



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Mecánica

**Diseño y cálculo de las instalaciones
térmicas de una nave industrial con
metodología BIM**

Autor:

Lozano Gabarre, Ismael

Tutor:

**Zulueta Pérez, Patricia
CMeIM/EGI/ICGF/IM/IPF**

Valladolid, septiembre 2015.

Resumen / Abstract

En los últimos años ha irrumpido con fuerza un nuevo método de trabajo en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción. Se denomina BIM y está llamado a ser el futuro salto de calidad en el sector. En este Trabajo Fin de Grado (TFG) se analizará el modelado y cálculo digital de las instalaciones térmicas en una nave industrial con edificio de oficinas.

Basándose en la creación del modelo digital se podrá entender la dimensión y el alcance que los procesos BIM pueden tener en un futuro cercano en el diseño y proyecto de instalaciones térmicas.

In recent years it has burst a new method of working in the industry of architecture, engineering and construction. It is called BIM and is destined to be the future qualitative leap in the sector. In this Final Project (TFG) digital modeling of thermal installations will be analyzed in a warehouse with office building.

Based on the creation of the digital model is able to understand the size and scope of the BIM processes may have in the near future in the project design and heating systems.

Palabras clave / Keywords

BIM, Revit, 3D, Instalaciones Térmicas, MagiCAD

BIM, Revit, 3D, Heating Installations, MAgiCAD

Índice

1. Introducción y objetivos	5
2. Metodología de trabajo	7
2.1. Modelado BIM	7
2.2. Los niveles del BIM. LOD	9
2.2.1. Level of Developmet y Level of Detail	11
2.3. Origen del BIM	12
2.4. Tecnología BIM	13
2.5. Beneficios y limitaciones del BIM	14
2.5.1. Beneficios	14
2.5.2. Limitaciones	18
2.6. Alternativas de software BIM	20
2.6.1. Autodesk Revit	20
2.6.2. Graphisoft ArchiCAD	21
2.6.3. Nemetschek Allplan	22
2.6.4. MagiCAD	23
2.6.5. Elección del software	23
3. Modelado arquitectónico y estructural	25
3.1. Ubicación de la nave industrial	25
3.2. Requisitos del edificio	27
3.3. Modelado del edificio	27
3.3.1. Interfaz de usuario de Revit	28
3.3.2. Modelado arquitectónico y estructural	29
4. Modelado y cálculo de las instalaciones térmicas	39
4.1. Descripción de MagiCAD	39
4.2. Vinculación de proyectos	40
4.3. Instalación de saneamiento	42
4.4. Instalación de fontanería y ACS	48
4.4.1. Requisitos de la instalación	48
4.4.2. Diseño de la instalación	52
4.5. Instalación de calefacción	68
4.5.1. Requisitos de la instalación	68
4.5.2. Diseño de la instalación	70
4.6. Instalación de ventilación y aire acondicionado	83
4.6.1. Requisitos de la instalación	83
4.6.2. Diseño de la instalación	86

ÍNDICE

5. Planos	99
5.1. Índice de planos	99
6. Conclusiones	119
7. Bibliografía referenciada y normativa consultada	121

1. Introducción y objetivos

Los objetivos de este *Trabajo de Fin de Grado (TFG)* son gestionar y modelar en tres dimensiones las instalaciones térmicas correspondientes a una nave industrial (agua fría, agua caliente sanitaria, calefacción y ventilación), mostrando la eficacia de este sistema en la fase de proyecto de una instalación, la detección de incongruencias que un modelado 2D no permitiría detectar y la calidad conceptual, de dibujo y representación que BIM aporta.

En una primera parte se explicará en qué consiste la metodología BIM, las alternativas de software presentes en el mercado actualmente mostrando la opción escogida para el desarrollo del modelo realizado en este TFG. En una segunda parte se mostrará el proceso de modelado arquitectónico y estructural desarrollado con el fin de ubicar las instalaciones térmicas mencionadas; y, en una tercera parte, se mostrará el diseño y cálculo de dichas instalaciones.

Para el cálculo de las instalaciones se usarán los métodos proporcionados por las aplicaciones BIM siempre que sea posible y éstos se adapten a la normativa vigente. En caso contrario, se realizarán los cálculos de una manera tradicional y se introducirán en el modelo.

Las aplicaciones que se manejarán en este TFG son *Autodesk Revit* y *MagiCAD*

2. Metodología de trabajo

Como se ha introducido en el apartado anterior, el diseño de las instalaciones térmicas propias de una nave industrial se realizará mediante software BIM. El cálculo de dichas instalaciones se realizará utilizando las opciones que nos proporciona el propio software BIM cuando sea posible y se obtengan unos resultados acordes con la normativa a cumplir.

Este apartado se centra en explicar qué es el BIM y las alternativas de software presentes en el mercado.

2.1. Modelado BIM

Un modelo es una simulación de una idea o comportamiento que se crea para su estudio. En los sistemas CAD, los proyectistas trabajan los modelos mediante sus representaciones bidimensionales, tridimensionales o alfanuméricas de los aspectos que quieren estudiar o simular, tantas como se necesite. Como estas representaciones no están necesariamente conectadas entre sí, cada representación se refiere a un modelo independiente. Esta tecnología basada en la representación es muy dada a la propagación de errores. Estas representaciones son literales y sólo contienen la información textualmente grafiada en ellas. Por ello, se han desarrollado metodologías de trabajo y aplicaciones que van en la dirección de emplear modelos coordinados con el objeto de reducir los errores y las tareas redundantes. [1]

Era necesario idear una nueva generación de aplicaciones que trabajasen con bases de datos en vez de representaciones literales que contuvieran objetos paramétricos con información multidisciplinar. Estas bases de datos se conocen genéricamente como Modelos de Información y en el caso del modelado de los edificios, BIM (Building Information Modeling). Así pues, la idea es generar un modelo único que contenga toda la información del edificio y de él se obtendrán las representaciones que serán tipos de vistas del modelo central. [1]

BIM es el acrónimo de *Building Information Modeling*. Actualmente es la manera más común de denominar a la nueva manera de abordar el diseño, construcción y mantenimiento de edificios. Es definido como “un conjunto de políticas de interacción, procesos y tecnologías de generación de una metodología para gestionar los datos del diseño y proyecto de construcción en formato digital a lo largo del ciclo de vida del edificio” [2].

La definición anterior destaca el carácter integral del BIM, que incluye no sólo software que permite el modelado geométrico y la entrada de información, sino también la gestión de proyectos, herramientas y procesos relacionados. Tiene un uso potencial en los proyectos de construcción con la mejora de la

colaboración entre las partes interesadas, lo que reduce el tiempo necesario para la documentación del proyecto y, por tanto, producir un resultado beneficioso [3].

BIM puede ser visto como el centro que une a todos los actores y procesos que intervienen en un proyecto, creando un terreno fértil para un equipo multidisciplinar facilitando las herramientas para llevar a cabo el intercambio de información necesaria para sus tareas durante todo el ciclo de vida del edificio, eliminando los errores al máximo. [4]

Conseguir que la información esté coordinada es esencial para que el desarrollo del proyecto pueda llevarse a cabo por parte de múltiples profesionales de diversas disciplinas. Además se debe asegurar que los diversos componentes del modelo con los que se trabaja sean coherentes entre sí. [1]

BIM ha sido utilizado en proyectos de gran escala como el velódromo olímpico de Londres con capacidad para 6000 plazas o el edificio Leadenhall de 48 plantas y 225 metros de altitud. También se ha usado en componentes individuales de proyectos de escala pequeña como las escaleras modulares de la estación de autobuses de Slough, UK, que fueron diseñadas y adaptadas usando BIM. [3]

En España, la implantación del BIM en la actualidad esta en una etapa de inicio con tímidas experiencias por parte de instituciones y administraciones públicas. Caben destacar los siguientes hitos:

- La asociación internacional *BuildingSmart* ha constituido desde noviembre de 2014 un capítulo en español de su plataforma con el fin de implantar el uso del BIM a nivel nacional tanto en el ámbito público como en el privado.
- En el ámbito académico, la *Universidad Politécnica de Valencia* publico el 9 de mayo de 2015 un manifiesto para solicitar un plan de formación integrado y colaborativo entre las instituciones académicas con el fin de formar a estudiantes y profesionales. [5]
- En febrero de 2015 en Barcelona, diversas instituciones catalanas publicaron una carta de intenciones y calendario de objetivos para la adopción del BIM en Cataluña. Con la meta de que en 2020 todos los equipamientos y las infraestructuras públicas deberán producirse en BIM en todas las fases, Diseño - Construcción - Operación (Mantenimiento y Facility Management). [6]
- El 14 de julio de este mismo año el *Ministerio de Fomento* ha creado una comisión para la implantación de la metodología BIM en España.

Algunos de los proyectos desarrollados con BIM destacados en España son: *Ciudad Financiera Cantabria CPD para el BSCH*, el *Estadio de Fútbol de AD Alcorcón*, la *Universidad Popular de Alcobendas* o el *Centro Botín en Santander* (Figura 2.1.1).



Figura 2.1.1: Centro Botín en Santander desarrollado con BIM

2.2. Los niveles del BIM. LOD

El BIM puede ser implementado en un proyecto de construcción de diferentes formas. Estas han sido resumidas en un "Modelo de madurez BIM" (Figura 2.2.1) desarrollado por los expertos de la industria Mervyn Richards y Mark Bew. [7]

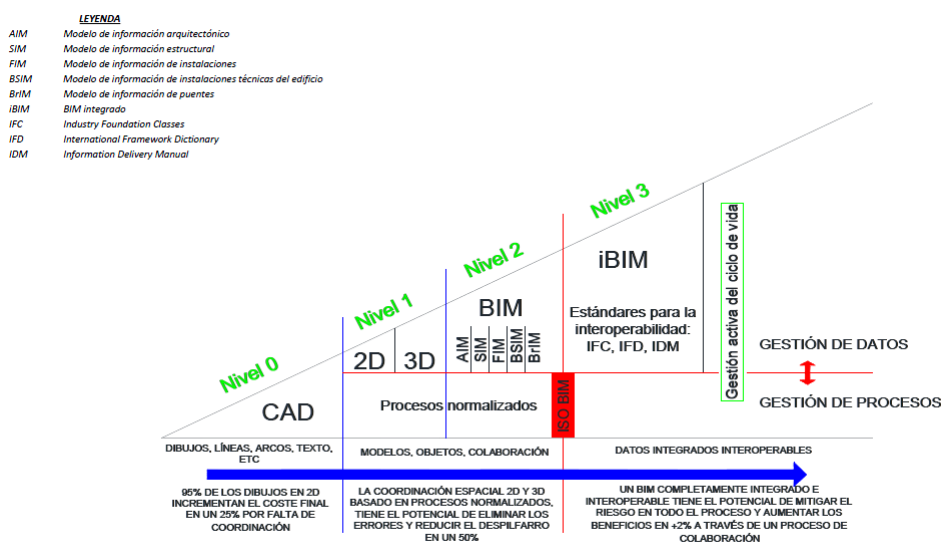


Figura 2.2.1: Modelo de madurez BIM [7] traducido por [8]

Se definen cuatro niveles de adaptación a BIM:

- Nivel 0: Este nivel se basa en confiar toda la información a los archivos CAD en 2D con pocos, o ningunos, estándares o procesos comunes en relación al uso de CAD. La mayoría de los promotores y diseñadores de nuestro país han alcanzado y trabajan en este nivel [8].
- 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 [9].
- Nivel 2: En este nivel los equipos de diseño están integrados y coordinados, y se requiere la presentación de información del modelo en formato 3D. Estos modelos 3D pueden ser plenamente integrados o pueden ser realizados por separado, pero el desarrollo del diseño debe ser gestionado y coordinado por una norma o estándar. El uso de BIM se hace imprescindible para una total coordinación entre los diferentes modelos del diseño (arquitectónico, estructural y conjunto de instalaciones) [8].
- 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 [9].

Tal y como se muestra en la Figura 2.2.1, BIM sigue desarrollándose. Es evidente que no todas las empresas adoptarán sistemas y tecnologías a la misma velocidad. Además, las empresas que adoptan BIM tendrán que pasar a través de un proceso controlado de cambio que abarca no sólo su organización interna, sino también la forma en que interactúan con sus empresas colaboradoras y sus clientes. La mayor parte del mercado sigue trabajando con los procesos de Nivel 1, y en el mejor de los casos están experimentando importantes beneficios al pasar a nivel 2. [8]

Este nuevo contexto de gestión de proyectos centrado en un modelo único ha dado lugar a lo que se denominan las *dimensiones BIM*. La dimensión *2D (Drawing)* se refiere a los planos CAD tradicionales (líneas, imágenes, rendering). La *3D (Model)* supone disponer de un modelo 3D que permita navegar por él, detectar colisiones, realizar simulaciones a nivel inicial de las fases de obra o permitir montar una maqueta virtual. La dimensión *4D (Time)* añade la programación detallada de obra, con información de las actividades previstas. La dimensión *5D (Cost)* supone la inclusión de información de la medición y el coste en el modelo BIM. Las dimensiones 6D y 7D están asociadas

con los análisis de sostenibilidad y la gestión y operación de las infraestructuras. [9]

2.2.1. Level of Developmet y Level of Detail

El término LOD puede referirse tanto a *Level of Development* (Nivel de desarrollo) como a *Level of Detail* (Nivel de detalle), sin embargo hay diferencias importantes entre ellos.

El *Nivel de desarrollo* (LOD) es una referencia que permite a los profesionales de la industria de la construcción, ingeniería y arquitectura especificar y articular con un alto nivel de claridad el contenido y la fiabilidad de Modelos de Construcción (BIM) en las distintas etapas del proceso de diseño y construcción. Esta clara articulación permite a los autores del modelo definir lo que sus modelos reproducen de manera fiable y permite a los usuarios intermedios entender claramente la utilidad y las limitaciones de los modelos que están recibiendo. Las definiciones de los diferentes LOD son las siguientes:

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.

Nivel de Detalle es esencialmente cuánto detalle se incluye en el modelo del elemento. Nivel de Desarrollo es el grado en que los miembros del equipo del proyecto pueden confiar en la información cuando se utiliza el modelo. En esencia, nivel de detalle puede ser pensado como entrada para el elemento, mientras que el nivel de desarrollo es el producto fiable. [10]

2.3. Origen del BIM

Para entender el origen de BIM y su evolución, resulta imprescindible marcar una serie de eventos o hitos históricos que han definido el desarrollo de esta metodología.

En primer lugar, en el año 1975 se establece el concepto del modelo del edificio donde las secciones y plantas podrían derivarse del modelo 3D gracias al uso de ordenadores [11]. Se indica el desarrollo de un sistema de descripción de un edificio (BDS, Building Description System) sobre el concepto anterior.[12]. El enfoque BDS tendía a ser descrito en los EE.UU como “Building Product Models” y era conocido en Europa como “Product Information Models”. Estas expresiones se fusionaron para convertirse en lo que hoy conocemos como “Building Information Modeling”, término documentado por primera vez en 1992 en un artículo de Van Nederveen y Tolman, del Departamento de Ingeniería Civil de la Delft University of Technology (Países Bajos). [9]

Doce años después, en 1987, Graphisoft Archicad desarrolla el concepto de edificio virtual (Virtual Building). En 1994 Se funda la IAI – International Alliance of Interoperability (EE.UU), iniciativa para crear un consorcio de empresas para crear unas clases de C++ para soportar un desarrollo integrado de aplicaciones. Generan el primer estándar de intercambio, el IFC – Industry Foundation Classes. En el año 2003, GSA, Public Buildings Service (PBS) y Office of Chief Architect (OCA), establecen el Programa Nacional 3D-4D-BIM (EE.UU). Dos años más tarde, en 2005 la IAI se renombra como BuildingSmart (EE.UU).

En el año 2007 GSA (EE.UU) requiere como mínimo el programa espacial en BIM para la entrega a aprobación del Concepto Final para todos los

proyectos importantes que reciben financiación a partir del año 2007 y posteriores.

Ya en la última década, en 2011, Cabinet Office UK. redacta el Plan Nacional para la utilización de BIM en todos los proyectos públicos estableciendo fases e hitos de introducción con el objetivo de estar en el año 2016 en un nivel 2 de BIM.

Un año después, BuildingSmart Finlandia publica la serie COBIM con el objeto de tratar los requerimientos BIM para proyectos tanto de nueva construcción como renovaciones incluido la gestión de la operación de los mismos.

En el año 2012, la Autoridad de Edificación y Construcción (Building and Construction Authority – BCA) de Singapur publica la Guía BIM. Se establece también la obligatoriedad de BIM para la entrega en arquitectura para 2013 y en estructuras e instalaciones para 2014.[12]

2.4. Tecnología BIM

Como se ha descrito en apartados anteriores, BIM se refiere al conjunto de metodologías de trabajo y herramientas caracterizado por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua; empleando una o mas bases de datos compatibles que contengan toda la información en lo referente al edificio.

La solución esta en emplear tecnología de objetos para poder reducir el número de modelos y además, poder relacionarlos automáticamente. Esto es lo que hacen las aplicaciones BIM. Los objetos no son representaciones, sino entidades definidas según sus características que después se generan y muestran a través de todo tipo de vistas especializadas. Estos componentes se definen como objetos paramétricos cuyas características y comportamientos vienen más o menos definidos.

Una aplicación BIM es aquella que emplea como entidades de trabajo principal objetos paramétricos de cualquier disciplina que son capaces de relacionarse entre ellos y de los que se puede extraer diversos tipos de información, entre los que se incluyen representaciones gráficas pero también alfanuméricas.

Los modelos BIM más completos pueden acoger las disciplinas principales de la construcción: Arquitectura, Estructura, Instalaciones, Control de costes, Presentación y Diseño Energético. Para el resto de los casos se trabaja con conexiones con aplicaciones especializadas que admiten exportaciones del BIM.

Dependiendo del grado de apoyo multidisciplinar de cada aplicación BIM

en concreto, los distintos perfiles profesionales podrán trabajar en mayor o menor grado directamente sobre el mismo modelo BIM, consiguiendo más eficacia ya que el Modelo de Información hace de coordinador entre los diversos profesionales que intervienen en la creación de los edificios, ya sea alojando directamente sus objetos u ofreciendo vías de comunicación controladas.

El Modelo de Información que gestiona una aplicación BIM está compuesto por una serie de objetos que se parametrizan mediante una interface que los conceptualiza y que asiste en su creación con multitud de variables preestablecidas en relación a la naturaleza del elemento que se quiere crear. Después, se necesitará una interface gráfica que permita editarlo dinámicamente. Así, ya no se modelan representaciones, sino que se modela el objeto en sí mismo cubriendo el máximo de facetas.

Una vez que se consigue parametrizar un objeto, se puede vincular la relación que tiene este con el resto relacionando unas variables con otras. De esta manera, no sólo se automatiza la transmisión de las influencias que tienen los objetos entre sí, sino que se posibilita su diseño en relación al resto y que objetos de diferentes disciplinas puedan interactuar entre ellos. Esto no quiere decir que se limite al usuario al uso de estos objetos, ya que en cualquier momento se puede crear uno, paramétrico o literal, para resolver casos concretos.

Las representaciones de los diferentes aspectos pueden automatizarse ya que todas provienen del mismo modelo consiguiendo que siempre estén coordinadas entre sí y actualizadas. Cada aplicación dispone de diferentes mecanismos de personalización de éstas, de tal manera que pueda mostrarse lo que se desea y con un grafismo adecuado. Las posibilidades de una vista no se limitan al campo de las representaciones gráficas, sino que también cubre otro tipo de representaciones de tipo alfanumérico, como tablas, esquemas, leyendas, etc. Para una aplicación BIM todo está al mismo nivel, ya que los objetos no solo contienen información formal sino también de cualquier otro tipo. [1]

2.5. Beneficios y limitaciones del BIM

2.5.1. Beneficios

Un único modelo conectado mejora las comunicaciones entre los diseñadores y los constructores y los elementos paramétricos del elemento crean una base de datos robusta. El propietario del edificio y el gerente de las instalaciones pueden utilizar los datos del modelo durante la ocupación del edificio. La recolección de la información en la base de datos puede aumentar la eficiencia de todos los profesionales implicados y crear nuevas oportunidades para el aumento de los

ingresos. Modelar, en lugar de dibujar, es el nuevo paradigma fomentando la cooperación, la innovación y el ahorro durante el ciclo de vida del edificio. [13]

- Modelado contra dibujo 2D: El modelado del edificio permite a los diseñadores ver el edificio y su contenido desde todos los ángulos, revelando problemas en fases tempranas del diseño que permiten su corrección sin elevar los costes como muestra la Figura 2.5.1. El verdadero diseño paramétrico ahorra tiempo al crear y editar múltiples porciones de diseño al mismo tiempo. Secciones, elevaciones y vistas tridimensionales pueden ser creadas al instante lo que reduce la necesidad de comprobar los gráficos.

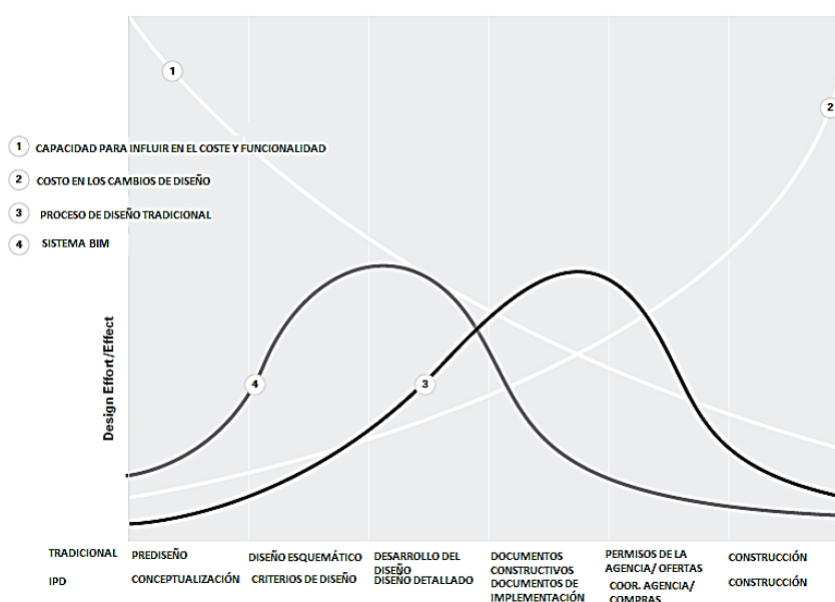


Figura 2.5.1: Gráfico Macleamy. Comparación IPD y sistema tradicional. [14]

- Elementos paramétricos: Un elemento genérico puede servir como una plantilla con rangos predefinidos de características. Estos datos paramétricos permiten que el elemento sea fácilmente reconfigurado para adaptarse a los requisitos específicos de aplicación en diversas áreas del modelo.
- Gestión de modificaciones: Los elementos paramétricos que se modifican en una localización se modifican en todas las correspondientes vistas y localizaciones. Se pueden crear advertencias e indicaciones entre los elementos para permitir a los administradores ver los cambios en cualquier vista.

- **Aprovechamiento de los datos:** El modelo de información es una base de datos que contiene la información del fabricante, precios, información física y datos electromecánicos de muchos de los componentes del edificio. Con estos datos se pueden crear tablas de planificación de los materiales usados en el modelo paramétrico que podrán ser modificados de manera sencilla. Tener tablas de materiales precisas permite a los diseñadores proyectar el uso de material antes de que se finalice la construcción y crear informes de uso real usados en la gestión del edificio una vez construido.
- **Mejora de la coordinación:** La información detallada de cada elemento de construcción esta contenida dentro de su elemento de modelado. BIM permite a todos los miembros del equipo un fácil acceso a la información para verificar que el elemento de construcción en cuestión será compatible con los componentes de la construcción de la que son responsables. BIM mejora la coordinación entre los miembros del equipo haciendo las modificaciones en el diseño, y todas las consecuencias de estas modificaciones, evidentes y disponibles para todos los usuarios del modelo y para todos los elementos parametricos. BIM permite crear rápidamente secciones y alzados de una habitación sin la necesidad de crearlas desde cero o solicitarlas a personal externo. Permite detectar antes los conflictos entre las partes, lo que reduce el tiempo necesario para el diseño de edificios como muestra la Figura 2.5.2 y reduce los costes asociados a la corrección de los errores que no habían sido detectados en las revisiones del diseño.

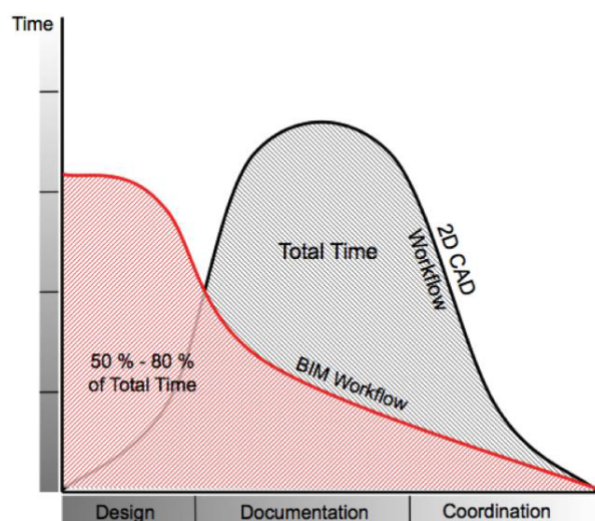


Figura 2.5.2: Comparativa flujo de trabajo entre CAD y BIM. [15]

- Mejora de la precisión y de la eficiencia: BIM ayuda a reducir los errores y omisiones, que a su vez reducen las reclamaciones y la responsabilidad profesional. Una reducción en el coste de los seguros, honorarios de unión y un impacto positivo en la reputación de la firma aumenta el número, la escala y variedad de oportunidades disponibles para empresas de diseño e integración.
- Eficiencia de los procesos de entrega: El diseño y dibujo de los requisitos de producción deberían evolucionar de manera que los administradores, diseñadores y dibujantes inviertan menos tiempo desarrollando sus diseños y más tiempo proporcionando soluciones creativas a los clientes. La demanda física para la creación de múltiples vistas de un edificio en 2D puede ser reducida a poco tiempo con una solución BIM. Las revisiones electrónicas de cada parte del diseño del edificio sólo son posibles si BIM es el único almacén de toda esa información. La resolución de conflictos de manera virtual ahorra tiempo y dinero frente a la manera tradicional, proporcionando una visión clara y automática de los errores y una rápida demostración a los caminos para resolverlos. El BIM paramétrico permite descubrir errores antes y reduce significativamente la probabilidad de un rediseño extenso. Los modelos de elementos que sean dependientes uno de otro mantendrán su relación a pesar de modificar cualquier elemento. El coste de reparación de errores de diseño aumenta a medida que el proyecto progresa y un descubrimiento temprano de estos errores disminuye el tiempo de entrega debido al rediseño.
- Satisfacción del cliente: La verificación visual del diseño y el intercambio de conocimientos a través del Diseño Virtual y Construcción y BIM aumenta la satisfacción del cliente. La rápida preparación y el intercambio de información visual mitiga el tiempo necesario para comunicar ideas complejas y supone más tiempo para ser creativo con los clientes, lo que debería dar lugar a acudir de nuevo a la empresa y den buenas recomendaciones.
- Gestión del mantenimiento: Los profesionales de la tecnología pueden usar la información de un modelo para planificar las rutinas de mantenimiento, planear eventos especiales y emitir informes de problemas para el personal del servicio de mantenimiento. Los contratos de mantenimiento se vuelven más predictivos y menos correctivos. El cambio de las partes puede llegar a ser más fácil y rápida, completando el mantenimiento con menos errores.

- **Gestión de las instalaciones:** Los gerentes de las instalaciones pueden usar BIM para recopilar datos de uso, preparar programas de mantenimiento predictivo a partir de datos, gestionar las operaciones diarias y el plan para futuras compras e incorporación de construcciones.

Contratistas de los nueve principales mercados del mundo que utilizan BIM manifiestan que Building Information Modeling les ayuda a mejorar la productividad, la eficiencia y la calidad y seguridad en sus proyectos, así como su propia competitividad, según un nuevo estudio realizado por McGraw Hill Construction (2014). Los contratistas de los mercados en los que el uso de BIM está establecido (Canadá, Francia, Alemania, Reino Unido y Estados Unidos), así como de los mercados que todavía están en las etapas iniciales de la adopción (Australia / Nueva Zelanda, Brasil, Japón y Corea del Sur) están apreciando un retorno positivo de sus inversiones en BIM: desde los beneficios en los proyectos, tales como en la reducción de los errores, como en la capacidad para procesar mejoras tales como la ampliación de los procesos de colaboración, además de la mejora que para la imagen de su empresa supone BIM. aproximadamente. El estudio también demuestra que las empresas más comprometidas con BIM logran más beneficios y consiguen un retorno mayor de sus inversiones en estos procesos que aquellos menos comprometidos. El 40 % de los contratistas con alto nivel de adopción de BIM informan que reduce significativamente las modificaciones de proyectos, lo que redonda en un ahorro significativo de los costes. [12]

2.5.2. Limitaciones

Por otro lado, se deben tener en cuenta una serie de consideraciones y limitaciones relacionadas con el BIM [13]:

- **Coste del software y del hardware:** Cada organización actualmente utilizando software de dibujo CAD en 2D o 3D tienen unos costes debidos a la compra, mantenimiento y actualización de las licencias de software para mantener una ventaja competitiva en el mercado. El coste de los paquetes de software BIM tienden a ser más caros que los CAD. Con la introducción del software BIM, los requerimientos de hardware aumentan significativamente.
- **Coste de la formación:** Con la llegada de un nuevo software, es necesario formar a los profesionales en el uso de dicho programa con el coste que puede conllevar. Por otro lado, la inversión en formación en empresas que adoptan BIM de forma temprana puede suponer una ventaja

competitiva en proyectos en los que un requerimiento especificado es la documentación utilizando BIM.

