	0	0	0	0	0	2,564	0
Puerta	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Cubierta	424	4.08%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	347	3.33%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	39	0.38%	-	-	-	-	-	-	-	-
Ventilación	1,354	13.01%	-	-	-	-	-	-	-	-
Iluminación	780	7.50%	-	-	-	-	-	-	-	-
Potencia	2,660	25.56%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personas	1,961	18.84%	-	-	-	-	-	-	-	-
Písum	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Calor del ventilador	240	2.31%	-	-	-	-	-	-	-	-
Recalentamiento	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	10,408	100%	0	0	0	0	0	0	2,602	0

Heating Components	Total [W]	Percentage	Norte(W)	Sur(W)	Este (W)	Oeste(W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	113	1.55%	0	0	0	0	0	0	113	0
Ventana	418	5.73%	0	0	0	0	0	0	418	0
Puerta	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Cubierta	245	3.35%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	454	6.23%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	159	2.17%	-	-	-	-	-	-	-	-
Ventilación	5,906	80.97%	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	7,294	100%	0	0	0	0	0	0	531	0

1 Spaces						
Nombre de espacio	Área (m²)	Volumen (m³)	Valor máximo de carga de refrigeración [W]	Flujo de aire de refrigeración [L/s]	Valor máximo de carga de calefacción [W]	Flujo de aire de calefacción [L/s]
1. Oficina	109	364.47	8,814	660.1	3,308	200.0

Fig. 7.1.6. Ejemplo del informe de cargas de Revit con información general y de la primera zona [Elaboración propia]

Observando el informe de cargas vemos que hay tres detalles llamativos: el primero es que el cálculo de las pérdidas a través del suelo no está considerado, las pérdidas de las cubiertas son muy dispares lo que puede hacernos prever que hay algún tipo de fallo relacionado con ello y por último, en ningún momento aparece la zona de la planta baja lo que puede ser el motivo de que no se consideren las pérdidas por el suelo.

Estos errores se tratarán de subsanar en el siguiente apartado donde se justifican y valoran los resultados obtenidos a través de Revit.

7.2. JUSTIFICACIÓN DE LOS CÁLCULOS DEL ESTUDIO DE CARGAS

En este apartado, se efectuarán cálculos sobre una hoja Excel siguiendo las fórmulas y las tablas del libro *“Manual de Climatización”* [12]. También nos guiaremos de los cálculos que Revit nos facilitó en su informe ya que las tablas de este libro son muy genéricas y aunque son precisas, no se adaptan a la perfección a nuestro sistema. Aun así serán un buen recurso a modo de orientación.

Usaremos la fórmula (1) para calcular las ganancias o pérdidas por conducción de nuestro edificio a través de los distintos cerramientos hacia el exterior (paredes exteriores, cubiertas y ventanas exteriores).

$$Q_{\text{trans}} = U * A * (T_{\text{EC}} - T_{\text{I}}) \quad (1)$$

donde:

- U es el coeficiente de transmisión térmica del cerramiento en W/m²°C.
- A es el área del cerramiento correspondiente.
- T_{EC} es la temperatura exterior de cálculo y dependerá de la orientación y los datos climatológicos de la zona.
- T_I es la temperatura interior del sistema y se corresponderá con la temperatura de diseño de nuestra instalación (23.33 °C en verano y 21.11 °C en invierno).

El cálculo de la temperatura exterior de cálculo se definirá de dos formas diferentes dependiendo de si el cálculo se encuentra en el periodo invernal o en el estival:

- En invierno la T_{EC} se corresponderá con la temperatura que haya en el exterior (-4°C en nuestro caso).
- En verano, la T_{EC} se ha determinado por dos métodos distintos y se ha hecho una media aritmética con ambos resultados. Después los datos obtenidos se han comparado con los datos aportados con los del informe de Revit y en caso de ser parecidos y concordantes daremos los resultados del software como válidos y serán los utilizados en el cálculo. En caso contrario se corregirán con los datos obtenidos en la hoja Excel.
- El primer método consiste en hallar la temperatura exterior (T_e) a través de la fórmula (2).

$$T_e = 0,4 \cdot T_{me} + 0,6 \cdot T_{m\acute{a}x} \quad (2)$$

donde T_{me} es la temperatura media del mes de cálculo y $T_{m\acute{a}x}$ la temperatura máxima absoluta. [13]

Los datos de las temperaturas se encuentran en la Fig. 7.2.1.

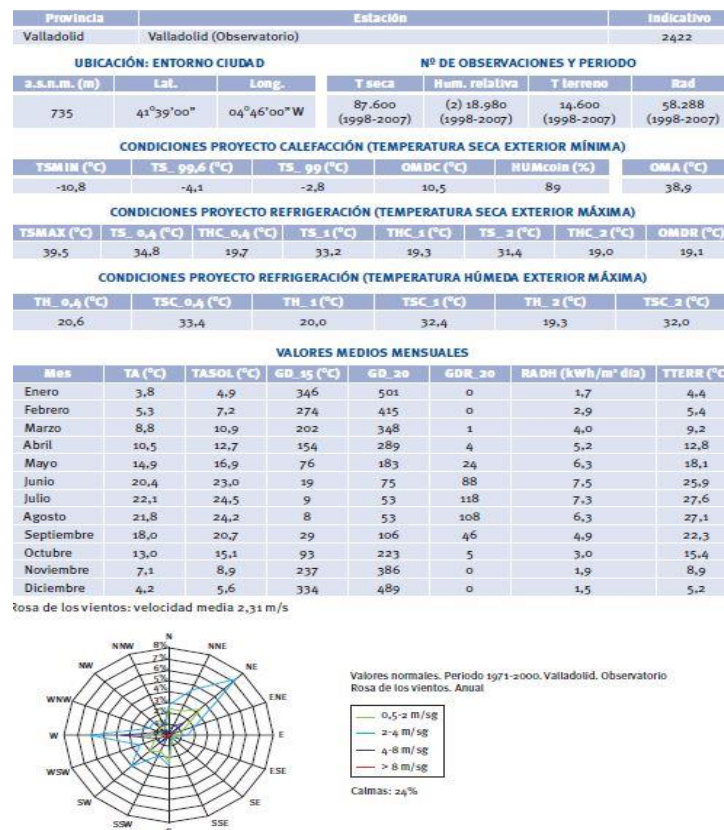


Fig. 7.2.1. Datos climáticos de Valladolid (Observatorio) [14]

Se observa que la T_{\max} es de 39.5 °C y la T_{me} del mes de Junio (mes en el que se hace el cálculo) es de 20.4 °C por lo que la T_e es de 31.86 °C.

Una vez hallada la temperatura exterior, podemos calcular la temperatura exterior de cálculo (T_{EC}) dependiendo del tipo de cerramiento y la orientación de este. (Tabla 7.2.1)

Orientación	Temperatura exterior de cálculo (T_{EC}) en °C
Norte	$0,6 \cdot T_e$
Sur	T_e
Este	$0,8 \cdot T_e$
Oeste	$0,9 \cdot T_e$
Cubierta	$T_e + 12$
Suelo	$(T_e + 15) / 2$
Paredes interiores	$T_e - 0,75$

Tabla 7.2.1. Valores de T^a exterior de cálculo dependiendo del tipo de cerramiento y de la orientación [13]

Hay que aclarar, que los muros exteriores de las oficinas 1 y 2 tienen una orientación noroeste y los del resto de oficinas noreste.

- El segundo método es a través de tablas que nos ayuden a calcular el incremento de temperatura equivalente. [12]

Las tablas están hechas para localizaciones de 40° de latitud norte con una temperatura máxima absoluta de 35°C y una oscilación media diaria de 10°C. El resto de las equivalencias se harán a través de la fórmula (3).

$$\Delta T_{\text{EQ}} = C \cdot \Delta T_{\text{EQ}}(\text{tabla}) + (24 - T_{\text{DIS}}) + (T_{\text{MED}} - 30) \quad (3)$$

Siendo $T_{\text{MED}} = T_{\text{MAX}} - (\text{OMD}/2) \rightarrow T_{\text{MAX}} = 36^\circ\text{C}$; $\text{OMD} = 16^\circ\text{C}$ y dependiendo C del color del cerramiento.

Los resultados de ambos métodos y la media aritmética de los valores se recogen en la Tabla 7.2.2.

	T_{EC} (M1)	ΔT_{EQ} (M1)	ΔT_{EQ} (M2)	ΔT_{EQ} (media)
<i>Cubierta</i>	43.86	20.53	14.67	17.60
<i>Muro NE</i>	25.49	2.16	7.11	4.64
<i>Muro NO</i>	28.67	5.34	9.71	7.53

Tabla 7.2.2. Incrementos de temperatura equivalente en cubierta y muros [Elaboración propia]

Estos datos se incluirán en el Excel “Justificación de cálculos.xlsx” que es donde haremos los cálculos de las transferencias.

En el siguiente paso, se calcularán las transferencias de calor que se dan en el interior del edificio, a través de los muros interiores, el suelo, las puertas y las ventanas interiores.

Para ello se aplicara la expresión (1) pero sustituyendo la T_{EC} por la temperatura de local no climatizado (T_{NC}) que será de 15°C en invierno y de 28°C en verano ya que son los datos que supusimos en nuestro estudio de cargas en Revit.

Para finalizar, queda calcular el calor ganado por radiación a través de las ventanas en verano.

La fórmula (4) será la utilizada para este cálculo de transferencia de calor por superficies acristaladas.

$$Q_{sr} = S \cdot R \cdot F \quad (4)$$

Donde:

- S es la superficie acristalada.
- R es la cantidad de radiación emitida en W/m². En nuestro caso cogeremos 322.9 W/m². [15]
- F es el factor de corrección por tipo de vidrio y factor de sombra. Se cogerá un factor de 0.76 observando la tabla E.12: *Factor de sombra para obstáculos de fachada: Retranqueo* del CTE-DB HE Ahorro de Energía.

Todos los resultados se encontrarán en “Justificación de cálculos.xlsx” donde se incluirán también los cálculos de caudales de aire exterior necesarios. Al comparar los resultados obtenidos con los aportados por el estudio de Revit, observamos que solo existen diferencias notables en los cálculos de pérdidas por cubiertas en el periodo estival.

No obstante a pesar de estas diferencias, observamos que la suma de todas las pérdidas por cubiertas, tanto en Revit como en el Excel, son semejantes por lo que llegamos a la conclusión de que el error se puede considerar como un error de delimitación y no de cálculo.

Con motivo de buscar una solución se ha optado por cambiar los valores del estudio de cargas por los obtenidos manualmente. Además también se incluirán las transmisiones a través del suelo.

7.3. DIMENSIONADO DE LOS DISPOSITIVOS UTILIZADOS

En este apartado se tratará el dimensionamiento de los distintos dispositivos que conformarán nuestro sistema de climatización. Los distintos aparatos son: fan coils, climatizador, bomba de calor, difusores y rejillas.

Previamente en el apartado 4 de este TFG se han nombrado los distintos modelos que se van a utilizar pero será en este apartado donde se justificará su elección.

FAN COILS:

Para el dimensionado de los fan coils hemos creado un nuevo Excel llamado “CÁLCULO FAN COILS.xlsx” donde dividiremos el trabajo en dos pestañas: en la primera nos encontraremos con los cálculos que nos ayudarán a elegir el modelo de fan coil elegido y en la segunda tendremos todos los modelos de una familia de fan coils elegida previamente por el tipo de uso que se le va a dar.

Para comenzar, hemos buscado en la web de Daikin (<http://www.daikin.es/>) una familia de fan coils que se adaptará a las características de nuestro modelo. Buscamos un fan coil para colocar en el falso techo de nuestras oficinas y que tenga la entrada y la salida en la misma horizontal. Por esta razón se escogió la familia *FWD-AT*.

Una vez elegida, copiamos los detalles técnicos de todos sus modelos en nuestro Excel.

Pasamos entonces a la elección de modelo de fan coil a través del cálculo de las necesidades térmicas de cada habitación.

Se comenzará cogiendo los datos que Revit nos proporciona en su informe. Cogeremos el dato del cuadro resumen de cada zona ya que excluye el calor por la ventilación que nosotros no debemos de tener en cuenta ya que este llega atemperado. Continuamos cambiando el dato de calor transmitido por las azoteas en verano que da Revit por el calculado en el Excel como mencionamos en el apartado anterior y le sumaremos las perdidas por los suelos.

Ya podemos observar que las cargas de refrigeración serán las que definan el modelo exacto de fan coil elegido ya que las cargas de calefacción son mucho más pequeñas y todos los modelos son bastante parejos en cuanto a la potencia aportada en ambas situaciones.

El siguiente paso es separar las cargas sensibles de las latentes ya que estos dispositivos tienen en cuenta este criterio. Al haber eliminado la ventilación de este cálculo, las únicas cargas latentes que existen son las provocadas por las personas que trabajan en la oficina. En oficinas la carga latente es aproximadamente de 70W/persona. El cálculo de las sensibles se basa en una simple resta.

Los cálculos anteriores están aplicados en la Tabla 7.3.1.

HABITACION	AREA [m2]	PERSONAS	Qref REVIT [W]	Qref TOTAL [W]	Qref LATENTE[W]	Qref SENSIBLE [W]	Qcal TOTAL [W]
Oficina 1	109	16	8814	10162,70	1120	9042,70	1388
Oficina 2	134	13	8080	9737,30	910	8827,30	1376
Oficina 3	129	14	6415	8497,97	980	7517,97	1123
Oficina 4	65	6	4256	5306,12	420	4886,12	748
Oficina 5	65	6	4255	5305,12	420	4885,12	746
Oficina 6	63	6	4253	5270,59	420	4850,59	736
Oficina 7	97	13	7164	8730,54	910	7820,54	1371

Tabla 7.3.1. Determinación de cargas y clasificación en latentes y sensibles [CALCULO FAN COILS.xlsx]

Una vez halladas las necesidades mínimas de cada estancia, elegimos el primer modelo que las satisfaga.

En este caso usaremos dos modelos diferentes:

- FWD08AATN6V3 para las oficinas 4, 5 y 6.
- FWD12AATN6V3 para las oficinas 1, 2, 3 y 7.

Las características de dichos modelos son las siguientes: (Tabla 7.3.2)

DATOS FANCOIL ESCOGIDOS [kW]			
FANCOIL	POTENCIA TOTAL REF	POT SENSIBLE REF	POTENCIA CAL.
FWD08AATN6V3	7.80 (1)	6.52 (1)	9.43 (2)
FWD12AATN6V3	11.90 (1)	9.36 (1)	14.45 (2)

Tabla 7.3.2. Características de los fan coils escogidos [CALCULO FAN COILS.xlsx]

Una vez escogidos los modelos, debemos modelarlos en Revit ya que ni el fabricante ni el propio software poseen dichos dispositivos en sus bibliotecas de BIM.

Para ello, partimos de un aparato cualquiera (cuanto más parecido mejor) y tras seleccionarlo, hacemos clic en *Editar familia*. Se comenzará definiendo la extrusión principal con forma de paralelepípedo con las dimensiones establecidas en los detalles técnicos del modelo. A partir de ahí, se le irán añadiendo las distintas entradas y salidas de las tuberías y conductos que llegarían a nuestro fan coil indicando también los posibles caudales de aire y agua que pasaran por ellos así como sus pérdidas de presión locales y su potencia (Fig. 7.3.1)

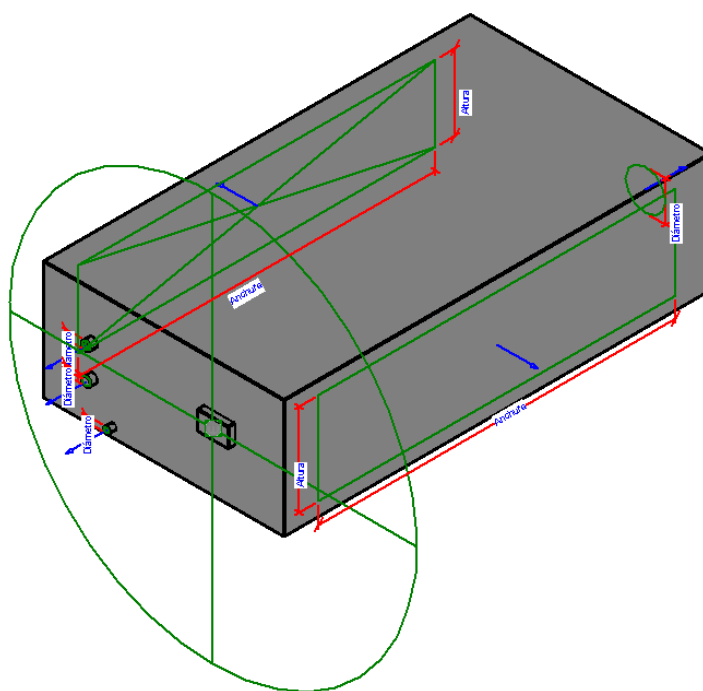


Fig. 7.3.1. Modelo FWD12AATN6V3 dimensionado en Revit [Elaboración propia]

Los fan coils de 8 kW tendrán exactamente las mismas características debido a que las estancias en las que se colocará tienen las mismas personas y por consiguiente el caudal de aire exterior requerido es el mismo. Aunque impulsarán 1600 m³/h, una parte será aire limpio exterior y otra de aire recirculado.

Por el contrario, los fan coils de 12 kW no estarán instalados en oficinas con el mismo número de personas por lo que la proporción del aire exterior con el recirculado será diferente aunque el caudal total de salida del fan coil sea de 2200 m³/h. Debido a esto, se ha decidido modelar un fan coil para cada oficina donde trabajen un número de trabajadores diferente al resto.

De este modo ya tendríamos modelados todos los fan coils necesarios en nuestra instalación.

DIFUSORES:

Una vez que tenemos las unidades interiores que suministrarán el aire a nuestras oficinas, debemos escoger los difusores que distribuirán dicho aire de forma equitativa.

Elegiremos la marca Schako y dentro de ella la familia de difusores rotacionales de techo *DQJ*.

Con el fin de facilitar el estudio y el dimensionado de los difusores se optará por buscar la forma de que por ellos salga aproximadamente el mismo flujo de aire. Esto se conseguirá instalando 3 difusores por fan coil en las estancias donde exista el fan coil de 8 kW (1600 m³/h → 533.3 m³/h por cada difusor) y 4 difusores por cada unidad de 12 kW (2200 m³/h → 550 m³/h por cada difusor). Definidos los caudales de aire que serán alimentados por cada difusor, buscamos en el catálogo el modelo exacto que se va a utilizar. En este caso no hemos decidido por el *DQJ-A-SQ-Z-625*. (Fig. 7.3.2)

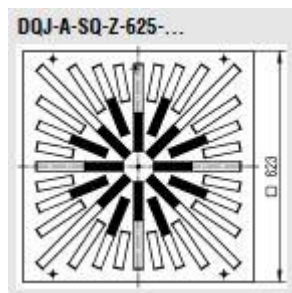
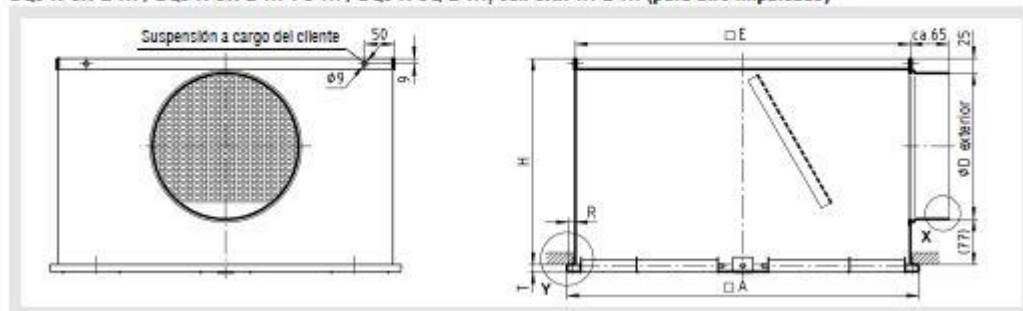


Fig. 7.3.2. Difusor de rotacional de techo DJQ-A-SQ-Z-625 [SCHAKO_DQJ]

Se deberán tener en cuenta las dimensiones de este dispositivo para su posterior modelado en Revit. (Fig. 7.3.3)

Dimensiones

DQJ-A-SR-Z-... / DQJ-A-SR-Z-...-PS-... / DQJ-A-SQ-Z-..., con SAK-...-Z-... (para aire impulsado)



Tamaños disponibles

NW	□ A	□ E	R	T	DQJ-A-SR-Z-... DQJ-A-SR-Z-...-PS-... DQJ-A-SQ-Z-...		DQJ-A-SR-A-... DQJ-A-SQ-A-...	
					H	øD	H	øD
310	308	290	8	7	260	158	300	198
400	398	370	12	12	260	158	300	198
500	498	470			300	198	350	248
600	598	570			350	248	400	298
625	623	570	24		350	248	400	298
800	798	770	12		455	353	455	353

ca: = aprox.

Fig. 7.3.3. Medidas del difusor de rotacional de techo DJQ-A-SQ-Z-625 [SCHAKO_DQJ]

Una vez definido el difusor, debemos hallar los datos técnicos que poseen estos dispositivos.

Schako nos proporciona una serie de gráficas dentro de su manual que nos proporcionarán los datos suficientes para saber si nuestra elección es la correcta o no.

Debemos partir de la base de que el fan coil de 8 kW proporciona una presión disponible de 68 Pa y el 12 kW una presión 97 Pa por lo que no debemos superar dichas presiones en el camino más crítico desde el fan coil a los difusores.

CAIDA DE PRESIÓN LOCAL EN LOS DIFUSORES:

Se define como pérdida de presión local a la sufrida por el fluido en la descarga del dispositivo.

En la Fig. 7.3.4 se muestra la gráfica que relaciona el caudal suministrado con la caída de presión que sufre el fluido.

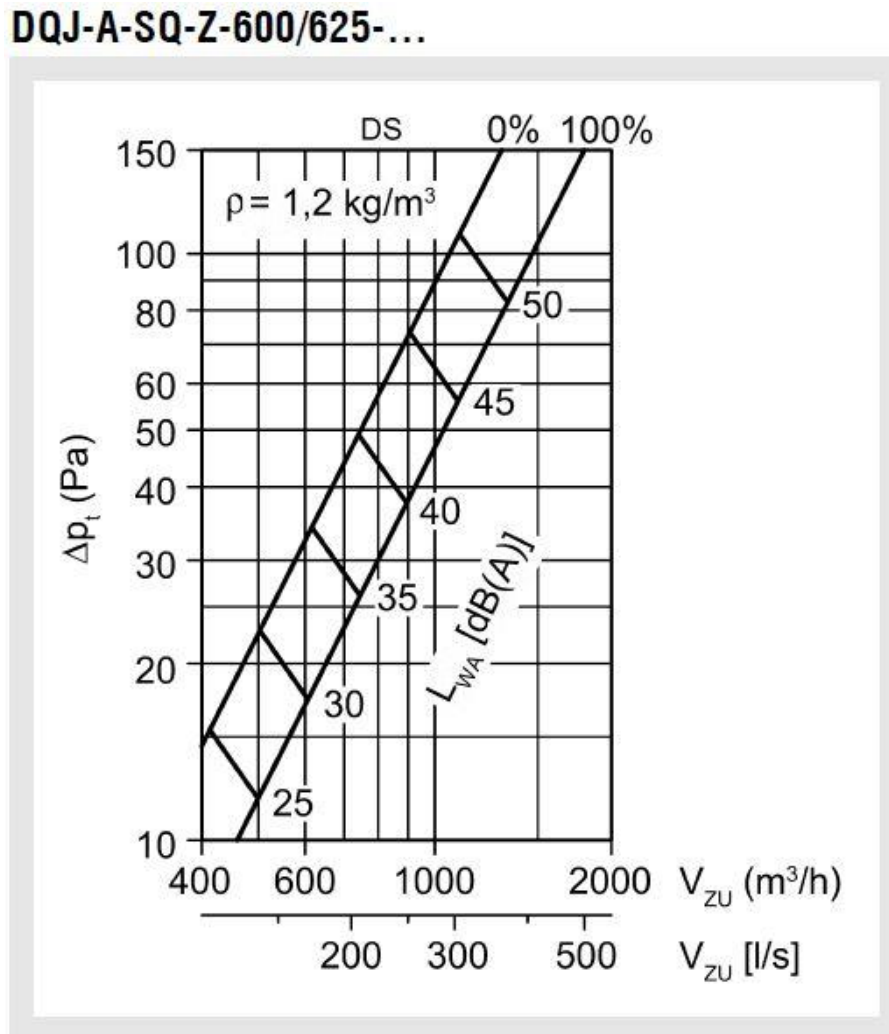


Fig. 7.3.4. Gráfica de la caída de presión local [SCHAKO_DQJ]

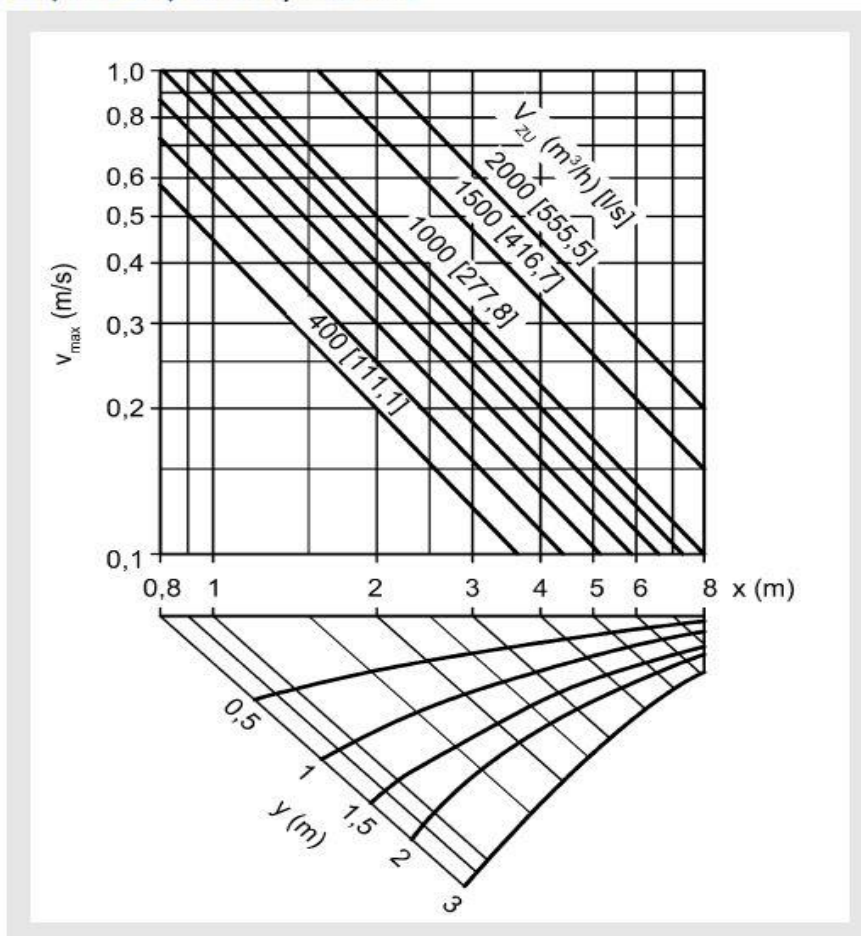
Determinamos que la caída de presión para los caudales de 550 m³/h es de 14 Pa y para los de 533.3 m³/h de 13 Pa.

En ambos casos la caída de presión es asumible ya que disponemos de presión suficiente para subsanar esta caída. Aún nos quedan 54 Pa en el caso de 8kW y 84 Pa en el de 12 kW para el recorrido que conecta el fan coil con el difusor.

VELOCIDAD DE PROYECCIÓN:

Es la velocidad con la que el aire llega hasta los usuarios que ocupan las zonas de climatización. En la Fig. 3.2.2 se fija los requerimientos del RITE para que el suministro de aire no cause malestar.

En las Fig. 7.3.5 se muestra la gráfica que se va a utilizar el cálculo de esta velocidad.

DQJ-A-SQ-Z-600/625-...

Modelo de impulsión "A" = Valor de diagrama x 1,4

Fig. 7.3.5. Gráfica de la velocidad de proyección [SCHAKO_DQJ]

A modo de comprobación se escogerá el caso más desfavorable que es el de las oficinas 4, 5 y 6 ya que la vena horizontal es la menor de todas (2.5 m). La vena vertical será igual en todos los casos y de valor 1.6 m.

Observando la gráfica se determina que la V_{MAX} será de 0.16 m/s en el peor de los casos.

Con la fórmula (5) se determina la velocidad media de proyección (V_{MIT}) [SCHAKO]

$$V_{MIT} = 0.5 * V_{MAX} \quad (5)$$

De este modo se obtiene que la V_{MIT} más desfavorable es de 0.08 m/s y comparándolo con los datos de la Fig. 3.2.2, se observa que no supera los límites marcados por la normativa y por tanto su funcionamiento es el correcto en este aspecto.

ALTURA DE PENETRACIÓN EN REGIMEN DE CALEFACCIÓN:

Se define como la distancia en vertical que es capaz de penetrar el aire de calefacción en nuestras oficinas (Y_H).

A pesar de que en el informe de cargas de Revit definimos las temperaturas de los aires de calefacción y refrigeración, calcularemos de nuevo los incrementos de temperatura ya que antes, en el informe, no conocíamos los caudales de aire que nos iban a proporcionar los fan coils.

Con la fórmula (6) se podrá calcular el incremento de temperatura necesario para suplir las pérdidas.

$$Q_{REQ} = V * \rho * C_p * \Delta T_o \quad (6)$$

donde:

- Q_{REQ} es la potencia requerida por la estancia.
- V es el caudal de aire de climatización (1600 m³/h para el de 8 kW y 2200 m³/h para los de 12 kW).
- ρ es la densidad del aire (1.29 kg/m³).
- C_p es la capacidad calorífica del aire (1012 J/kg*K)
- ΔT_o es el incremento de temperatura que sufre el aire de climatización.

Debemos despejar el ΔT_o de la fórmula para cada estancia y fijarnos en la gráfica de la Fig. 7.3.6.

DQJ-A-SQ-600/625-...

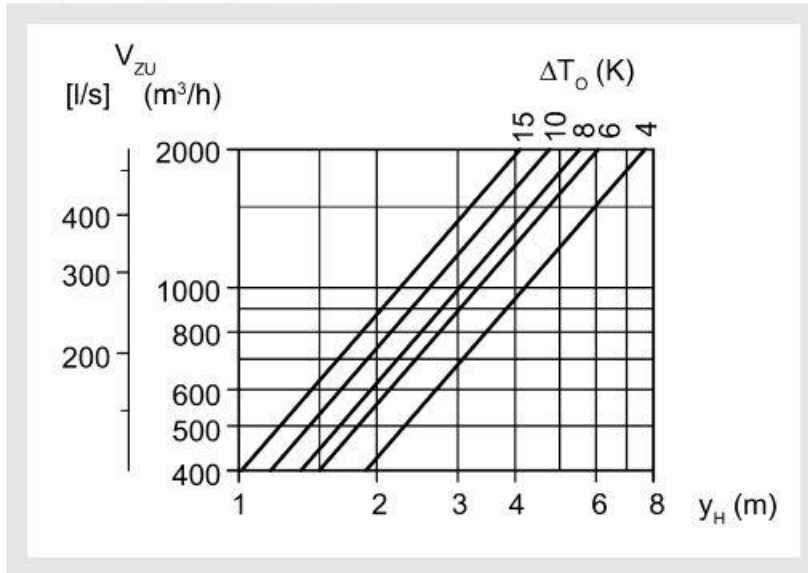


Fig. 7.3.6. Gráfica de la altura de penetración [SCHAKO_DQJ]

Se observa en la gráfica que para un mismo caudal de aire, la altura de penetración disminuye si aumenta en ΔT_o por lo que buscaremos el ΔT_o más alto para cada tipo de fan coil que corresponderá con el Y_H más bajo.

Usaremos como Q_{REQ} la Q_{CAL} de la Tabla 7.3.1.

Para los fan coils de 12 kW:

$$1388 \text{ W} = \frac{2200 \text{ m}^3}{3600 \text{ s}} * 1.29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1012 \frac{\text{J}}{\text{kg} * \text{K}} * \Delta T_o \rightarrow \Delta T_o = 1.73 \text{ K}$$

Para los fan coils de 8 kW:

$$748 \text{ W} = \frac{1600 \text{ m}^3}{3600 \text{ s}} * 1.29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1012 \frac{\text{J}}{\text{kg} * \text{K}} * \Delta T_o \rightarrow \Delta T_o = 1.28 \text{ K}$$

El ΔT_o más alto es el correspondiente al de la Oficina 1 y la Y_H correspondiente es de más de 2.6 m lo que significa que el aire penetra hasta la altura de del suelo en todas las estancias del edificio.

Una vez vistas todas las características de los difusores en las oficinas, se debe informar de que se instalará un difusor por cada tramo de pasillo (7 en total) que suministrará 30 L/s de aire nuevo y que estarán conectados directamente al climatizador y no a un fan coil.

El último paso es modelar el modelo de difusor en Revit. Como, a pesar de ser el mismo modelo, las presiones y los caudales varían se ha decidido hacer el modelo duplicado cada uno con una características. Para modelarlo nos basaremos en un paralelepípedo al que se le darán las dimensiones apropiadas y se le añadirá el conducto por el que llegará el aire del fan coil o del climatizador. (Fig. 7.3.7)

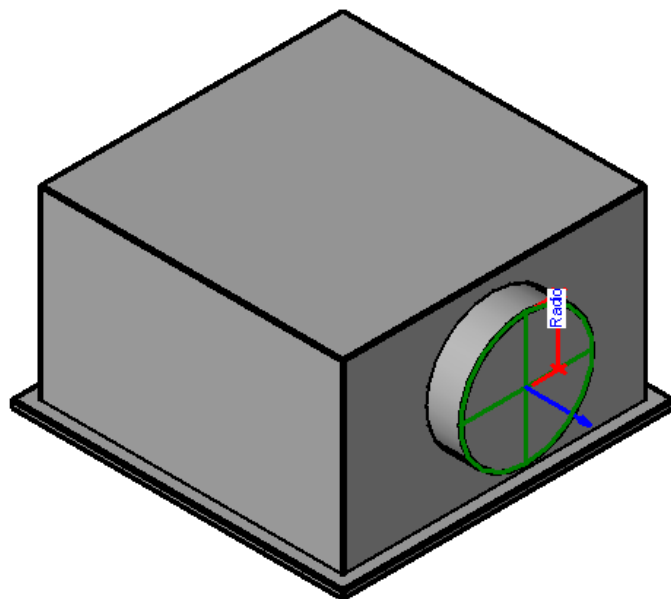


Fig. 7.3.7. Modelo de Revit del difusor [Elaboración propia]

REJILLAS DE ABSORCIÓN:

Son los dispositivos a través de los cuales saldrá el aire usado de las habitaciones. El caudal que pase a través de las rejillas en cada estancia será el mismo que entrará por los difusores por lo tanto en las oficinas 1, 2, 3 y 7 se retirarán 2200 m³/h y en el resto 1600 m³/h.

Al igual que en los difusores, se instalarán 4 rejillas en las habitaciones de las que haya que retirar 2200 m³/h y 3 en las de 1600 m³/h para que el flujo de aire a través de cada rejilla sea semejante.