- **Transición dibujo-modelo:** Cuando se migra desde un entorno basado en dibujo con CAD a un entorno basado en modelado BIM, se produce un cambio en el flujo de trabajo que rodea lo que solían ser las tareas de dibujo simples. La transición desde el CAD tradicional da lugar a un incremento del nivel de responsabilidad del diseñador para asegurar que todos los componentes del sistema se coordinan con los demás profesionales del diseño y que los errores se reduzcan al mínimo.
- **Compatibilidad entre plataformas software:** Uno de los mayores problemas de las empresas que adoptan BIM de forma temprana es la compatibilidad entre productos. Cada desarrollador de software hace algo diferente con sus programas. Este desafío de interoperabilidad puede suponer una dificultad para el funcionamiento de proyectos si cada miembro usa paquetes de software diferentes. Una alternativa es el uso de un formato estándar no dependiente de los fabricantes, el IFC (Industry Foundation Classes), que captura las características geométricas y las propiedades de los objetos inteligentes del edificio y sus relaciones con los demás objetos facilitando e intercambio de información entre aplicaciones que de otra manera serían incompatibles.
- **Innovación:** Aunque una meta del BIM es la asignación de restricciones y parámetros a objetos inteligentes para mejorar la eficiencia, esto también puede verse como una forma de limitar la innovación que podría ocurrir sin los procesos automatizados y el conocimiento compartido que ofrece BIM. Realmente, BIM debería verse como una base de datos global que permite a los diseñadores ahorrar tiempo relacionado con la actualización y configuración de datos repetitivos de diferentes proyectos, aumentando así el tiempo empleado en el diseño del sistema y la innovación.

Según un estudio [16] que muestra los beneficios e inconvenientes del trabajo con BIM, las dificultades mas comunes observadas por diferentes profesionales de los sectores de arquitectura, ingeniería y construcción son [17]: la falta de demanda por parte de los promotores observada por los arquitectos, la baja funcionalidad de los programas orientados a ingeniería y una baja definición del alcance del BIM entre las partes acusada por promotores y contratistas. Aún así, *los inconvenientes encontrados son mucho menores que las ventajas.*

Como se muestra en la Figura 2.5.3 , la inversión necesaria para la implementación del BIM en una empresa puede producir cierta pérdida de productividad a corto plazo pero aumentarla de manera notable a medio y largo plazo por lo que se produce un retorno de la inversión.

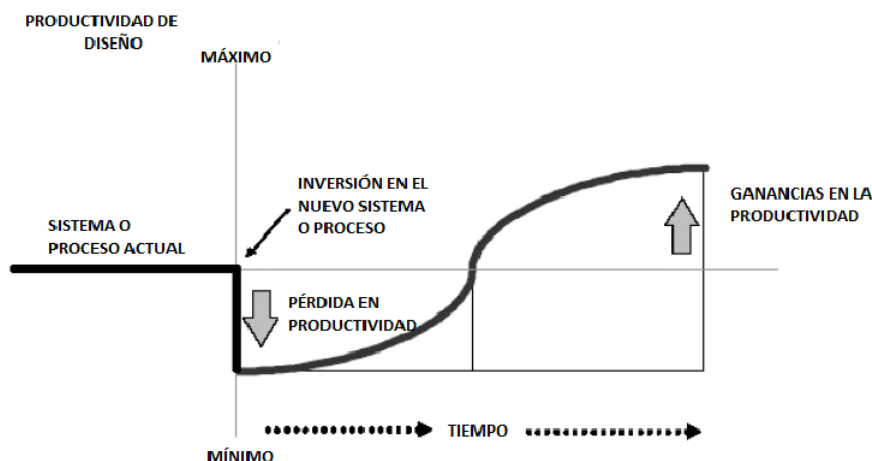


Figura 2.5.3: Desarrollo de la productividad durante la implementación de BIM. [14]

2.6. Alternativas de software BIM

En este apartado se describen las principales aplicaciones de gestión BIM del mercado, resumiendo el enfoque general estas. Los dos programas más conocidos en la actualidad son *Revit de Autodesk* y *ArchiCAD de Graphisoft* aunque hay otros que también tiene fuerte presencia:

2.6.1. Autodesk Revit

Revit es una herramienta informática de dibujo asistido por ordenador que permite diseñar elementos de modelado paramétricos basados en objetos inteligentes de tres dimensiones. La historia de *Revit* comienza en 1997, Leonid Reiz e Irwin Jungreiz crean una empresa llamada *Charles River Software* para resolver la ausencia de una plataforma de modelado paramétrico para la arquitectura. Inicialmente las funciones del programa eran limitadas pero fue uno de los primeros intentos de crear una herramienta paramétrica de software para el sector de la arquitectura. [8]

En 1999, deciden cambiar el nombre del proyecto a *Revise Instantly*, más conocido hoy como *Revit*. Así, la empresa cambia su nombre a *Revit Technology Corporation* y en el 2002 fue comprada por *Autodesk* que decidió mantener

el desarrollo paralelo de esta herramienta junto con el software que ofrecía (*AutoCAD Architecture*).

El programa usa un archivo único que contiene toda la información del proyecto, incluidas las vistas, las láminas y las bibliotecas de objetos paramétricos. Esta aplicación está muy orientada hacia la tecnología de Modelos de Información, disfrutando de una estructura interna muy coherente en la que cualquier elemento del proyecto es tratado de manera similar. Por otra parte, dispone de una interface gráfica de parametrización que le permite modelar cualquier elemento con independencia de su uso [1].

El gran éxito del programa fue la idea de su concepción, ya que a medida que se trabaja gráficamente, modelando el edificio, el modelo de construcción paramétrico capta información sobre el desarrollo del proyecto de construcción de otros dibujos y documentación [8].

Todo es posible gracias a su motor de transmisión de los cambios en tiempo real por el que cualquier cambio efectuado desde una vista es transmitido al resto de manera instantánea, puesto que éstas no son representaciones generadas con posterioridad sino vistas dinámicas de la base de datos global.

Es una aplicación muy intuitiva de emplear, con una interface cuidada y muy coherente, y con una documentación bien presentada. Tiene dos aplicaciones gemelas, *Revit MEP* y *Revit Structure*, especializadas en la generación de objetos de instalaciones y estructurales respectivamente [1]

2.6.2. Graphisoft ArchiCAD

Graphisoft SE es una empresa que nace en 1982 en Hungría fundada por *Gábor Bojár* y *István Gábor Tari* con el objeto de desarrollar software de modelado 3D para ordenador. En 1984 sale al mercado *Radar CH (ArchiCAD 1.0)*, uno de las primeras herramientas de CAD 3D que solo funcionaba con ordenadores *Apple* [8].

Es un software mas antiguo y tiene la ventaja de ser el fruto de un largo desarrollo. Existe un relativamente amplio abanico de aplicaciones de terceros fabricantes que lo complementan. Su motor de transmisión de cambios ha recibido numerosas mejoras a lo largo de su historia. A pesar de estar enfocado hacia el BIM, permite modificar de manera manual y sencilla las representaciones extraídas de los modelos paramétricos.[1]

Tal como lo hace *Revit*, se organiza en torno a un archivo único con un sistema de librerías que puede ser referido a archivos externos o que pueden pertenecer al propio proyecto. Su estructura de proyecto es muy similar, pero está más desarrollada y distingue entre las vistas y sus localizaciones en el

modelo del edificio. *ArchiCAD* no genera las vistas de manera instantánea como *Revit* pero sí lo hace de manera automática y es capaz de modificar el modelo a través de la modificación de cualquier vista o desvincularlo completamente de ella. [8]

Su interface es muy cuidada y cómoda de usar. Conserva algunos vestigios de las herramientas de CAD tradicional como el sistema de capas o el ploteado. Los archivos paramétricos se guardan en forma de librerías y como archivos individuales y tienen un gran número de opciones que buscan cubrir todas las necesidades de diseño del usuario. [8]

2.6.3. Nemetschek Allplan

En 1963 el ingeniero *Georg Nemetschek* funda la empresa *Ingenieurbüro für das Bauwesen* (en español, *oficina de estudios técnicos para la construcción*) en Múnich. Consigue ser una de las primeras empresas del sector de la construcción en utilizar el ordenador para el diseño y la construcción de obras de ingeniería.

En 1980 presenta un software para el cálculo integrado y la construcción de componentes estándar para la construcción de fábrica. En 1984 lanzan el primer software CAD, *Allplan V1*, que permite la planificación tridimensional de edificios.

A partir de la década de los 80 comienza su expansión internacional hasta que a finales de los años 90 realiza varias adquisiciones de empresas dedicadas al cálculo de estática. Cabe destacar la compra de la empresa *Diehl Graphisoft* creadora del producto *VectorWork* de gestión de la producción, así como la adquisición de la empresa *Graphisoft*, creadora de *ArchiCAD*. [8]

Su estructura de documentación es radicalmente diferente al del resto de aplicaciones BIM nativas. Los proyectos se guardan en carpetas que contienen multitud de archivos que contienen la información del modelo. Estos representan divisiones físicas del modelo, generalmente por plantas y categorías de objetos. Por ejemplo, un archivo contendrá las distribuciones de la planta primera, mientras que otros guardarán el mobiliario, otros las fachadas, etc. Se trata de sistema que posibilita directamente el trabajo en equipo, puesto que cada usuario puede ocuparse un archivo diferente y permite estructurar el proyecto como se desee, por muy grande que sea. También limita el consumo de memoria de la aplicación. Además, a diferencia de otros, Allplan es capaz de editar más de un archivo a la vez, aunque las nuevas entidades se crearán siempre en el archivo activo, que siempre es único. Por el contrario, esta manera de organizarse lo hace mucho menos ágil a la hora de navegar por el proyecto

si lo comparamos con ArchiCAD y Revit y también limita las relaciones asociativas entre objetos paramétricos, puesto que a menudo se encontrarán en archivos diferentes. También la distribución del trabajo en equipo será más tediosa puesto que debe modificarse el contenido de los archivos de proyecto. [1]

2.6.4. MagiCAD

Progran Oy es una empresa finlandesa fundada en 1983 especializada en productos y servicios para el diseño de calefacción, fontanería, ventilación, rociadores y sistemas eléctricos. Desde 2014 *Progran Oy* es parte de *Glodon Group*, la compañía líder en desarrollo de software para la construcción en China.

En 1996 comienzan un acuerdo de cooperación con Autodesk, lo que resulta que en 1998 lancen la primera versión de *MagiCAD* para AutoCAD ofreciendo el diseño BIM desde esta plataforma. En 2009, aparece la primera versión para Revit MEP.

MagiCAD se integra en el software de Autodesk permitiendo una gestión más rápida y eficiente del diseño de las instalaciones del edificio. Además, incluye muchos modelos 3D de productos de los principales fabricantes internacionales. También incluye varios motores de cálculo dentro de la propia aplicación.

La interoperabilidad con Revit es total ya que está diseñado con ese fin. Tanto es así, que se integra totalmente en él, siendo similar a una extensión de éste.

2.6.5. Elección del software

Para el desarrollo de este TFG, se ha decidido utilizar dos aplicaciones diferentes: una para el diseño arquitectónico y estructural de una nave industrial con una zona destinada a oficinas; y otra para el diseño y cálculo de las instalaciones térmicas que albergará. Las aplicaciones elegidas son:

Autodesk Revit : La utilización de este software se debe a la gran difusión que tienen los productos de Autodesk, su variedad de herramientas, su uso intuitivo y fácil de manejar. Además Autodesk dispone de un gran programa de licencias educativas, facilitando así la disponibilidad del software.

MagiCAD for Revit : Ya que la aplicación que se va a utilizar en la fase de creación del modelo arquitectónico es *Autodesk Revit*, parece lógico

elegir un software que se adapte lo mejor posible a éste. A pesar de que no tiene un gran soporte educativo, su buena reputación, recomendado por profesionales del sector de la arquitectura e ingeniería, así como realizar un análisis de un software poco conocido es motivo de elección para el desarrollo de este TFG.

3. Modelado arquitectónico y estructural

En este apartado se describirá la ubicación de la nave industrial que se modelará mediante *Autodesk Revit* y donde se alojarán las instalaciones térmicas objeto de este TFG y el proceso general de modelado de la nave, tanto arquitectónico como estructural.

3.1. Ubicación de la nave industrial

La nave industrial que se va a modelar y donde se alojarán las instalaciones térmicas objeto de este TFG esta ubicada en el Polígono Industrial *Francisco Lobato*, localidad de *Medina del Campo (Valladolid)*, en la esquina entre las calle *Carreteros* y la calle *Alarifes*. En las Figuras 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3 y 3.1.4 se muestra desde la ubicación dentro de Castilla y León hasta la propia parcela en el polígono industrial. El uso que se ha fijado para el edificio es el de mecanizado de piezas metálicas con una zona de oficinas integrada en el mismo edificio. Las coordenadas de la parcela son: $41^{\circ}19'26.9''N$ $4^{\circ}5'03.9''W$ y es de geometría aproximadamente rectangular de 71,5 m en su lado sur por 78 metros en su lado este.



Figura 3.1.1: Ubicación de la parcela en la comunidad de Castilla y León. Google Maps

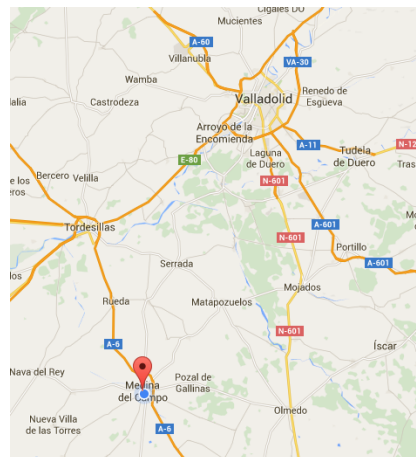


Figura 3.1.2: Ubicación de la parcela en la provincia de Valladolid. Google Maps

3 MODELADO ARQUITECTÓNICO Y ESTRUCTURAL



Figura 3.1.3: Ubicación de la parcela en Medina del Campo. Google Maps



Figura 3.1.4: Ubicación de la parcela en el polígono industrial. Google Maps

Deberá respetarse la normativa municipal vigente aplicable, plasmada en el *Plan General de Ordenación Urbana* disponible para su consulta en la página web de la sección de urbanismo del Ayuntamiento de Medina del Campo, que posee las siguientes definiciones:

- Número máximo de plantas: 2.
- Altura máxima de cornisa: 8,50 metros.
- Fachada mínima accesible: 10 metros.
- Fondo máximo de edificación en planta de pisos: 20 metros.
- Ocupación máxima de parcela: 80 %.
- Retranquero mínimo: a alineación exterior, 4 metros; a fondas, 3 metros; a medianerías, 3 metros.
- Pendiente máxima de la cubierta: 30 %.
- Edificabilidad: Uso básico industrial (50 % mínimo) con uso permitido para comercio-oficinas. $0.83 \frac{m^2 \text{edificables}}{m^2 \text{de superficie}}$

Todo el polígono dispone de Agua de Red Municipal, Depuradora Municipal y Gas Natural.

3.2. Requisitos del edificio

El edificio estará compuesto de una zona de oficinas con dos plantas y una zona de taller destinada al mecanizado de piezas metálicas y tendrá unas dimensiones aproximadas de 40x15 metros y una altura de 8,5 metros. La zona de oficinas se compone de dos plantas con unas dimensiones de 15x12 metros, con una esquina acabada en curva y una altura útil de unos 2,5 metros. El resto del edificio está destinado al proceso de mecanizado de piezas. Dispondrá de dos zonas de aparcamiento diferenciadas, una para los empleados de la fábrica y otra para los clientes.

La fachada principal está formada por un muro cortina, correspondiente a la zona de oficinas, donde se dispone de un acceso en el propio muro cortina. Para el acceso a la zona de fábrica, se coloca una puerta que comunica ambas zonas además de puertas de garaje en la parte posterior de la nave para la entrada y salida de vehículos.

Se deberá dotar a la nave con un *laboratorio de metrología*, una *sala de ordenadores* y una *zona de almacenamiento de materiales*, además de poder albergar las siguientes máquinas herramientas:

- Dos tornos.
- Una fresadora.
- Una rectificadora plana.
- Una rectificadora cilíndrica.
- Un taladro de columna.
- Una sierra de cinta con alimentación automática.
- Un CNC.
- Un centro de mecanizado.

3.3. Modelado del edificio

En este apartado se describirá el proceso de modelado de la nave industrial que albergará las instalaciones térmicas objeto de este TFG.

3 MODELADO ARQUITECTÓNICO Y ESTRUCTURAL

3.3.1. Interfaz de usuario de Revit

La interfaz de usuario y sus componentes son los mostrados en las Figuras 3.3.1 y 3.3.2. Esta interfaz es completamente personalizable, tanto en posición de los cuadros de opciones como en tamaño. Se pueden visualizar varias vistas del proyecto simultáneamente o colocarlas en capas para sólo visualizar la que mas interese.

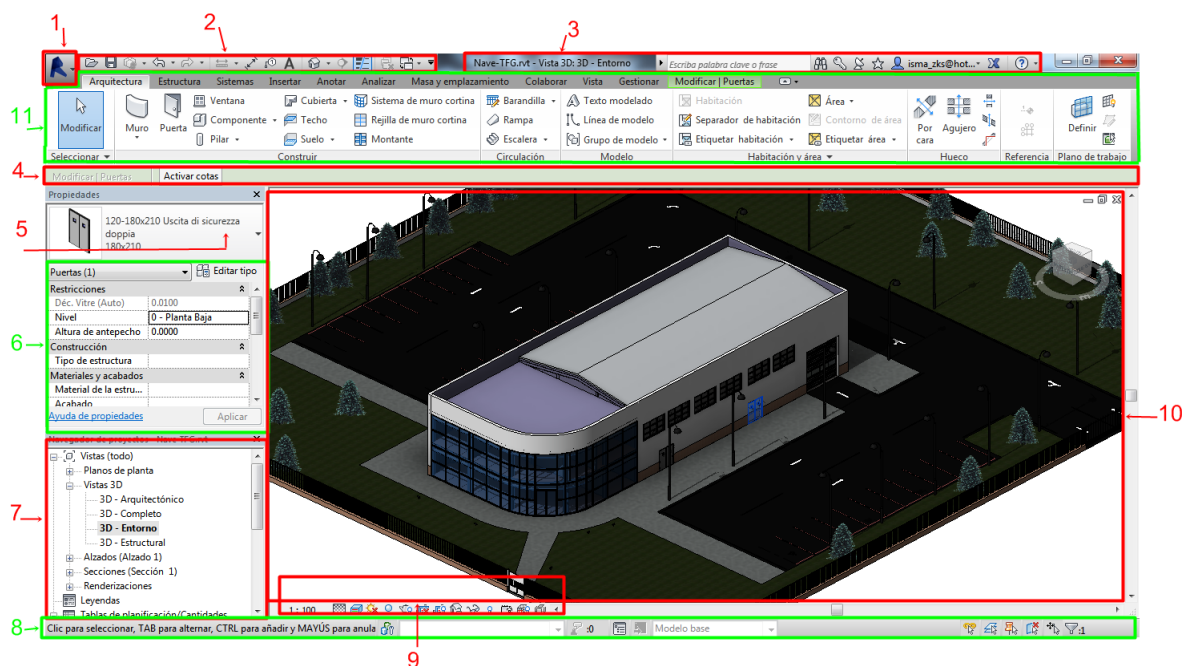


Figura 3.3.1: Vista general de la interfaz de usuario

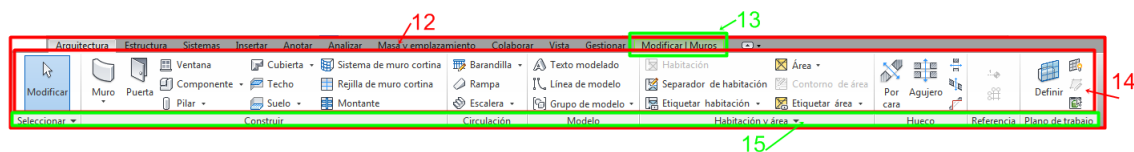


Figura 3.3.2: Vista en detalle de la cinta de opciones

1. Menú de aplicación.
2. Barra de herramientas de acceso rápido.
3. InfoCenter.
4. Barra de opciones.
5. Selector de tipo.

6. Paleta de propiedades.
7. Navegador de proyectos.
8. Barra de estado.
9. Barra de controles de vista.
10. Área de dibujo.
11. Cinta.
12. Fichas de la cinta de opciones.
13. Una ficha contextual de la cinta de opciones, que proporciona herramientas relevantes para el objeto seleccionado o la acción actual.
14. Herramientas en la ficha actual de la cinta de opciones.
15. Grupos de la cinta de opciones.

3.3.2. Modelado arquitectónico y estructural

Antes de comenzar a modelar el edificio, hay que colocar rejillas que sirvan de referencia para los muros que se crearán posteriormente y los diferentes niveles que corresponden a las plantas que va a tener el edificio, además de configurar algunas propiedades como las unidades del proyecto. Las rejillas se crean desde el menú *Arquitectura* → *Referencia* → *Rejilla* desde una vista de planta y los niveles desde *Arquitectura* → *Referencia* → *Nivel* desde una vista de alzado. La posición de estos elementos es de momento orientativa, ya que puede no tenerse claro en esta fase de diseño las medidas exactas del edificio o la altura de los diferentes niveles. Como se ve en la Figura 3.3.3, se han definido cuatro niveles (planta baja, primera planta, techo de oficinas y altura máxima de cubierta)

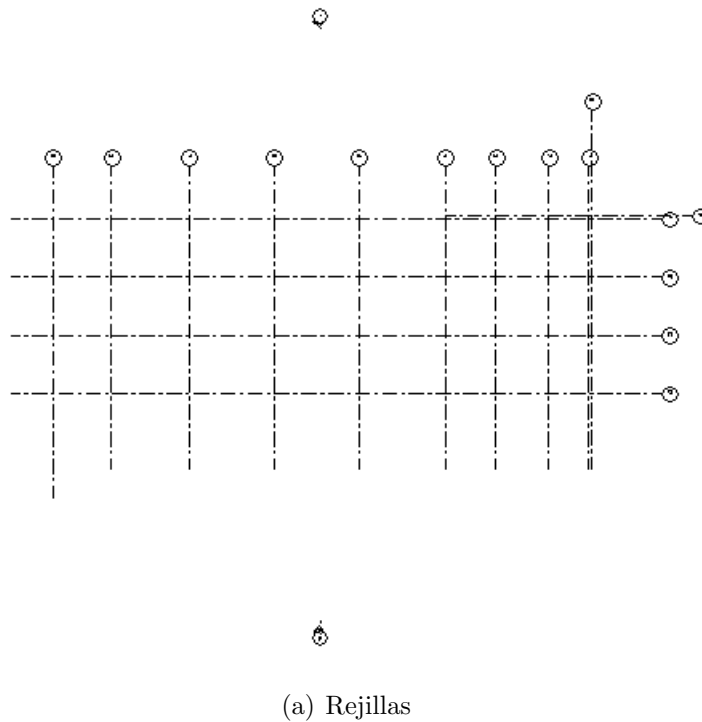


Figura 3.3.3: Niveles y rejillas utilizadas para el modelado en Revit

Predimensionaremos la cimentación colocando zapatas rectangulares de 1,80x1,20x0,50 metros y vigas de atado de 0,30x0,50 metros entre ellas. En las zapatas, colocaremos las placas que servirán de unión con los pilares de acero HEB300 (Figura 3.3.4) que formarán parte, en la zona de taller, de pórticos. Los pilares se colocan en los puntos en los que se cortan las rejillas antes mencionadas. Sobre los pórticos apoyarán vigas HEB200 que servirán de correas de techo. En la zona de oficinas se colocarán más pilares para soportar la colocación de una planta superior. Se pueden colocar ya todas las soleras de suelo y el forjado intermedio entre las dos plantas de la zona de oficinas,

teniendo la de la zona del taller un espesor mayor de hormigón para poder soportar lo esfuerzos propios de su uso. Con esto quedaría terminado el diseño de la estructura (Figura 3.3.5) en el que nos apoyaremos para seguir modelando el edificio.

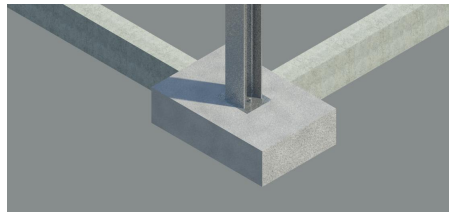


Figura 3.3.4: Detalle de una zapata unida a un pilar HEB300

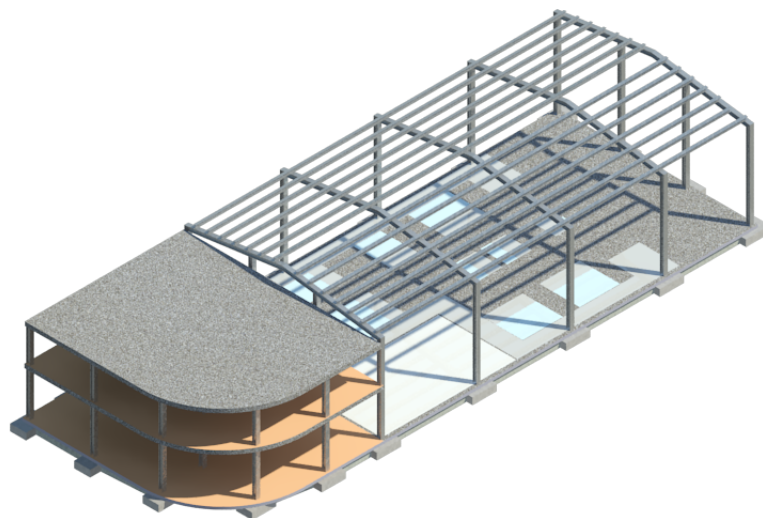


Figura 3.3.5: Vista en 3D del modelo estructural

Una vez hecho esto, se colocan los pilares de 35x35 cm (arquitectónicos) usando como apoyo las rejillas descritas que servirán como acabado para ocultar los pilares estructurales de acero que se han descrito anteriormente.

Para la elección de la composición de los muros se ha decidido colocar muros compuestos por diferentes capas para mejorar el aislamiento térmico del edificio, con el consiguiente ahorro de energía. Para editar la estructura de un muro hay que seleccionar uno, ir a *Editar tipo* y entrar en *Editar...* en opción *Estructura* del campo *Construcción*. En la Figura 3.3.6 se muestra un ejemplo de muro compuesto, en esa ventana se puede ver el material y grosor de cada capa, así como el grosor total y la resistencia térmica del muro.

3 MODELADO ARQUITECTÓNICO Y ESTRUCTURAL

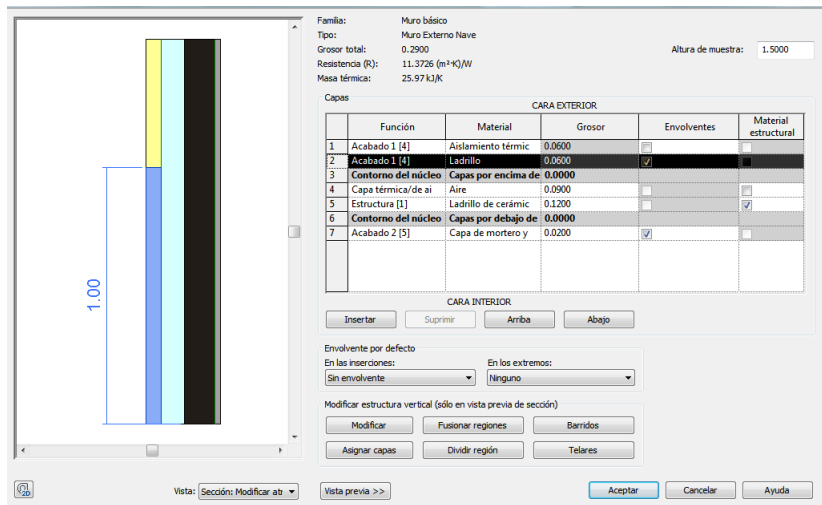


Figura 3.3.6: Ventana de edición de la estructura de un muro

Para colocar los muros, se seguirán las rejillas creadas anteriormente y se enlazarán con los niveles que correspondan. En este punto, se colocarán tanto los muros exteriores como los interiores.

En las fachadas sur y este, se ha decidido colocar un muro cortina de cristallera transparente de 9 milímetros de espesor, con montantes rectangulares de 5 por 10 centímetros con un espaciado mínimo de 1,5 metros entre montantes verticales y horizontales mostrado en la Figura 3.3.7. En el mismo muro se coloca la puerta de acceso a la zona de oficinas y recepción.

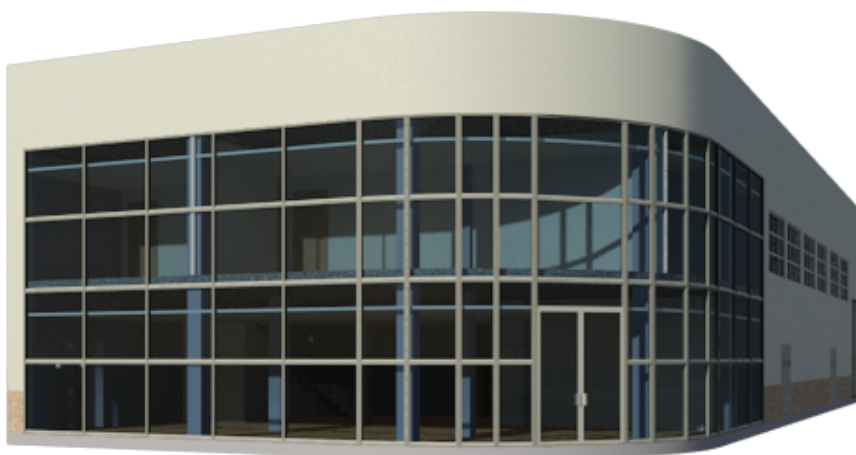


Figura 3.3.7: Muro cortina de la fachada principal

Para el acceso a la primera planta desde la planta baja, se requiere de una escalera, mostrada en la Figura 3.3.8, que se situará en una esquina de la planta baja. Para un mejor acabado, se colocarán dos muros que ocultarán la parte por debajo de la escalera.

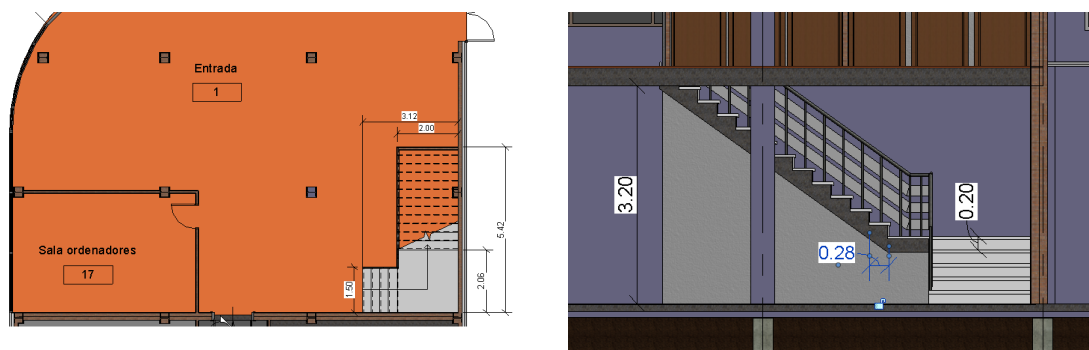


Figura 3.3.8: Vista en planta y sección de la escalera de acceso a la primera planta

Ahora ya se pueden hacer las divisiones interiores de la primera planta de la zona de oficinas como se describe en la Figura 3.3.9.

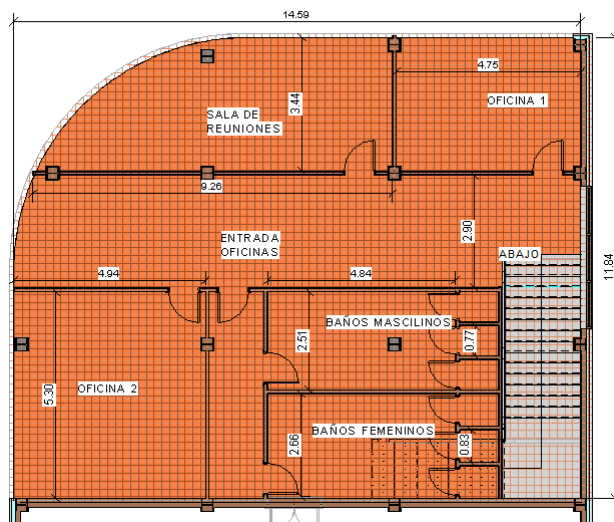


Figura 3.3.9: Divisiones interiores de la primera planta de la zona de oficinas

En la zona de oficinas se colocará una cubierta encima del forjado superior con una inclinación mínima para evitar la acumulación de agua de lluvia. En la zona de la nave se coloca una cubierta de panel sandwich modelada como dos placas de aluminio en sus caras externas con una capa de aislamiento entre ellas. La cubierta esta montada sobre las vigas de acero que apoyan en los pórticos de la estructura como se ve en la Figura 3.3.10.

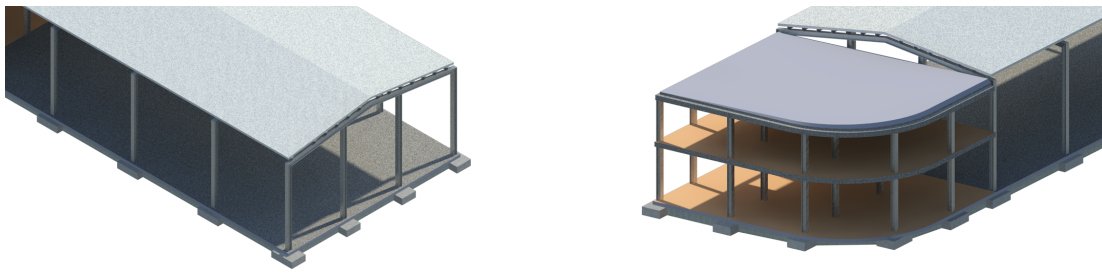


Figura 3.3.10: Vistas 3D de las cubiertas del edificio

En la planta baja de la zona de oficinas es donde se ha encontrado el espacio necesario para la colocación de la *Sala de ordenadores*. Ya en la zona de taller, se ha colocado la *Sala de metrología*, la *Sala de calderas* y los *Baños y aseos* correspondientes a esta zona del edificio. La distribución general se muestra en la Figura 3.3.11. Estas salas se han cerrado con un falso techo de placas de yeso laminado. También se pueden colocar ya las ventanas de la zona de la nave.

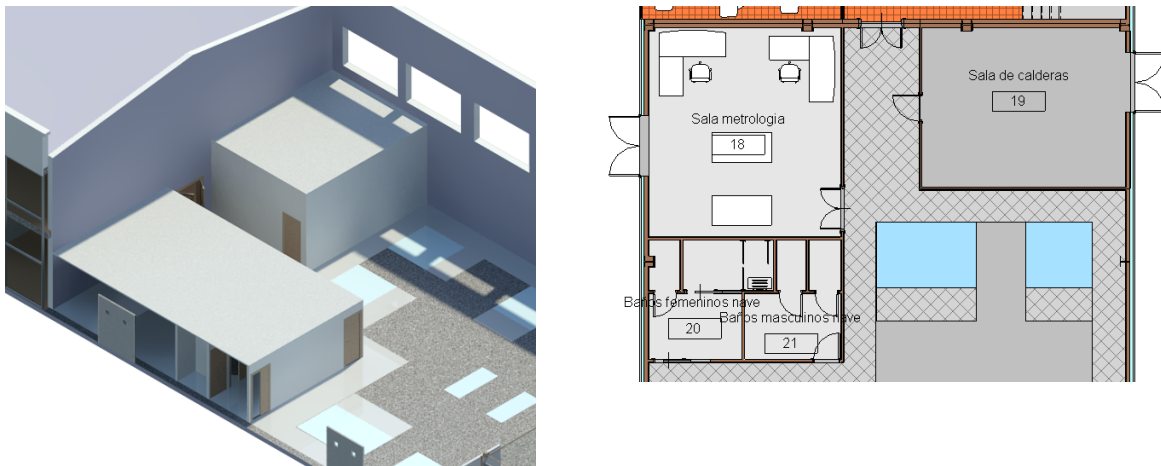


Figura 3.3.11: Vista 3D y en planta de las salas de la zona del taller

Con el fin de disponer de una zona destinada al almacenaje de piezas de recepción y de piezas preparadas para su salida, se han creado unas divisiones interiores para posibilitarlo. Estas divisiones se muestran en planta y en 3D en la Figura 3.3.12.

3 MODELADO ARQUITECTÓNICO Y ESTRUCTURAL

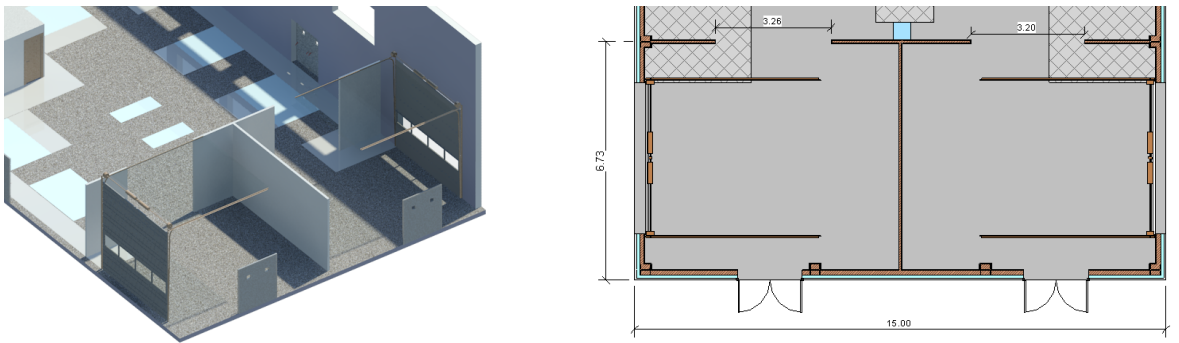


Figura 3.3.12: Vista 3D y en planta de la zona de almacenaje de mercancías

Se colocan siete salidas de emergencia y dos puertas de garaje para el acceso y salida de camiones de carga y descarga como se observa en la Figura 3.3.13.

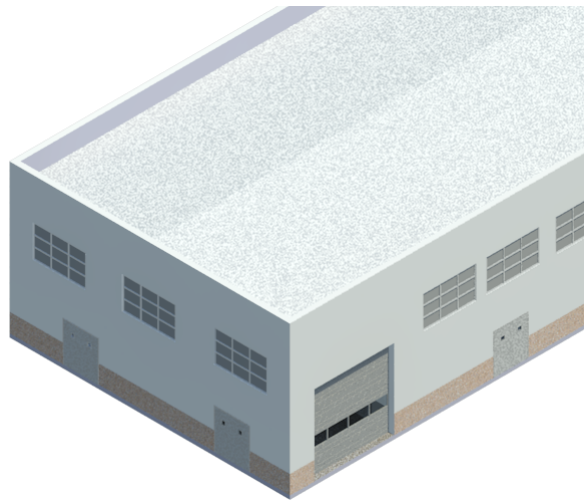


Figura 3.3.13: Vista 3D de algunas puertas de emergencia y una puerta de garaje

3 MODELADO ARQUITECTÓNICO Y ESTRUCTURAL

Para tener una referencia en Revit de la posición de la maquinaria en la nave y tener en cuenta las áreas de paso del personal se ha dividido la cara del suelo de la nave en varias caras que se han pintado de un color distinto para poder distinguirlas a simple vista. En la Figura 3.3.14 se muestra esta distribución, donde las zonas azules representan la maquinaria, las zonas rayadas representan las zonas de paso de empleados y las zonas grises zonas de paso de carretillas. Estas zonas de paso descritas cumplen el *Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.*

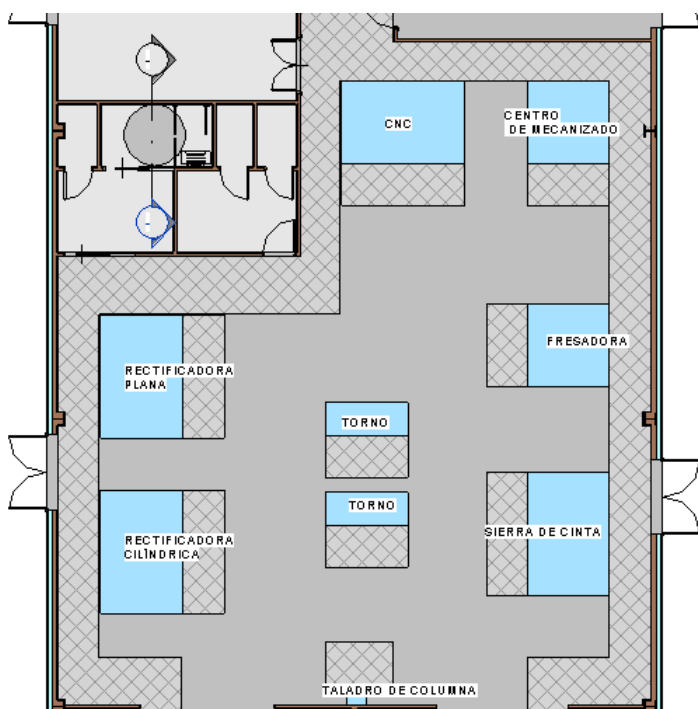


Figura 3.3.14: Distribución en planta de la maquinaria de la nave

En la zona de oficinas, se ha colocado un falso techo de placas de yeso laminado tanto en la planta baja como en la primera planta para ocultar la disposición posterior de las instalaciones de agua, saneamiento, ventilación y calefacción como vemos en la Figura 3.3.15.

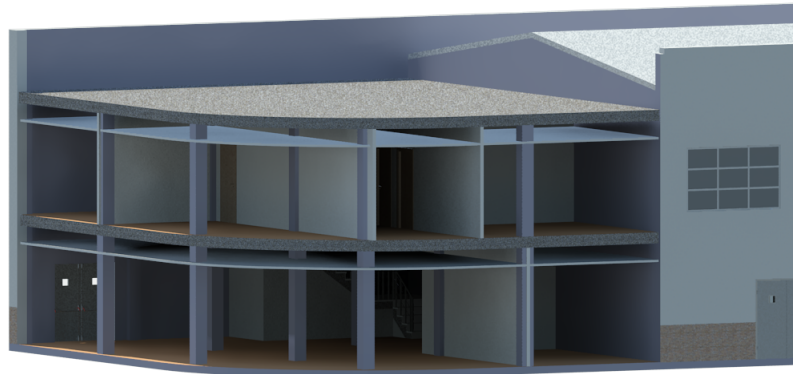


Figura 3.3.15: Falsos techos colocados en la zona de oficinas

Llegados a este punto, solo queda modelar la parcela, los accesos a la misma, las aceras y carreteras. Alrededor de la parcela y a modo de seguridad, se colocará un murete de 0,5 metros y encima una valla que llega hasta los 2,5 metros. Se situará una verja corredera para el acceso de los automóviles y camiones de carga y descarga en el lado este de la parcela; y una puerta para el acceso de peatones en el lado sur. Habrá dos bloques de aparcamientos: uno en el lado este destinado a los clientes y visitas y otro en el lado oeste destinado a los empleados con una plaza destinada a personas de movilidad reducida en cada lado.

En la Figura 3.3.16 se muestra una vista en planta de la parcela del edificio con todos sus componentes. Se ha colocado una imagen de fondo para observar los alrededores del edificio. En la Figura 3.3.17 se muestra una vista en 3D de la parcela tanto de día como de noche.

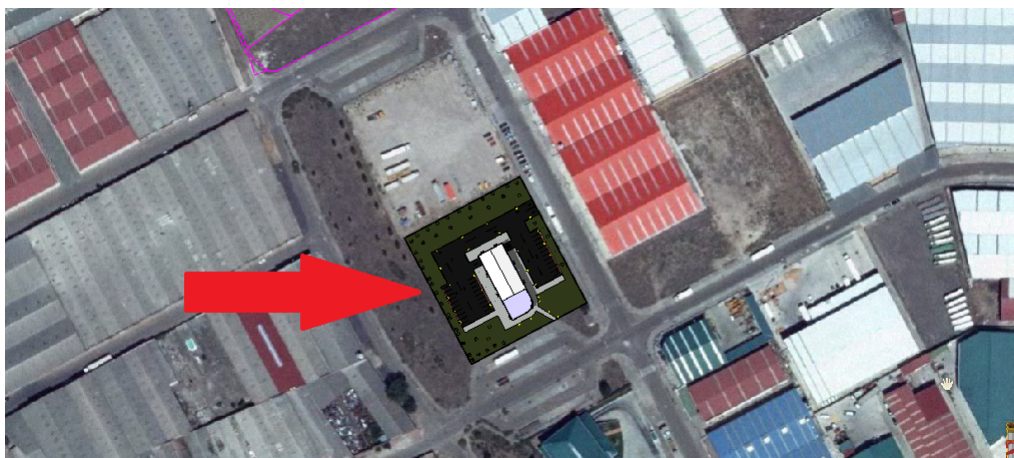


Figura 3.3.16: Vista en planta de la parcela. Imagen de fondo obtenida de SigPac

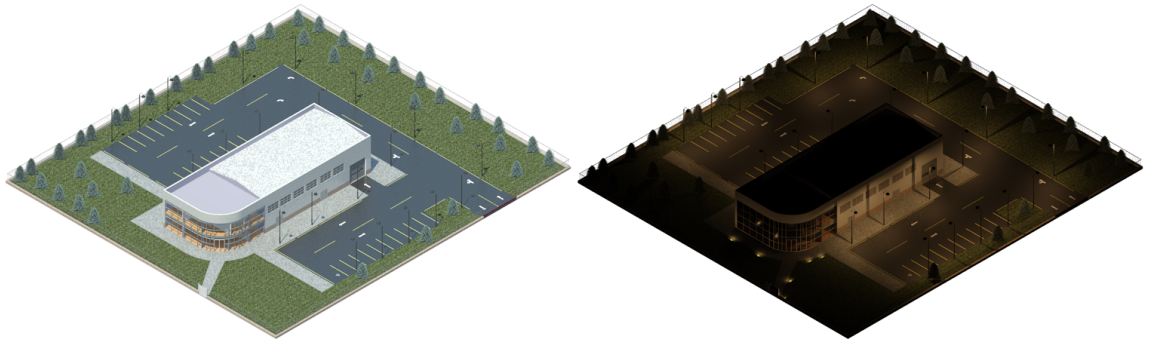


Figura 3.3.17: Vistas 3D de la parcela tanto de día como de noche

4. Modelado y cálculo de las instalaciones térmicas

En este apartado se describirá el software *MagiCAD* y, a continuación, se procederá al proceso de modelado y cálculo de las instalaciones de Saneamiento, Fontanería y ACS, Calefacción y Ventilación.

4.1. Descripción de MagiCAD

Desde el primer momento se trabajará con el software de modelado de instalaciones *MagiCAD*. Este software se inicia automáticamente al iniciar *Revit* y se integra completamente en él (Figura 4.1.1).

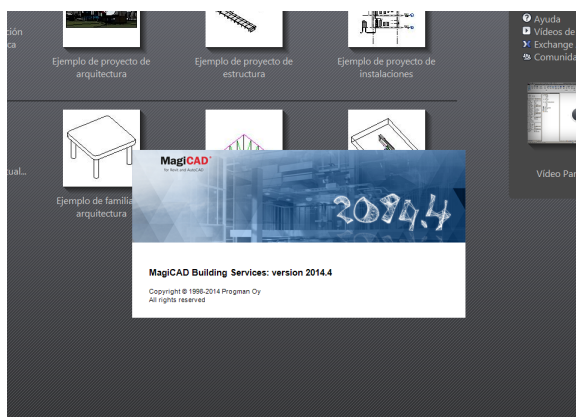


Figura 4.1.1: Pantalla de inicio que aparece al arrancar *Revit*

Después de su instalación aparecen algunas nuevas fichas en la cinta de opciones como se ve en la Figura 4.1.2. Hay cuatro fichas: una común con opciones de configuración (*MagiCAD Common*), una correspondiente a Fontanería, Saneamiento y Calefacción (*MagiCAD Piping*), otra para Ventilación (*MagiCAD Ventilation*) y otra para Electricidad (*MagiCAD Electrical*), que no se utilizará para el desarrollo de este TFG.

4 MODELADO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

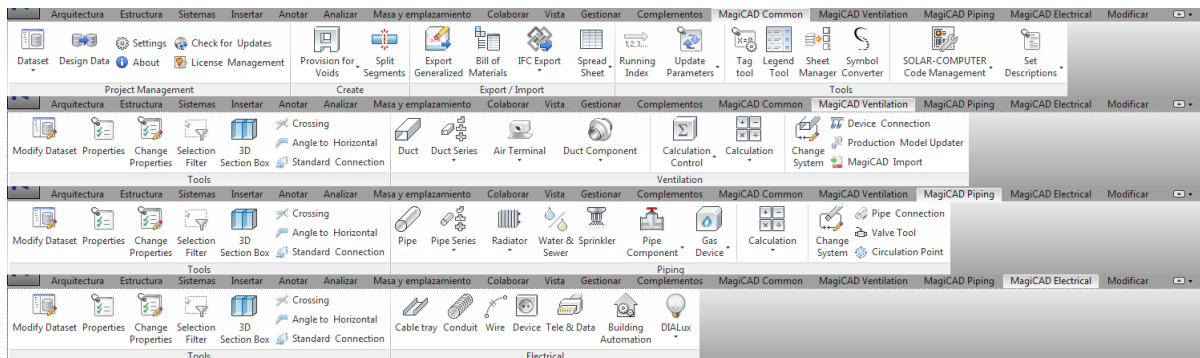


Figura 4.1.2: Fichas propias de *MagiCAD*

Como ya se ha indicado en apartados anteriores, el motor de trabajo de *MagiCAD* es casi idéntico al de *Revit MEP* con la diferencia de que el primero permite automatizar ciertos procesos que en el segundo son más manuales, como la elección de radiadores o ciertas conexiones de tuberías y conductos. Además cuenta con una gran base de familias de objetos y componentes propios de las instalaciones facilitados por fabricantes reales (Figura 4.1.3), por lo que el modelo obtenido es más fiel a la realidad.

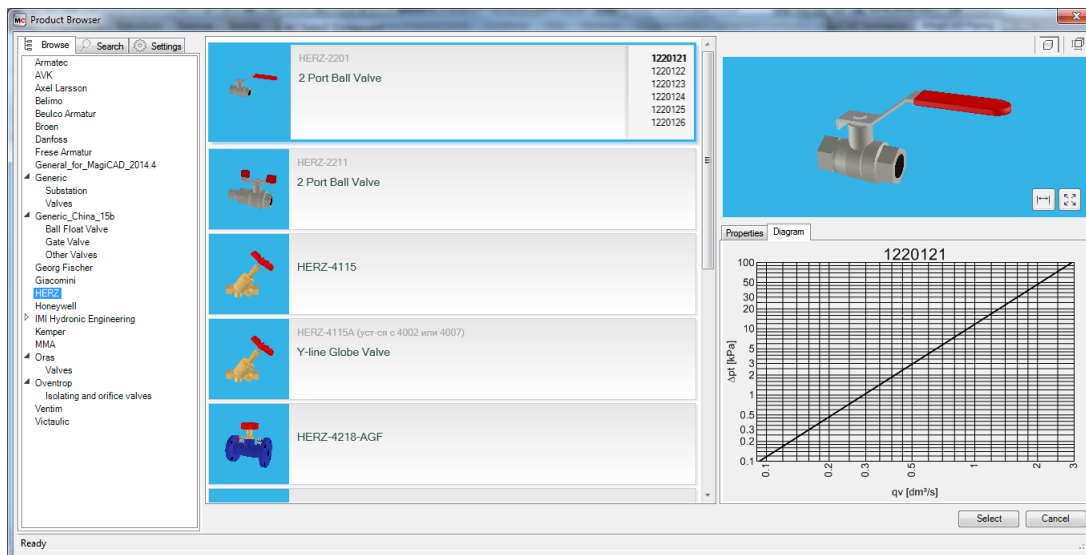


Figura 4.1.3: Catálogo de productos de *MagiCAD*

4.2. Vinculación de proyectos

Para la realización del modelo de las instalaciones se puede proceder de dos maneras: mediante *subproyectos* o con *vinculación de proyectos*. La primera consiste en partir de un *proyecto raíz* del cual partirán todos los subproyectos, cada uno dedicado a una disciplina diferente y, posiblemente, gestionados

por personas diferentes. Con este sistema, sólo la persona encargada de cada subproyecto puede hacer modificaciones en él, siendo de gran utilidad en despachos de medio o gran tamaño divididos por departamentos en que cada uno se ocupa de cierta parte del proyecto raíz.

Para este TFG se ha optado por la opción de la *vinculación de proyectos* debido a que todo el trabajo lo gestionará una persona. Para ello, se crea un nuevo proyecto destinado exclusivamente a las instalaciones del edificio que se vinculará con el modelo arquitectónico y del que se podrán copiar ciertos elementos como *niveles* que se usarán para el diseño de las instalaciones. Esta vinculación hará posible que, ante modificaciones del proyecto de construcción, el modelado de las instalaciones se actualice y se mantenga en orden.

El proceso que hay que seguir para llevar a cabo la vinculación es el siguiente: en la ficha *Insertar* y se hará clic sobre *Vincular Revit*, se buscará la ruta donde se tenga el proyecto arquitectónico y se elegirá en la opción de posicionamiento la de “Automático origen a origen” para que luego se pueda ir al proyecto raíz y realizar los mismos pasos para visualizar las instalaciones si se quiere que aparezcan en el proyecto general. Seguidamente se deberá sincronizar los niveles del proyecto de construcción con el nuevo que se ha creado de modo que si uno se mueve el otro también. Los pasos que se deberán realizar son los siguientes:

1. Se eliminarán todos los niveles que se tengan creados anteriormente. Habrá uno que no se pueda eliminar, ya que Revit lo impide por la necesidad de tener al menos un nivel, ese se dejará apartado para posteriormente eliminarlo.
2. Se bloqueará el modelo vinculado para evitar movimientos indeseados.
3. En la ficha *Colaborar* se seleccionará *Copiar/Supervisar*, luego en *Seleccionar vínculo*.
4. Se seleccionará el vínculo resaltado por el cuadro azul en el área de dibujo.
5. En la nueva ficha que se abre automáticamente se seleccionará *Copiar*. Se seleccionarán los niveles, rejillas o elementos que se vayan a necesitar del modelo principal. Una vez finalizado se deberá pulsar *Finalizar*.
6. Ahora se podrá eliminar el nivel que faltaba anteriormente por eliminar.

Ahora los niveles copiados se mostrarán en el proyecto actual. Al seleccionar un nivel copiado, el icono de supervisión aparecerá junto al mismo para indicar que está relacionado con el nivel original del modelo vinculado.

4.3. Instalación de saneamiento

La instalación de saneamiento que se va a modelar y dimensionar debe cumplir el *Código Técnico de la Edificación (CTE)* en su sección *HS 5 - Evacuación de aguas*. Se utilizará PVC como material de los conductos, sus características se muestran en la Figura 4.3.1.

Como *MagiCAD* no posibilita la instalación de botes sifónicos, la única manera de poder colocarles sería crear y gestionar familias nuevas. Este hecho no entra dentro del ámbito de este trabajo, por lo que se optará por no colocarles y usar sifones individuales en inodoros y lavabos.

Size	Din	Dout	Valve size	User code
32	28.0	32.0	32	
40	36.0	40.0	40	
50	45.0	50.0	50	
63	57.0	63.0	63	
75	68.0	75.0	75	
100	90.0	100.0	100	
110	100.0	110.0	110	
160	144.0	160.0	160	
200	180.0	200.0	200	

Figura 4.3.1: Características de las tuberías de PVC utilizadas en el saneamiento

En primer lugar se deben colocar los elementos que disponen de salida de saneamiento: inodoros, lavabos y duchas. Los datos de UDs y diámetros mínimos de las derivaciones individuales son los mostrados en el Cuadro 4.3.1.

Cuadro 4.3.1: UD's correspondientes a los distintos apartados sanitarios. *Punto 4.1.1.1 del HS - 5 - Evacuación de aguas*

Tipo de aparato sanitario	Unidades de desagüe UD	Diámetro mínimo derivación individual (mm)
Lavabo	1	32
Ducha	2	40
Inodoro con cisterna	4	100

El número de UD's de las alcantarillas de la zona de la nave no están incluidos en el Cuadro 4.3.1. Según el *Punto 4.1.1.1 del HS - 5 - Evacuación de aguas* y, al ser de un diámetro de 75 mm, el número de UD's asignado será de 5.

Los elementos se colocan desde un menú contextual en *MagiCAD* donde se puede elegir el modelo de inodoro, alcantarilla, lavabo y grifería que se desea colocar Figura 4.3.2. Desde este menú se puede incorporar conjuntamente el elemento de desagüe y el de suministro de agua (indicado para lavabos y duchas), elegir la separación entre tuberías de agua fría y ACS y la dirección de conexión.

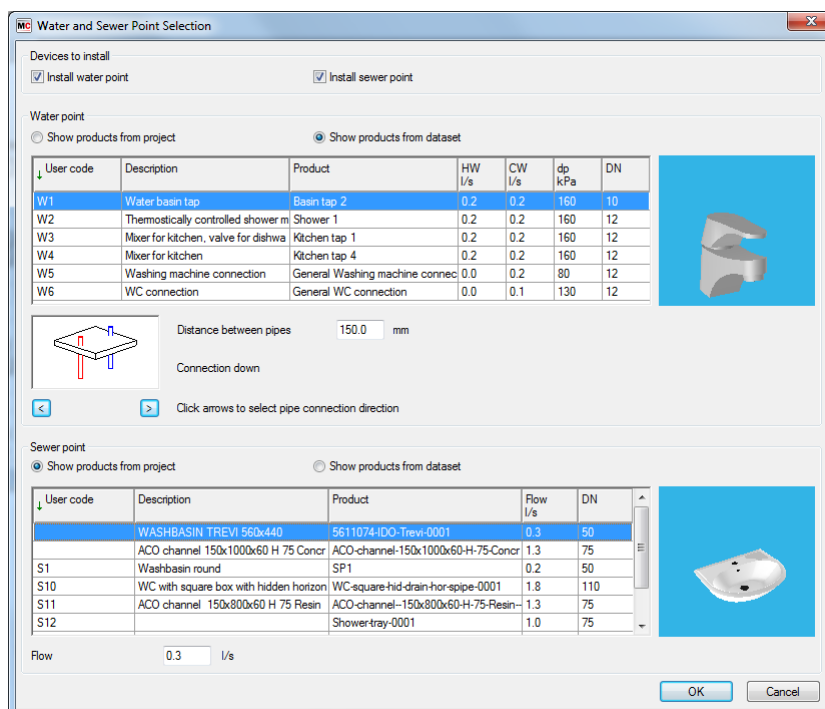


Figura 4.3.2: Menú desde el que se seleccionan los consumos de agua y desagües

Hay dos zonas de aseos en el edificio con su correspondiente división por

4 MODELADO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

sexo que se observan en la Figura 4.3.3:

- En la zona de taller. El aseo masculino se compone de una ducha, un inodoro y un lavabo. El aseo femenino esta formado por un inodoro, un lavabo y un baño adaptado que cumple las exigencias del *CTE* en cuanto a *Accesibilidad*. Este último tiene suficiente espacio de tránsito para personas de movilidad reducida e incorpora un inodoro, una ducha y un lavabo accesibles.
- En la zona de oficinas. El aseo masculino se compone de dos lavabos y tres inodoros. El aseo femenino tiene los mismos elementos.

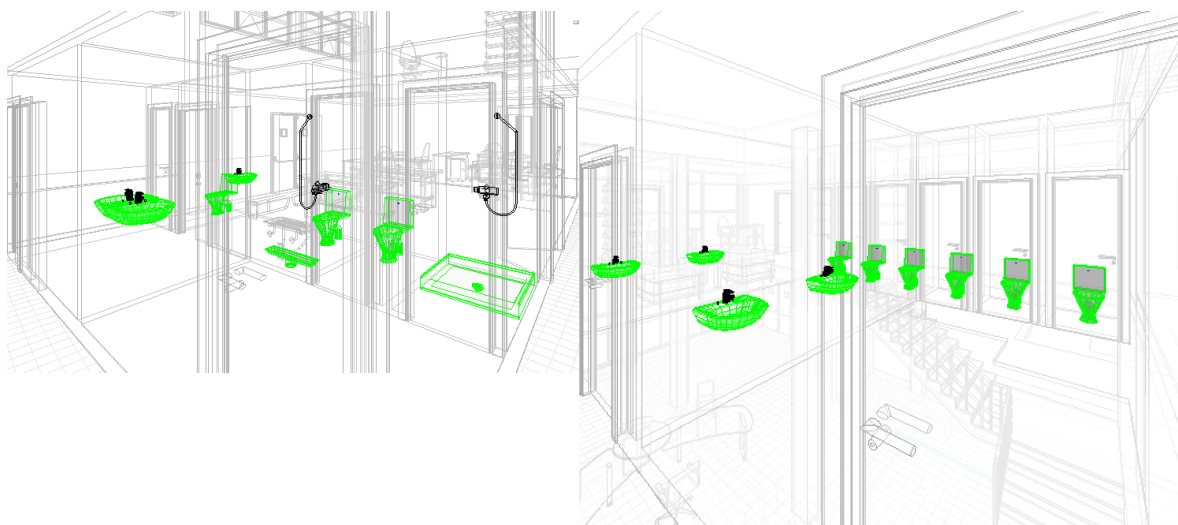


Figura 4.3.3: Vistas 3D de los aparatos colocados en los baños de la nave (izquierda) y de las oficinas (derecha)

Los diámetros de los ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajantes se han dimensionado con una pendiente del 2%. Con las UD's obtenidas del Cuadro 4.3.1 se busca en la columna del Cuadro 4.3.2 el número de UD's más próximo redondeando hacia el mayor, obteniendo así el diámetro mínimo de ramal colector que hay que instalar. Hay que tener en cuenta el efecto de acumulación de medida que se van conectando puntos de desagüe.