Escogemos la marca Schako y dentro de ella, la familia de rejillas PA. Una vez allí se coge el modelo PA-2b ya que posee regulación y puede venirnos bien para regular nuestro circuito. (Fig.7.3.8)

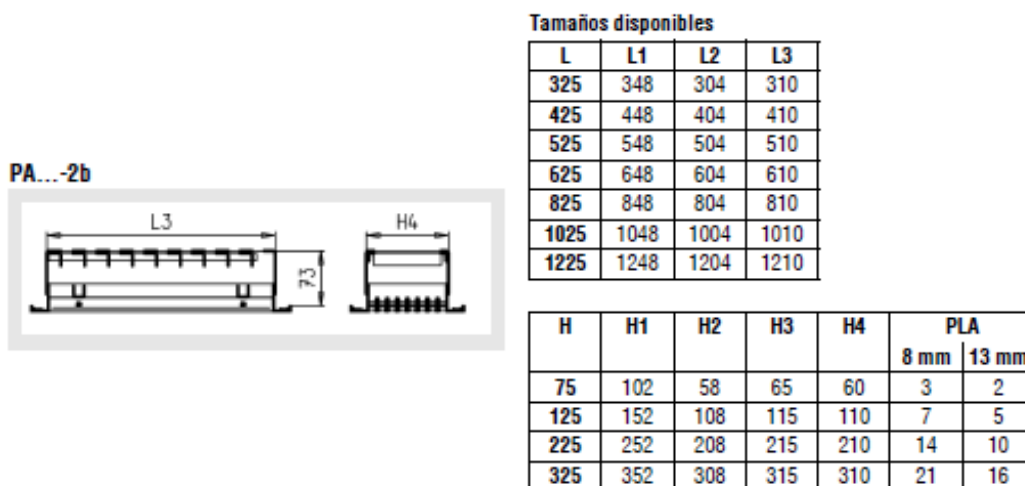


Fig. 7.3.8. Medidas del rejilla de ventilación PA-2b [SCHAKO_PA]

Las dimensiones de la Fig. 7.3.8 pueden entremezclarse a gusto del consumidor exceptuando las correspondientes a la L=325 con la H=325. [SCHAKO_PA]

Con esta libertad se va a optar por elegir las dimensiones en función de una pérdida de carga asumida y un caudal ya determinado.

Antes de comenzar se informa de que cada tramo de pasillo (7 en total) dispondrá de una rejilla también para el retorno de aire usado en estos aunque esta solo tenga que absorber 30L/s.

PERDIDA DE PRESION LOCAL

Con la ayuda de la Fig. 7.3.9, debemos de asumir una pérdida local en nuestra rejilla que sea lo suficientemente pequeña como para asumirla. En este caso vamos a escoger 7 Pa que corresponden a una V_{STIRN} de 1.5 m/s.

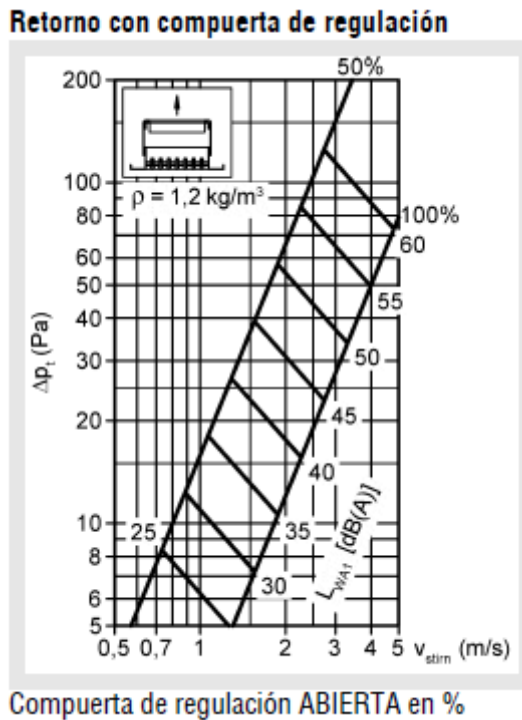


Fig. 7.3.9. Gráfica de pérdidas locales en rejillas [SCHAKO_PA]

Una vez asumida la caída de presión, buscamos las dimensiones que satisfagan la V_{STIRN} de 1.5 m/s y el caudal de aire que se pasa por cada rejilla (se estima 550 m³/h por cada una ya que los valores apenas varían) usando la Fig. 7.3.10.

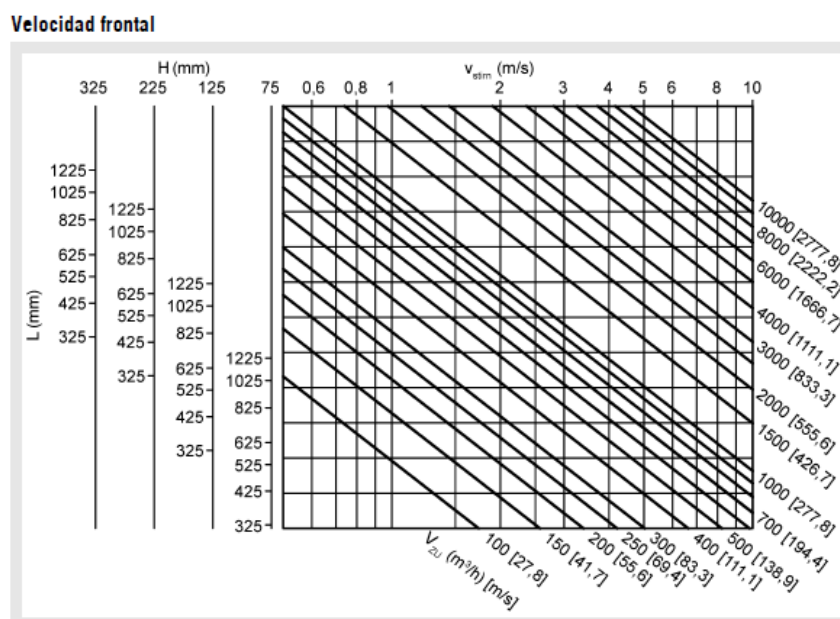


Fig. 7.3.10. Gráfica de la velocidad frontal (V_{stirn}) de las rejillas [SCHAKO_PA]

Las dimensiones escogidas son: L=1025 mm y H=125 mm. Ahora, debemos volver a la Fig. 7.3.8 para adaptar estos resultados a nuestras medidas.

Las dimensiones finales de nuestras rejillas son: L3=1010 mm y H4= 110 mm.

Para modelar este dispositivo en Revit se creará una extrusión con las cotas correspondiente y se le añadirá una salida de conducto de aire cuyo flujo será el que hemos determinado con anterioridad (Fig. 7.3.11)

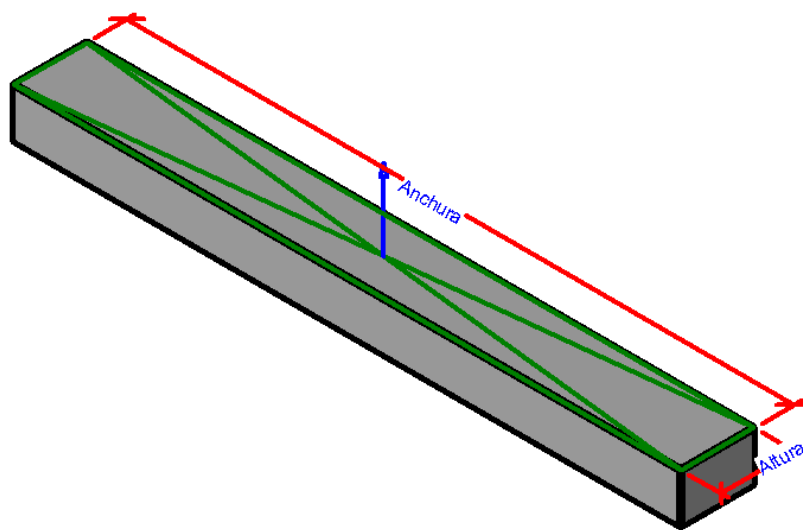


Fig. 7.3.11. Modelo de Revit de la rejilla PA-2b [Elaboración propia]

CLIMATIZADOR:

Para el cálculo del dimensionado del climatizador crearemos otro archivo Excel llamado "CALCULO CLIMATIZADOR.xlsx".

Se calculará el caudal mínimo que debe proporcionar el climatizador teniendo en cuenta el número de personas que hay en cada estancia y los caudales de aire que se solicitan en el pasillo (30L/s por tramo x 7 tramos= 210 L/s). Con la fórmula (7) se calcula el aire requerido por cada estancia.

$$V_{\text{AIRE}} [\text{L/s}] = 12.5 \times (\text{n}^{\circ} \text{ de personas}) \quad (7)$$

Los resultados de los caudales están recogidos en la Tabla 7.3.3.

	Persona/Área	Ventilación (L/s)
Oficina 1	16	200
Oficina 2	13	162,5
Oficina 3	14	175
Oficina 4	6	75
Oficina 5	6	75
Oficina 6	6	75
Oficina 7	13	162,5
Pasillo	202	210
TOTAL		1135
En [m3/h]		4086

Tabla 7.3.3. Caudales mínimos requeridos por cada estancia [CALCULO CLIMTIZADOR.xlsx]

Una vez obtenidos los caudales, debemos ver la potencia necesaria que debe aportar el climatizador para atemperar el aire de entrada exterior.

Para ello se deben de tener en cuenta las condiciones de diseño de la instalación (Tabla 7.1.2. y 7.1.3) y las condiciones exteriores. Estas últimas se determinarán con la Fig. 7.2.1 y un diagrama de Mollier de aire húmedo. (Fig. 7.3.12)

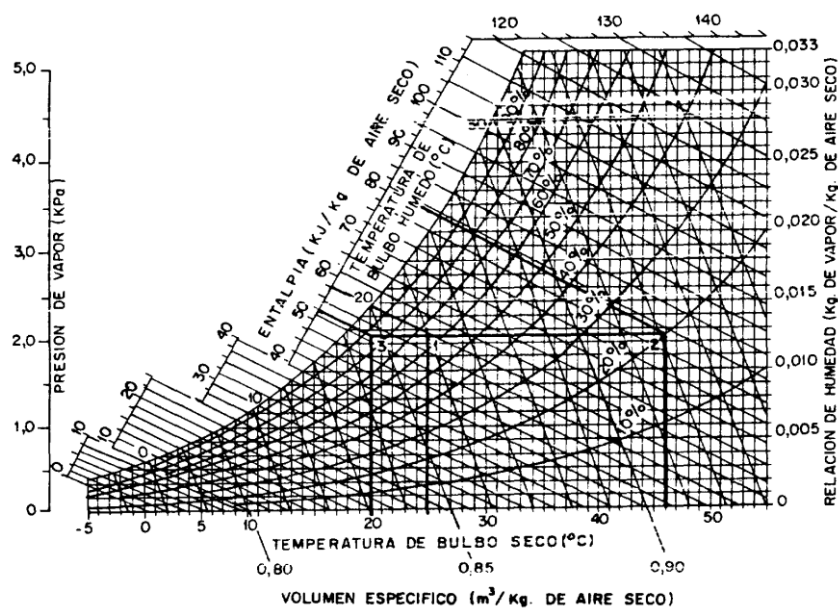


Fig. 7.3.12. Diagrama de Mollier [http://www.fao.org/docrep/X5057S/x5057SOV.GIF]

Las condiciones que buscamos son las temperaturas de diseño y exterior y las humedades absolutas en kg de vapor H₂O/ kg de aire seco. (Tabla 7.3.4)

	DISEÑO	EXTERIOR
<i>T^a INVIERNO</i>	21.11	-4
<i>T^a VERANO</i>	23.33	36
<i>HUM. ABS VERANO</i>	0.01	0.0095

Tabla 7.3.4. Condiciones exteriores y de diseño [CALCULO CLIMATIZADOR.xlsx]

Gracias a la formula (8) podremos calcular las necesidades energéticas en invierno y la (9) en verano.

$$Q_{INV} = V * \rho_{aire} * C_{p_{aire}} * (T_{DIS} - T_{EXT}) \quad (8)$$

$$Q_{VER} = V * \rho_{aire} * C_{p_{aire}} * (T_{DIS} - T_{EXT}) - V * \rho_{agua} * C_{p_{agua}} * (H_{DIS} - H_{EXT}) \quad (9)$$

donde:

- V es el caudal de aire suministrado por el climatizador (4086 m³/h).
- ρ_{aire} es la densidad del aire (1.29 kg/ m³).
- $C_{p_{aire}}$ es la capacidad calorífica del aire (1012 J/kg*°C).
- T_{DIS} es la temperatura de diseño.
- T_{EXT} es la temperatura del aire exterior.
- ρ_{agua} es la densidad del agua (1000 kg/ m³).
- $C_{p_{agua}}$ es la capacidad calorífica del agua (4180 J/kg*°C).
- H_{DIS} es la humedad absoluta de diseño.
- H_{EXT} es la humedad absoluta del aire exterior.

Los resultados se recogen en la Tabla 7.3.5.

NOMBRE	POTENCIA INVIERNO (W)	POTENCIA VERANO (W)
Oficina 1	6556,120	-2890,086
Oficina 2	5326,848	-2348,195
Oficina 3	5736,605	-2528,825
Oficina 4	2458,545	-1083,782
Oficina 5	2458,545	-1083,782
Oficina 6	2458,545	-1083,782
Oficina 7	5326,848	-2348,195
Pasillo	6883,927	-3034,591
TOTAL	37205,984	-16401,240

Tabla 7.3.5. Potencias requeridas por el climatizador [CALCULO CLIMATIZADOR.xlsx]

Teniendo en cuenta las necesidades mínimas que hemos calculado, debemos escoger nuestro climatizador. En nuestro caso se ha elegido la marca SCHAKO con el modelo *ksPlan CL-3-4540*. (Fig. 7.3.13)

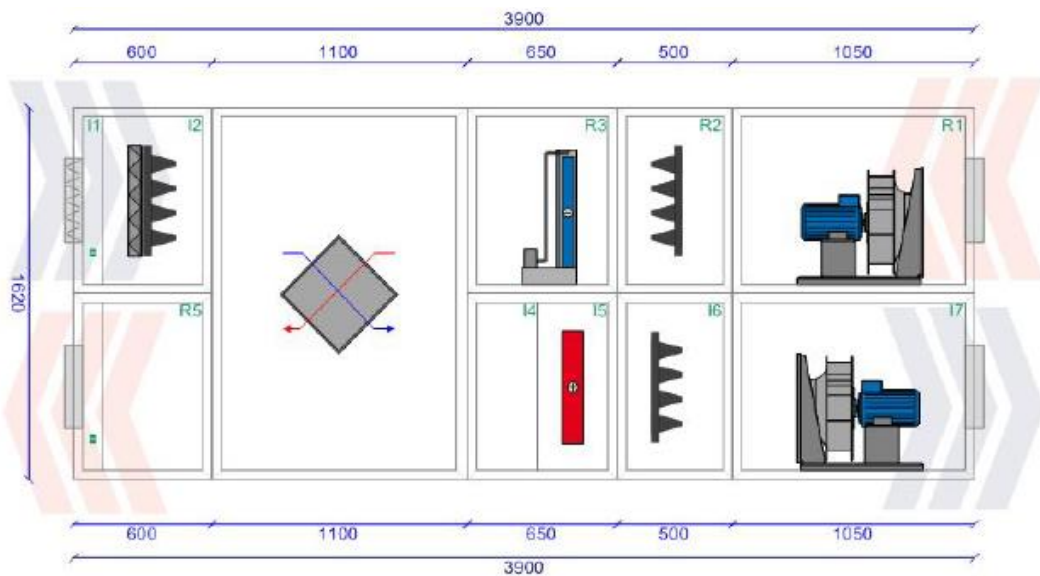


Fig. 7.3.13. Esquema del modelo CL-3-4540 [SCHAKO_KSPLAN]

Los datos más representativos para el modelado de este climatizador son las siguientes: [SCHAKO_KSPLAN]

- Dimensiones (Ancho x Alto x Largo): 1015x1620x3900 mm.
- Dimensiones de las conexiones (Base x Altura): 700 x 400 mm.
- Potencia: 2.2 kW con un consumo de 8,1/4,7 A 3~230/400V -50Hz.
- Presiones suministradas: 1247 Pa en impulsión y 777 Pa en retorno.

- Pérdidas de presión locales: 997 Pa en impulsión y 577 Pa en retorno.
- Caudal máximo suministrable: 4540 m³/h. (Se suministrará el necesario).
- Diámetro de la conexión de agua: ¾”.
- Datos del recuperador de calor (Fig. 7.3.14).

[] Recuperador Estático (Placas) R-EP-600-6-900					
Aluminio					
Invierno: 18Kw		Eficiencia: 51%			
Impulsión: 113pa					
Datos Temp entrada:	-4,0°C	HRE: 80%	Datos Temp Salida:	8,2°C	HRS: 33%
Retorno: 120pa					
Datos Temp entrada:	20,0°C	HRE: 50%	Datos Temp Salida:	8,7°C	HRS: 100%
Verano: 8Kw		Eficiencia: 49%			
Impulsión: 129pa					
Datos Temp entrada:	36,0°C	HRE: 35%	Datos Temp Salida:	30,6°C	HRS: 47%
Retorno: 126pa					
Datos Temp entrada:	25,0°C	HRE: 50%	Datos Temp Salida:	30,4°C	HRS: 36%

Fig. 7.3.14. Datos del recuperador estático del modelo CL-3-4540 [SCHAKO_KSPLAN]

Con todos los datos anteriores se procede a modelar el climatizador en Revit. (Fig. 7.3.15)

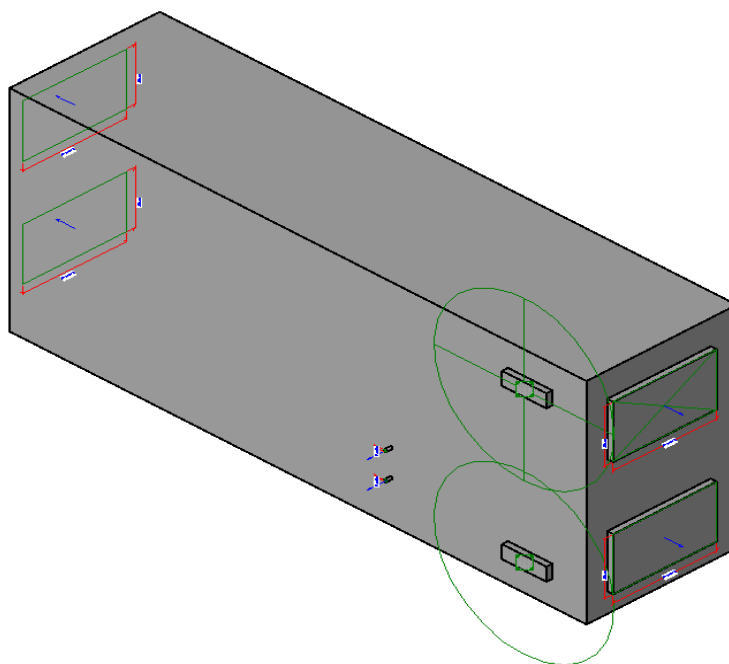


Fig. 7.3.15. Modelo de climatizador CL-3-4540 en Revit [Elaboración propia]

BOMBA DE CALOR:

Es el último elemento que nos queda por definir y es el encargado de suministrar las cargas térmicas necesarias a los fan coils y al climatizador. Se creará un nuevo Excel, "CALCULO BOMBA CALOR.xlsx" como plantilla de cálculo para este elemento.

Para dimensionar este dispositivo necesitamos tener en cuenta las cargas que solicita toda la instalación. En el caso de los fan coils, los datos son el $Q_{REFTOTAL}$ y el Q_{CAL} de la Tabla 7.3.1.

En el caso del climatizador, hay que tener en cuenta no los datos climáticos exterior sino los datos de la salida del intercambiador de calor del climatizador (Fig. 7.3.14). Con estos datos, los de diseño de la instalación (Tabla 7.3.4) y las fórmulas (8) y (9) se calcularán las necesidades del climatizador.

En la Tabla 7.3.6 se recogen los resultados.

Dispositivo	Necesidades en Verano [W]	Necesidades en Invierno [W]
FAN COIL OF.1	10162,7045	1388
FAN COIL OF.2	9737,297	1376
FAN COIL OF.3	8497,9745	1123
FAN COIL OF.4	5306,1225	748
FAN COIL OF.5	5305,1225	746
FAN COIL OF.6	5270,5915	736
FAN COIL OF.7	8730,5485	1371
CLIMATIZADOR	10772,103	19129,002
TOTAL	63782,464	26617,002

Tabla 7.3.6. Necesidades requeridas por la instalación [CALCULO BOMBA CALOR.xlsx]

Con el cálculo de necesidades realizado, debemos buscar una bomba de calor que satisfaga dicha carga. En este caso, optaremos por buscar en la marca DAIKIN donde encontramos el modelo EWYQ064BAWN el cual proporciona una potencia máxima de 64.5 kW en refrigeración y de 61.5 kW en calefacción.

Las condiciones de trabajo estándar se corresponden a las siguientes temperaturas de funcionamiento; Evaporador: 12°C/7°C; condensador: 30°C/35°C. Vamos a usar estas temperaturas como referencia para nuestro TFG ya que se encuentran dentro de los límites de funcionamiento. En ambos casos el ΔT es de 5°C. [CALCULO BOMBA CALOR.xlsx]

Sabiendo que el fluido es agua, de la cual conocemos su densidad y capacidad calorífica y el incremento de temperatura que experimenta en el recorrido, podemos hallar el caudal de agua máximo que vamos a necesitar en nuestro circuito con la fórmula (6) aplicada a todo el circuito.

$$63782.464 \text{ W} = V * 1000 \text{ kg/m}^3 * 4180 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C} * 5^{\circ}\text{C} \rightarrow V = 3.052 \text{ L/s}$$

El equipo escogido puede satisfacer toda esa demanda de agua en caso de que fuera necesario.

Observemos que las dimensiones de la bomba (Largo x Ancho x Alto) son de 780 x 2980 x 1684 mm y los diámetros de conexión de tuberías serán de 2 pulgadas. Con estos datos se podrá dimensionar el equipo. (Fig. 7.3.16)

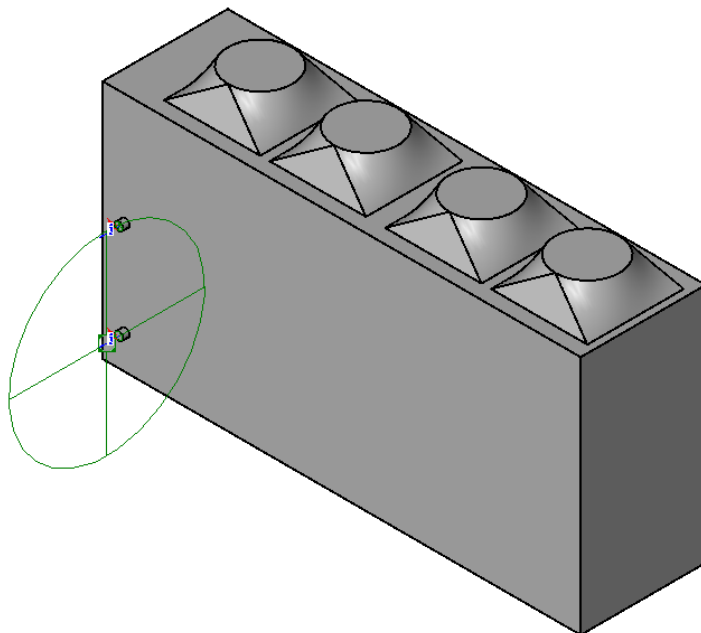


Fig. 7.3.16. Modelo de bomba de calor EWYQ64BAWN en Revit [Elaboración propia]

7.4. COLOCACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS

Con todos los elementos creados y dimensionados debemos colocarlos en nuestro edificio.

Colocaremos las rejillas y los difusores al nivel del falso techo que corresponda, a 2.60 sobre el nivel Inicio Oficinas en el caso de las oficinas a y 2.80 en el caso de los pasillos.

También hemos creado unos conectores para el aire de retorno que en la realidad no existen pero que nos ayudarán en Revit a hacer la conexión de conductos ya que las rejillas no están conectadas a ningún conducto directamente sino que expulsan el aire al plenum y dicho aire es una parte reconducido a través del fan coil y otra es aspirada por el conducto de retorno. Las dimensiones de las conexiones (Largo x Ancho x Alto) son L x 100 x 110mm donde L es de 2000 mm en el caso de que se necesiten aspirar 2200 m³/h y de 1500 mm para aspirar 1600 m³/h. (Fig. 7.4.1)

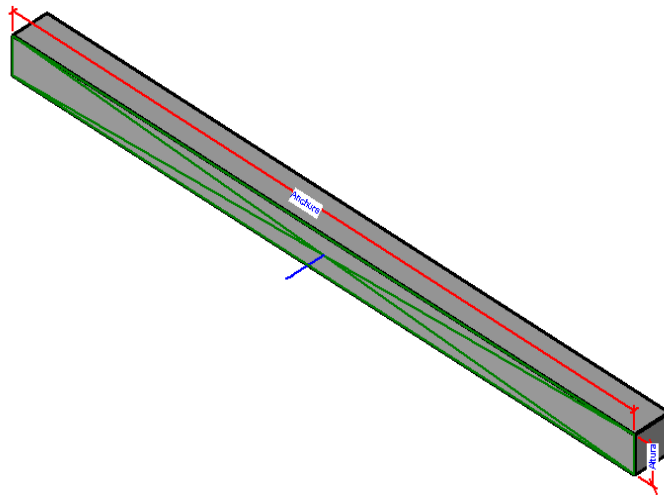


Fig. 7.4.1. Modelo Revit del conector de conducto de retorno [Elaboración propia]

Estos conectores se colocarán a 2.8 m sobre el suelo de las oficinas.

Los fan coils, ya sean de 8kW o de 12 kW, se colocarán a 40 cm sobre el falso techo de las oficinas.

Por último se colocarán el climatizador y bomba de calor en el nivel de la Azotea y más o menos sobre la Oficina 7.

En la Fig. 7.4.2 se puede ver una vista cenital del 3D de nuestro edificio donde se puede observar el posicionamiento de todos los elementos

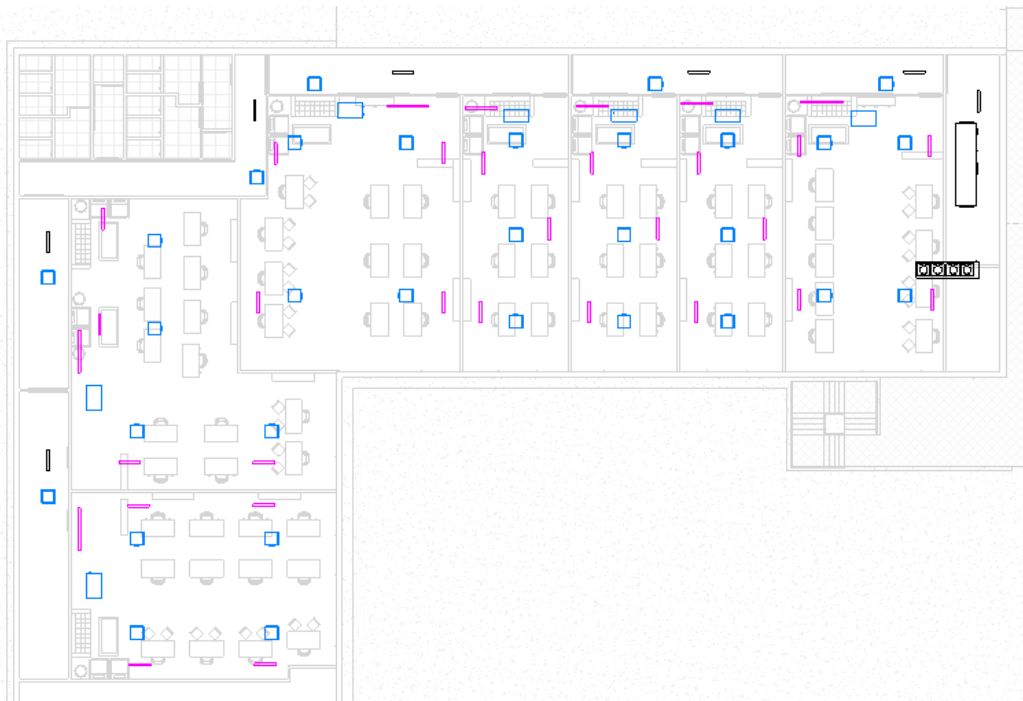


Fig. 7.4.2. Vista cenital del edificio en Revit [Elaboración propia]

El próximo paso que hay que dar es conectar nuestras unidades con conductos y tuberías.

7.5. CREACIÓN DE CONDUCTOS Y TUBERIAS

En este apartado se explicará cómo se crean uniones entre los distintos dispositivos de un sistema pero no será hasta el siguiente apartado donde se calculen los tamaños requeridos junto con la pérdida de presión que sufre la instalación.

En primer lugar, para facilitar el trabajo y que no se los conductos no se entremezclen con las tuberías, crearemos dos copias de la vista 3D que llamaremos “3D CONDUCTOS” y “3D TUBERIAS”. Estas se crean haciendo clic derecho sobre {3D} en nuestro *Navegador de proyectos* y seleccionando duplicar. Tras crear el duplicado hacemos lo mismo sobre este pero esta vez seleccionamos cambiar nombre. Se quitará la visibilidad de las tuberías y sus accesorios y uniones en el “3D CONDUCTOS” y viceversa.

Existen dos formas de crear tanto conductos como tuberías en Revit:

- Método automático de Revit: Este método consiste en introducirle a Revit los dispositivos que se quieren conectar mediante la creación de un sistema y que el software nos ofrezca soluciones para este enlace. Podremos elegir uno de los que nos ofrezca el programa o hacerle modificaciones a una de esas opciones para adecuarlo mejor a nuestro diseño preconcebido. Si en nuestra solución, todas las líneas que representan el esquema de nuestros conductos o tuberías son azules o verdes, Revit no dará fallo a la hora de ejecutar, mas eso no implica que de algún warning como por ejemplo que no reconozca el tamaño exacto de una conexión. En caso de aparecer alguna línea amarilla (en algún caso casi imperceptible) Revit tendrá problemas para ejecutar ese diseño y habría que remodelarlo.
- Método manual: La solución se basa en que al ir clicando en los dispositivos de nuestro proyecto nos aparecen las distintas entradas y salidas que este tiene. Clicando sobre una de estas se creará una tubería o conducto que podremos prologar lo que se desee y formar nuestro circuito. Si ya hay una tubería creada, al seleccionar un dispositivo, nos aparecerá la opción *Modificar* → *Diseño* → *Conectar a*. Eligiendo esta opción, Revit nos preguntará que entrada o salida queremos conectar y después a que tubería o conducto se va a hacer la conexión. Revit hará la conexión de forma automática.

En el caso de los conductos de aire acondicionado, se intentó hacer por el método automático pero Revit tenía problemas a la hora de reconocer dos tipos de conductos con diferente geometría (rectangular en la salida de fan coil y redondo en las derivaciones de este hasta los difusores).

Por este motivo, en este caso se decidió hacer manualmente. Para ello se seleccionó el climatizador y se extrajo el conducto de suministro de aire saliente. Después, con la ayuda de dos secciones perpendiculares entre sí (Revit no permite trabajar desde los alzados en la vista 3D), se llevará este conducto a lo largo del pasillo lo más pegado posible al límite con la azotea y al muro exterior. Dentro del edificio, se definirá una altura máxima de conducto de 225 mm cuyo motivo es que entren el conducto de impulsión de aire y el de retorno uno encima del otro y que esto no supere los límite del falso techo del pasillo (de 2.8 a 3.35 m sobre el nivel de Inicio Oficinas).

Una vez definido el conducto principal de impulsión, iremos seleccionando cada fan coil y con la opción *Conectar a* mencionada anteriormente,

seleccionaremos la entrada de aire rectangular del fan coil y lo uniremos al conducto principal.

En los distintos circuitos secundarios que hay se actuará de una manera semejante. En primer lugar se sacará el conducto de salida del fan coil correspondiente y se extenderá hasta la altura del fan coil más lejano. Posteriormente, desde una sección paralela al conducto de entrada del difusor, uniremos este al conducto del fan coil a través de un conducto de sección circular. Una vez conseguido, ejecutaremos el comando CV (shortcut) o *Sistemas → Climatización → Convertir a conducto flexible* y seleccionaremos el difusor que acabamos de insertar en el sistema. De esta forma el conducto que une el difusor con el conducto de su fan coil es ahora flexible, característica que es muy útil debido al reducido espacio que hay en el falso techo.

Los difusores del pasillo que van directamente unidos al conducto principal del sistema serán tratados de la misma forma que los de las oficinas.

La misma técnica será utilizada con el circuito de retorno de aire aunque este no tenga circuitos secundarios. El conducto principal del retorno se colocará inmediatamente debajo del de suministro y seguirá el mismo recorrido. Los conectores de retorno serán unidos al sistema de la misma forma que los fan coils se unen a su conducto principal. Ambos conductos principales deberán ser taponados en su extremo libre.

Cabe destacar que el sistema de suministro de aire lleva asociado el color azul y el de retorno el rosa. (Fig. 7.5.1)

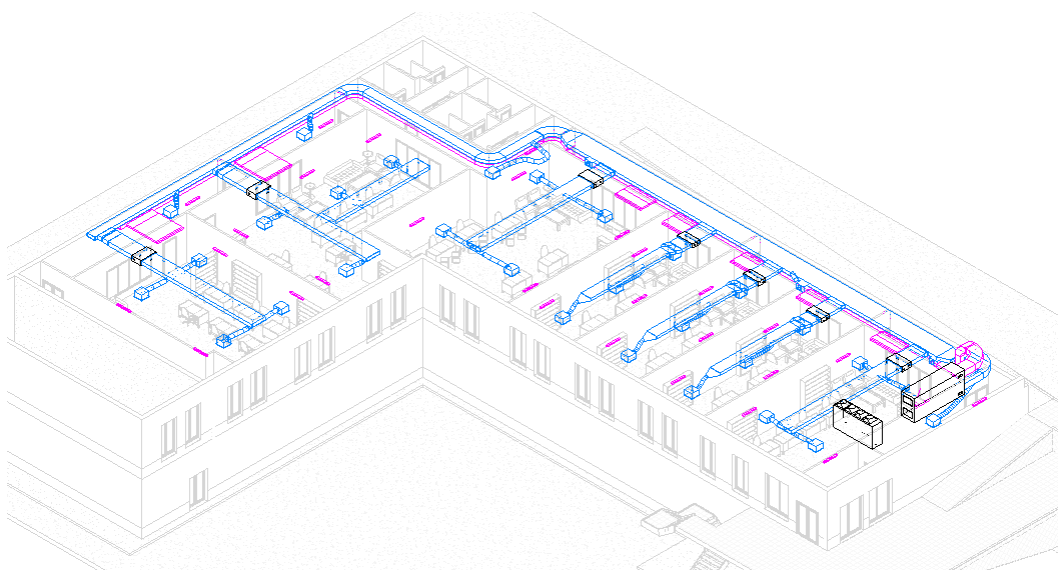


Fig. 7.5.1. Vista 3D de la red de conductos completa [Elaboración propia]

En cuanto a las tuberías, Revit nos ha permitido unir las con su método automático.

De este modo, debemos de seleccionar uno de los dispositivos que tengamos conexión de tuberías y que no sea la bomba de calor ya que es el componente principal. Escogemos el climatizador por ejemplo. Al seleccionarlo, se nos abren unas opciones de las que antes no disponíamos. Ejecutamos la opción de *Modificar* → *Crear sistemas* → *Tubería*. Al tener el climatizador varias conexiones de tuberías, debemos determinar qué circuito queremos crear. En primer lugar se creará el suministro hidrónico. Al seleccionar esa unión, se creará un sistema de suministro hidrónico que debemos editar. Para ello volvemos a seleccionar el climatizador y esta vez nos saldrá una nueva ficha llamada *Sistema de tuberías*. Dentro de ella encontramos la herramienta *Editar sistema* que procederemos a seleccionar. Tras esto debemos seleccionar todos los fan coils para incluirlos en el sistema. Por último, clicamos en *Seleccionar equipos* y elegimos la bomba de calor. Con esto ya estarían nuestro sistema de suministro hidrónico definido a falta de hacer las tuberías.