Cuadro 4.3.2: Diámetro de ramales de colectores entre aparatos sanitarios y bajante. *Punto 4.1.1.3 del HS - 5 - Evacuación de aguas*

Máximo número de UD por pendiente	
2%	Diámetro (mm)
1	32
2	40
6	50
11	63
21	75
60	90
151	110
234	125
582	160
1150	200

En nuestro caso, sólo disponemos de una bajante ya que sólo tenemos una planta. El diámetro de la bajante se dimensiona de acuerdo al Cuadro 4.3.3 procediendo de manera idéntica que en el caso correspondiente a los ramales colectores. En este trabajo se ha obtenido un diámetro de bajante de 90 mm, no obstante se ha optado por un diámetro de 110 mm para asegurar su buen funcionamiento. Para cumplir con los requisitos de la normativa se colocará una ventilación primaria en esta bajante indicada en la Figura 4.3.4.

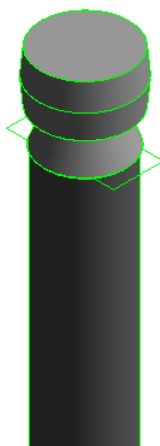


Figura 4.3.4: Vista 3D de la conexión a la atmósfera de la bajante

4 MODELADO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

Cuadro 4.3.3: Diámetro de las bajantes según el número de alturas del edificio y el número de UD. *Punto 4.1.2 del HS - 5 - Evacuación de aguas*

Máximo número de UD, para una altura de bajante de hasta 3 plantas	Diámetro (mm)
6	50
11	63
21	75
70	90
181	110
280	125
1120	160
1680	200
2500	250
4320	315

Para el dimensionado de los colectores horizontales se sigue el mismo procedimiento descrito anteriormente. El Cuadro 4.3.4 establece el diámetro mínimo de los colectores horizontales en función del número de UDs correspondientes.

Cuadro 4.3.4: Diámetro de los colectores horizontales en función del número máximo de UD y la pendiente adoptada. *Punto 4.1.3 del HS - 5 - Evacuación de aguas*

Máximo número de UD por pendiente	
2 %	Diámetro (mm)
20	50
24	63
38	75
130	90
321	110
480	125
1056	160
1920	200
3500	250
6920	315
10000	350

Se dispondrá de un depósito separador de grasas ubicado en el exterior del

4 MODELADO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

edificio al que se conectan los ramales procedentes de los desagües colocados en la zona de trabajo de la nave. También se colocará de un pozo de registro previo a la conexión a la acometida de saneamiento.

En las Figura 4.3.5 y 4.3.6 se muestra una vista 3D de la instalación completa y una vista desde el interior de la zona de taller.

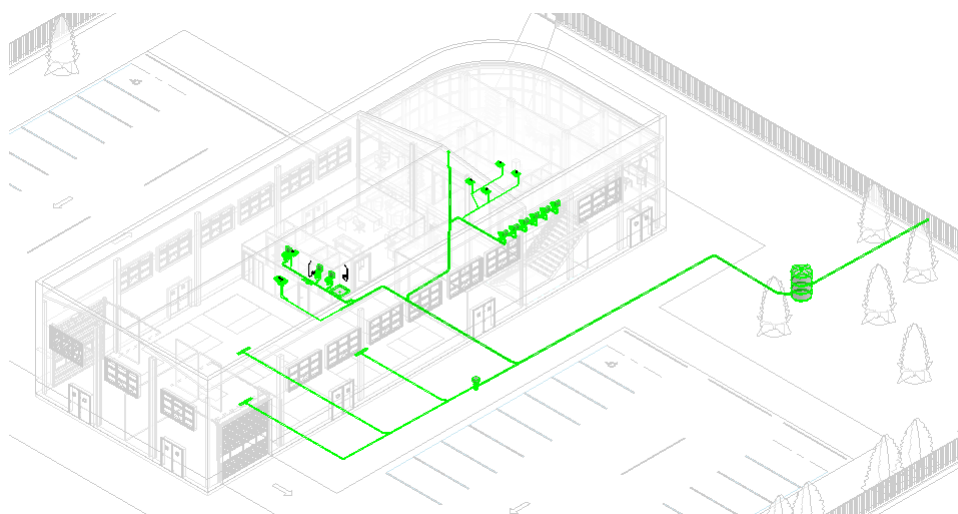


Figura 4.3.5: Vista 3D de la instalación de saneamiento completa

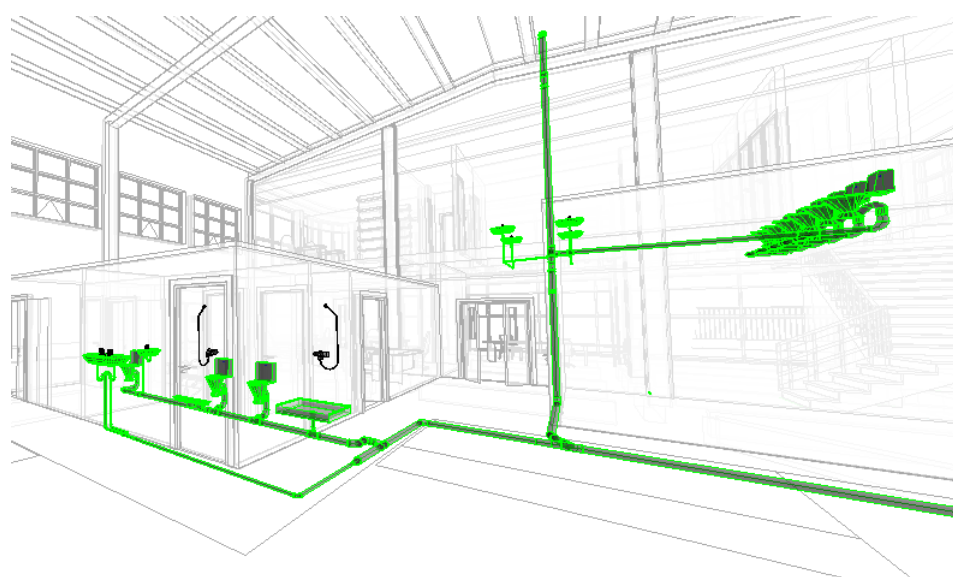


Figura 4.3.6: Vista 3D de la instalación de saneamiento vista desde el suelo de la zona de taller

4.4. Instalación de fontanería y ACS

4.4.1. Requisitos de la instalación

A continuación se enumeran ciertos requisitos correspondientes al *CTE DB HS 4 - Suministro de agua* y al *RITE* que deben cumplir las instalaciones de fontanería y ACS.

Protección contra retornos

1. Se dispondrán sistemas antirretorno para evitar la inversión del sentido del flujo en los puntos que figuran a continuación, así como en cualquier otro que resulte necesario:
 - a) después de los contadores;
 - b) en la base de las ascendentes;
 - c) antes del equipo de tratamiento de agua;
 - d) en los tubos de alimentación no destinados a usos domésticos;
 - e) antes de los aparatos de refrigeración o climatización.
2. Los antirretornos se dispondrán combinados con grifos de vaciado de tal forma que siempre sea posible vaciar cualquier tramo de la red.

Condiciones mínimas de suministro

1. La instalación debe suministrar a los aparatos y equipos del equipamiento higiénico los caudales que figuran en el Cuadro 4.4.1.

Cuadro 4.4.1: Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato. *Punto 2.1.3 del HS - 4 - Suministro de agua*

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm^3/s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm^3/s]
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Inodoro con cisterna	0,10	-

2. En los puntos de consumo la presión mínima debe ser:
 - a) 100 kPa para grifos comunes;
 - b) 150 kPa para fluxores y calentadores.

3. La presión en cualquier punto de consumo no debe superar 500 kPa.
4. La temperatura de ACS en los puntos de consumo debe estar comprendida entre 50°C y 65°C.

Ascendentes o montantes

1. Las ascendentes o montantes deben discurrir por zonas de uso común del mismo.
2. Las ascendentes deben disponer en su base de una válvula de retención, una llave de corte para las operaciones de mantenimiento, y de una llave de paso con grifo o tapón de vaciado, situadas en zonas de fácil acceso y señaladas convenientemente. La válvula de retención se dispondrá en primer lugar, según el sentido de circulación del agua.
3. En su parte superior deben instalarse dispositivos de purga, automáticos o manuales, con un separador o cámara que reduzca la velocidad del agua facilitando la salida del aire y disminuyendo los efectos de los posibles golpes de ariete.

Instalaciones particulares

Las instalaciones particulares estarán compuestas de los elementos siguientes:

- a) una llave de paso situada en el interior de la propiedad particular en lugar accesible para su manipulación;
- b) derivaciones particulares, cuyo trazado se realizará de forma tal que las derivaciones a los cuartos húmedos sean independientes. Cada una de estas derivaciones contará con una llave de corte, tanto para agua fría como para agua caliente;
- c) ramales de enlace;
- d) puntos de consumo, de los cuales, todos los aparatos de descarga, tanto depósitos como grifos, los calentadores de agua instantáneos, los acumuladores, las calderas individuales de producción de ACS y calefacción y , en general, todos los aparatos sanitarios, llevarán una llave de corte individual.

Distribución (impulsión y retorno)

1. La red de distribución debe estar dotada de una red de retorno cuando la longitud de la tubería de ida al punto de consumo más alejado sea igual o mayor que 15 metros.
2. Las redes de retorno discurrirán paralelamente a las de impulsión.
3. En la base de los montantes se dispondrán de válvulas de asiento para regular y equilibrar hidráulicamente el retorno.
4. Se dispondrá de una bomba de recirculación doble, de montaje paralelo o gemelas.

Separaciones respecto a otras instalaciones

El tendido de las tuberías de agua fría debe hacerse de tal modo que no resulten afectadas por los focos de calor y por consiguiente deben discurrir siempre separadas de las canalizaciones de agua caliente (ACS o calefacción) a una distancia de 4 cm, como mínimo. Cuando las dos tuberías estén en un mismo plano vertical, la de agua fría debe ir siempre por debajo de la de agua caliente.

Dimensionado de los tramos

El dimensionado de los tramos se hará de acuerdo al procedimiento siguiente:

- a) el caudal máximo de cada tramo será igual a la suma de los caudales de los puntos de consumo alimentados por el mismo de acuerdo al Cuadro 4.4.1.
- b) establecimiento de los coeficientes de simultaneidad de cada tramo de acuerdo con un criterio adecuado.
- c) determinación del caudal de cálculo en cada tramo como producto del caudal máximo por el coeficiente de simultaneidad correspondiente.
- d) elección de una velocidad de cálculo comprendida dentro de los intervalos siguientes:
 - I) tuberías metálicas: entre 0,5 y 2 m/s.
 - II) tuberías termoplásticas y multicapas: entre 0,5 y 3,5 m/s.
- e) Obtención del diámetro correspondiente a cada tramo en función del caudal y de la velocidad.

Dimensionado de las derivaciones individuales a cuartos húmedos y ramales de enlace

Los ramales de enlace a los aparatos domésticos se dimensionarán conforme a lo que se establece el punto *Punto 4.3 del HS - 4 - Suministro de agua*. Para los puntos de consumo utilizados en este TFG (lavabos, duchas e inodoros con cisterna), el diámetro nominal mínimo del ramal de enlace para tuberías de cobre o plástico es de 12 mm.

Los diámetros mínimos de los diferentes tramos de la red de suministro serán, para los tramos considerados en este TFG (alimentación de cuarto húmedo privado, alimentación a derivación particular y montantes o descendentes), como mínimo de 20 mm.

Dimensionado de las redes de retorno de ACS

1. Para determinar el caudal que circulará por el circuito de retorno, se estimará que en el grifo más alejado, la pérdida de temperatura sea como máximo de 3°C desde la salida del acumulador o intercambiador en su caso.
2. En cualquier caso no se recircularán menos de 250 l/h en cada columna para poder efectuar un adecuado equilibrado hidráulico.
3. El caudal de retorno se podrá estimar según reglas empíricas de la siguiente forma:
 - a) considerar que se recircula el 10% del agua de alimentación, como mínimo. De cualquier forma se considera que el diámetro interior mínimo de la tubería de retorno es de 16 mm.
 - b) los diámetros en función del caudal recirculado se indican en el Cuadro 4.4.2.

Cuadro 4.4.2: Relación entre diámetro de tubería y caudal recirculado de ACS.
Punto 4.4.2 del HS - 4 - Suministro de agua

Diámetro tubería (mm)	Caudal recirculado (l/h)
DN 15	140
DN 20	300
DN 25	600
DN 32	1100
DN 40	1800
DN 50	3300

Comprobación de la presión

Se comprobará que la presión disponible en el punto de consumo más desfavorable supera los valores mínimos indicados en apartados anteriores y que en todos los puntos de consumo no se supera el valor máximo indicado. En el caso de que la presión disponible en el punto de consumo fuera inferior a la presión mínima exigida sería necesaria la instalación de un grupo de presión.

Cálculo del aislamiento térmico

El espesor del aislamiento de las conducciones, tanto en la ida como en el retorno, se dimensionará de acuerdo a lo indicado en el *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios RITE*.

Este indica que dispondrán de un aislamiento térmico cuando contengan fluidos con temperatura mayor que 40°C cuando estén instalados en locales no calefactados como salas de máquinas o falsos techos. También señala que en tuberías con diámetro exterior (D) menor de 35 mm para una temperatura máxima del fluido de entre 60 y 100°C, el espesor de aislamiento mínimo (d_{ref}) es de 25 mm con un material de conductividad (λ_{ref}) de 0,040 W/(m.K).

Debido a que es una instalación de funcionamiento continuo, el espesor mínimo antes indicado debe ser aumentado en 5mm, por lo que será de 30 mm.

Cuando se utilicen materiales de conductividad térmica distinta se considera válida la determinación del espesor mínimo aplicando la Ecuación 4.4.1.

$$d = \frac{D}{2} \left[e^{\left(\frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \log \frac{D+2 \cdot d_{ref}}{D} \right)} - 1 \right] \quad (4.4.1)$$

4.4.2. Diseño de la instalación

La instalación de fontanería y ACS que se va a modelar y dimensionar debe cumplir el *Código Técnico de la Edificación* en su sección *HS 4 - Suministro de agua*. Se utilizará tubería de cobre cuyas características se muestran en la Figura 4.4.1. Se ha optado por usar un sistema de calentamiento centralizado con depósito de acumulación que se situará en la *Sala de calderas*.

4 MODELADO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

Pipe Series

General

ID: 000001

Type name: Copper pipe (for Revit family)

User code: Cu

Description: Copper pipe

Material: Cu

Properties

Roughness for piping: 0.00500

Roughness for fresh water: 0.15000

Hazen-Williams factor: 100

Is flexible pipe

Pipe sizes

Size	Din	Dout	Valve size	User code
10	8.4	10.0	10	
12	10.0	12.0	12	
15	13.0	15.0	15	
18	16.0	18.0	18	
22	20.0	22.0	22	
28	25.6	28.0	28	
35	32.0	35.0	35	
42	39.0	42.0	42	
54	51.0	54.0	54	
63	59.0	63.0	63	
76	72.1	76.1	76	
88	84.0	88.0	88	
108	104.0	108.0	108	

Products

Type	Product	Description
Pipe bend	MAGI-CU-B1-*	MagiCAD - default bend
Pipe joint	MAGI-CU-J1-*	MagiCAD - default joint
Pipe plug	MAGI-CU-P1-*	MagiCAD - default plug
Pipe reducer	MAGI-CU-R1-*	MagiCAD - default reduction
Pipe segment	MAGI-CU-*	MagiCAD - Cu pipe
Pipe T-branch	MAGI-CU-T1-**	MagiCAD - default T-branch
Pipe X-branch	MAGI-CU-X1-**	MagiCAD - default X-branch

Add... Delete

Add pipe... Add reducer... Add X-branch...
Add bend... Add plug... Add Flange...
Add joint... Add T-branch... Remove

OK Cancel

Figura 4.4.1: Características de las tuberías de cobre.

Colocación de aparatos y dimensionamiento de la red de tuberías

En primer lugar se deben colocar los consumo de agua en los puntos en los que se requiera. Como ya se ha indicado en el apartado anterior, se añadieron de manera conjunta con los puntos de saneamiento.

Ahora se realizará en trazado de las tuberías desde estos puntos de consumo hasta la *Sala de calderas*, donde se centralizará la producción de ACS y suministro de agua. Los caudales de los diferentes consumos se deben especificar, de acuerdo con el Cuadro 4.4.1, en el menú de propiedades que se ve en la Figura 4.4.2 para que después se tengan en cuenta a la hora de realizar los cálculos.

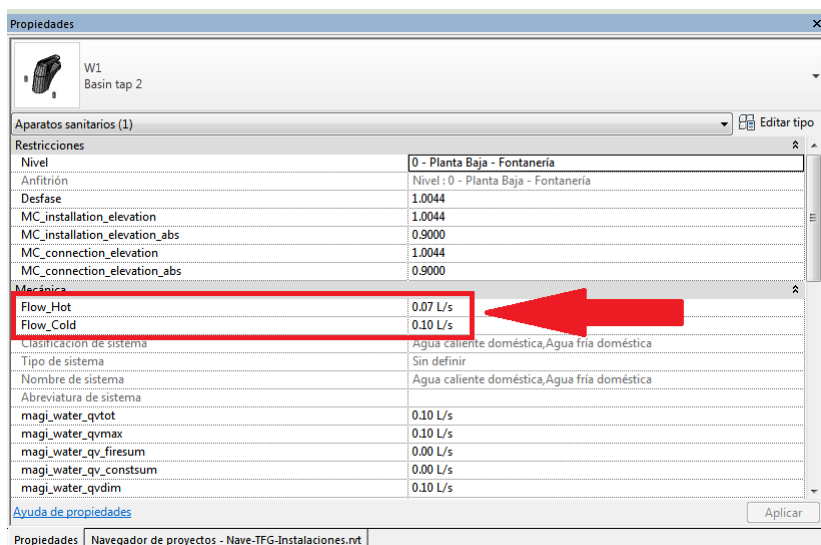
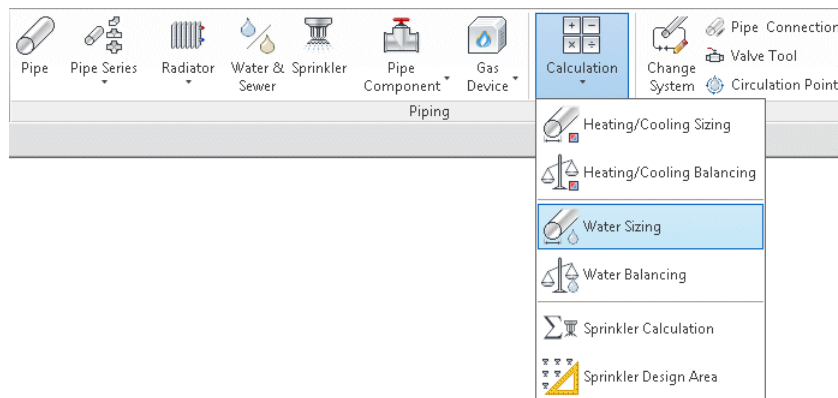


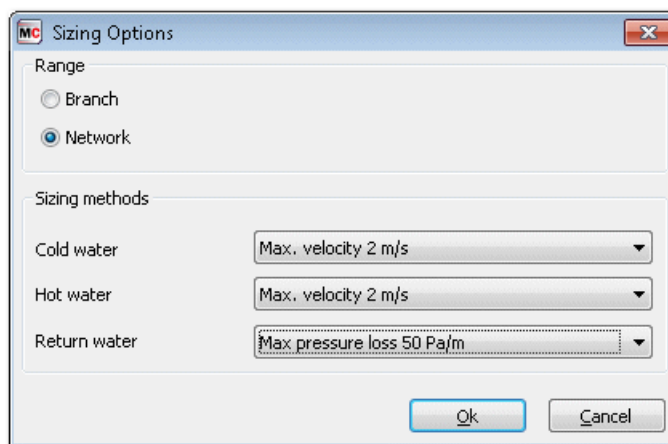
Figura 4.4.2: Menu de propiedades de un grifo

Para su dimensionamiento, *MagiCAD* dispone de una herramienta de cálculo a la que se le indica un criterio de dimensionado como la velocidad del fluido máxima o la pérdida de presión máxima (Figura 4.4.3) y, automáticamente, genera un informe en el que se observa el caudal, velocidad y diámetro de tubería calculado para cada tramo (Figura 4.4.4).

4 MODELADO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS



(a) Opción en la cinta



(b) Criterios de dimensionado

Figura 4.4.3: Inicio del dimensionado automático de *MagiCAD*

4 MODELADO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

Location	Level	Type	Series	Product	Size	L [m]	Insulation	qv sum [l/s]	qv dm [l/s]	v [m/s]	Warnings
0 - Planta Baja - Fonta		SEGMENT	Cu	MAGI-CU-18	18	0.0		1.000	0.364	1.81	
0 - Planta Baja - Fonta		REDUCER		MAGI-CU-R1-20	20/18			1.000	0.364		
0 - Planta Baja - Fonta		STOPVALVE		1220122	20			1.000	0.364		
0 - Planta Baja - Fonta		REDUCER		MAGI-CU-R1-20	20/18			1.000	0.364		
0 - Planta Baja - Fonta		SEGMENT	Cu	MAGI-CU-18	18	0.0		1.000	0.364	1.81	
0 - Planta Baja - Fonta		OTHER VALVE		AT1159-20	20			1.000	0.364		
0 - Planta Baja - Fonta		SEGMENT	Cu	MAGI-CU-18	18	0.0		1.000	0.364	1.81	
0 - Planta Baja - Fonta		BRANCH		MAGI-CU-T1-18-10	18/10			1.000	0.364	1.81	
0 - Planta Baja - Fonta		SEGMENT	Cu	MAGI-CU-18	18	2.3		1.000	0.364	1.81	
0 - Planta Baja - Fonta		ELBOW-90		MAGI-CU-B1-18	18			1.000	0.364	1.81	
0 - Planta Baja - Fonta		SEGMENT	Cu	MAGI-CU-18	18	2.6	Fibra de vidrio/0	1.000	0.364	1.81	Error: Insulation series not found
0 - Planta Baja - Fonta		ELBOW-90		MAGI-CU-B1-18	18			1.000	0.364	1.81	
0 - Planta Baja - Fonta		SEGMENT	Cu	MAGI-CU-18	18	6.1	Fibra de vidrio/0	1.000	0.364	1.81	Error: Insulation series not found
0 - Planta Baja - Fonta		ELBOW-90		MAGI-CU-B1-18	18			1.000	0.364	1.81	
0 - Planta Baja - Fonta		SEGMENT	Cu	MAGI-CU-18	18	0.4		1.000	0.364	1.81	
0 - Planta Baja - Fonta		BRANCH		MAGI-CU-T1-18-12	18/12			1.000	0.364	1.81	
0 - Planta Baja - Fonta		SEGMENT	Cu	MAGI-CU-12	12	1.6		0.200	0.200	2.55	
0 - Planta Baja - Fonta		ELBOW-90		MAGI-CU-B1-12	12			0.200	0.200	2.55	
0 - Planta Baja - Fonta		SEGMENT	Cu	MAGI-CU-12	12	0.0		0.200	0.200	2.55	
0 - Planta Baja - Fonta		WATER POINT		Shower 1	12			0.100	0.100	1.27	
0 - Planta Baja - Fonta		SEGMENT	Cu	MAGI-CU-18	18	0.9		0.800	0.341	1.69	
0 - Planta Baja - Fonta		BRANCH		MAGI-CU-T1-18-12	18/12			0.800	0.341	1.69	
0 - Planta Baja - Fonta		SEGMENT	Cu	MAGI-CU-12	12	1.9		0.100	0.100	1.27	
0 - Planta Baja - Fonta		ELBOW-90		MAGI-CU-B1-12	12			0.100	0.100	1.27	
0 - Planta Baja - Fonta		SEGMENT	Cu	MAGI-CU-12	12	0.1		0.100	0.100	1.27	
0 - Planta Baja - Fonta		ELBOW-90		MAGI-CU-B1-12	12			0.100	0.100	1.27	
0 - Planta Baja - Fonta		SEGMENT	Cu	MAGI-CU-12	12	0.0		0.100	0.100	1.27	
0 - Planta Baja - Fonta		REDUCER		MAGI-CU-R1-12	12/10			0.100	0.100		
0 - Planta Baja - Fonta		STOPVALVE		R251X02	10			0.100	0.100		
0 - Planta Baja - Fonta		REDUCER		MAGI-CU-R1-12	12/10			0.100	0.100		
0 - Planta Baja - Fonta		SEGMENT	Cu	MAGI-CU-12	12	0.2		0.100	0.100	1.27	
0 - Planta Baja - Fonta		WATER POINT		General WC connect	12			0.100	0.100	1.27	
0 - Planta Baja - Fonta		SEGMENT	Cu	MAGI-CU-18	18	0.7		0.700	0.328	1.63	
0 - Planta Baja - Fonta		REDUCER		MAGI-CU-R1-18	18			0.700	0.328	1.63	
0 - Planta Baja - Fonta		BRANCH		MAGI-CU-T1-18-12	18/12			0.700	0.328	1.63	
0 - Planta Baja - Fonta		SEGMENT	Cu	MAGI-CU-12	12	1.2		0.200	0.200	2.55	
0 - Planta Baja - Fonta		ELBOW-90		MAGI-CU-B1-12	12			0.200	0.200	2.55	
0 - Planta Baja - Fonta		SEGMENT	Cu	MAGI-CU-12	12	1.5		0.200	0.200	2.55	
0 - Planta Baja - Fonta		ELBOW-90		MAGI-CU-B1-12	12			0.200	0.200	2.55	
0 - Planta Baja - Fonta		SEGMENT	Cu	MAGI-CU-12	12	0.0		0.200	0.200	2.55	
0 - Planta Baja - Fonta		WATER POINT			12			0.200	0.200	2.55	
0 - Planta Baja - Fonta		SEGMENT	Cu	MAGI-CU-15	15	0.3		0.500	0.213	1.61	
0 - Planta Baja - Fonta		BRANCH		MAGI-CU-T1-15-12	15/12			0.500	0.213	1.61	
0 - Planta Baja - Fonta		SEGMENT	Cu	MAGI-CU-12	12	1.9		0.100	0.100	1.27	
0 - Planta Baja - Fonta		ELBOW-90		MAGI-CU-B1-12	12			0.100	0.100	1.27	

Figura 4.4.4: Informe obtenido con *MagiCAD* del dimensionado de la red de tuberías

El caudal de dimensionamiento que calcula *MagiCAD* sigue la norma D1 Finlandesa de acuerdo a la fórmula

$$q = q_{ni} + T \cdot (Q - q_{ni}) + A \cdot (q_m \cdot T) \cdot 0,5 \cdot (Q - q_{ni}) \cdot 0,5$$

donde:

q , Caudal de dimensionamiento.

q_{ni} , Caudal máximo del punto de consumo.

T , Probabilidad de que el punto de consumo este en uso, por defecto 0,015.

Q , Suma de todos los caudales.

A , Probabilidad de que se exceda el caudal de dimensionamiento, por defecto 3,1.

q_m , Caudal medio en los puntos de consumo donde el caudal se ha excedido, por defecto 0,2.

En el *CTE, Sección HS4 Suministro de agua, Punto 4.2.1 Dimensionado de los tramos, Apartado 2, Letra b)* sólo se indica que el cálculo de los coeficientes de simultaneidad se realice mediante un criterio adecuado, por lo que la fórmula anterior puede ser válida para el dimensionamiento de los tramos.

No obstante algunas comunidades autónomas han prescrito procedimientos que abarcan desde los de la antigua norma básica para instalaciones interiores de suministros de agua hasta los de la *Norma UNE 149201:2008*, que se utilizará a modo de comparación para validar los resultados obtenidos con *MagiCAD*. Esta norma establece que el caudal simultáneo o de cálculo Q_c se obtiene de la expresión $Q_c = A(Q_t)^B + C$, donde A , B y C son coeficientes que dependen del tipo de edificación, caudal total instalado Q_t (suma de los caudales mínimos de cada aparato) y el caudal mayor de los puntos de consumo Q_u . Los coeficientes a utilizar en *Edificios de oficinas* con $Q_t \leq 20l/s$ y $Q_u < 0,5l/s$ son: $A = 0,682$, $B = 0,45$ y $C = -0,14$. Con esto la fórmula para el cálculo del caudal de dimensionamiento es:

$$Q_c = 0,682 \cdot (Q_t)^{0,45} - 0,14 \quad (4.4.2)$$

Para el cálculo del diámetro de tuberías, se ha elegido una velocidad del agua de $2m/s$. Con esta velocidad, se entra en el Cuadro 4.4.3 que indica el el caudal máximo en función del diámetro de tubería. Con el caudal de diseño calculado y eligiendo el inmediatamente superior presente en la tabla, se selecciona el diámetro de tubería.

Cuadro 4.4.3: Caudales (l/s y l/h) en función del diámetro de tubería de cobre para una velocidad del fluido de $2 m/s$. [18]

Q (l/s)	Q (l/h)	Tubería
0,16	565	12x1
0,27	956	15x1
0,40	1448	18x1
0,63	2262	22x1
1,06	3823	28x1
1,71	6158	35x1
2,51	9048	42x1
4,18	15056	54x1,2
5,84	21042	64x1,5
8,39	30217	76,1x1,5
11,32	40760	88,9x2

En la Figura 4.4.5 se muestra un esquema de la instalación de ACS en los

4 MODELADO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

que se ha nombrado cada tramo con un número facilitar el cálculo posterior de los caudales.