Para esto, seleccionamos cualquier elemento del sistema y usamos la herramienta *Modificar* → *Diseño* → *Generar diseño*. En ese momento, Revit comenzará a ofrecer distintas opciones de diseño, alguna de las cuales tienen líneas amarillas lo que significa que darán problemas. Debemos escoger el diseño que mejor se adapte a nuestra idea y modificarlo para mejorar su parecido en nuestro diseño. Debemos prestar especial atención a las alturas a la que se encuentran nuestras tuberías para no salirnos de los límites de nuestra arquitectura. Una vez diseñado nuestro circuito, hacemos clic en *Aceptar* y Revit se encargará de hacer las tuberías.

El proceso es idéntico para el caso del retorno hidrónico cuyas tuberías irán por debajo de las del suministro dentro del recinto de las oficinas.

El caso del circuito de los condensados, llamado “Sanitario” en nuestro proyecto, la situación cambia ligeramente ya que no hay un equipo principal que abastezca al resto o que recoja todo líquido del resto sino que todos los equipos expulsan sus condensados que van a parar a la red pública que no tiene representación en este TFG.

En este caso cuando editamos el sistema después de crearlo deberemos coger todos los aparatos que poseen conexión de saneamiento y esta vez no se seleccionará ningún equipo de forma especial. A la hora de generar el diseño, se puede seleccionar una base que será donde vayan a parar todas las tuberías de saneamiento en este caso.

Se ha escogido la esquina del edificio más cercana al climatizador y a una altura aproximada del nivel Falso Techo Pa.

El resultado se refleja en la Fig. 7.5.2 en la que el color verde representa el circuito de saneamiento, el amarillo el de suministro y el morado el de retorno hidráulico.

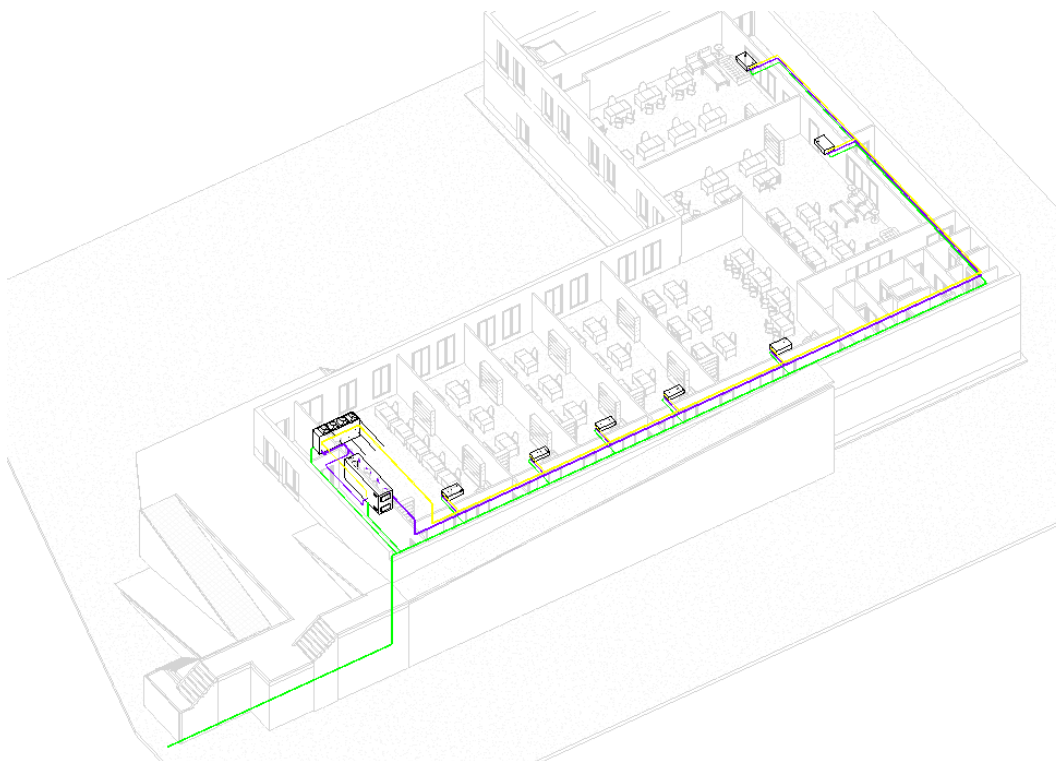


Fig. 7.5.2. Vista 3D de la red de tuberías de climatización [Elaboración propia]

7.6. PÉRDIDAS DE CARGA DE CONDUCTOS Y TUBERÍAS.

El cálculo de los tamaños de las tuberías y conductos se ejecutará en este punto ya que de él depende la cantidad de presión que cae por cada metro de conducto o tubería.

En el actual apartado se calculará la pérdida de presión en los conductos y tuberías y se comprobará si la presión disponible del climatizador y de los fan coils es suficiente en el caso de los conductos y la presión que nos debe aportar la bomba de nuestro aparato hidráulico principal para que subsane las pérdidas de nuestro circuito de tuberías.

Se harán tres cálculos de presiones en nuestra instalación de conductos: la caída de presión que se sufre el circuito más desfavorable desde el climatizador (se escogerá hasta el que finaliza en el fan coil de la oficina 1 ya que es el más alejado desde el fan coil), la caída de presión del circuito de retorno de aire

desde la oficina 1 por el mismo motivo que la impulsión de aire y, por último, la caída de presión de los circuitos de suministro de aire secundarios que comunican los fan coils con sus difusores correspondientes. Se calculará en el caso más desfavorable de los circuitos de 12 W y de 8 W para evitar posibles errores.

Estos resultados se compararán con las presiones disponibles de cada circuito que son de 250 Pa en impulsión de aire, 200 Pa en retorno, 97 Pa en el circuito secundario de 12 W y 68 Pa en el circuito secundario de 8 W.

En nuestro circuito de conductos usaremos la marca CLIMAVER que proporciona conductos que se adaptan a las normativas vigentes en cuanto a asilamiento y pérdidas de presión. Además confeccionan los conductos a partir de planchas de aluminio con aislante por lo que no tendremos problemas a la hora de pedir conductos de unas dimensiones u otras.

La justificación del buen aislamiento térmico que nuestros conductos se muestra en la gráfica de la Fig. 7.6.1.

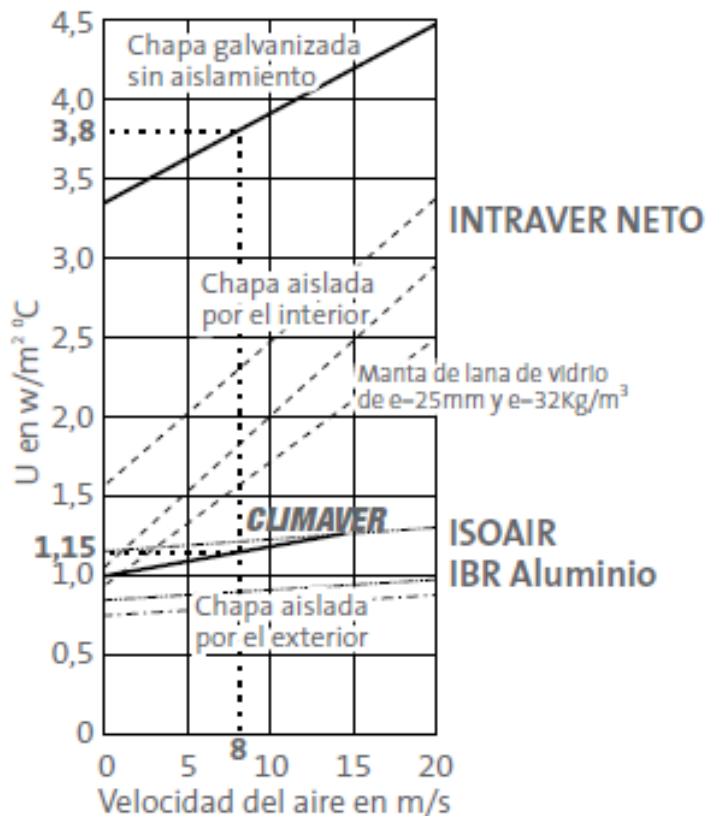


Fig. 7.6.1. Gráfica comparativa de la velocidad con el coeficiente de transmisión térmica del conducto. [CLIMAVER]

El propio fabricante, nos ofrece graficas de la caída de presión que sufre el fluido en el interior de sus conductos en función de la velocidad del mismo que es función del caudal del aire y la superficie de los conductos. (Fig. 7.6.2)

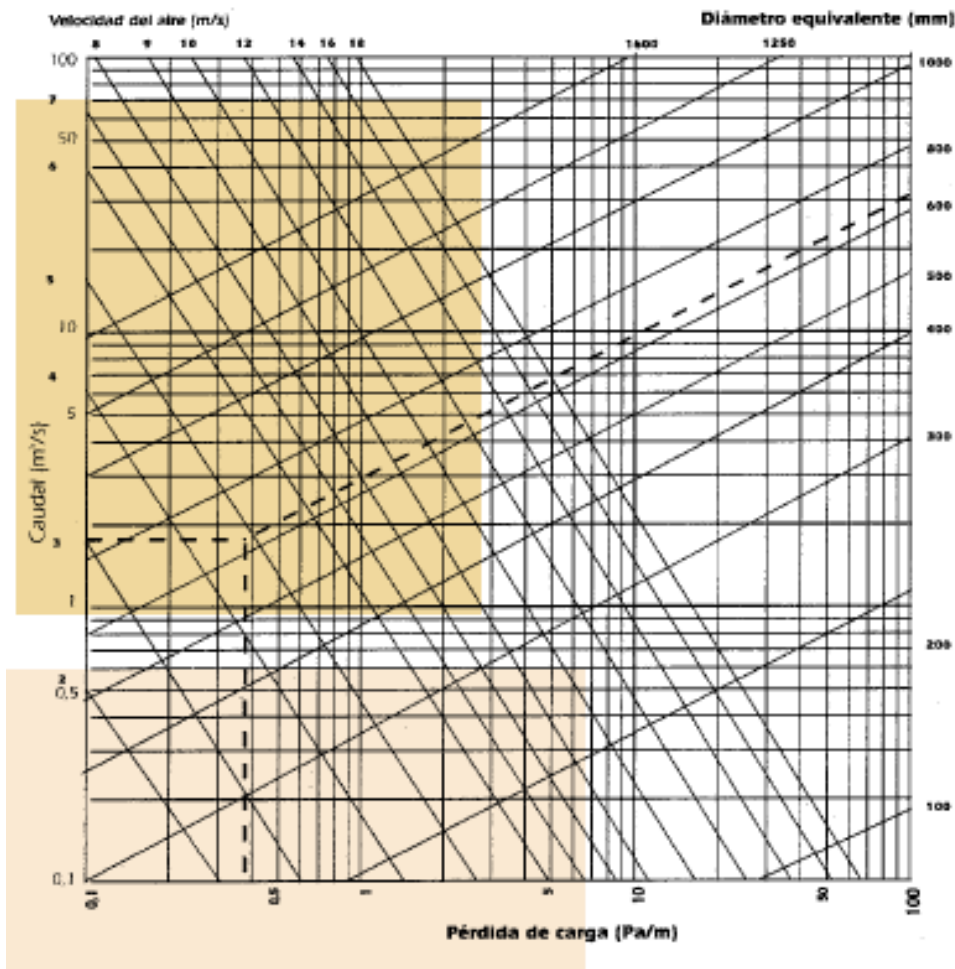


Fig. 7.6.2. Gráfica de caída de presión en conductos [CLIMAVER]

Esta grafica nos servirá para los conductos rígidos de esta marca. Para los conductos flexibles vamos a usar la fórmula de Darcy-Weisbach (10) ya que es la que usa Revit para su cálculo.

$$\Delta P = \rho * \left(f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2} \right) \quad (10)$$

donde:

- ρ es la densidad del fluido, en nuestro caso aire (1.29 kg/m^3).
- L es la longitud de la tubería en metros.
- D es el diámetro de la tubería en metros.
- v es la velocidad del fluido en m/s.
- f es el factor de fricción de la tubería.

Dicho factor de fricción (f) depende del tipo de flujo que corre en el interior de la tubería y que depende del n° de Reynolds. (11)

$$\text{Re} = \frac{\rho * V * D}{\mu} \quad (11)$$

Siendo μ la viscosidad del aire igual a 1.825×10^{-5} , el número de Reynolds será aproximadamente 52000 lo que nos indica que estamos en régimen turbulento. Sabiendo el Re del aire y la rugosidad relativa del conducto flexible ($\varepsilon/D=0.00375$) podemos entrar en el diagrama de Moody (Fig. 7.6.3) y hallar nuestro coeficiente de fricción f .

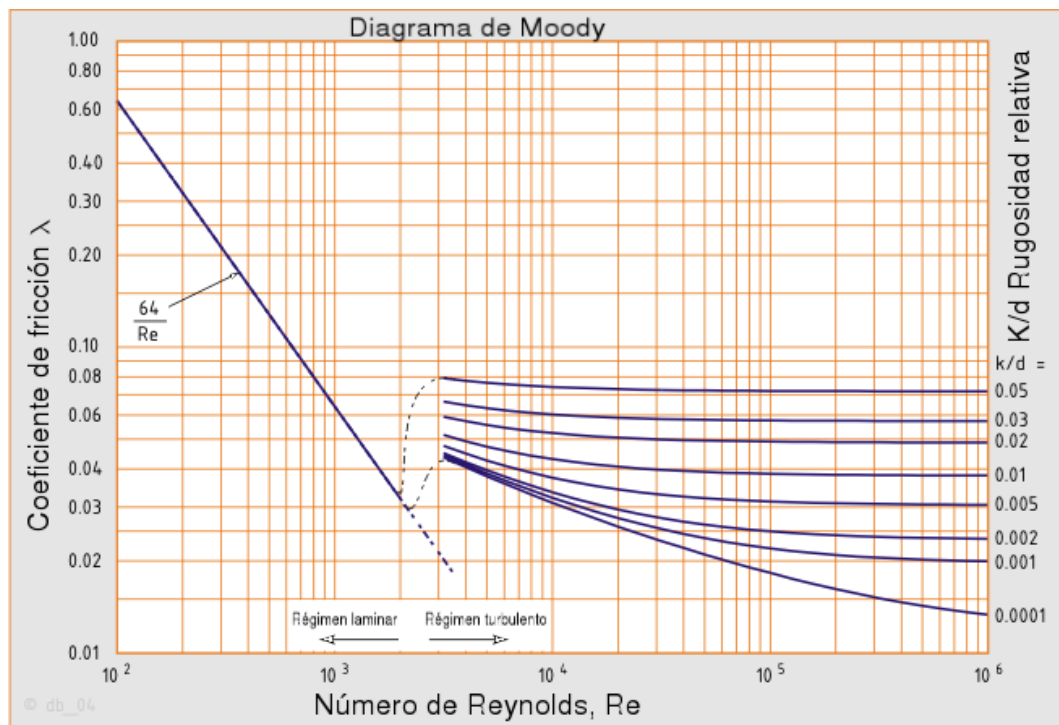


Fig. 7.6.3. Diagrama de Moody [https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Moody]

El coeficiente de fricción que resulta es de 0.027 y en este estudio la vamos a considerar constante para todas los conductos flexibles ya que la velocidad no varía tan significativamente como para considerar lo contrario.

El cálculo se efectuará en un nuevo Excel llamado "CALCULO CAIDAS DE PRESION" que contendrá 5 pestañas diferentes: 4 para conductos y 1 para tuberías.

El cálculo se hará siguiendo los siguientes pasos: [CLIMAVÉR]

- Se calcularán los caudales que hay por el camino más desfavorable teniendo en cuenta que comenzamos con un caudal de 1.135 m³/s e irá variando a medida que se encuentre con las distintas derivaciones.
- Se dimensionará la sección del conducto teniendo en cuenta que la velocidad del aire no deberá superar los 4 m/s. En el caso del conducto principal, esta velocidad podrá superarse para evitar el sobredimensionamiento. El conducto principal se analizará después de cada derivación a un fan coil. [UNE-EN 12237 y UNE-EN 13403]
- Los conductos que salgan o entren de los fan coils respetarán las dimensiones de la salida sea cual sea la velocidad.
- Se calculará el diámetro equivalente con la siguiente fórmula (12).

$$D = \frac{(a * b)^{0.625}}{(a + b)^{0.25}} \text{ [mm]} \quad (12)$$

- Hallaremos la caída de presión por unidad de longitud con ayuda de la Fig. 7.6.2.
- Se medirá el tramo y se multiplicará esa longitud por un factor de 1.3 para tener en cuenta las pérdidas locales de codos y derivaciones. En el caso de los conductos flexibles se calculará la carga con la fórmula (10).
- Se sumarán las pérdidas de cada tramo y se comprobará si es suficiente con la presión disponible.

Se ha dividido el conducto principal en tramos en Revit con el comando *Modificar* → *Modificar* → *Dividir elemento* o introduciendo SL.

Los resultados de los distintos cálculos de conductos se resumen en las siguientes figuras:

- Impulsión de aire del circuito principal: (Fig. 7.6.4)

	TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3	TRAMO 4	TRAMO 5	TRAMO 6	TRAMO 7	TRAMO 8	TRAMO 9
VOLUMEN DE AIRE [m ³ /s]	1,135	1,105	0,9125	0,8375	0,7325	0,6575	0,4525	0,23	0,2
SECCION MINIMA [mm ²]	283750	276250	228125	209375	183125	164375	113125	57500	50000
ANCHURA DEL CONDUCTO [mm]	700	1200	1200	1000	900	800	600	250	1066
ALTURA DEL CONDUCTO [mm]	400	225	225	225	225	225	225	225	275
SECCION REAL [mm ²]	280000	270000	270000	225000	202500	180000	135000	56250	293150
VELOCIDAD DEL AIRE[m/s]	4,05357143	4,09259259	3,37962963	3,72222222	3,61728395	3,65277778	3,35185185	4,08888889	0,68224458
DIAMETRO EQUIVALENTE [mm]	440,682291	403,783564	403,783564	374,179553	357,871828	340,301881	300,154679	199,366955	431,592602
CAIDA DE PRESION POR UNIDAD DE LONGITUD [Pa/m]	1	1	0,9	1,3	1,3	1,5	1,5	3,5	0,1
LONGITUD REAL DEL CONDUCTO [m]	5,0655	2,9465	5,948	6,5012	5,4822	7,7561	26,029	7,797	2,5281
LONGITUD MODIFICADA DEL CONDUCTO [m]	7,59825	4,41975	8,922	9,7518	8,2233	11,63415	39,0435	11,6955	3,79215
CAIDA DE PRESION DEL TRAMO [Pa]	7,59825	4,41975	8,0298	12,67734	10,69029	17,451225	58,56525	40,93425	0,379215

Fig. 7.6.4. Cálculos de la impulsión de aire referidos al circuito principal. [CALCULO CAIDAS DE PRESION.xlsx]

Como se dijo anteriormente, estos cálculos corresponden a las pérdidas de conductos del circuito que va desde el climatizador hasta el fan coil de la oficina 1 ya que es el circuito más largo y a priori el que más pérdida de carga sufrirá.

La caída de presión total calculada en los conductos es de 160.75 Pa y, al no especificarse ninguna pérdida local en ninguno de los dispositivos implicados, también será la total en este caso.

Como nuestro climatizador ofrece una presión disponible de hasta 250 Pa en impulsión podemos considerar esta demanda cubierta.

- Retorno de aire: (Fig. 7.6.5)

	TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3	TRAMO 4	TRAMO 5	TRAMO 6	TRAMO 7	TRAMO 8	TRAMO 9
VOLUMEN DE AIRE [m ³ /s]	1,135	1,105	0,9125	0,8375	0,7325	0,6575	0,4525	0,23	0,2
SECCION MINIMA [mm ²]	283750	276250	228125	209375	183125	164375	113125	57500	50000
ANCHURA DEL CONDUCTO [mm]	700	1200	1200	1000	900	800	600	250	2000
ALTURA DEL CONDUCTO [mm]	400	225	225	225	225	225	225	225	100
SECCION REAL [mm ²]	280000	270000	270000	225000	202500	180000	135000	56250	200000
VELOCIDAD DEL AIRE[m/s]	4,053571429	4,092592593	3,37962963	3,722222222	3,617283951	3,652777778	3,351851852	4,088888889	1
DIAMETRO EQUIVALENTE [mm]	440,6822907	403,7835635	403,7835635	374,1795528	357,8718279	340,3018808	300,1546793	199,3669555	303,8008073
CAIDA DE PRESION POR UNIDAD DE LONGITUD [Pa/m]	1	1	0,9	1,3	1,3	1,5	1,5	3,5	0,7
LONGITUD REAL DEL CONDUCTO [m]	5,0655	2,9465	5,948	6,5012	5,4822	7,7561	26,029	5,7367	2,5281
LONGITUD MODIFICADA DEL CONDUCTO [m]	7,59825	4,41975	8,922	9,7518	8,2233	11,63415	39,0435	8,60505	3,79215
CAIDA DE PRESION DEL TRAMO [Pa]	7,59825	4,41975	8,0298	12,67734	10,69029	17,451225	58,56525	30,117675	2,654505

Fig. 7.6.5. Cálculos del retorno de aire. [CALCULO CAIDAS DE PRESION.xlsx]

Este circuito es paralelo al de impulsión principal y se puede observar que, exceptuando el tramo 9 (conexiones finales con los conductos principales) y la distancia del tramo 8, todos los datos son iguales.

La suma de las pérdidas de presión de la Fig. 7.6.5, suman 152.20 Pa a los que hay que añadir una pérdida local en la absorción de aire a través de las rejillas de 7 Pa lo que suma 159.20 Pa.

Teniendo en cuenta que disponemos de 200 Pa de presión disponible en el climatizador, no necesitamos ningún grupo de presión adicional.

- Impulsión de aire del circuito secundario de 12 W: (Fig. 7.6.6)

	TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3	TRAMO 4 (CIRCULAR)	FLEXIBLE (CIRCULAR)
VOLUMEN DE AIRE [m3/s]	0,611111111	0,305555556	0,152777778	0,152777778	0,152777778
SECCION MINIMA [mm2]	152777,778	76388,8889	38194,4444	38194,44444	38194,44444
ANCHURA DEL CONDUCTO [mm]	1066	600	400	200	248
ALTURA DEL CONDUCTO [mm]	227	227	227		
SECCION REAL [mm2]	241982	136200	90800	31415,92	48305,11859
VELOCIDAD DEL AIRE[m/s]	2,52544037	2,24343286	1,68257465	4,863068717	3,162765815
DIAMETRO EQUIVALENTE [mm]	386,335647	301,636793	250,891975	200	---
CAIDA DE PRESION POR UNIDAD DE LONGITUD [Pa/m]	0,8	0,8	0,7	1,5	---
LONGITUD REAL DEL CONDUCTO [m]	5,097	4,0975	3,197	0,8457	0,98
LONGITUD MODIFICADA DEL CONDUCTO [m]	7,6455	6,14625	4,7955	1,26855	---
CAIDA DE PRESION DEL TRAMO [Pa]	6,1164	4,917	3,35685	1,902825	6,746181502

Fig. 7.6.6. Cálculos de la impulsión de aire en el circuito secundario de 12 W. [CALCULO CAIDAS DE PRESIÓN.xlsx]

Cabe destacar de este sistema que tiene dos tramos de sección circular lo que implica que directamente se da el diámetro equivalente. Además, se observa que el conducto flexible no tiene datos de caída de presión por metro y la razón de esto es que su pérdida de presión está calculada por la fórmula de Darcy-Weisbach (10).

Este cálculo se ha realizado en la oficina 2 desde su fan coil hasta el difusor más lejano de los cuatro que hay. El motivo de esta elección es que es difusor al ser el más alejado de su fan coil será el que más pérdida de carga del fluido requiera.

La caída en los conductos desde el fan coil hasta el difusor es de 23.04 Pa que sumados a los 14 Pa de la pérdida local del difusor nos da 37.04 Pa de pérdida total.

En este caso el fan coil nos proporciona una presión disponible de 98 Pa que son más que suficiente para subsanar las pérdidas de presión en el circuito más desfavorable.

- Impulsión de aire del circuito secundario de 8 W: (Fig. 7.6.7)

	TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3	FLEXIBLE (CIRCULAR)
VOLUMEN DE AIRE [m ³ /s]	0,44444444	0,2962963	0,14814815	0,148148148
SECCION MINIMA [mm ²]	111111,111	74074,0741	37037,037	37037,03704
ANCHURA DEL CONDUCTO [mm]	1000	700	300	248
ALTURA DEL CONDUCTO [mm]	175	175	175	
SECCION REAL [mm ²]	175000	122500	52500	48305,11859
VELOCIDAD DEL AIRE[m/s]	2,53968254	2,41874528	2,82186949	3,066924427
DIAMETRO EQUIVALENTE [mm]	323,138953	278,344755	190,952858	248
CAIDA DE PRESION POR UNIDAD DE LONGITUD [Pa/m]	0,7	1,05	2	---
LONGITUD REAL DEL CONDUCTO [m]	1,3446	3,2632	2,7959	1
LONGITUD MODIFICADA DEL CONDUCTO [m]	2,0169	4,8948	4,19385	---
CAIDA DE PRESION DEL TRAMO [Pa]	1,41183	5,13954	8,3877	6,472976386

Fig. 7.6.7. Cálculos de la impulsión de aire en el circuito secundario de 8 W. [CALCULO CAIDAS DE PRESIÓN.xlsx]

En este caso el conducto flexible está directamente unido al conducto rectangular. Se escogerá el difusor más alejado del fan coil de 8 W de cualquiera de las tres oficinas que lo tienen ya que están diseñadas de idéntica forma.

La pérdida en conductos ha sido de 21.41 Pa a los que hay que sumarle una pérdida local de 13 Pa en el difusor. El resultado final es de 34.41 Pa.

Con este último circuito completaremos nuestro sistema de conductos.

A continuación se procederá al dimensionamiento de las tuberías que en nuestro caso serán de polipropileno y entre los distintos fabricantes elegimos “S&E y CIA. SA” como proveedor de las tuberías.

Los pasos a seguir en el dimensionado son similares al de los conductos pero posee pequeñas diferencias significativas como el hecho que de aquí se dimensionará la bomba de presión una vez calculadas las pérdidas. Se escogerá el recorrido de la bomba de calor al fan coil de la oficina 1 ya que es el más desfavorable en cuanto a caídas de presión.

- Se calcularán los caudales de los distintos tramos.
- Se calculará el área mínima limitando la velocidad a 2 m/s. También se calcularán los diámetros mínimos correspondientes a esas áreas. [CTE-DB HS Salubridad]
- Se escogerán las tuberías que satisfagan los requisitos mínimos según el fabricante (Fig. 7.6.8).

- Se hallarán los grados de presión (R en mbar/m) también del fabricante. (Fig. 7.6.8)
- Se medirán las longitudes y se multiplicarán por un factor de 1.3 para asumir las pérdidas en codos y tes.
- Se hallará la caída de presión de cada tramo, se añadirán las pérdidas de los dispositivos que lo tengan y se dimensionará la bomba de presión.

Tabla de pérdida de carga por fricción, para tuberías PP-R TECNOPIPE® PN20 a 60 °C

V = Velocidad (l/s)		R = grado de presión (mbar/m)									v = caudal (m ³ /s)		
		Rugosidad = 0.0070 mm									Temperatura = 20°C		
		Densidad = 895 kg/m ³									Viscosidad = 0.47x10 ⁻⁴ m ² /s		
d x s ▶	d ▶	20x3.4	25x4.2	32x5.4	40x6.7	50x8.3	63x10.5	75x12.5	90x15.0	110x18.3			
V	d	13.2mm	16.6mm	21.2mm	26.6mm	33.2mm	42.0mm	50.0mm	60.0mm	73.2mm			
0.05	R	1.56	0.52	0.16	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00			
	V	0.37	0.23	0.14	0.09	0.06	0.04	0.03	0.02	0.00			
0.10	R	5.34	1.77	0.55	0.19	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00			
	V	0.73	0.46	0.29	0.18	0.12	0.07	0.05	0.04	0.00			
0.14	R	9.76	3.22	0.99	0.34	0.12	0.04	0.02	0.01	0.00			
	V	1.02	0.65	0.40	0.25	0.16	0.10	0.07	0.06	0.00			
0.20	R	19.63	6.11	1.87	0.63	0.22	0.07	0.03	0.01	0.01			
	V	1.46	0.92	0.57	0.36	0.23	0.14	0.10	0.07	0.05			
0.30	R	39.19	12.74	3.88	1.30	0.45	0.14	0.06	0.03	0.01			
	V	2.19	1.39	0.85	0.54	0.35	0.22	0.15	0.11	0.07			
0.40	R	66.77	21.56	6.53	2.17	0.75	0.24	0.10	0.04	0.07			
	V	2.92	1.85	1.13	0.72	0.46	0.29	0.20	0.14	0.10			
0.50	R	101.28	32.54	9.80	3.25	1.11	0.36	0.16	0.06	0.03			
	V	3.65	2.31	1.42	0.90	0.59	0.36	0.25	0.18	0.12			
0.60	R	142.66	45.63	13.66	4.52	1.54	0.50	0.21	0.09	0.03			
	V	4.38	2.77	1.70	1.08	0.69	0.43	0.31	0.21	0.14			
0.70	R	191.41	60.82	18.17	5.98	2.04	0.66	0.28	0.12	0.06			
	V	5.12	3.23	1.98	1.26	0.81	0.51	0.36	0.25	0.17			
0.80	R	246.48	78.10	23.26	7.54	2.60	0.83	0.36	0.15	0.06			
	V	5.95	3.70	2.27	1.44	0.92	0.58	0.41	0.28	0.19			
0.90	R	308.34	97.45	28.94	9.48	3.22	1.03	0.44	0.18	0.07			
	V	5.58	4.16	2.55	1.62	1.04	0.66	0.46	0.32	0.21			
1.00	R	376.96	119.25	35.20	11.51	3.90	1.24	0.54	0.22	0.09			
	V	7.31	4.62	2.83	1.80	1.16	0.72	0.51	0.35	0.24			
1.20	R	534.45	167.32	49.49	16.12	5.04	1.73	0.74	0.31	0.12			
	V	8.77	5.54	3.40	2.16	1.39	0.87	0.61	0.42	0.29			
1.40	R	719.03	225.50	66.10	21.45	7.21	2.29	0.98	0.41	0.16			
	V	10.23	6.47	3.97	2.52	1.62	1.01	0.71	0.50	0.33			
1.60	R	950.53	291.06	86.30	27.51	9.23	2.92	1.25	0.52	0.20			
	V	11.69	7.39	4.53	2.88	1.85	1.15	0.81	0.57	0.38			
1.80	R	1163.99	364.69	106.55	34.28	11.47	3.63	1.55	0.54	0.25			
	V	13.15	8.32	5.10	3.24	2.08	1.30	0.92	0.64	0.43			
2.00	R	1434.39	446.49	130.10	41.77	13.95	4.40	1.88	0.78	0.30			
	V	14.61	9.24	5.67	3.60	2.31	1.44	1.02	0.71	0.48			
2.20	R	1726.73	536.44	155.94	49.97	16.65	5.24	2.24	0.92	0.35			
	V	16.08	10.17	6.22	3.96	2.54	1.59	1.12	0.78	0.52			
2.40	R	2045.99	634.54	194.05	59.29	19.59	6.15	2.62	1.06	0.41			
	V	17.54	11.09	6.80	4.32	2.77	1.73	1.22	0.75	0.57			
2.60	R	2392.18	740.78	214.47	68.72	22.74	7.13	3.04	1.25	0.48			
	V	19.00	12.01	7.37	4.66	3.00	1.98	1.32	0.92	0.62			
2.80	R	2765.29	855.16	247.16	79.05	26.13	8.18	3.48	1.43	0.55			
	V	20.46	12.94	7.93	5.04	3.23	2.02	1.43	0.99	0.67			
3.00	R	3155.32	977.59	282.12	90.09	29.73	9.30	3.95	1.62	0.62			
	V	21.92	13.86	8.50	5.40	3.47	2.17	1.53	1.06	0.71			
3.20	R	3592.26	1108.35	319.37	101.83	33.57	10.48	4.45	1.83	0.70			
	V	23.38	14.79	9.07	5.76	3.70	2.31	1.63	1.13	0.76			
3.60	R	4826.88	1394.09	400.58	127.42	42.06	13.06	5.53	2.27	0.86			
	V	26.31	16.63	10.20	6.49	4.15	2.60	1.93	1.27	0.86			
3.80	R	5034.66	1549.16	444.76	141.26	46.58	14.44	6.12	2.50	0.95			
	V	27.77	17.56	10.77	6.84	4.39	2.74	1.94	1.34	0.90			
4.00	R	5569.15	1712.36	491.10	165.80	51.31	15.89	6.73	2.75	1.04			
	V	29.23	18.48	11.33	7.20	4.62	2.99	2.04	1.41	0.95			
4.20	R	6130.85	1883.85	539.74	181.25	56.21	17.41	7.36	3.01	1.14			
	V	30.69	19.41	11.90	7.56	4.85	3.03	2.14	1.49	1.00			
4.60	R	7334.37	2250.76	643.77	203.63	66.85	20.65	8.72	3.56	1.35			
	V	33.61	21.25	13.03	8.28	5.31	3.32	2.34	1.63	1.09			
4.80	R	7976.60	2446.49	699.21	220.97	72.47	22.37	9.44	3.85	1.46			
	V	35.08	22.18	13.60	8.64	5.54	3.46	2.44	1.70	1.14			
5.00	R	8465.73	2650.35	756.52	239.00	78.32	24.16	10.19	4.15	1.57			
	V	36.54	23.10	14.16	9.00	5.78	3.61	2.55	1.77	1.19			
5.20	R	9341.77	2862.34	816.50	257.74	84.39	26.01	10.96	4.47	1.69			
	V	38.00	24.03	14.73	9.36	6.01	3.75	2.65	1.84	1.24			
5.60	R		3310.71	943.67	297.30	97.18	30.02	12.59	5.13	1.94			
	V		25.88	15.86	10.08	5.47	4.04	2.85	1.98	1.33			
6.00	R		3791.60	1079.52	339.65	110.86	34.19	14.33	5.83	2.20			
	V		27.72	17.00	10.80	6.93	4.33	3.06	2.12	1.43			
6.60	R		4573.91	1300.32	408.40	133.03	40.94	17.13	6.96	2.62			
	V		30.50	18.70	11.88	7.62	4.76	3.36	2.33	1.57			
7.00	R		5195.05	1498.98	497.72	148.92	46.76	19.14	7.76	2.92			
	V		32.24	19.83	12.50	8.09	5.06	3.57	2.48	1.66			
7.50	R		5894.55	1669.84	523.29	170.01	52.16	21.88	8.83	3.32			
	V		34.65	21.25	13.50	8.66	5.41	3.82	2.65	1.78			
8.00	R		6683.80	1894.98	593.20	192.49	58.96	24.71	9.96	3.74			
	V		36.96	22.66	14.40	9.24	5.77	4.07	2.83	1.90			
9.00	R		8434.72	2397.52	745.09	241.55	73.50	30.86	12.42	4.66			
	V		41.58	26.00	16.20	10.40	6.50	4.58	3.18	2.14			
10.00	R			2937.39	916.37	296.12	90.26	37.87	15.21	5.86			
	V			28.33	17.99	11.55	7.22	5.09	3.54	2.38			

Tabla No. 12

Fig. 7.6.8. Características de pérdida de presión de las distintas tuberías ofrecidas [S&E y CIA]

En la Fig. 7.6.9, se muestran los resultados del cálculo del dimensionamiento de las tuberías.

	TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3	TRAMO 4	TRAMO 5	TRAMO 6	TRAMO 7	TRAMO 8
CAUDAL [m ³ /s]	0,00305179	0,00253638	0,00211865	0,00186647	0,00161264	0,00135875	0,00095215	0,00048625
SECCIÓN MINIMA [mm ²]	1525,89627	1268,19045	1059,32566	933,234952	806,318146	679,377416	476,076591	243,126902
DIAMETRO MINIMO [mm]	44,0775665	40,1834614	36,7256804	34,4707397	32,0411667	29,4110587	24,6203101	17,5942846
DIAMETRO INT. ESCOGIDO [mm]	50	42	42	42	33,2	33,2	26,6	21,2
DIAMETRO EXT. ESCOGIDO [mm]	75	63	63	63	50	50	40	32
GRADO DE PRESION [mbar/m]	3,95	7,13	5,24	3,63	9,23	7,21	10,5	9,8
LONGITUD REAL [m]	0,2022	14,4333	6,3244	4,7703	5,0455	7,7281	28,7858	10,8484
LONGITUD CORREGIDA [m]	0,26286	18,76329	8,22172	6,20139	6,55915	10,04653	37,42154	14,10292
CAIDA DE PRESION TRAMO [mbar]	1,038297	133,782258	43,0818128	22,5110457	60,5409545	72,4354813	392,92617	138,208616

Fig. 7.6.9. Cálculo del circuito de tuberías [CALCULO CAIDAS DE PRESION.xlsx]

En la hoja Excel se indicará donde es cada tramo pero en el caso de las tuberías cabe decir que los tramos van de derivación a derivación. Los 8 tramos que tenemos son el que sale de la bomba de calor hasta la derivación del climatizador después 6 que van de derivación a derivación y por último, el tramo que va desde la derivación del fan coil de la oficina 2 hasta el fan coil de la oficina 1.

La suma de la pérdida de presión por las tuberías es de 1729.05 mbar a los que debemos sumar 260 mbar de pérdida local en el fan coil 1 lo que hace un total de 1989.05 mbar.

Se instalará una bomba que proporcione 2 bares de presión útil disponible a la salida de la bomba de calor para que el agua pueda superar todas estas pérdidas.

Una vez que hemos definido todos los conductos y tuberías de nuestro sistema, debemos modificar los que teníamos anteriormente para que cumplan los requisitos calculados. Las tuberías además se recubrirán con el aislante calculado en el apartado 3.2.

Cabe destacar que en el caso de los conductos de los circuitos secundarios de 12 W, se dimensionará los conductos no analizados dependiendo del número de difusores que a los que este conducto abastezca de tal modo que los que abastecen a 4 difusores tendrán unas dimensiones de 1066x227mm, los que abastezcan a 2 serán de 600x227mm y los de 1 difusor de 400x227mm.

En el caso del circuito de 8 W, se respetarán las dimensiones calculadas en las tres oficinas que tienen este circuito ya que la instalación es idéntica.

El resultado final de todas las puede verse en el ANEXO II: PLANOS que se desarrollará al final de este TFG.

7.7. INFORMACIÓN SOBRE EL ESTUDIO DE PERDIDAS DE PRESIÓN

Revit es capaz de ejecutar análisis de pérdidas de carga en conductos y tuberías pero en este caso nos hemos encontrado con un problema al generar nuestros dispositivos a partir de duplicados y no han sido bien reconocidos por el software y produce errores sobre las direcciones de fluido.

A pesar de todo se explicará el procedimiento a seguir para realizar el estudio de caídas de presión. Para ejecutarlo, debemos seleccionar la siguiente opción: *Analizar* → *Informe y tablas de planificación* → *Información de pérdida de presión en conductos*. Una vez aquí, seleccionaríamos el sistema del que deseamos hacer el estudio y posteriormente se nos abrirá un menú como en las tablas de planificación donde se elegirán los campos a analizar.

Cuando hayamos escogido los campos, daremos a aceptar y Revit nos ofrecerá una tabla de planificación con todos esos datos donde podemos destacar entre otros la ruta más crítica.

En el caso de las tuberías el procedimiento es el mismo a excepción de la herramienta que hay que utilizar que en este caso es: *Analizar* → *Informe y tablas de planificación* → *Información de pérdida de presión en tuberías*.

Una de las soluciones a nuestro problema sería los fabricantes creasen los modelos BIM de sus componentes lo que potenciaría significativamente el uso de esta tecnología y además, teniendo en cuenta que se van a exigir proyectos efectuados con tecnología BIM, sería una gran plataforma de venta de sus productos.

7.8. TABLAS DE CANTIDADES

Revit al ser una herramienta de BIM, es capaz de gestionar las cantidades de cada material que se están utilizando en un proyecto para que sea más fácil establecer un presupuesto.

La metodología para ejecutar esta tabla de cantidades debemos ejecutar el comando *Analizar* → *Informe y tablas de planificación* → *Tabla de planificación/Cantidades*.

Una vez en este espacio se no habría un menú y dentro de mecánica escogeremos conductos o conductos flexibles.

Añadiremos entonces la subcategorías de nuestras tablas de planificación. En el caso de los conductos rígidos añadiremos las siguientes: tipo de sistema altura, anchura, diámetro (para las derivaciones), diámetro equivalente,

En el caso de los conductos flexibles, solo miraremos el diámetro y la longitud ya que Revit no nos ofrece ningún parámetro más que nos interese. (Fig. 7.8.2)

<CONDUCTOS FLEXIBLES>	
A	B
Diámetro	Longitud
200	1.376
200	1.922
200	0.683
200	1.376
200	1.921
200	0.683
200	1.376
200	1.922
200	0.683
240	1.768
240	1.769
240	1.768
240	1.767
240	0.847
240	0.861
240	0.975
240	0.757
240	1.120
240	1.386
240	1.470
240	1.471
240	1.473
240	1.471
240	1.092
240	1.196
240	1.202
240	1.084
240	1.514
248	1.653
248	4.087
248	0.987
248	1.023

Fig. 7.8.2. Tabla de planificación de conductos flexibles [Elaboración propia]

En el caso de las tuberías tras entrar en el menú de la tabla de planificaciones, debemos seleccionar fontanería en el menú desplegable y buscar “Tuberías”. Se seleccionarán los campos de: tipo de sistema, tamaño total, longitud, fabricante y URL. Se filtrará por tipo de sistema y tamaño total (Fig. 7.8.3)

Con estas tablas de planificación y sabiendo el coste unitario de los materiales se puede calcular el presupuesto de los conductos y tuberías que sumados a los precios de todos nuestros aparatos nos daría el coste total material de nuestra instalación.

Si los modelos BIM nos hubiesen sido ofrecidos por el fabricante y los cálculos de flujo y pérdidas de carga hubiesen sido posibles, también hubiesen sido un buen campo para incluir en nuestras tablas de planificación.

8. CONCLUSIONES

Tras el desarrollo de este TFG se llegan a una serie de conclusiones referidas al software utilizado y las tareas a las que este ha sido sometido.

En resumen, podemos determinar que Revit es una herramienta BIM que nos aporta una gran cantidad de información sobre nuestro proyecto gracias a los informes y tablas de planificación y que además posee herramientas que facilitan el trabajo notablemente como el cálculo automático de la luminosidad en los distintos espacios o el sistema automático de creación de conductos y tuberías siempre que se den las condiciones correctas para ello.

No obstante también nos hemos encontrado con una serie de dificultades con el software que deberían ser subsanadas ya que pronto será obligatorio ejecutar los proyectos con BIM. Los inconvenientes son los siguientes:

- Mal reconocimiento de los límites de las azoteas en los casos en los que hay un falso techo. En este caso se ha decidido hacer una copia del arquitectónico sin falsos techos para vincularlo y resolver este problema pero debería haber una solución más ortodoxa.
- Diferencias significativas en el cálculo de cargas térmicas en azoteas en verano. La diferencia se debe a una descompensación del reparto en las oficinas ya que la suma no discrepa tanto de los cálculos totales realizados de comprobación.
- Poca cantidad de librerías en cuanto a dispositivos mecánicos lo que dificulta bastante el diseño de la instalación. Este problema debería ser solucionado por los fabricantes más que por los desarrolladores del software ya que deberían ser los primeros los que ofrecieran los modelos BIM de sus productos.
- Imposibilidad de alternar dos geometrías de conductos en el método automático de generación de diseños de sistemas. Por esta razón nos hemos visto obligados a generar el sistema de conductos por el método manual.
- Al hacer nuestro dispositivos a partir de duplicados, no se han cambiado las características del original lo que a posteriori ha supuesto un fallo insalvable a la hora de ejecutar un análisis de pérdidas de cargas tanto en conductos como en tuberías debido a que no reconoce bien los sentidos del flujo. Revit debería incluir una opción de crear familias desde cero sin que haya que modelarlos directamente en el proyecto. Solo se puede acceder a esta pantalla desde un modelo existente.

- Revit no deja elegir los cerramientos utilizados por lo que hay que coger otros cuyos coeficientes sean parecidos pero es muy difícil que coincidan exactamente por lo que se pierde precisión de una forma que sería fácilmente evitable si se dejará introducir los coeficientes manualmente o elegir los cerramientos utilizados.

A pesar de estos inconvenientes hay que decir que Revit posee una interfaz bastante sencilla de utilizar por los usuarios lo que facilita bastante el aprendizaje y que para ser un software que no se especializa en ningún tipo de instalación en concreto como CYPE o Dialux, hace unos cálculos de los sistemas bastante correctos siempre que se den condiciones aptas para el cálculo. Además en los distintos dispositivos creados podemos incluir los URLs de los manuales en la información de estos con el fin de tener los datos que no se han modificado al duplicar otra familia distinta.

Debemos recordar que este proyecto se ha realizado con Revit 2015 versión educativa la cual tiene alguna función menos que la función de pago como las simulaciones de análisis energéticos.

9. FUTURAS LINEAS DE TRABAJO

El desarrollo de este TFG ha abierto nuevos campos de investigación sobre este software que se pueden llevar al análisis. Algunas de estos campos pueden estar referidos a modificaciones del este edificio en cuanto a cerramientos y espacios y otras están referidas a las instalaciones.

- En cuanto a la arquitectura, se podrían hacer modificaciones con los falsos techos tanto en pasillos como en oficinas para aumentar así el espacio que tendríamos con nuestros sistemas ya que en este caso no disponíamos de un gran espacio lo que nos llevó a limitaciones en el diseño de nuestros conductos.
- El estudio de la instalación eléctrica, que este TFG no se realiza debido a que solo se busca el cálculo de la luminosidad, podría realizarse de una manera más exhaustiva en otro proyecto.
- En caso de no variar la arquitectura, podemos buscar otras soluciones que no impliquen tanto espacio.

Todas estas líneas de trabajos podrían ser temas para futuros proyectos sobre este edificio.

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] Escudero, P. (2013). ESTUDIO SOBRE LAS EXIGENCIAS EN UN MODELO BIM PARA EVALUAR PRESTACIONALMENTE EL DOCUMENTO BASICO DE PROTECCION CONTRA EL RUIDO DEL CTE.
- [2] Ortega, S. (2014). BIM desde el punto de vista del Project Manager. Retrieved from https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiKoZbm9YzNAhXJ7hoKHQIdAf4_QFggyMAM&url=http://escuelaedificacion.org/images/zoo/uploads/PDF/CONFERENCIAS/140923_Presentacion_Bovis_BIM_COAATM.pdf&usg=AFQjCNHXPxvLlaBZdOB9h8Okv1dMn2i6gQ&sig2=LHcdpMVXLh8iliMFDtHQtw
- [3] BuildingSmart. (2015). Spanish journal of BIM. Retrieved from <https://www.google.es/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=0ahUKEwj59omy-47NAhXLSRoKHSMTDqwQjBOIBA&url=http://bimforummexico.mx/Doctos/buildingSmart.pdf&psig=AFQjCNGnxCqSKcaTxEyU71J-yqHxGHYFMQ&ust=1465149994803173&cad=rjt>
- [4] Smith, P. (2014). BIM & the 5D Project Cost Manager. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 475–484. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.053>
- [5] BIMFORUM. (2013). Level of development specification, 10. Retrieved from <http://bimforum.org/wp-content/uploads/2013/08/2013-LOD-Specification.pdf>
- [6] Migilinskas, D., Popov, V., Juocevicius, V., & Ustinovichius, L. (2013). The Benefits, Obstacles and Problems of Practical Bim Implementation. *Procedia Engineering*, 57, 767–774. <http://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.04.097>
- [7] Revit-Autodesk. (2016). Revit. Retrieved from <https://es.wikipedia.org/wiki/Revit>

- [8] Ortega, B. (n.d.). espaciobim. Retrieved from <http://www.espaciobim.com/interfaz-revit/>
- [9] Bokmiller, D., Whitbread, S., & Hristov, P. (n.d.). *Mastering Autodesk Revit MEP 2014*. ISBN: 9781118741375
- [10] ATECYR. (n.d.). Instalaciones de climatización por agua.
- [11] Revit help. Retrieved from <http://help.autodesk.com/view/RVT/2015/ESP/?guid=GUID-60EC93DB-5194-4334-9D61-B17850CE3BC1>
- [12] Torrella Alcaraz, E., Navarro Esbrí, J., Cabello López, R., & Gómez Marqués, F. (2005). *MANUAL DE CLIMATIZACIÓN*. ISBN: 84-89922-46-2. Cap.4
- [13] Ingemecánica. Retrieved from <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn255.html>
- [14] IDAE. (n.d.). *Guía técnica Condiciones climáticas exteriores de proyecto*. ISBN: 9788496680562
- [15] AEMET Atlas de radiación solar. Retrieved from http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas_radiacion_solar

Normativa utilizada:

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE)
- UNE-EN 12464-1:2003 para instalaciones eléctricas.
- CTE-DB HE Ahorro de Energía.
- UNE-EN 13779 para calidad de aire interior.
- UNE-EN 12237 y UNE-EN 13403 para dimensionado de conductos.
- CTE-DB HS Salubridad para el dimensionado de tuberías.

ANEXO I: MANUALES UTILIZADOS.

DIFUSORES: [SCHAKO_DQJ]

http://schako.es/es/products/37#difusor_rotacional_de_techo_dqj-a-sr

REJILLAS: [SCHAKO_PA]

http://schako.es/sites/default/files/products/attachments/404/pa_es.pdf

BOMBA DE CALOR:

<http://www.daikin.es/products/index.jsp?singleprv=EWYQ-BAWN&pf=0>

FAN COIL:

<http://www.daikin.es/products/index.jsp?singleprv=FWD-AT&pf=0>

CONDUCTOS:

https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwi-mY_OrOnNAhXMKcAKHU_BD7EQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.isover-aislamiento-tecnico.es%2FDocumentacion%2FClimatizacion%2FManuales-y-guias%2FManual-de-conductos-de-aire-acondicionado-CLIMAVER&usg=AFQjCNFQdc-KOW7U-OP-Bkm8UpaW4sYhEA&bvm=bv.126130881,d.ZGg&cad=rja

TUBERIAS:

<http://www.tecnopipe.com/productos> y clicar en polipropileno.

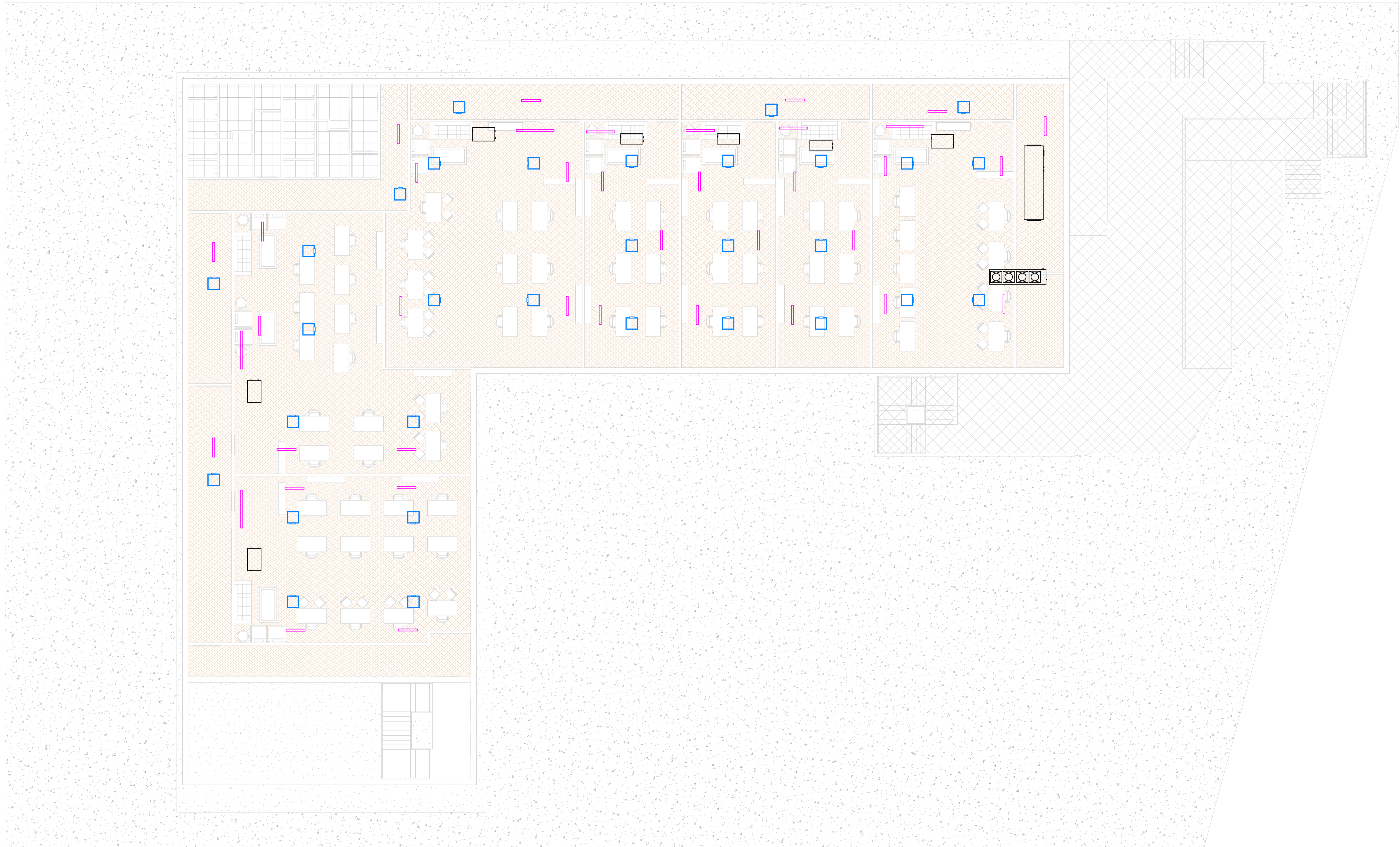
CLIMATIZADOR:

Modelo CL-3-4540. Creado a medida por la marca Schako.