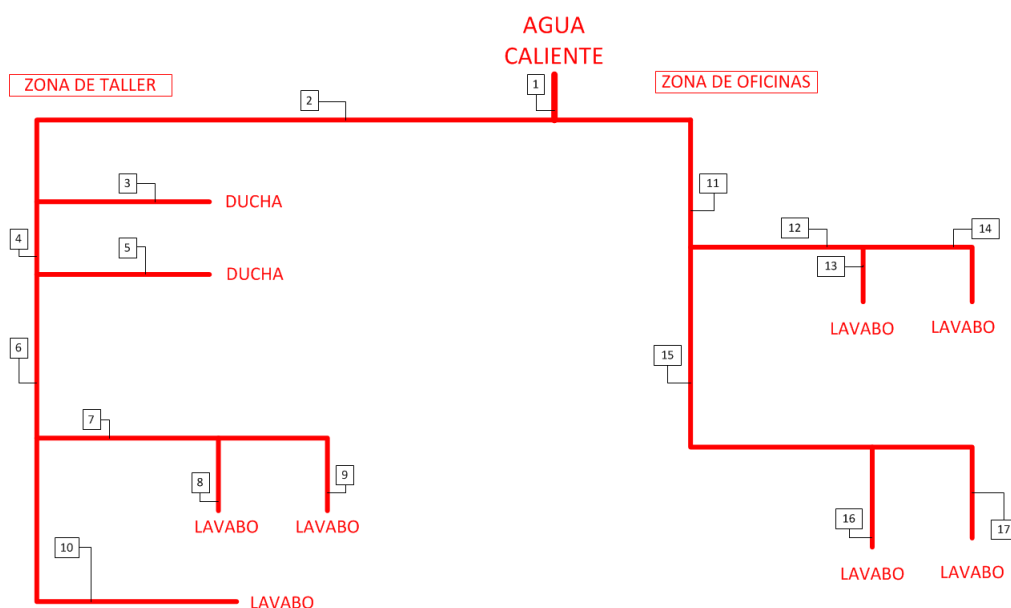


Figura 4.4.5: Esquema de la instalación de ACS

En el Cuadro 4.4.4 se muestran los caudales calculados y diámetros de tuberías obtenidos mediante los dos criterios usados. Los caudales obtenidos son muy similares entre sí pero las velocidades del agua sí que varían bastante. Aún así, la velocidad del flujo obtenida con *MagiCAD* está dentro de los límites que impone el *CTE* (entre 0,5 y 2 m/s), por lo que se aceptará como válido el método de cálculo proporcionado por la aplicación.

Cuadro 4.4.4: Comparación de caudales para la instalación de ACS

Tramo	$Q_t(l/s)$	$Q_c(l/s)$			Tubería		v (m/s)		
		MagiCAD	Alternativa	Diferencia (%)	MagiCAD	Alternativa	MagiCAD	Alternativa	Diferencia (%)
1	0,69	0,34	0,44	23	18	22	1,69	1,11	52,25
2	0,41	0,30	0,32	6,25	18	18	1,49	1,21	23,14
3	0,1	0,10	0,10	0	12	12	1,27	0,9	41,11
4	0,31	0,28	0,26	7,7	18	15	1,4	1,44	2,78
5	0,1	0,10	0,10	0	12	12	1,27	0,9	41,11
6	0,21	0,14	0,20	30	12	15	1,73	1,06	63,20
7	0,14	0,12	0,14	14,3	12	12	1,48	1,17	26,5
8	0,07	0,07	0,065	7,7	12	12	0,89	0,52	71,15
9	0,07	0,07	0,065	7,7	12	12	0,89	0,52	71,15
10	0,07	0,07	0,065	7,7	12	12	0,89	0,52	71,15
11	0,28	0,15	0,24	37,5	12	15	1,92	1,31	46,6
12	0,14	0,12	0,14	14,3	12	12	1,48	1,17	26,5
13	0,07	0,07	0,065	7,7	12	12	0,89	0,52	71,15
14	0,07	0,07	0,059	7,7	12	12	0,89	0,52	71,15
15	0,14	0,12	0,14	14,3	12	12	1,48	1,17	26,5
16	0,07	0,07	0,065	7,7	12	12	0,89	0,52	71,15
17	0,07	0,07	0,065	7,7	12	12	0,89	0,52	71,15

El caudal máximo instantáneo de ACS, según lo calculado, será de 0,34l/s y se utilizará en apartados siguientes.

Comprobación de la pérdida de carga

MagiCAD también ofrece una herramienta para el cálculo de las pérdidas de carga en el circuito, Figura 4.4.6. El dato principal que hay que introducir es la presión de suministro de agua (*pressure at feed point*) que en nuestro caso es de 250 kPa. Las demás casillas marcan límites de pérdida de presión que, de ser alcanzados, se lanza un aviso. De igual manera que con el cálculo de los caudales, se obtiene un informe que muestra un esquema de los tramos, el diámetro de tubería, la longitud, el caudal total, el caudal de diseño, la velocidad del fluido, la pérdida de presión tanto por el movimiento del fluido como por la ganancia de altura y la presión total. El método de cálculo que utiliza el software se basa en la ecuación de *Colebrook-White*, por lo que los resultados son totalmente fiables y tomaremos como correctos.

4 MODELADO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

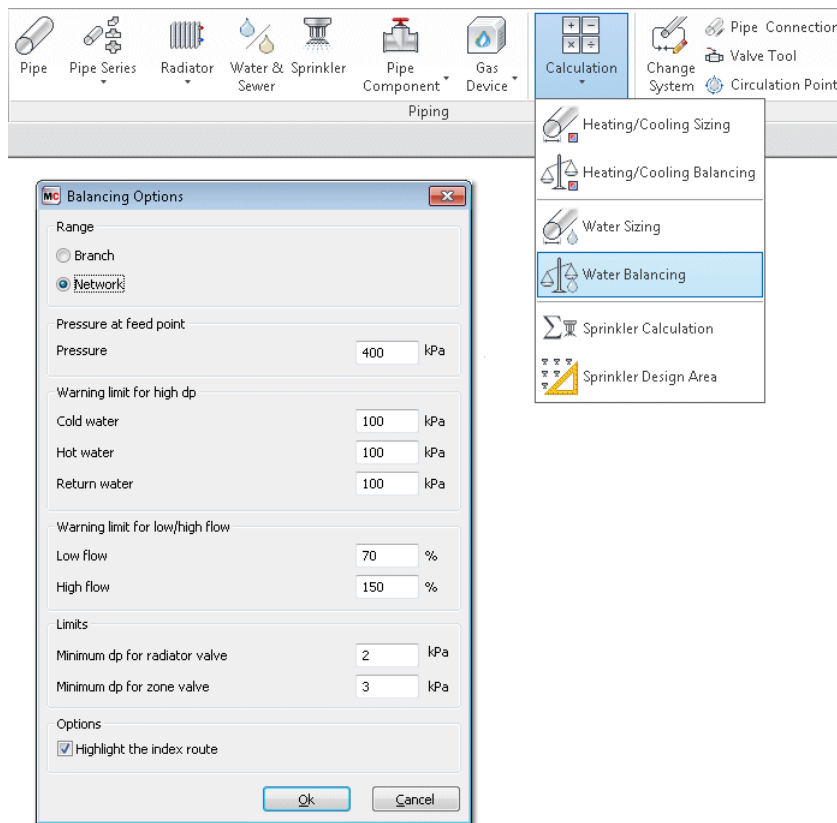


Figura 4.4.6: Comando y menú de opciones para el cálculo de pérdidas de carga

Para el caso de este edificio se ha tenido que aumentar el diámetro de tubería de algunos tramos debido a que la pérdida de presión en ellos era demasiado elevada, consiguiéndose así que la presión mínima en los puntos de consumo sea la estipulada por la normativa (100 kPa).

Cálculo del aislamiento de las tuberías

Para el aislamiento de las tuberías se usará *Espuma de poliuretano* con una conductividad térmica de 0,023 W/(m.K). Esto permite reducir el espesor del aislamiento al indicado en el Cuadro 4.4.5. Para reducir los materiales usados, se dispondrá aislamiento de un espesor de 9 mm para cualquier diámetro de tubería.

Cuadro 4.4.5: Espesor mínimo de aislamiento de tubería con espuma de poliuretano

Diámetro de tubería (mm)	Espesor de aislamiento (mm)
22	8,6
18	7,7
15	7
12	6,18
10	5,63

Cálculo de la red de retorno de ACS

Debido a que la longitud de tubería de ida al punto de consumo más alejado es mayor de 15 metros, se deberá dotar a la instalación de una red de retorno de ACS. Se colocará una tubería de retorno para la zona de oficinas y otra para la zona de taller. Las tuberías de retorno partirán de los puntos de consumo más alejados de cada zona, llegarán a la *sala de calderas* donde el caudal recirculado volverá de nuevo a la caldera.

Para este dimensionado se considera despreciable la pérdida de temperatura durante la distribución desde el depósito hasta los puntos de consumo debido a que la distancia entre ellos no es demasiado grande y a que las tuberías discurrirán en su mayor parte por espacios calefactados.

Con esto, la norma dice que:

- No se deberán recircular menos de 250 l/h por columna. En este caso se tienen dos columnas (una para la zona de oficinas y otra para la zona de nave), lo que daría un caudal total recirculado de 500 l/h.
- No se deberán recircular menos del 10 % del caudal máximo simultáneo de ACS. En este caso el caudal máximo simultáneo es de $Q_{ACS} = 0,34 \text{ l/s} = 1224 \text{ l/h}$, con lo que el caudal mínimo debe ser 122,4 l/h.

De ambos criterios, el caudal mínimo más grande obtenido es de **500 l/h (0,14 l/s)**, 250 l/h (0,07 l/s) para cada zona. Con estos valores de caudal, en el Cuadro 4.4.2, se obtiene el diámetro mínimo de tubería que será de 20 mm para la zona de taller y de oficinas y de 25 mm para el colector común.

Para el cálculo de la bomba de recirculación, se deberán calcular las pérdidas de presión máxima por el circuito. Debido a que se tienen dos anillos (taller y oficinas), se calcularán por separado y la mayor pérdida de presión será, junto con el caudal de 500 l/h (0,14 l/s), los parámetros de elección de la bomba. Este cálculo se realiza mediante la opción descrita en apartados

anteriores en la Figura 4.4.6, dando una pérdida de 24,035 kPa (2,45 metros) para el circuito correspondiente a la zona de taller.

MagiCAD dispone de una amplia gama de modelos de bombas de circulación facilitadas por los fabricantes. A través de la página web de la marca *Wilo*, se ha seleccionado una bomba de recirculación doble con variador de frecuencia modelo *Yonos PICO D-30/1-6* que cumple con las exigencias previstas, añadiéndola desde *MagiCAD* a la tubería de retorno (Figura 4.4.7).

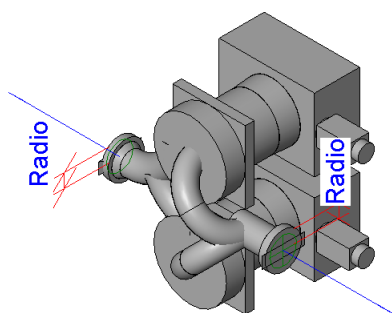


Figura 4.4.7: Vista 3D de la bomba de recirculación de ACS

Cálculo del consumo de energía y del sistema de acumulación de ACS

Para determinar los consumos se aplica el documento *HE 4 del CTE*, en el que se dan los consumos diarios de ACS a 60°C, en función del tipo de edificio. Para el caso que se trata en este TFG, los consumos diarios de ACS se muestran en el Cuadro 4.4.6.

Cuadro 4.4.6: Consumos diarios de ACS en función del tipo de edificio

Tipo de edificio	Litros/día a 60°C
Oficinas	2 por persona
Fábricas y talleres	21 por persona

Para la zona de oficinas se prevee una ocupación de 6 personas, mientras que para el taller de 5. Con esto, da un consumo de:

- Oficinas: $6 \text{ personas} \cdot 2l/\text{día} \cdot \text{persona} = 12l/\text{día a } 60^\circ\text{C}$
- Taller: $5 \text{ personas} \cdot 21l/\text{día} \cdot \text{persona} = 105l/\text{día a } 60^\circ\text{C}$
- Total: La suma de las dos anteriores da un consumo de $D = 117l/\text{día a } 60^\circ\text{C}$

Con el caudal instantáneo de ACS calculado en apartados anteriores se tendría un tiempo de consumo punta sostenido de: $117 \text{ l/día} / 0,34 \text{ l/s} = 344 \text{ s/día}$ (6 minutos diarios).

La ecuación a utilizar para calcular la energía demandada para el calentamiento del ACS será:

$$E(kWh/día) = D(l/día) \cdot (T_{ACS} - T_{Red})(°C) \cdot 1,16 \frac{Wh}{°C \cdot l} \cdot \frac{1 kW}{1000 W} \quad (4.4.3)$$

La temperatura de red más desfavorable para la provincia de Valladolid es de $6°C$, según la *Norma UNE 94002:2005*. Para la temperatura de ACS se tomará de $60°C$, que es la mínima recomendada para la Prevención y Control de la Legionelosis. Con esto, para nuestro caso, nos da un consumo de energía de

$$E = 117 \cdot (60 - 6) \cdot 1,16 \cdot \frac{1}{1000} = 7,32 \frac{kWh}{dia}$$

La energía útil que proporcione el sistema debe ser capaz de cubrir la demanda en la punta que es:

$$E(Wh) = Q_{punta}(l) \cdot (T_{ACS} - T_{Red})(°C) \cdot 1,16 \frac{Wh}{°C \cdot l}$$

La energía proporcionada por el sistema es la suma de la que aporta la producción (intercambiador) más la almacenada en el depósito de acumulación. La energía que aporta la producción referida a 1 hora resulta:

$$E_{produccion}(Wh) = P_{calderas}(W) \cdot 1h \cdot \eta_{prdACS}$$

, donde:

$P_{caldera}$. Potencia útil de la caldera

η_{prdACS} Rendimiento del sistema de producción de ACS, incluye las pérdidas por intercambio, acumulación, distribución y recirculación. Estimado en 0,75.

La energía acumulada en los depósitos, que puede ser utilizada durante la punta de consumo es:

$$E_{acumulacion}(Wh) = V_{acumulacion}(l) \cdot (T_{acumulacion} - T_{Red})(°C) \cdot 1,16 \frac{Wh}{°C \cdot l} \cdot F_{uso}$$

, donde:

$V_{acumulacion}$ Volumen total del depósito de acumulación.

4 MODELADO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

$T_{acumulacion}$ Temperatura de acumulación del agua. Igual o superior a la de uso.

F_{uso} Es el factor de uso del volumen acumulado, depende de la geometría (esbeltez) y del número de depósitos de acumulación, ya que en el interior de los mismos existe una zona de mezcla entre las aguas fría y caliente, en la cual la temperatura resulta inferior a la de uso, por lo que dicho volumen no puede ser utilizado. $F_{uso} = 0,63 + 0,14 \cdot H/D$

H y D Altura y diámetro del depósito, respectivamente.

Para dimensionar la instalación de producción de ACS debe considerarse que la energía aportada (producción más acumulación) ha de igualar a la consumida en la punta; por ello si los volúmenes de acumulación son menores las potencias deberán ser mayores (sistemas de semiacumulación, o seminstantáneos) y si los volúmenes de acumulación son mayores las potencias podrán ser inferiores (sistemas de acumulación).

La potencia a instalar resulta:

$$P_{caldera} = [Q_{punta}(T_{ACS} - T_{Red}) - V_{acumulacion}(T_{acumulacion} - T_{Red})F_{uso}] \frac{1,16}{\eta_{prdACS}} \quad (4.4.4)$$

El problema fundamental es conocer el caudal punta, tanto en valor como en duración de la misma, para lo cual no existen datos oficiales publicados ni normas establecidas. Una hipótesis conservadora es considerar como consumo en la hora punta el 50 % del consumo medio diario, lo que da un consumo en la hora punta de **58,5 litros a 60°C**. Se ha optado por una acumulación del 75 % del consumo en la hora punta (**44 litros**).

Dentro de las opciones del software que se está utilizando no está la posibilidad de colocar depósitos de menos de 400 litros, por lo que se ha decidido modificar esa familia de *Revit* y adecuarlos a nuestras necesidades (Figura 4.4.8). Se parte de que el depósito es cilíndrico de diámetro D y altura H , el volumen éste debe ser de 40 litros con un F_{uso} de 0,9. Por lo que:

$$F_{uso} = 0,9 \rightarrow H = 1,93D$$

$$V_{acumulacion} = \pi \frac{D^2}{4} \cdot H = 40 \cdot 10^{-3} m^3 \rightarrow H = \frac{0,05093}{D^2} \rightarrow D = 0,3m \quad H = 0,5745m$$

4 MODELADO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

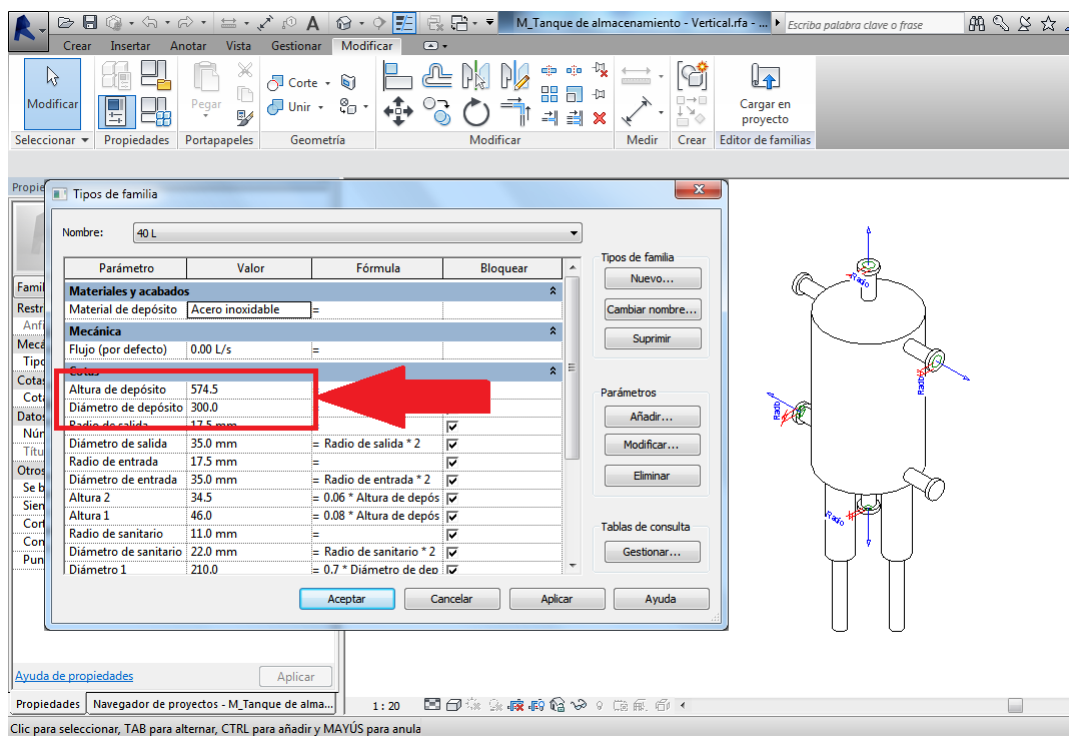


Figura 4.4.8: Menú de edición de la familia del depósito de ACS

Siguiendo con el cálculo, la potencia proporcionada por la caldera calculada con la Fórmula 4.4.4 será de **1197 W**. El tiempo necesario para el calentamiento del depósito será: $40(70 - 6) \frac{1}{0,75 \cdot 1197} = 2,85 \text{ horas}$, siendo un tiempo razonable y confirmando el uso del depósito de 40 litros.

Visualización de la instalación de fontanería y ACS

Ahora ya se pueden colocar todos los accesorios de tubería como válvulas antirretorno, llaves de paso, grifos de vaciado, manómetros, termómetros y purgadores automáticos. A continuación se muestran varias imágenes 3D de la instalación.

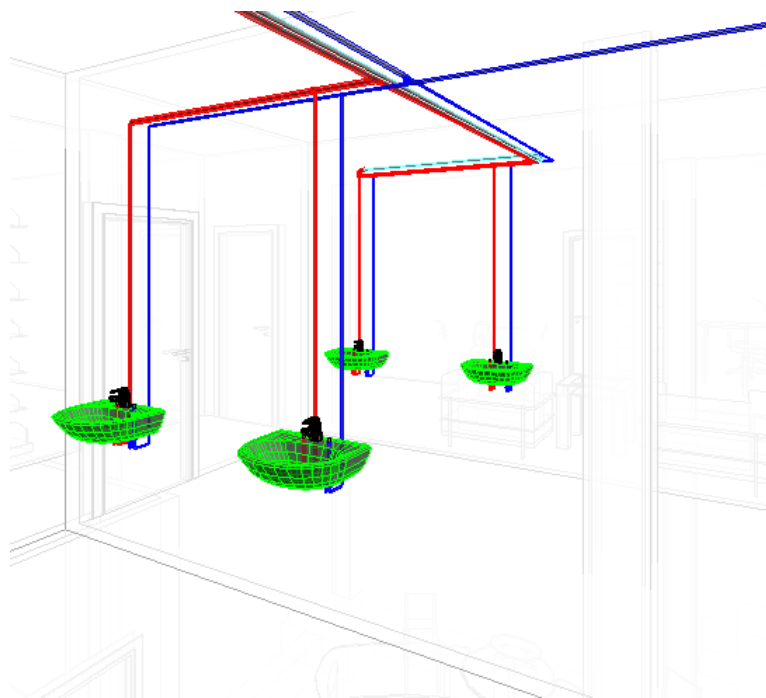


Figura 4.4.9: Vista 3D de un cuarto de baño de la zona de oficinas

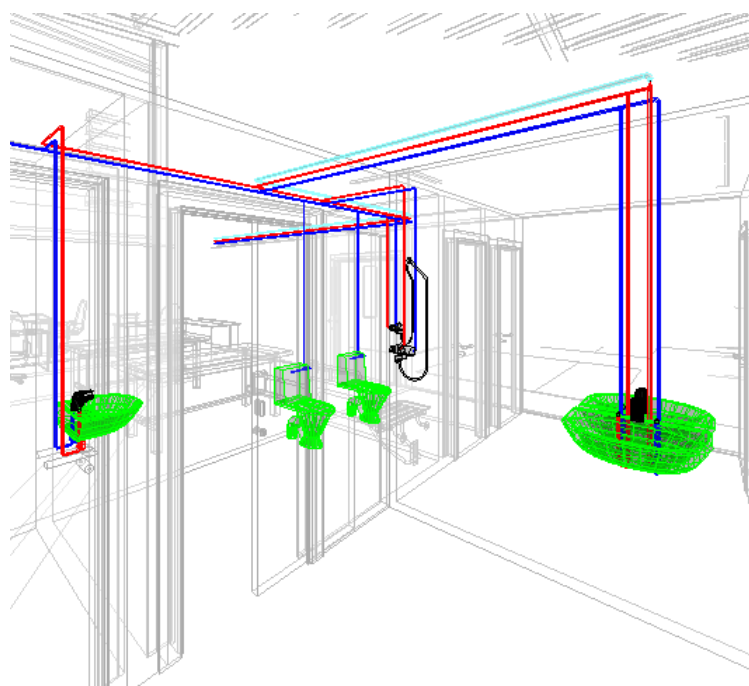


Figura 4.4.10: Vista 3D de un cuarto de baño de la zona de taller

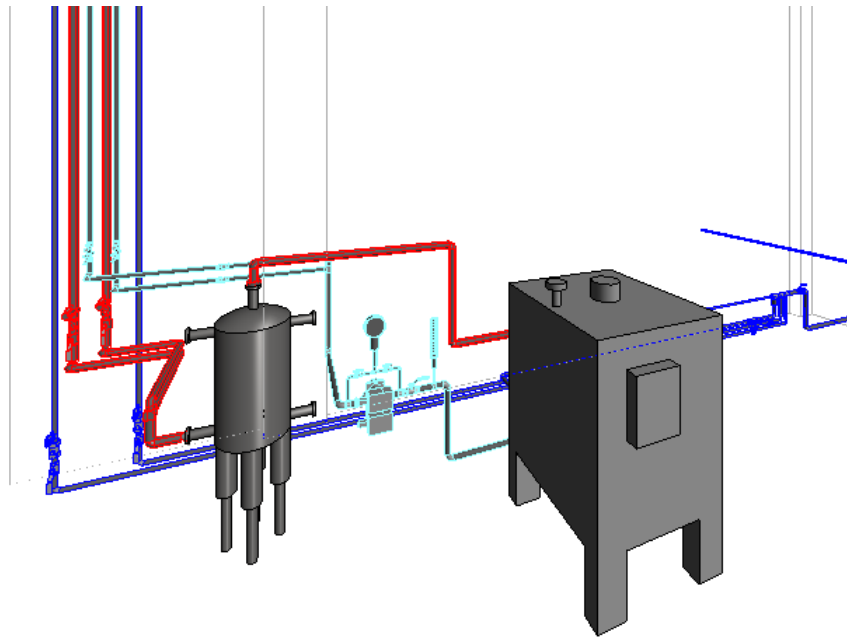


Figura 4.4.11: Vista 3D de la sala de calderas con la instalación de fontanería colocada

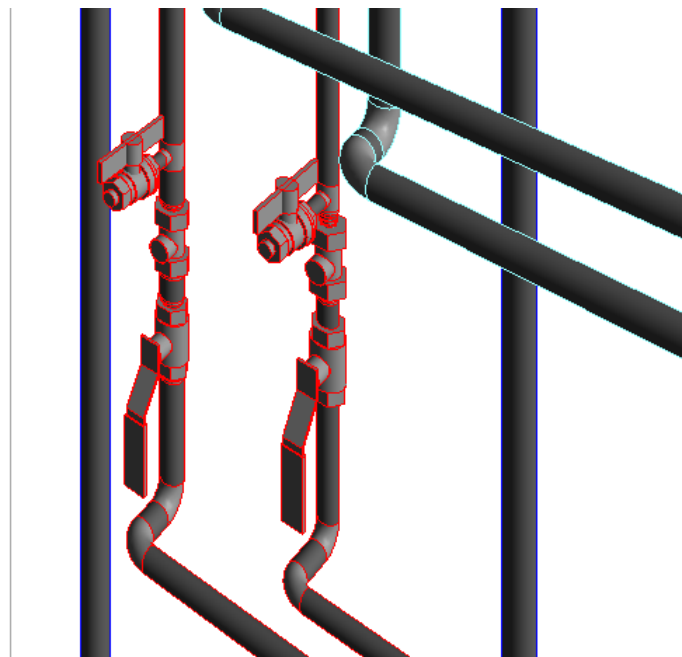


Figura 4.4.12: Vista 3D del sistema de vaciado de la red de tuberías

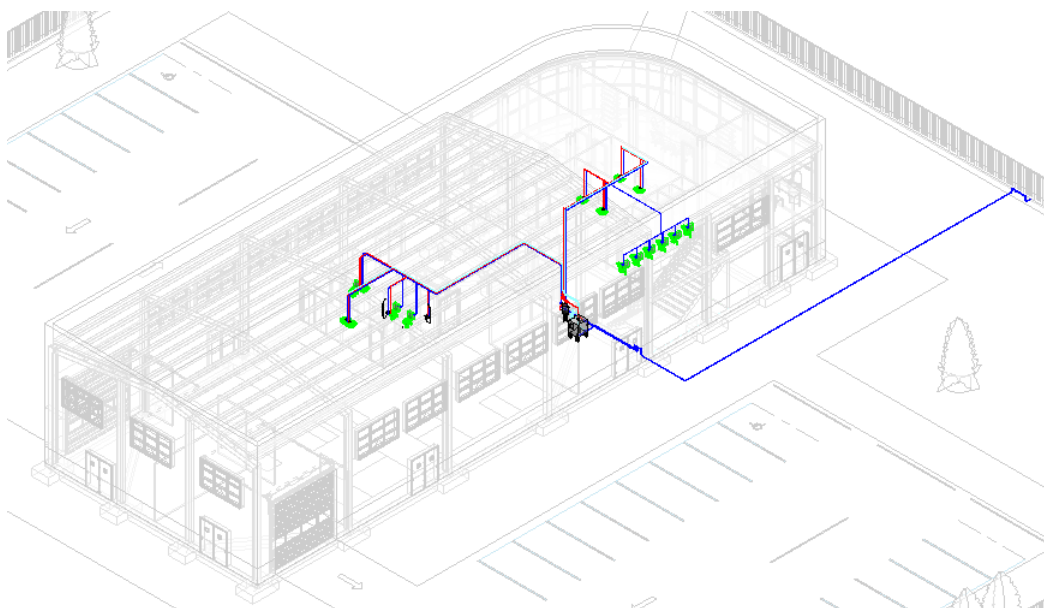


Figura 4.4.13: Vista 3D general de la instalación de fontanería

4.5. Instalación de calefacción

4.5.1. Requisitos de la instalación

A continuación se enumeran ciertos requisitos correspondientes al *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios RITE* que debe cumplir la instalación de calefacción.

Aislamiento térmico de redes de tuberías

Todas las tuberías y accesorios de las instalaciones térmicas dispondrán de un aislamiento térmico cuando contengan fluidos refrigerados con temperatura menor que la temperatura del ambiente del local por que el que discurran o fluidos con temperatura mayor que 40°C cuando estén instalados en locales no calefactados como salas de máquinas o falsos techos.

En tuberías con diámetro exterior (D) menor de 35 mm para una temperatura máxima del fluido de entre 60 y 100°C, el espesor de aislamiento mínimo (d_{ref}) es de 25 mm con un material de conductividad (λ_{ref}) de 0,040 W/(m.K).

Cuando se utilicen materiales de conductividad térmica distinta se considera válida la determinación del espesor mínimo aplicando la Ecuación 4.5.1.

$$d = \frac{D}{2} \left[e^{\left(\frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \log \frac{D+2 \cdot d_{ref}}{D} \right)} - 1 \right] \quad (4.5.1)$$

Se usará el mismo aislamiento que el que se ha utilizado en la instalación de ACS: espuma de poliuretano de 9 mm.

Alimentación de redes de tuberías y conductos

1. La alimentación de los circuitos se realizará mediante un dispositivo que servirá para reponer las pérdidas de agua. El dispositivo, denominado desconector, será capaz de evitar el reflujos del agua de forma segura en caso de caída de presión en la red pública, creando una discontinuidad entre el circuito y la misma red pública.
2. El diámetro mínimo de las conexiones en función de la potencia útil nominal de la instalación será, para potencia nominal menor de 70kW, de 15 mm.