ANEXO II: PLANOS

INDICE DE PLANOS:

1. DISTRIBUCIÓN DE DISPOSITIVOS.
2. SISTEMA DE CONDUCTOS.
3. SISTEMA DE TUBERIAS.



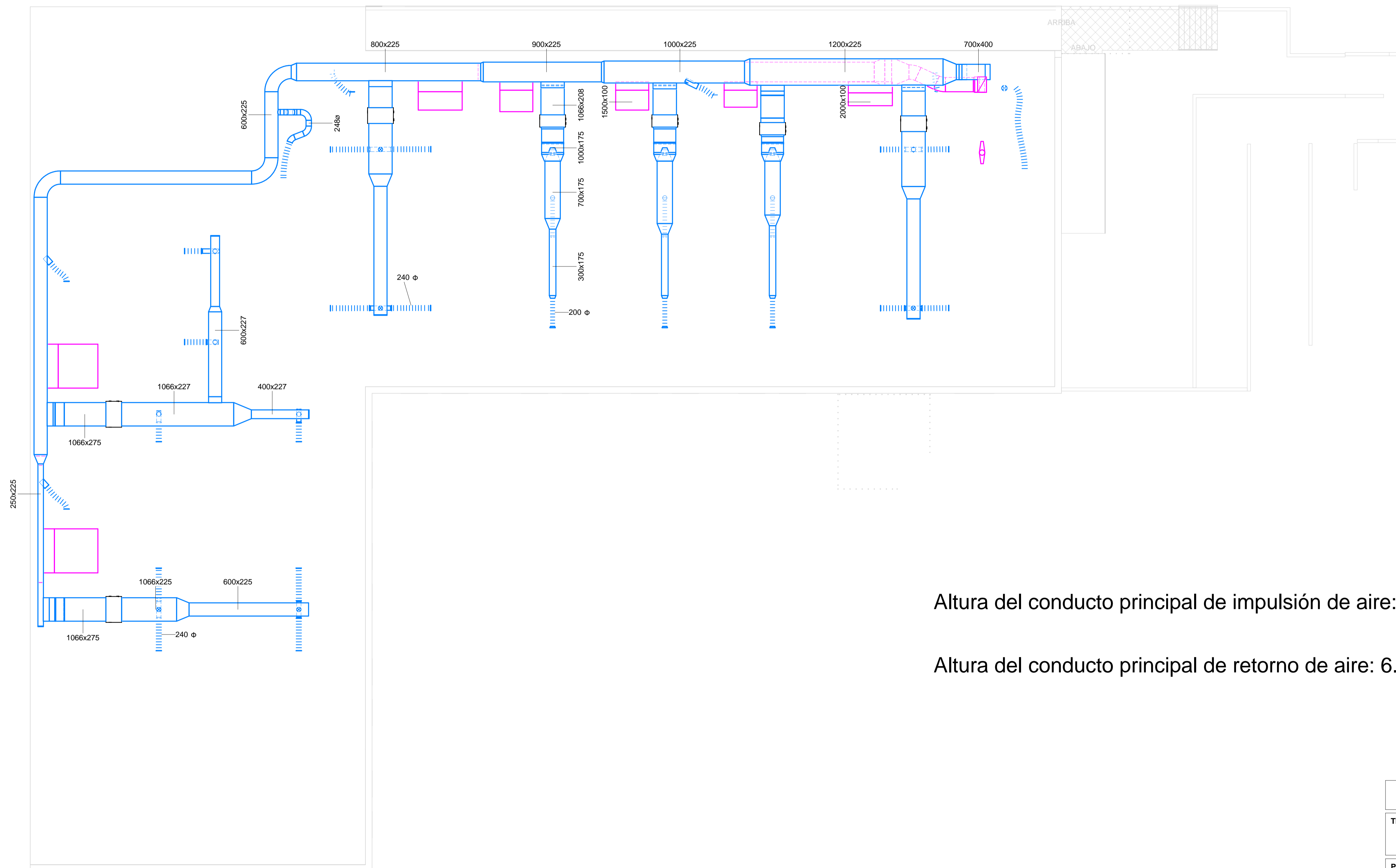
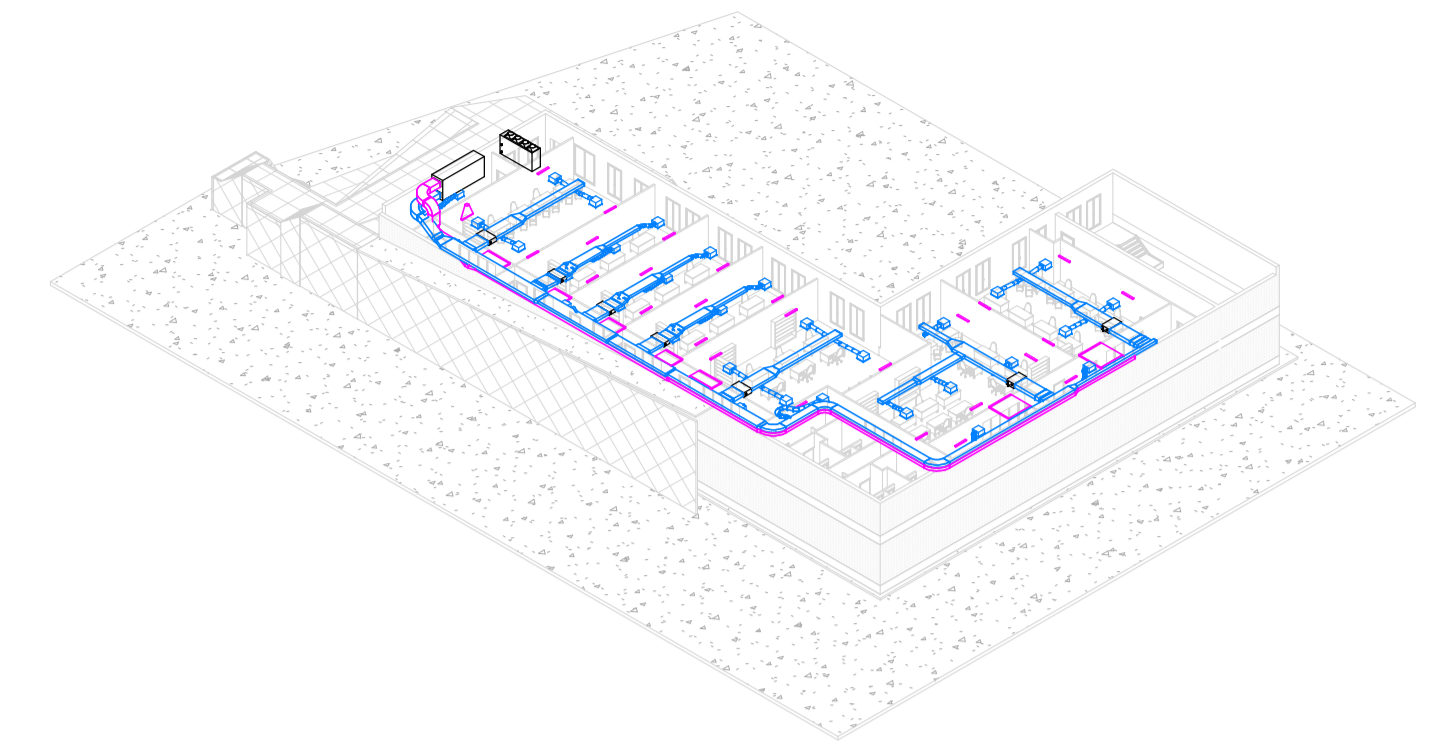
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES



TÍTULO PROYECTO ESTUDIO Y DISEÑO DE INSTALACIONES DE CLIMATIZACION

PLANO DISTRIBUCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS

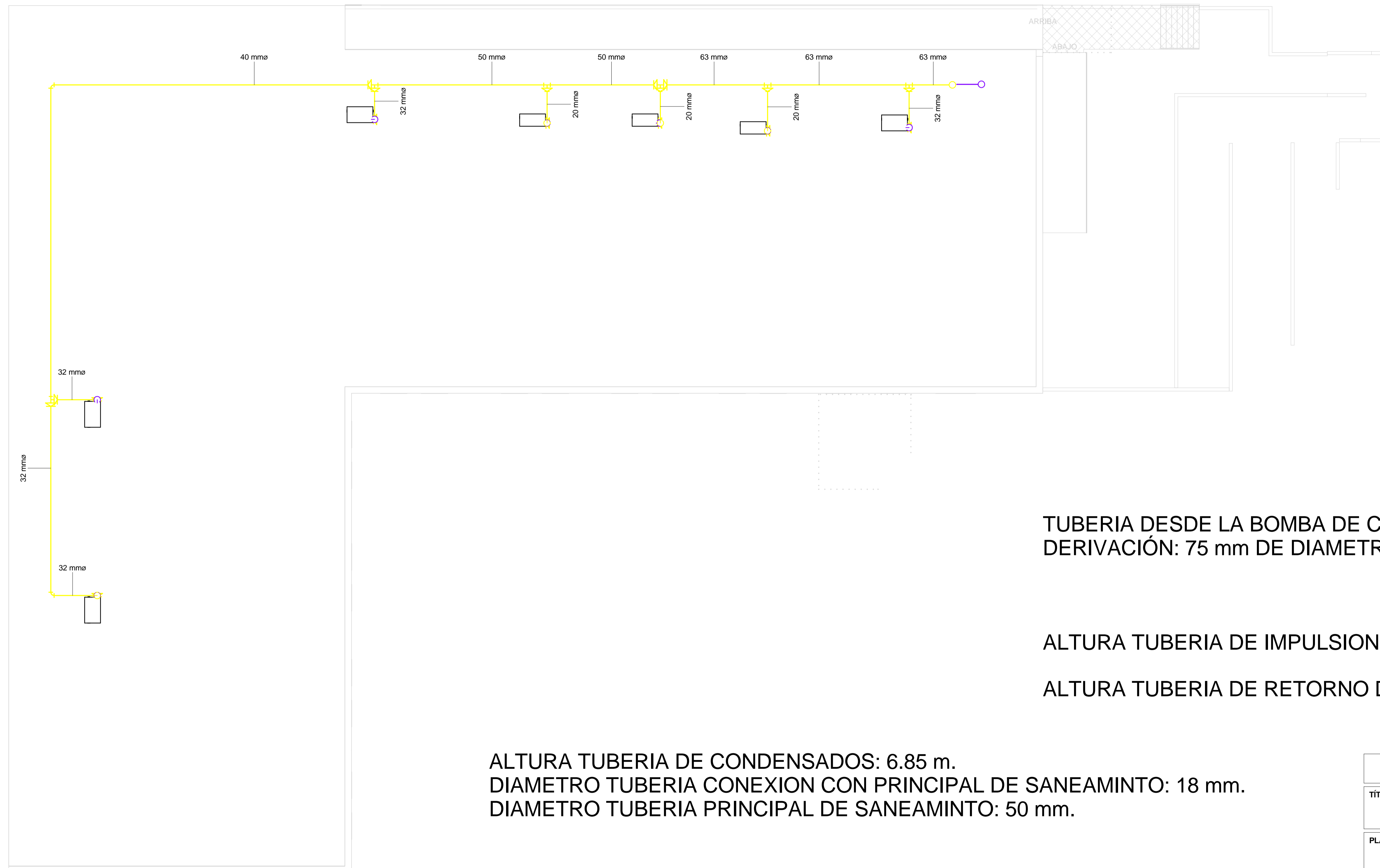
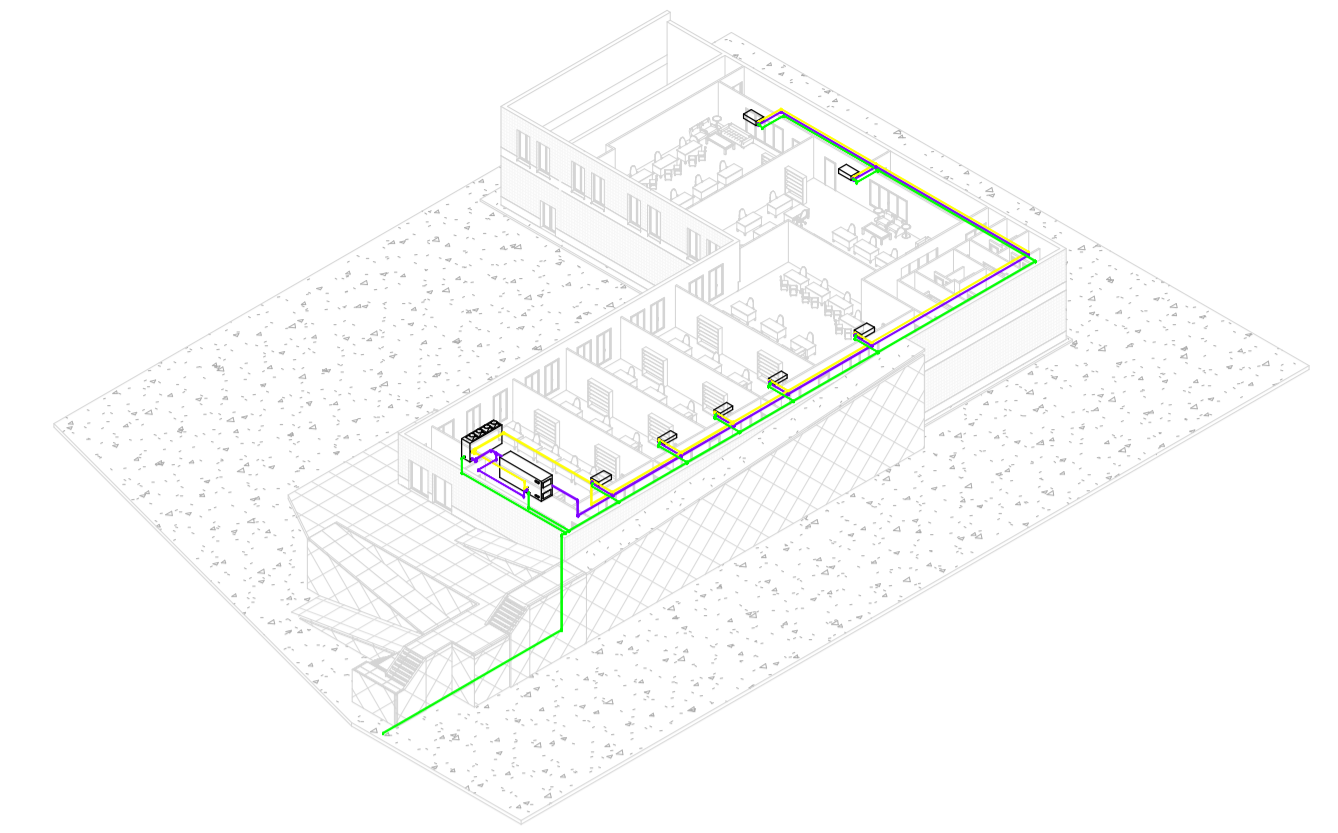
ÁREA I.P.F. TFG	FECHA Julio - 2016	Nº PLANO 1
	ESCALA 1-100	FIRMA EL/LOS ALUMNOS Sergio González Sánchez
PROMOTOR Uva	Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales Convocatoria Julio	



Altura del conducto principal de impulsión de aire: 7.20 m sobre el nivel de la calle

Altura del conducto principal de retorno de aire: 6.90 m sobre el nivel de la calle

 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES 		
TÍTULO PROYECTO		
ESTUDIO Y DISEÑO DE INSTALACIONES DE CLIMATIZACION		
PLANO		
SISTEMA DE CONDUCTOS		
ÁREA I.P.F.	FECHA	Nº PLANO
TFG	Julio - 2016	2
PROMOTOR	ESCALA	FIRMA
	1 : 100	EL/LOS ALUMNOS Sergio González Sánchez
Uva	Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales Convocatoria Julio	





TUBERIA DESDE LA BOMBA DE CALOR HASTA LA PRIMERA DERIVACIÓN: 75 mm DE DIAMETRO

ALTURA TUBERIA DE IMPULSION DE AGUA: 7.25 m.

ALTURA TUBERIA DE RETORNO DE AGUA: 7.00 m.

ALTURA TUBERIA DE CONDENSADOS: 6.85 m.
 DIAMETRO TUBERIA CONEXION CON PRINCIPAL DE SANEAMIENTO: 18 mm.
 DIAMETRO TUBERIA PRINCIPAL DE SANEAMIENTO: 50 mm.

 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES 		
TÍTULO PROYECTO		
ESTUDIO Y DISEÑO DE INSTALACIONES DE CLIMATIZACION		
PLANO		
SISTEMA DE TUBERIAS		
ÁREA I.P.F.	FECHA	Nº PLANO
TFG	Julio - 2016	3
PROMOTOR	ESCALA	FIRMA
Uva	1 : 100	EL/LOS ALUMNOS Sergio González Sánchez
<small>Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales Convocatoria Julio</small>		