Vaciado y purga de redes de tuberías

1. Todas las redes de tuberías deben diseñarse de tal manera que puedan vaciarse de forma total o parcial.
2. Los vaciados parciales se harán en puntos adecuados del circuito, a través de un elemento que tendrá un diámetro mínimo nominal de 20 mm.
3. El vaciado total se hará por el punto accesible más bajo de la instalación a través de una válvula cuyo diámetro mínimo será, para una potencia térmica menor de 70 kW, de 20mm.
4. La conexión entre la válvula de vaciado y el desagüe se hará de forma que el paso de agua resulte visible.
5. Los puntos altos de los circuitos deben estar provistos de un dispositivo de purga de aire, manual o automático. El diámetro nominal del purgador no será menor que 15 mm.

Sistemas de expansión

Los circuitos cerrados de agua o soluciones acuosas estarán equipados con un dispositivo de expansión de tipo cerrado, que permita absorber, sin dar lugar a esfuerzos mecánicos, el volumen de dilatación del fluido. Es válido el diseño y dimensionado de los sistemas de expansión siguiendo los criterios indicados en el capítulo 9 de la *Norma UNE 100155*.

4.5.2. Diseño de la instalación

La instalación de calefacción esta distribuida en dos partes:

1. Para la zona de taller se ha optado por colocar *tubos radiantes* a gas, indicados para el acondicionamiento de grandes superficies diáfanas.
2. Para la zona de oficinas, y los baños situados en la nave se han colocado radiadores, con una caldera de pellets situada en la *Sala de calderas* que será la encargada además de la producción de ACS.

Cálculo de cargas térmicas

MagiCAD no dispone de ninguna herramienta para el cálculo de las cargas térmicas del edificio. Para ello, se utilizará *Revit* que sí que ofrece esa posibilidad (Figura 4.5.1).

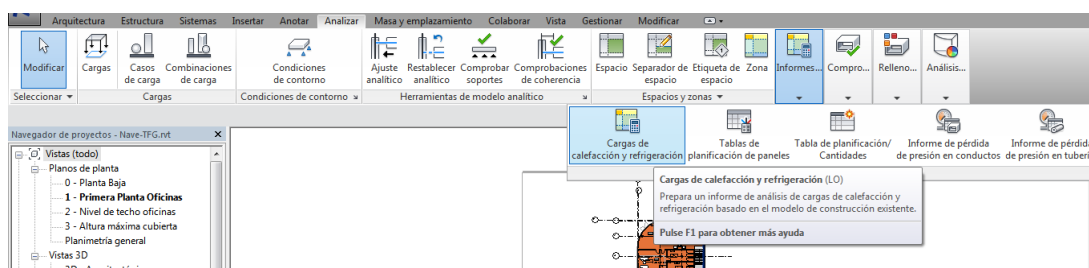


Figura 4.5.1: Opción de la cinta de opciones de *Revit* dedicada al cálculo de cargas térmicas

Para hacer posible el cálculo, se deben crear *Espacios* que delimitan las diferentes particiones de la nave y darles un nombre como se ve en la Figura 4.5.2. Para cada espacio, la aplicación detecta los muros interiores y exteriores y cubiertas para realizar el cálculo de cargas térmicas.

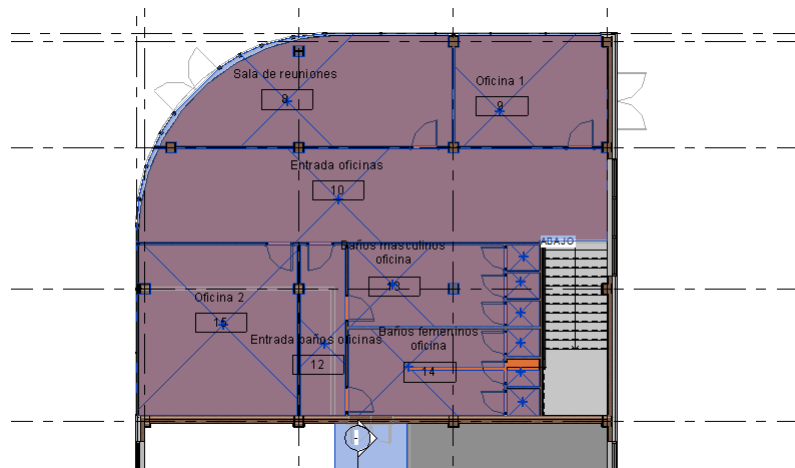


Figura 4.5.2: Espacios creados en la primera planta del edificio

Antes de proceder al cálculo se deben configurar ciertos parámetros. Al pulsar en el botón *Cargas de calefacción y refrigeración* aparece la ventana que se muestra en la Figura 4.5.3, desde la que se accederá a todas las opciones que se tendrán que configurar. Seguidamente se explicarán los datos introducidos para obtener un cálculo correcto.

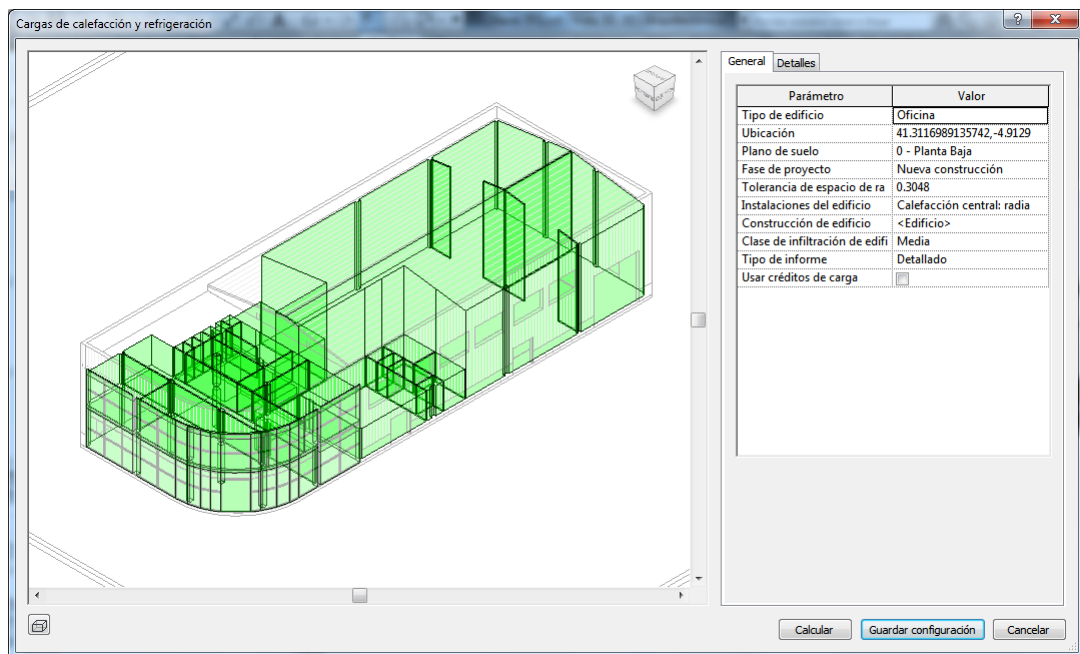


Figura 4.5.3: Menú que aparece al iniciar el comando de Cargas de calefacción y refrigeración

En el parámetro de *Ubicación* se deberá buscar el lugar donde se encuentra el edificio, que en el caso que se esta estudiando es *Medina del Campo*. Con

4 MODELADO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

esto, en la pestaña de *Clima* aparecerán las temperaturas promedio por meses (utilizadas para el cálculo de la carga de refrigeración que más adelante se usará para el dimensionado del aire acondicionado) y la temperatura de diseño de calefacción, que para este caso es de -6°C .

En el parámetro de *Construcción del edificio* se deberán elegir los tipos de cerramientos (cubiertas, exteriores, puertas y ventanas exteriores) de tal manera que los coeficientes de transmisión indicados entre paréntesis para cada uno sean los más parecidos a los coeficientes reales de los cerramientos de nuestro edificio. Así, los parámetros que se han elegido comparados con los reales de los cerramientos se muestran en el Cuadro 4.5.1. Los coeficientes de transmisión reales cumplen con los *Parámetros característicos mínimos de la envolvente del edificio de referencia* definidos en el *Apéndice D del HE1 - Limitación de la demanda energética del CTE* para una zona climática correspondiente a *Medina del Campo de D2*.

Cuadro 4.5.1: Coeficientes de transmisión elegidos para el cálculo de las cargas térmicas

Categoría	$U_{elegido}(\frac{W}{m^2K})$	$U_{real}(\frac{W}{m^2K})$
Cubiertas	0,1599	0,1571
Muros exteriores	0,1545	0,1515
Puertas	3,7021	3,7
Ventanas exteriores	1,5330	1,5330

En la pestaña de *Detalles* se muestra la información de calefacción, refrigeración y aire exterior del modelo de construcción y un desglose de todos los espacios definidos anteriormente, con la información del tipo de espacio, la carga de ocupación de personas y las cargas térmicas aportadas por equipos eléctricos. La temperatura de aire interior se tomará de 20°C en invierno y de 24°C en verano. De acuerdo a la *Norma UNE 13779* se tomarán $0,7 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$ y $7 \text{ l/s} \cdot \text{persona}$. En la Figura 4.5.4 se muestran las hipótesis utilizadas para cada espacio en el cálculo de cargas térmicas, obtenidas mediante una *tabla de planificación* en *Revit*.

4 MODELADO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

<Hipótesis utilizadas para el cálculo de cargas térmicas>						
A	B	C	D	E	F	G
Espacio	Carga de iluminación por área	Carga de potencia por área	Área por persona	Número de personas	Calor latente por persona	Calor sensible por persona
Vestibulo	4.50 W/m ²	4.50 W/m ²	20.00 m ²	6.411735	4 W	6 W
Sala de reuniones	4.50 W/m ²	4.50 W/m ²	5.00 m ²	5.313026	38 W	60 W
Oficina 1	4.50 W/m ²	4.50 W/m ²	10.00 m ²	1.640603	38 W	60 W
Vestibulo superior	11.84 W/m ²	16.15 W/m ²	20.00 m ²	2.093192	38 W	60 W
Entrada baños oficinas	4.50 W/m ²	4.50 W/m ²	10.00 m ²	0.737277	38 W	60 W
Baños masculinos ofici	6.03 W/m ²	5.81 W/m ²	5.00 m ²	2.409834	38 W	60 W
Baños femeninos ofici	6.03 W/m ²	5.81 W/m ²	5.00 m ²	2.537955	38 W	60 W
Oficina 2	4.50 W/m ²	4.50 W/m ²	10.00 m ²	2.624249	38 W	60 W
Sala ordenadores	8.00 W/m ²	8.00 W/m ²	10.00 m ²	2.346885	38 W	60 W
Sala metrologia	8.00 W/m ²	8.00 W/m ²	10.00 m ²	3.671629	38 W	60 W
Sala de calderas	8.61 W/m ²	3.23 W/m ²	33.33 m ²	0.888551	59 W	73 W
Baños femeninos nave	6.03 W/m ²	5.81 W/m ²	5.00 m ²	1.11177	38 W	60 W
Baños masculinos nave	6.03 W/m ²	5.81 W/m ²	5.00 m ²	1.14939	38 W	60 W
Nave	4.50 W/m ²	10.76 W/m ²	20.00 m ²	15.213867	38 W	60 W
Baño Nave Femenino 1	6.03 W/m ²	5.81 W/m ²	5.00 m ²	0.27509	38 W	60 W
Baño Nave Femenino 2	6.03 W/m ²	5.81 W/m ²	5.00 m ²	0.82688	38 W	60 W
Baño Nave Masculino 1	6.03 W/m ²	5.81 W/m ²	5.00 m ²	0.268303	38 W	60 W
Baño Nave Masculino 2	6.03 W/m ²	5.81 W/m ²	5.00 m ²	0.291817	38 W	60 W
Baño Oficina Masculino	6.03 W/m ²	5.81 W/m ²	5.00 m ²	0.154911	38 W	60 W
Baño Oficina Masculino	6.03 W/m ²	5.81 W/m ²	5.00 m ²	0.154	38 W	60 W
Baño Oficina Masculino	6.03 W/m ²	5.81 W/m ²	5.00 m ²	0.154	38 W	60 W
Baño Oficina Femenino	6.03 W/m ²	5.81 W/m ²	5.00 m ²	0.166	38 W	60 W
Baño Oficina Femenino	6.03 W/m ²	5.81 W/m ²	5.00 m ²	0.164592	38 W	60 W
Baño Oficina Femenino	6.03 W/m ²	5.81 W/m ²	5.00 m ²	0.095408	38 W	60 W

Figura 4.5.4: Tabla con las hipótesis térmicas de los espacios

4 MODELADO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

Finalmente, se obtiene el cálculo de las cargas térmicas de manera muy detallada del que los datos que se necesitan para el diseño de la instalación son los mostrados en el Cuadro 4.5.2.

Cuadro 4.5.2: Cargas de calefacción de cada espacio

Espacio	Carga de calefacción (W)
Sala de reuniones	1614
Oficina 1	783
Vestíbulo superior	880
Baños masculinos oficinas	88
Baño oficina masculino 1	4
Baño oficina masculino 2	4
Baño oficina masculino 3	4
Baños femeninos oficinas	183
Baño oficina femenino 1	4
Baño oficina femenino 2	41
Baño oficina femenino 3	3
Oficina 2	1030
Sala de ordenadores	849
Sala de metrología	739
Baños femeninos nave	78
Baño nave femenino 1	7
Baño nave femenino 2	7
Baños masculinos nave	26
Baño nave masculino 1	7
Baño nave masculino 2	7
Nave	12727

Elección de la caldera

El tipo de caldera elegida es una caldera de pellets, con producción mixta (tanto de calefacción como de ACS). Se va a utilizar el modelo *GG35K* de la marca *Grupo Biosan* con una potencia nominal de 32 kW y un rendimiento, según el fabricante, del 89,75 % que satisface las necesidades de calefacción del edificio.

Como *MagiCAD* no dispone de familias de calderas, se ha optado por colocar una caldera genérica obtenida de *Revit* que se tomará como referencia (Figura 4.5.5). Al espacio ocupado por esta caldera hay que añadir el espacio que ocuparía una tolva de almacenamiento de pellets, por lo que se ha decidido

dejar un espacio libre junto a la caldera de 2 metros. La caldera dispone de conexiones para las tuberías de: impulsión y retorno de agua de calefacción, salida de ACS, entrada de agua fría de red y salida de humos.

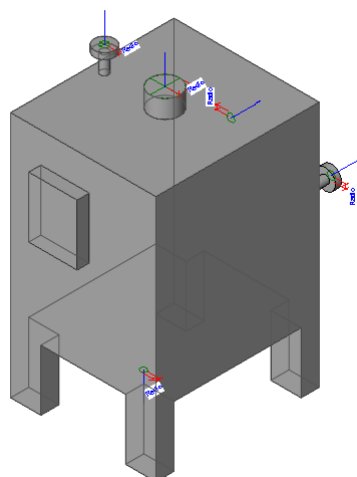


Figura 4.5.5: Caldera genérica que se tomará como una caldera de pellets

La chimenea descargará al exterior por la cubierta con un diámetro de conducto de 150 mm. Según al *Norma UNE 123001*, el remate de la chimenea debe estar situado a más de 1 metro por encima de la cumbrera del tejado.

Colocación de radiadores

Como se ha descrito anteriormente, para calefactar la zona de oficinas, sala de ordenadores, sala de metrología y baños de la zona del taller se usarán radiadores de pared de panel de chapa de acero. *MagiCAD* dispone de una herramienta de selección de radiadores (Figura 4.5.6). La herramienta usa las temperaturas de entrada y salida de agua del radiador que se imponen previamente en los sistemas de tuberías *Suministro hidrónico* y *Retorno hidrónico*, en este caso de 71°C y 60°C respectivamente. Seguidamente se debe indicar una marca comercial (en este caso *RIOPanel Plan*), la potencia del emisor que se quiere en cada caso y la temperatura del aire interior (20°C), con lo que la aplicación obtiene las dimensiones del radiador que se adecuan en mayor medida a la potencia especificada además del caudal de agua necesario. Además, se puede modificar la posición de las tuberías de entrada y salida de agua en el radiador y ofrece la posibilidad de que añada automáticamente válvulas de equilibrado y de corte. Utilizando esta herramienta se procederá a la colocación de cada radiador en cada espacio satisfaciendo las necesidades de

4 MODELADO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

calefacción obtenidas anteriormente eligiendo diferentes medidas del radiador para ajustar la potencia de emisión.

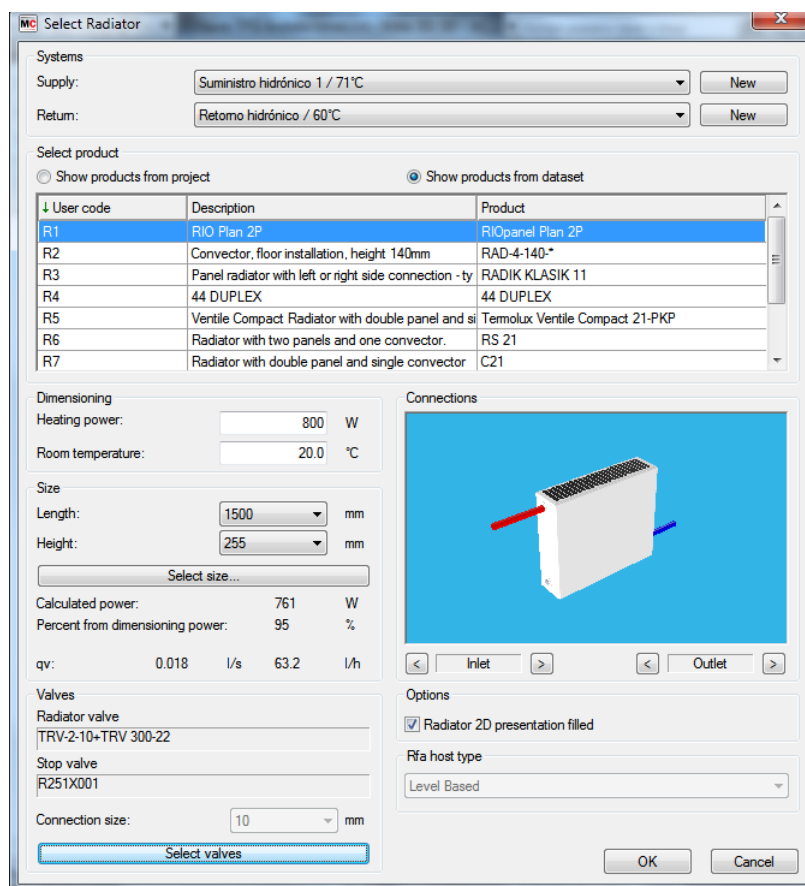


Figura 4.5.6: Aplicación para la selección del radiador adecuado

Se realizarán tres circuitos de calefacción con radiadores separados que se unirán en colectores en la *Sala de calderas*. Habrá un circuito para los espacios de la planta baja y dos para los de la primera planta. Los espacios que cubren cada circuito son:

1. Sala de ordenadores, sala de metrología, baños masculinos y femeninos de la zona de taller.
2. Primera oficina, vestíbulo superior, baños masculinos y femeninos de la zona de oficinas.
3. Segunda oficina y sala de reuniones.

Las tuberías de impulsión y retorno de agua se distribuirán por los falsos techos y, para la conexión con los radiadores, irán alojadas en las paredes.

Para la conexión de los radiadores *MagiCAD* dispone de una herramienta en la que se le indica el tipo de conexión, la ruta que deben seguir las tuberías y las distancias de los distintos tramos (Figura 4.5.7). Con esto, crea automáticamente las tuberías de unión hasta la impulsión y el retorno de agua a la caldera.

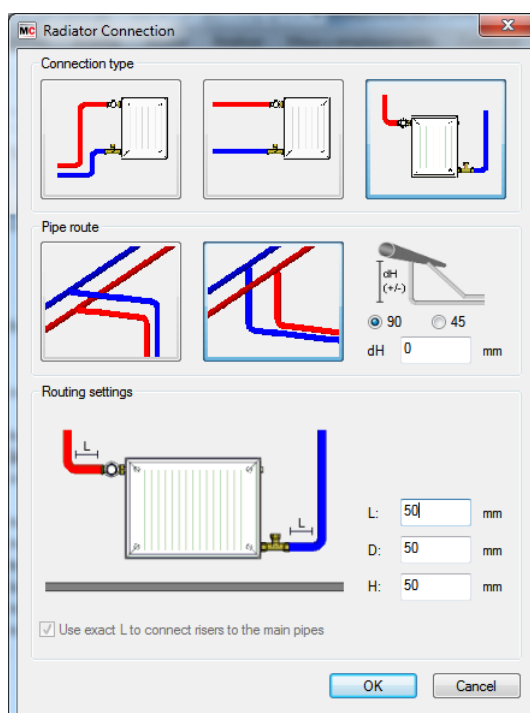


Figura 4.5.7: Herramienta para la conexión de los radiadores a la red de tuberías

Dimensionado de las tuberías y cálculo de la bomba de recirculación

Para la red de impulsión y retorno de agua de los radiadores se utilizarán tuberías de cobre con las mismas características que las que se han utilizado para la instalación de fontanería.

MagiCAD dispone de una herramienta similar a la indicada en el Apartado 4.4.2 para el dimensionado de las tuberías en función de la velocidad de paso del fluido por ellas (Figura 4.5.8). En este caso sólo hay que indicar la velocidad de diseño, que se ha elegido en 1 m/s. Todas las tuberías de conexión de los radiadores a las tuberías de distribución de agua tendrán un diámetro de 10 mm.

4 MODELADO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

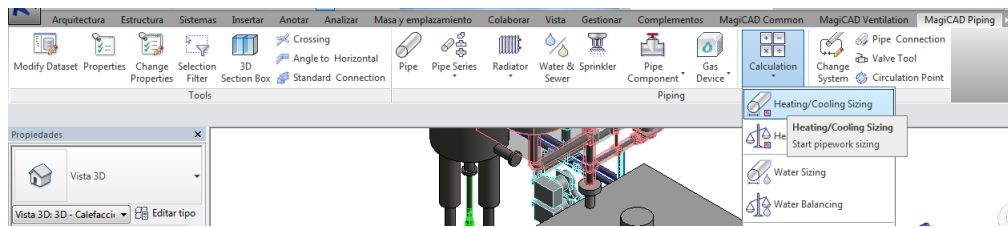


Figura 4.5.8: Opción de *MagiCAD* en la cinta de opciones

Para seleccionar la bomba de recirculación se necesita el valor máximo de la pérdida de carga de los tres circuitos. De manera similar a lo realizado con la instalación de calefacción, *MagiCAD* ofrece una opción para su cálculo. En este caso, la pérdida máxima de presión es de 52605 Pa, que equivalen a una altura de pérdidas de 5,36 metros, y un caudal máximo de 0,1544 l/s. A través de la página web de la marca *Wilo*, se ha seleccionado una bomba de recirculación simple modelo *Yonos PICO 25/1-8-130* que cumple con las exigencias previstas, añadiéndola desde *MagiCAD* a la tubería de impulsión de agua caliente hacia los radiadores (Figura 4.5.9).

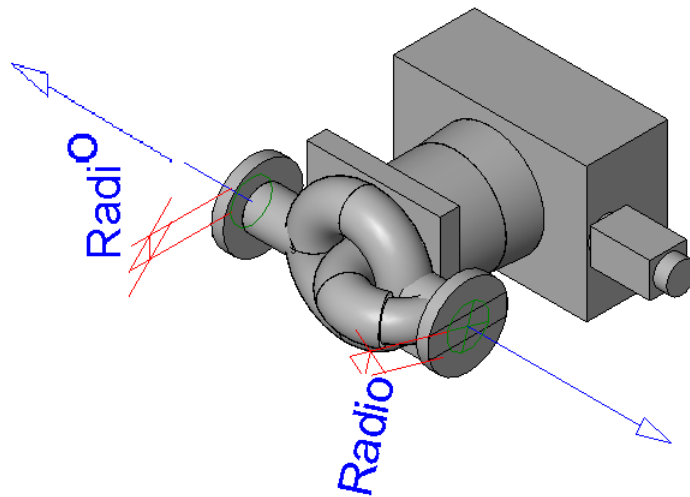


Figura 4.5.9: Vista 3D de la bomba de recirculación elegida

Colocación de tubos radiantes

Para calefactar la zona del taller se ha decidido utilizar *tubos radiantes* a gas. Se colocarán dos tubos de 3 metros de largo capaces de proporcionar, según el fabricante *Fraccaro*, una potencia térmica de 15 kW cada uno con un rendimiento del 92 % a una altura de 5 metros que satisface las necesidades del

espacio. Cada tubo radiante dispondrá de su propio conducto de evacuación de humos a través de la cubierta.

La instalación de gas se realizará al mismo nivel que el de los tubos radiantes y se dispondrá de una llave de cierre en la *Sala de calderas*. Las tuberías de gas llegarán desde el exterior de la nave hasta esta sala.

Cálculo y elección del vaso de expansión

Para el cálculo del sistema de expansión se ha seguido el procedimiento indicado en la *Norma UNE 100155:2004*. El vaso de expansión se situará antes de la bomba de impulsión que distribuye el agua caliente hacia los radiadores.

El *volumen de agua que contiene la instalación* (V) se estima en 50 litros. La temperatura máxima de funcionamiento del sistema es igual a la temperatura de impulsión de agua que sale de la caldera, siendo ésta de 70 °C.

El *Coefficiente de expansión* C_e se calcula en función de la temperatura máxima del sistema. Para temperaturas entre 30 °C y 70 °C se puede calcular mediante la fórmula $C_e = (-1,75 + 0,064 \cdot t + 0,0036 \cdot t^2) \cdot 10^{-3}$, donde t es la temperatura de trabajo en grados centígrados, obteniendo un valor de $C_e = 0,02037$.

Se tomará una *presión mínima en el vaso* (P_m) de 2 bares (absoluta). La *presión de tarado de la válvula de seguridad* (P_{vs}) se toma de 3,5 bares (manométrica). La *presión máxima en el vaso* (P_M) debe elegirse del menor de los siguientes valores:

$$P_M = 0,9 \cdot P_{vs} + 1 = 4,15 \text{ bar} \quad (10\% \text{ menor que } P_{vs})$$

$$P_M = P_{vs} + 0,65 = 4,15 \text{ bar} \quad (0,35 \text{ bar menor que } P_{vs})$$

Como ambos valores son iguales, P_M será igual a 4,15 bares (absoluta). El *Coefficiente de presión* C_p , para vasos cerrados con membrana se calcula como $C_p = \frac{P_M}{P_M - P_m} = 1,93$.

Para vasos de expansión cerrados con membrana, el volumen mínimo de éste puede calcularse mediante la ecuación

$$V_t = V \cdot C_e \cdot C_p$$

, obteniendo un resultado de **1,97 litros**. *MagiCAD* ofrece una amplia gama de vasos de expansión de varios fabricantes, por lo se colocará un vaso de la marca *Beulco Armatur* modelo *IPX 2-25* (Figura 4.5.10) con capacidad de 2 litros que se ajusta perfectamente a las necesidades de la instalación.

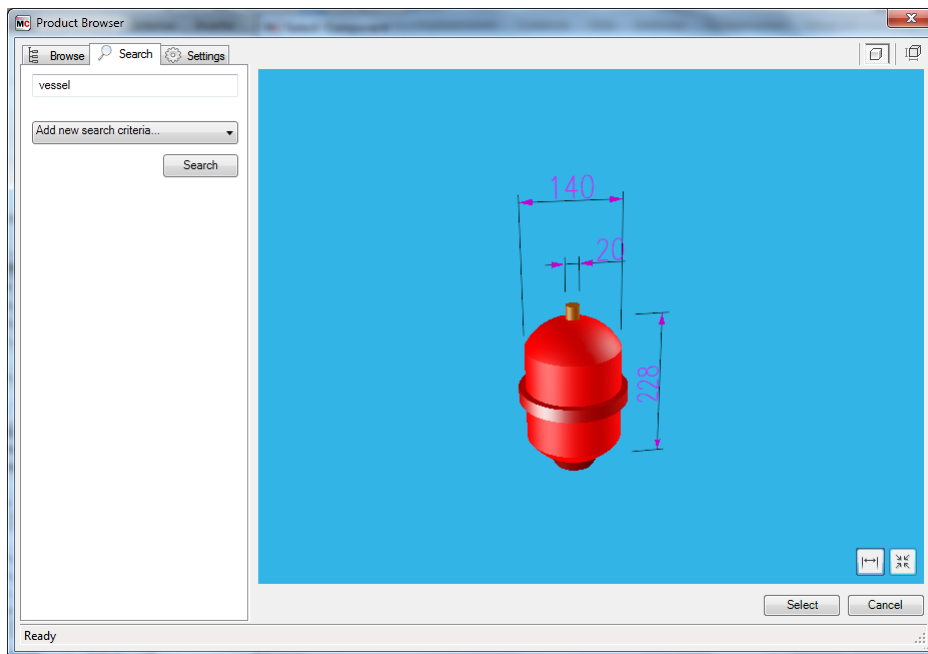


Figura 4.5.10: Vaso de expansión elegido para la instalación

El diámetro de la tubería de conexión entre el vaso de expansión y el circuito se puede calcular como $D = 15 + 1,5 \cdot P^{0,5}$, siendo P la potencia de la caldera en kW igual a 32 kW en este caso. Con esto se obtiene un diámetro de 23,48 mm, por lo que se ha optado por utilizar una tuberías de 28 mm.

Visualización de la instalación de calefacción

Ahora ya se pueden colocar todos los accesorios de tubería como válvulas antirretorno, llaves de paso, grifos de vaciado, manómetros, termómetros y purgadores automáticos. A continuación se muestran varias imágenes 3D de la instalación.

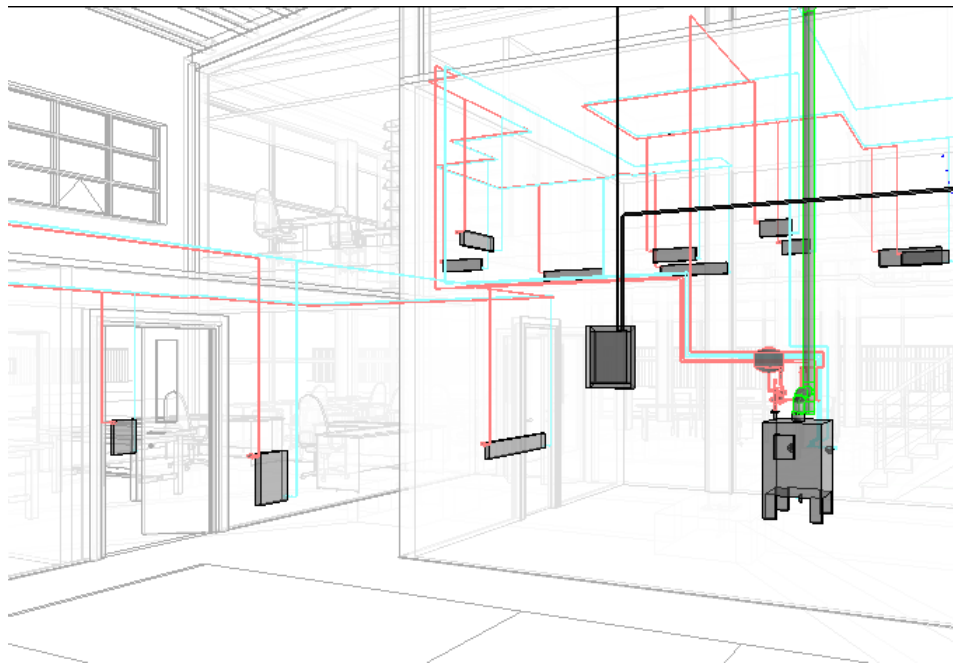


Figura 4.5.11: Vista 3D de la instalación de calefacción vista desde la zona de taller

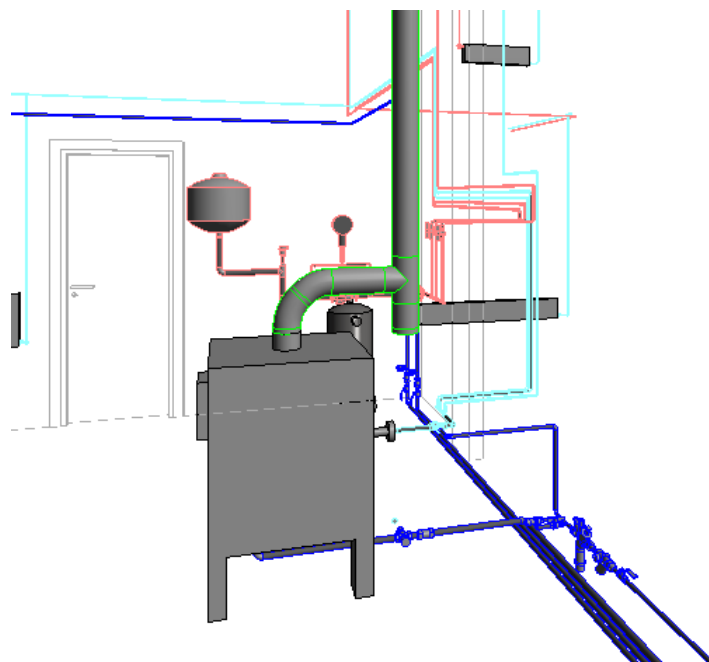


Figura 4.5.12: Vista 3D de la sala de calderas y los componentes de la instalación de calefacción

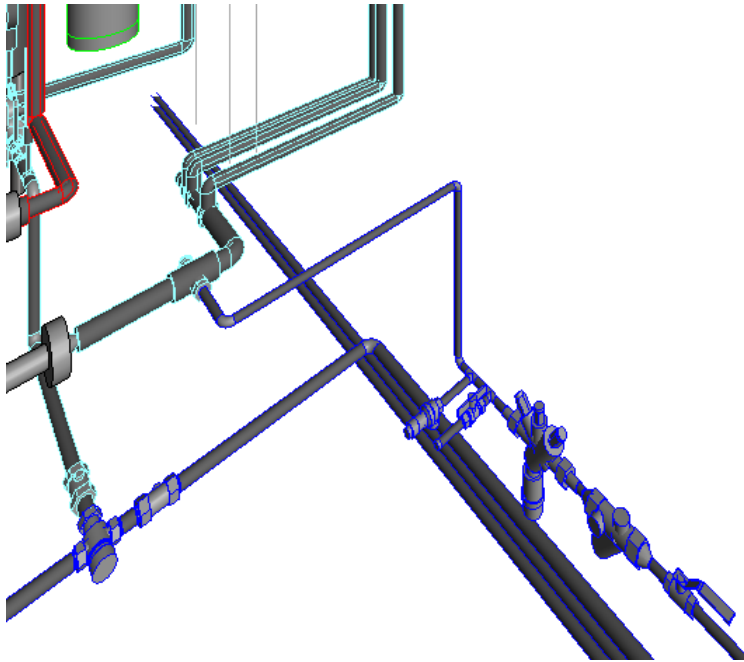


Figura 4.5.13: Vista 3D del sistema de llenado de las tuberías de calefacción

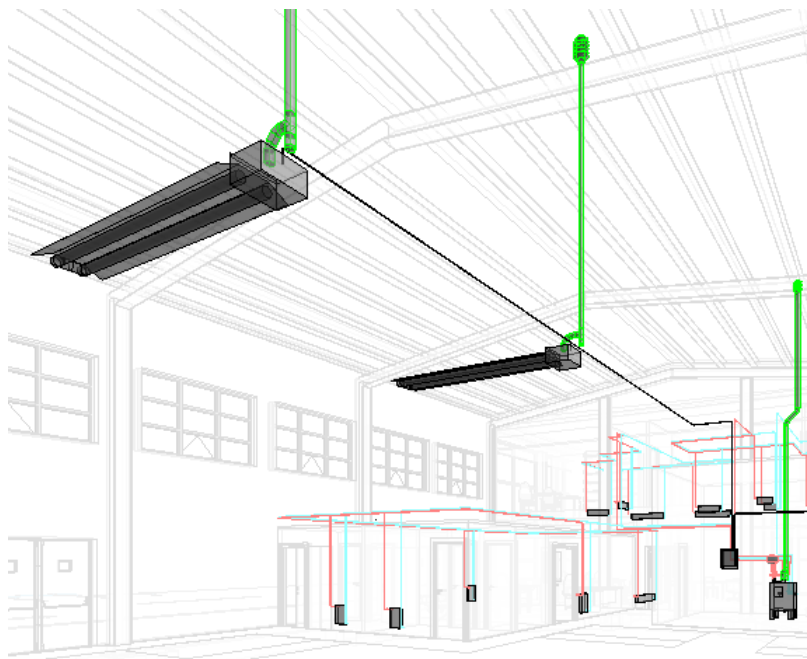


Figura 4.5.14: Vista 3D de los tubos radiantes de la zona de taller

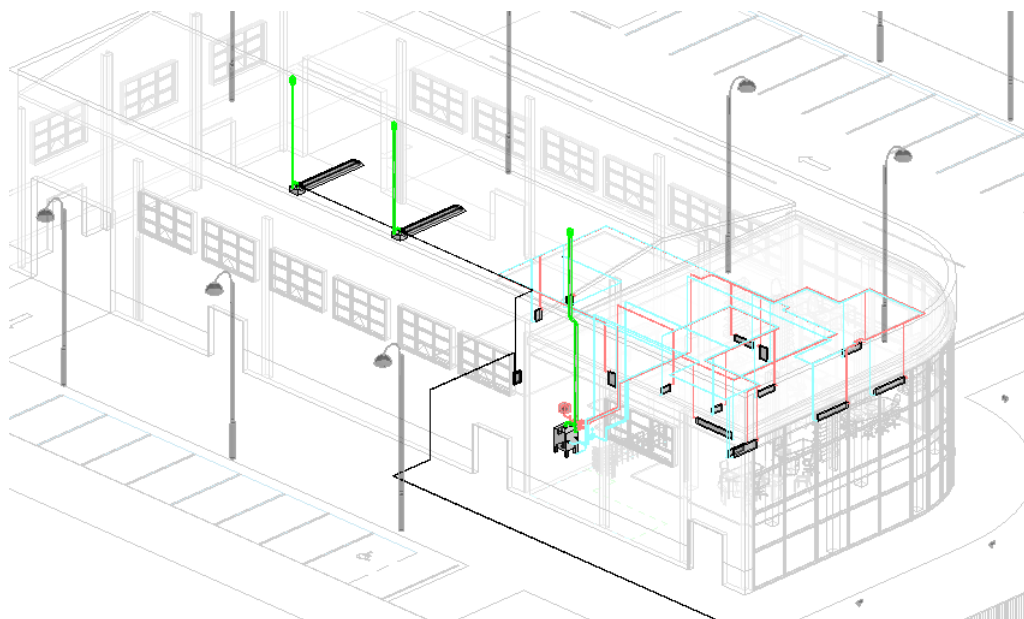


Figura 4.5.15: Vista 3D general de la instalación de calefacción completa

4.6. Instalación de ventilación y aire acondicionado

4.6.1. Requisitos de la instalación

A continuación se indican ciertos aspectos correspondientes a normativa de cumplimiento para esta instalación.

Categorías de calidad del aire interior en función del uso de los edificios

El *RITE* en el punto 1.4.2.2 de su *IT1. Diseño y dimensionado* establece la categoría de calidad del aire interior (IDA) que se deberá alcanzar en función del uso del edificio o local como mínimo:

IDA1 (aire de óptima calidad) Hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.

IDA2 (aire de buena calidad) Oficinas, residencias, salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y piscinas.

IDA3 (aire de media calidad) Edificios comerciales, cines, teatros, habitaciones de hoteles, restaurantes, bares, gimnasios, locales para el deporte y salas de ordenadores.

IDA4 (aire de baja calidad)

Para la instalación que se va a diseñar en este TFG, la categoría de calidad de aire interior que corresponde al edificio es de **IDA2**

Caudal mínimo de aire exterior por persona

El *RITE* en el punto 1.4.2.2 de su *IT1. Diseño y dimensionado* establece el caudal mínimo de aire exterior de ventilación necesario para alcanzar la categoría de aire interior indicada en el apartado anterior. Establece cinco posibles métodos de cálculo de los cuales se usarán dos para el cálculo de la instalación.

A. Método indirecto de caudal de aire exterior por persona. Se emplearán los valores indicados en el Cuadro 4.6.1 cuando las personas tengan una actividad metabólica de alrededor de 1,2 met, cuando sea baja la producción de sustancias contaminantes por fuentes diferentes del ser humano y cuando no esté permitido fumar.

Cuadro 4.6.1: Caudales de aire exterior, en l/s por persona

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

B. Método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie. Para espacios no dedicados a ocupación humana permanente, se aplicarán los valores del Cuadro 4.6.2.

Cuadro 4.6.2: Caudales de aire exterior por unidad de superficie de locales no dedicados a ocupación humana permanente

Categoría	$l/(s \cdot m^2)$
IDA 1	No aplicable
IDA 2	0,83
IDA 3	0,55
IDA 4	0,28

Filtración del aire exterior mínimo de ventilación

El *RITE* en el punto 1.4.2.4 de su *IT1. Diseño y dimensionado* establece lo siguiente:

4 MODELADO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

1. El aire exterior de ventilación, se introducirá debidamente filtrado en los edificios.
2. La calidad del aire exterior (ODA) se clasificará de acuerdo con los siguientes niveles:
ODA 1 Aire puro que se ensucia sólo temporalmente (por ejemplo polen).
ODA 2 Aire con concentraciones altas de partículas y/o de gases contaminantes.
ODA 3 Aire con concentraciones muy altas de gases contaminantes (ODA 3G) y/o de partículas (ODA 3P).
3. Se emplearán prefiltros para mantener limpios los componentes de las unidades de ventilación y tratamiento de aire, así como para alargar la vida útil de los filtros finales. Los prefiltros se instalarán en la entrada del aire exterior, así como en la entrada del aire de retorno.
4. Los filtros finales se instalarán después de la sección de tratamiento.
5. Los aparatos de recuperación de calor deben estar siempre protegidos con una sección de filtros, cuya clase será la recomendada por el fabricante del recuperador; de no existir recomendación será con mínimo de clase F6.
6. Las clases de filtración mínimas a emplear, en función de la calidad del aire exterior (ODA) y de la calidad del aire interior requerida (IDA), serán las que se indican en el Cuadro 4.6.3.

Cuadro 4.6.3: Clases de filtración

Calidad del aire exterior	Calidad del aire interior			
	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F5
ODA 2	F7+F9	F6+F8	F5+F7	F5+F6
ODA 3	F7+GF+F9	F7+GF+F9	F5+F7	F5+F6

En la ubicación de este proyecto el aire puede clasificarse como **ODA 2** al tratarse de un polígono industrial. Con esto, y teniendo en cuenta que la calidad del aire interior requerida corresponde a la clasificación de IDA 2, se deberán instalar un prefiltro de clase F6 y un filtro final de clase F8 como mínimo.

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 que el 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 ecuación $d = d_{ref} \frac{\lambda}{\lambda_{ref}}$ para superficies planas.

En este caso, el aislante que se va a utilizar es *espuma de poliuretano* con una conductividad térmica de 0,023 W/(m.K), por lo que el espesor mínimo a colocar será de $d = 30 \frac{0,023}{0,040} = 17,25 \text{ mm}$. Con este resultado se colocará un aislamiento de **18 mm** en los conductos de impulsión de aire exterior situados tanto en la *Sala de calderas* como en la zona de taller.

Recuperación de calor del aire de extracción

El *RITE* en el punto 2.4.5.2 de su *IT1. Diseño y dimensionado* establece que en los sistemas de climatización de los edificios en los que el caudal de aire expulsado al exterior, por medios mecánicos, sea superior a 0,5 m³/s, se recuperará la energía del aire expulsado.

4.6.2. Diseño de la instalación

Para la instalación de ventilación se utilizarán conductos de aluminio. La geometría de los conductos será rectangular para los conductos de distribución y circular para la conexión de los difusores de impulsión y campanas extractoras a dichos conductos de distribución. En la zona de oficinas, los conductos se alojarán en los falsos techos. Los conductos circulares de conexión de los terminales de aire y campanas extractoras tendrán un diámetro de 160 mm, excepto los conductos de impulsión de aire situados en la zona de taller que serán de 240 mm.

La instalación se puede dividir en las siguientes partes:

- Extracciones localizadas en cada máquina de la zona de taller con el fin de expulsar eficazmente las sustancias contaminantes que se generan en estas máquinas.
- Extracciones en los baños, tanto los de la zona de taller como los de la zona de oficinas.
- Impulsión de aire en la zona de taller y en los demás espacios no mencionados anteriormente.

Este sistema de ventilación tiene la intención de que los baños queden en depresión respecto a los espacios adyacentes, por ello se ha decidido extraer aire de ellos e impulsar aire en los demás. Esto tiene la ventaja de que los malos olores producidos en los baños no pasen a espacios como las oficinas, mejorando la calidad del aire en todo el edificio.

El proceso de modelado de la instalación es el siguiente. Primero se colocan los difusores y campanas de extracción a la altura desde el suelo correspondiente, después de colocan los conductos de distribución del aire de manera que pasen lo más cerca posible de todos los difusores, luego se conectan los difusores a los conductos de ventilación, se introducen los datos de caudales calculados a los difusores y se realiza el cálculo automático de las secciones de los conductos para que se mantenga la velocidad de diseño del aire.

El aire de extracción procedente de los baños se expulsará al exterior por medio de un ventilador a través de un conducto en la cubierta. Para mejorar la eficiencia de la instalación se colocará un recuperador de calor que calentará o enfriará el aire de exterior de impulsión mediante el aire procedente de las extracciones localizadas. Además, se colocará una etapa de enfriamiento del aire de impulsión para asegurar que se satisfacen las necesidades de refrigeración.

Para la conexión de los difusores a los conductos de distribución *MagiCAD* dispone de una herramienta específica llamada “*Device Connection*”. Para utilizarla basta con seleccionar un difusor o campana extractora y el conducto al que se desea conectar, al hacerlo aparece una ventana en la que se puede indicar el tipo de unión (injerto o té) y el ángulo con el que se debe conectar el conducto (Figura 4.6.1). Con esto, *MagiCAD* crea automáticamente el conducto circular que une el difusor con el conducto rectangular de distribución de aire incluyendo codos y adaptadores necesarios.

4 MODELADO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

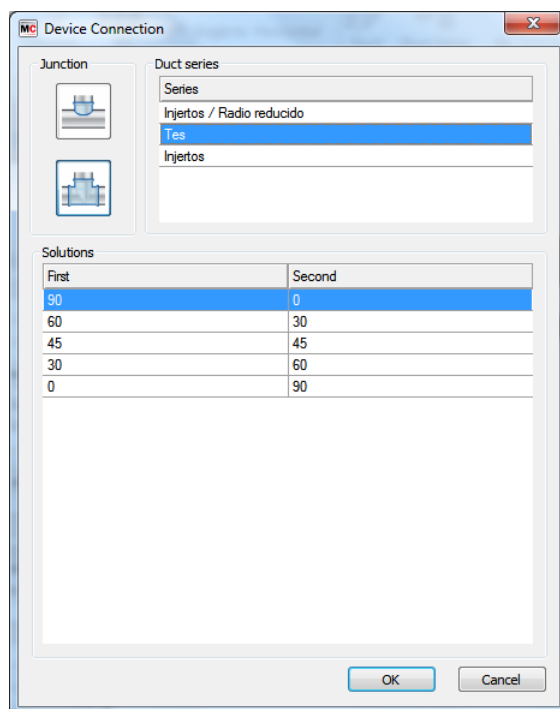
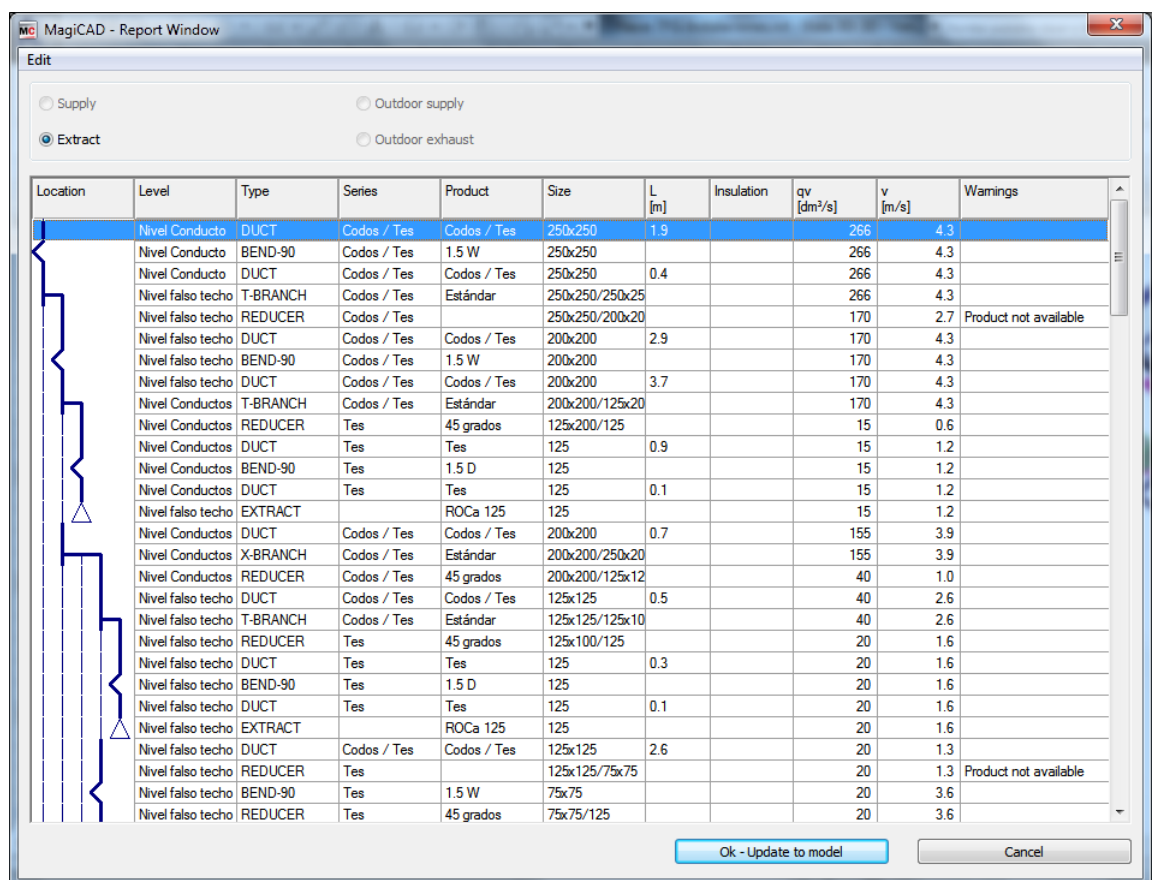


Figura 4.6.1: Ventana de la herramienta utilizada para la conexión de los difusores y campanas de extracción

4 MODELADO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

MagiCAD dispone de una herramienta similar a la mostrada en el Apartado 4.4.2 para el caso de tuberías. En este caso solo es necesario introducir el intervalo de velocidades del flujo por los conductos y, automáticamente, dimensionará los conductos para satisfacer esta condición. Como en el caso de tuberías, tras el cálculo *MagiCAD* emite un informe como el indicado en la Figura 4.6.2 en el que se muestra la longitud, tamaño, caudal y velocidad de cada tramo de conducto.



Location	Level	Type	Series	Product	Size	L [m]	Insulation	qv [dm³/s]	v [m/s]	Warnings
	Nivel Conducto	DUCT	Codos / Tes	Codos / Tes	250x250	1.9		266	4.3	
	Nivel Conducto	BEND-90	Codos / Tes	1.5 W	250x250			266	4.3	
	Nivel Conducto	DUCT	Codos / Tes	Codos / Tes	250x250	0.4		266	4.3	
	Nivel falso techo	T-BRANCH	Codos / Tes	Estándar	250x250/250x25			266	4.3	
	Nivel falso techo	REDUCER	Codos / Tes		250x250/200x20			170	2.7	Product not available
	Nivel falso techo	DUCT	Codos / Tes	Codos / Tes	200x200	2.9		170	4.3	
	Nivel falso techo	BEND-90	Codos / Tes	1.5 W	200x200			170	4.3	
	Nivel falso techo	DUCT	Codos / Tes	Codos / Tes	200x200	3.7		170	4.3	
	Nivel Conductos	T-BRANCH	Codos / Tes	Estándar	200x200/125x20			170	4.3	
	Nivel Conductos	REDUCER	Tes	45 grados	125x200/125			15	0.6	
	Nivel Conductos	DUCT	Tes	Tes	125	0.9		15	1.2	
	Nivel Conductos	BEND-90	Tes	1.5 D	125			15	1.2	
	Nivel Conductos	DUCT	Tes	Tes	125	0.1		15	1.2	
	Nivel falso techo	EXTRACT		ROCa 125	125			15	1.2	
	Nivel Conductos	DUCT	Codos / Tes	Codos / Tes	200x200	0.7		155	3.9	
	Nivel Conductos	X-BRANCH	Codos / Tes	Estándar	200x200/250x20			155	3.9	
	Nivel Conductos	REDUCER	Codos / Tes	45 grados	200x200/125x12			40	1.0	
	Nivel falso techo	DUCT	Codos / Tes	Codos / Tes	125x125	0.5		40	2.6	
	Nivel falso techo	T-BRANCH	Codos / Tes	Estándar	125x125/125x10			40	2.6	
	Nivel falso techo	REDUCER	Tes	45 grados	125x100/125			20	1.6	
	Nivel falso techo	DUCT	Tes	Tes	125	0.3		20	1.6	
	Nivel falso techo	BEND-90	Tes	1.5 D	125			20	1.6	
	Nivel falso techo	DUCT	Tes	Tes	125	0.1		20	1.6	
	Nivel falso techo	EXTRACT		ROCa 125	125			20	1.6	
	Nivel falso techo	DUCT	Codos / Tes	Codos / Tes	125x125	2.6		20	1.3	
	Nivel falso techo	REDUCER	Tes	125x125/75x75				20	1.3	Product not available
	Nivel falso techo	BEND-90	Tes	1.5 W	75x75			20	3.6	
	Nivel falso techo	REDUCER	Tes	45 grados	75x75/125			20	3.6	

Figura 4.6.2: Informe generado por *MagiCAD* para el dimensionado de conductos

Cálculo de los caudales de extracción localizada y de ventilación de la nave

Para el dimensionado de las extracciones localizadas se requiere de datos previos de velocidad de captura de polvo y caudales necesarios para satisfacer las necesidades de ventilación. Normalmente, la propia maquinaria incorpora conexiones para conductos de extracción. En este caso, no se tienen datos de los modelos de maquinaria exactos que se van a usar en la nave por lo

4 MODELADO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

que la instalación se dimensionará utilizando un terminal de aire en forma de campana plana indicado en la Figura 4.6.3 por la que se absorberá el polvo generado.

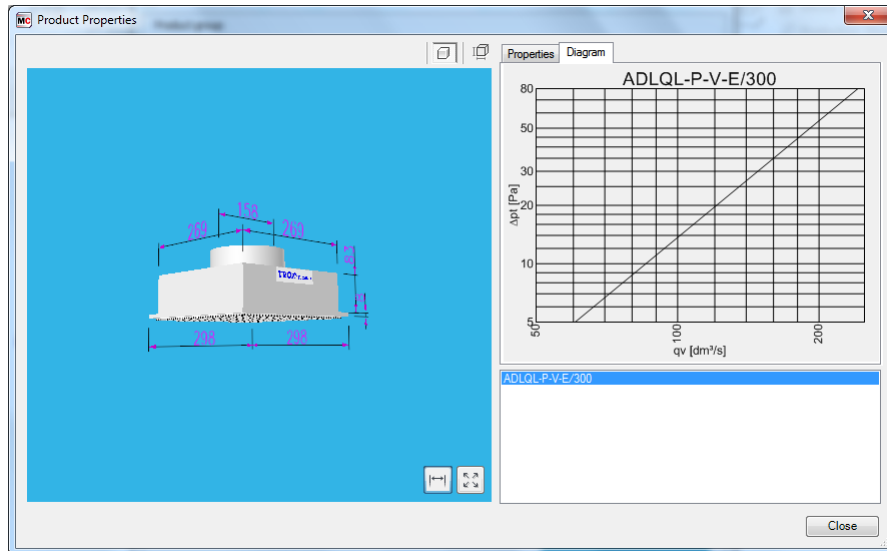


Figura 4.6.3: Campanas utilizadas para dimensionar la extracción localizada de cada máquina

Para la velocidad de captura, se tomará de 2,5 m/s correspondiente a contaminantes liberados en aire con movimiento como es el caso de un taller de mecanizado [19]. El caudal necesario para este tipo de campana viene dado por la expresión

$$Q(m^3/s) = 1,4 \cdot P \cdot D \cdot v$$

donde:

P Perímetro de la campana. En este caso de $0,298 \times 2 = 0,596$ metros.

D Distancia al foco de emisión del contaminante. En este caso de 0,12 metros.

v Velocidad de captura del contaminantes. En este caso de 2,5 m/s.

Obteniendo un caudal de **250 l/s** para cada máquina. Dándo un total de 2250 l/s para el sistema de extracción localizada completo. La velocidad del aire por los conductos adecuada para polvo pesado es de 20-22,5 m/s que se utilizará para el posterior dimensionado de éstos. Esta velocidad podrá variar para reducir las pérdidas de presión y poder seleccionar un ventilador adecuado.

Para la introducción de aire del exterior en la zona del taller se colocarán difusores de aire a una altura de 5 metros desde el suelo colocados de manera

homogénea en todo el espacio. El caudal introducido deberá equilibrar el caudal extraído con el sistema de extracción localizada, siendo éste de 2250 l/s. Como se han colocado 10 difusores, cada uno deberá impulsar un total de 225 l/s. Este valor supera con mucho el mínimo impuesto por el *Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo* de $30 \text{ m}^3/\text{h}$ por trabajador, dando un total de 41,67 l/s suponiendo 5 trabajadores.

Cálculo de los caudales de extracción de los baños

La *Norma UNE-EN 13779* establece los valores de diseño para los caudales de aire de extracción de baños y aseos en 15 l/s por urinario y 3 l/s por metro cuadrado.

Así, para los baños ubicados en la zona de oficinas se colocará un extractor en cada urinario con un caudal de extracción de 15 l/s. Por otro lado, como la superficie de cada baño (masculino y femenino) es de $12,59 \text{ m}^2$, se colocarán dos extractores en cada baño con un caudal de extracción de 20 l/s cada uno. Para los baños ubicados en la zona de taller se procederá de manera similar. Se colocará un extractor en cada urinario con un caudal de 15 l/s cada uno. Cómo tiene una superficie de 6 m^2 aproximadamente, se colocará un extractor en cada baño con un caudal de extracción de 18 l/s cada uno.

La velocidad del flujo utilizada para el dimensionado de los conductos de esta red será de entre 4 y 8 m/s.

Cálculo de los caudales de impulsión de los espacios restantes

Para el cálculo de los caudales de impulsión destinados a la ventilación de oficinas y espacios similares hay que tener en cuenta ciertas características previas:

- La *clasificación del aire exterior (ODA)* es de **ODA-2** que corresponde a aire exterior con concentraciones altas de partículas y gases contaminantes al estar el edificio ubicado en un polígono industrial.
- La *clasificación básica de la calidad del aire interior (IDA)* es de **IDA-2** que corresponde a una calidad del aire interior moderada.
- El sistema de control de la calidad del aire interior se realizará de acuerdo a un determinado horario coincidente con el horario de ocupación de las oficinas por lo que entra dentro de la categoría de **IDA-C3**.

4 MODELADO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

- Las funciones de sistema serán las de ventilación y refrigeración de los espacios.
- La temperatura de impulsión del aire destinado a la refrigeración de los espacios será de 12°C y la temperatura de diseño del local en verano será de 25°C.

El cálculo del caudal de impulsión de aire exterior se realizará de la siguiente manera: se calculará el caudal de aire por superficie de suelo, se calculará el caudal de aire por persona. La suma de los caudales anteriores se comparará con el caudal necesario para satisfacer los requisitos de refrigeración de los espacios, eligiéndose el caudal más alto para el diseño de la instalación.

Se han elegido los valores siguientes de caudales de aire exterior que cumplen con lo establecido en el *RITE en su apartado 1.4.2.3* de su *IT1 - Diseño y dimensionado* que establece el caudal mínimo de aire exterior de ventilación, mostrando los resultados en el Cuadro 4.6.4.

- Mediante el método indirecto de caudal de aire exterior por persona y para una calidad del aire interior de *IDA-3*, el caudal de aire es de 8 l/s por persona.
- Mediante el método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie y para una calidad del aire interior de *IDA-3*, el caudal de aire es de 0,83 l/s por metro cuadrado.

Cuadro 4.6.4: Caudales de aire exterior obtenidos

Espacio	Ventilación debida a las personas (l/s)	Ventilación debida al edificio (l/s)	Total (l/s)
Vestíbulo	51,3	106,4	157,7
Sala de reuniones	42,5	22	64,6
Oficina 1	13,1	13,6	26,7
Vestíbulo superior	16,7	34,7	51,5
Entrada a baños oficinas	5,9	6,1	12
Oficina 2	21	21,8	42,8
Sala de ordenadores	18,8	19,5	38,3
Sala de metrología	29,4	30,5	59,8

Según la norma *Norma UNE-EN 13779* se puede determinar el caudal mínimo de ventilación para los requisitos sobre la carga de refrigeración

mediante la fórmula

$$q_{v,SUP} = \frac{\Phi}{\rho \cdot c_p \cdot |\theta_{a,IDA} - \theta_{SUP}|}$$

donde

$q_{v,SUP}$ es el caudal volumétrico del aire de impulsión, en m^3/s

Φ es la carga térmica de refrigeración, en W.

ρ es la densidad del aire, en kg/m^3 . Cuyo valor es de $1,2 kg/m^3$.

c_p es la capacidad térmica del aire, en $J/(kg \cdot K)$. Cuyo valor es de $1000 J/(kg \cdot K)$.

$\theta_{a,IDA}$ es la temperatura del aire del local, en $^{\circ}C$. Cuyo valor es de $25^{\circ}C$.

θ_{SUP} es la temperatura del aire de impulsión, en $^{\circ}C$. Cuyo valor es de $10^{\circ}C$.

Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 4.6.5 siendo éstos mucho mayores que los calculados anteriormente, por lo que la instalación se dimensionará para satisfacer las necesidades de refrigeración. El caudal total que se impulsará será de **3352 l/s** para todo el edificio.

Cuadro 4.6.5: Caudales de aire exterior para satisfacer las necesidades de refrigeración

Espacio	Caudal para refrigeración (l/s)
Vestíbulo	577,27
Sala de reuniones	129,57
Oficina 1	57
Vestíbulo superior	133,52
Entrada a baños oficinas	6,56
Oficina 2	70,73
Sala de ordenadores	70,31
Sala de metrología	64,2

La velocidad del flujo utilizada para el dimensionado de los conductos de esta red será de entre 4 y 8 m/s.

Selección de los ventiladores

Serán necesarios ventiladores individuales para las instalaciones de extracción de aire de los baños, de extracciones localizadas de la maquinaria y de impulsión de aire exterior.

Para el cálculo de la pérdida de carga por los conductos *MagiCAD* dispone de una herramienta similar a las usadas anteriormente para tuberías. Con el dato de la pérdida de carga y el caudal calculado anteriormente se puede seleccionar el ventilador adecuado a las necesidades impuestas.

En el caso de la instalación de extracción de aire de los baños se ha obtenido una pérdida de carga de **170 Pa** y se ha calculado un caudal total de **266 l/s**. Con estos datos, se ha seleccionado un ventilador de la marca *Systemair* modelo *K-315-M para conductos circulares* mostrado en la Figura 4.6.4.

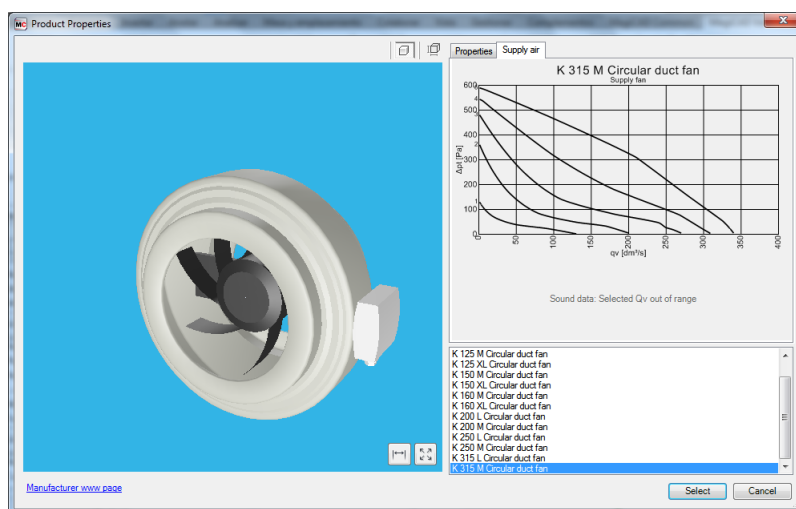


Figura 4.6.4: Ventilador seleccionado para la instalación de extracción de aire de los baños

Para la instalación de extracciones localizadas se ha obtenido una pérdida de carga de **718 Pa** y se ha calculado un caudal total de **2250 l/s**. Con estos datos, se ha seleccionado un ventilador de la marca *Systemair* modelo *MUB/F 062 630D4-6 HT* mostrado en la Figura 4.6.5, siendo necesario la colocación de dos ventiladores en paralelo del modelo descrito debido a que el caudal extraído es demasiado grande.

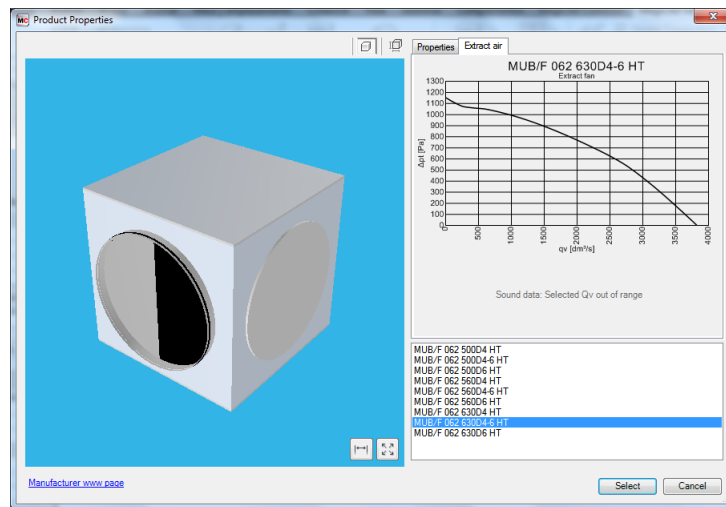


Figura 4.6.5: Ventilador seleccionado para la instalación de extracción localizada

Ahora, para la instalación de impulsión de aire exterior se ha obtenido una pérdida de carga de **333 Pa** y se ha calculado un caudal total de **3352 l/s**. Con estos datos, se hace necesario el uso de dos ventiladores en paralelo debido al alto caudal trasegado. Se han seleccionado un ventilador de la marca *Systemair* modelo *RS-80-50-L3* mostrado en la Figura 4.6.6.

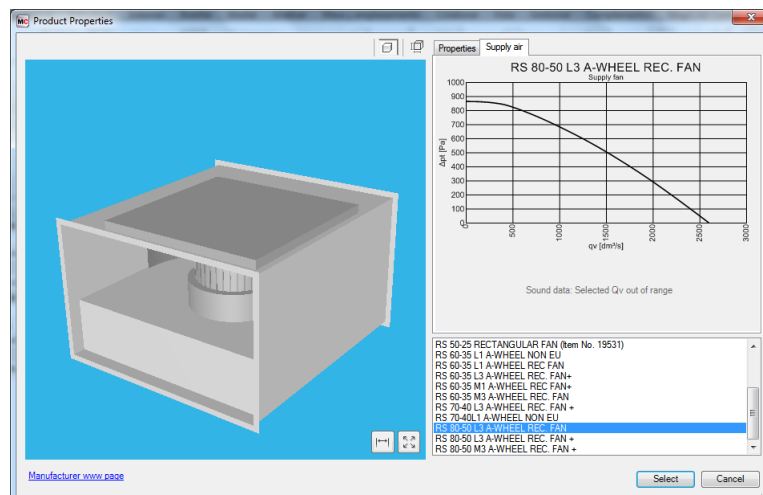


Figura 4.6.6: Ventilador seleccionado para la instalación de impulsión de aire exterior

Selección de los filtros

Como se ha indicado en el apartado de requisitos impuestos por la normativa, es obligatorio el uso de un prefiltro de clase **F6** y un filtro de

4 MODELADO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

clase **F8** como mínimo. En el catálogo de filtros que proporciona *MAGiCAD* sólo están disponibles filtros de clase F7 y F9, como el mostrado en la Figura 4.6.7, que satisfacen las necesidades de la instalación. Los filtros y prefiltros se colocarán de la manera descrita a continuación para cada sistema:

- Instalación de impulsión de aire exterior: Se instalará un prefiltro *Camfil CamCube-HF-2020-HFZX-F7-640* y un filtro *Camfil CamCube-HF-2020-XLT-F9-640* en serie en la entrada de aire exterior antes del recuperador de calor.
- Instalación de extracción de aire de los baños: Se colocará únicamente un prefiltro *Camfil CamCube-HF-0505-HFZX-F7-640* antes del ventilador.
- Instalación de extracciones localizadas: Se colocará un prefiltro *Camfil CamCube-HF-1015-HFZX-F7-640* antes de cada uno de los dos ventiladores colocados en paralelo.

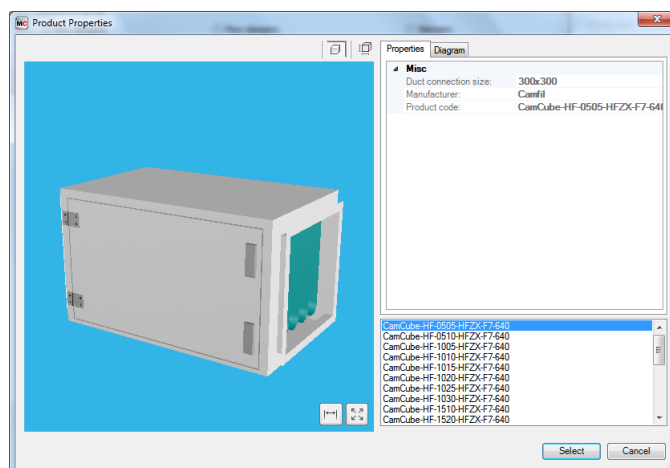


Figura 4.6.7: Vista 3D del filtro F7 utilizado en la instalación de impulsión de aire exterior

Visualización de la instalación de ventilación

A continuación se muestran varias imágenes 3D de la instalación de ventilación con todos sus componentes colocados.

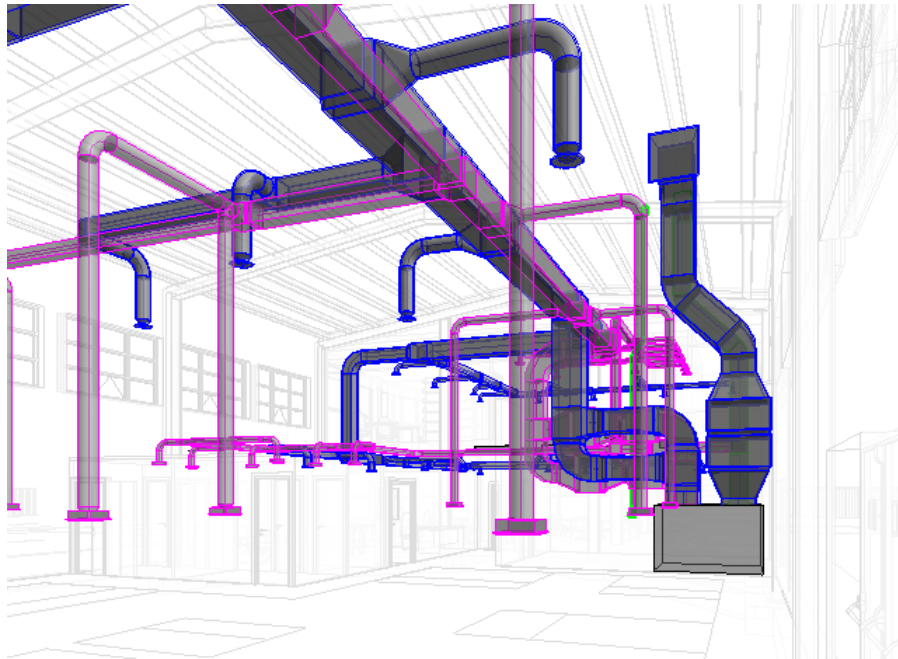


Figura 4.6.8: Vista 3D de la instalación de ventilación de la zona de taller

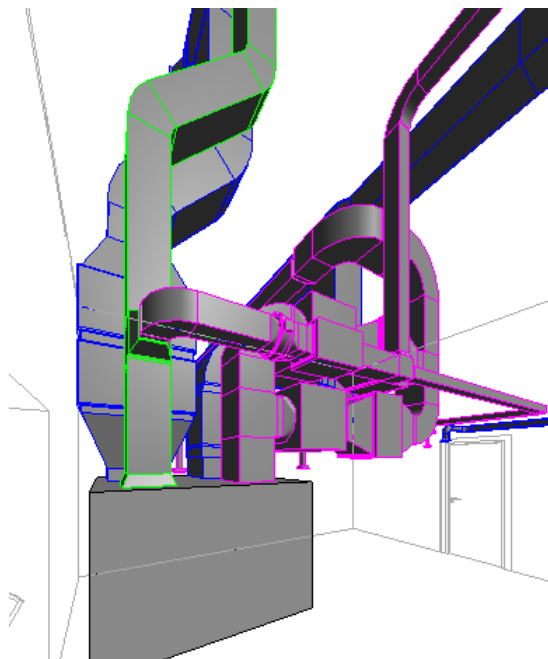


Figura 4.6.9: Vista 3D de los componentes de la instalación de ventilación en la sala de calderas

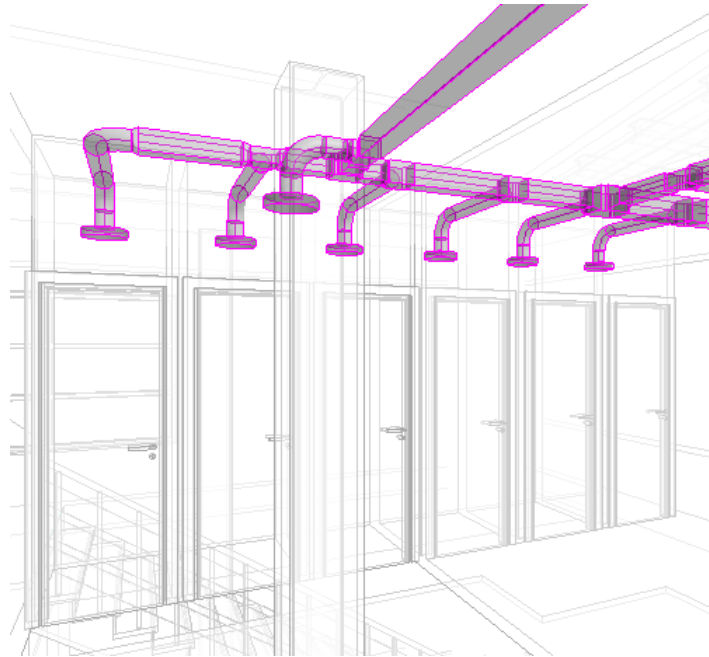


Figura 4.6.10: Vista 3D de la instalación de ventilación de los baños de la zona de oficinas

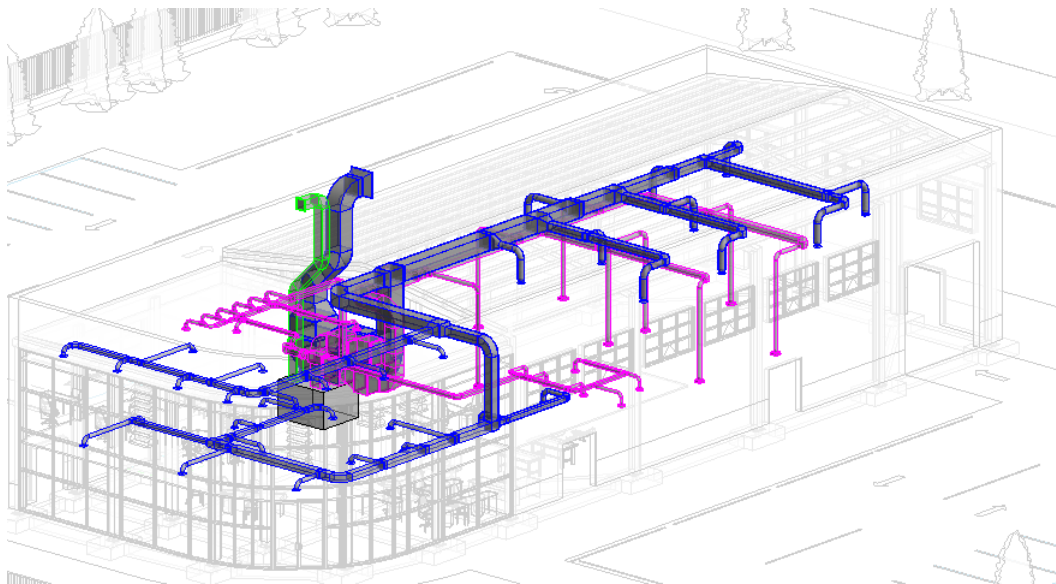


Figura 4.6.11: Vista 3D general de la instalación de ventilación completa

5. Planos

5.1. Índice de planos

A-1: Distribución en planta

A-2: Planta baja acotada

A-3: Primera planta acotada

A-4: Secciones

A-5: Alzados

I-1: Saneamiento

I-2: Agua fría - Planta baja

I-3: Agua fría - Primera planta

I-4: Agua caliente sanitaria - Planta baja

I-5: Agua caliente sanitaria - Primera planta

I-6: Calefacción oficinas - Planta baja

I-7: Calefacción oficinas - Primera planta

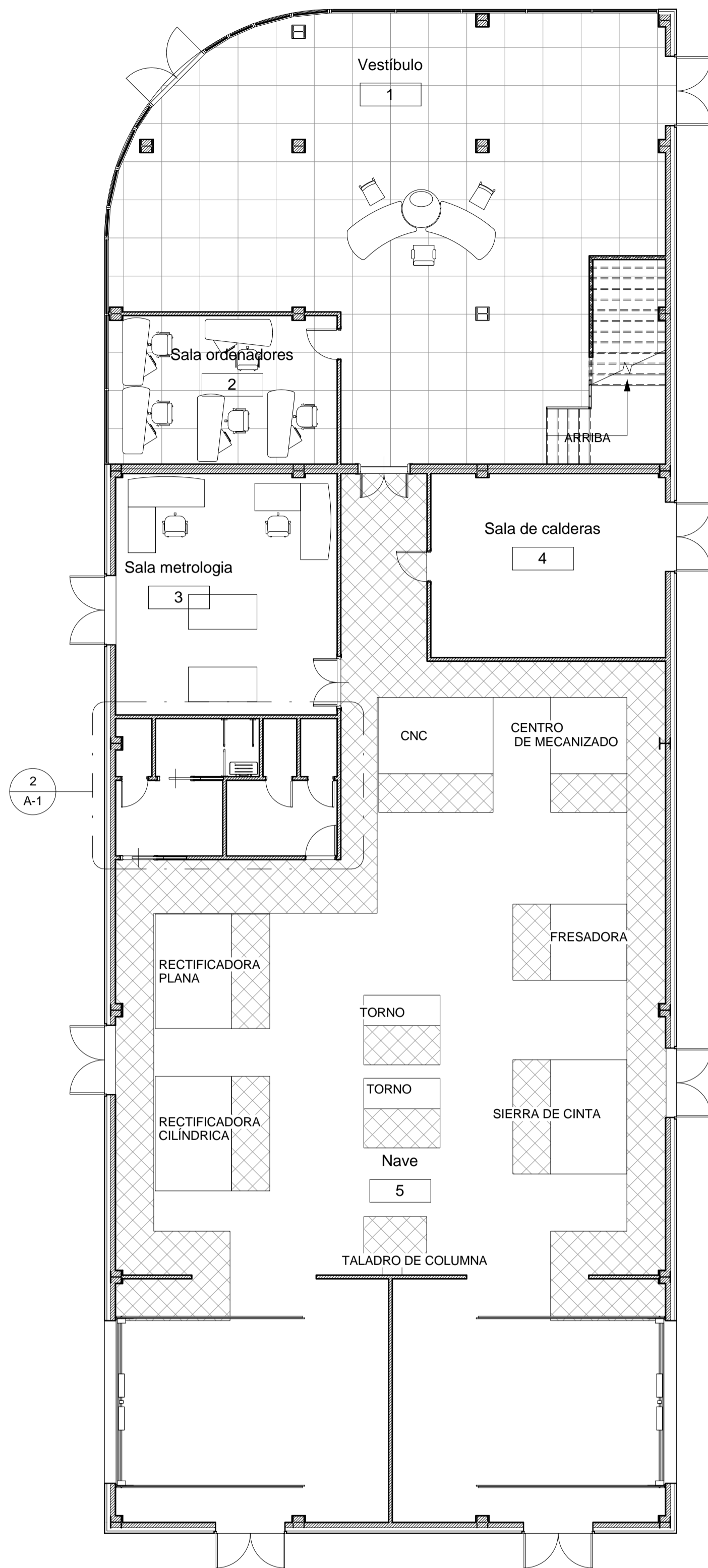
I-8: Calefacción - Tubos radiantes

I-9: Ventilación - Impulsión - Terminales de aire

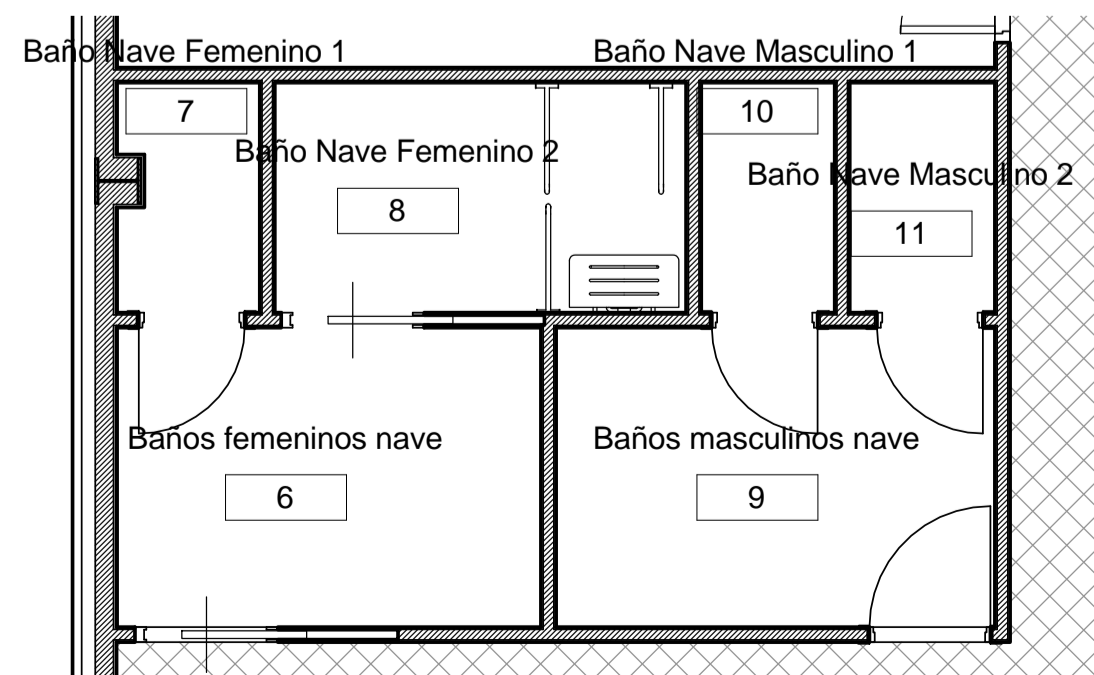
I-10: Ventilación - Impulsión

I-11: Ventilación - Extracción - Terminales de aire

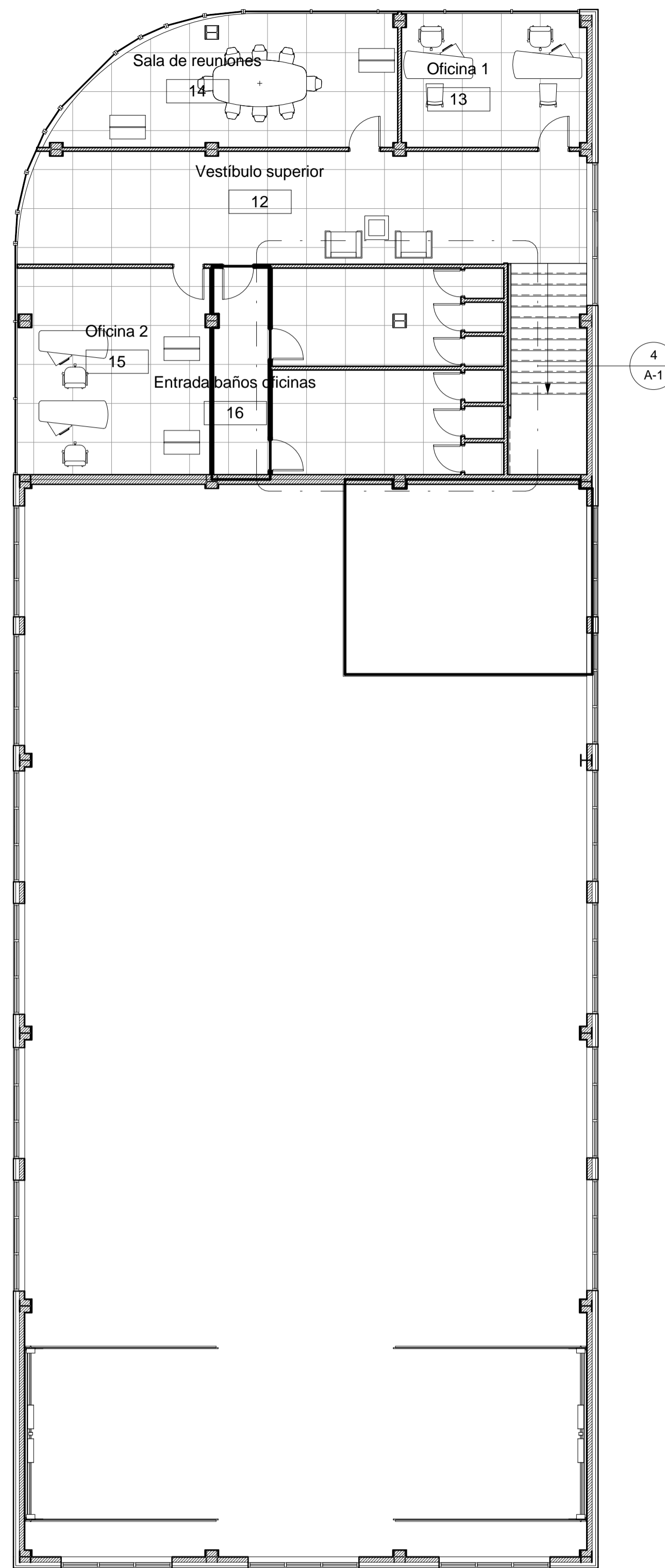
I-12: Ventilación - Extracción



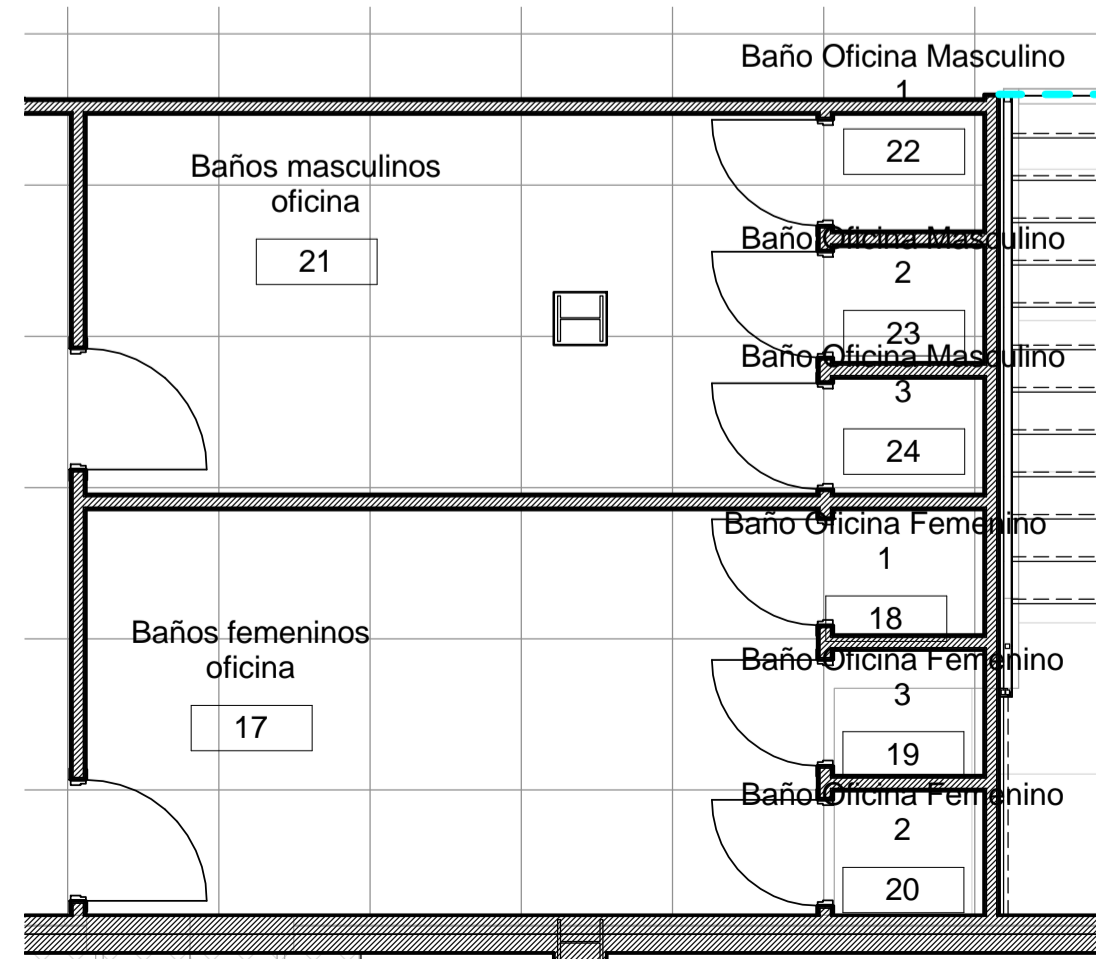
1 Distribución Planta Baja
A-1 1:100



2 Distribución Baños Nave
A-1 1:50

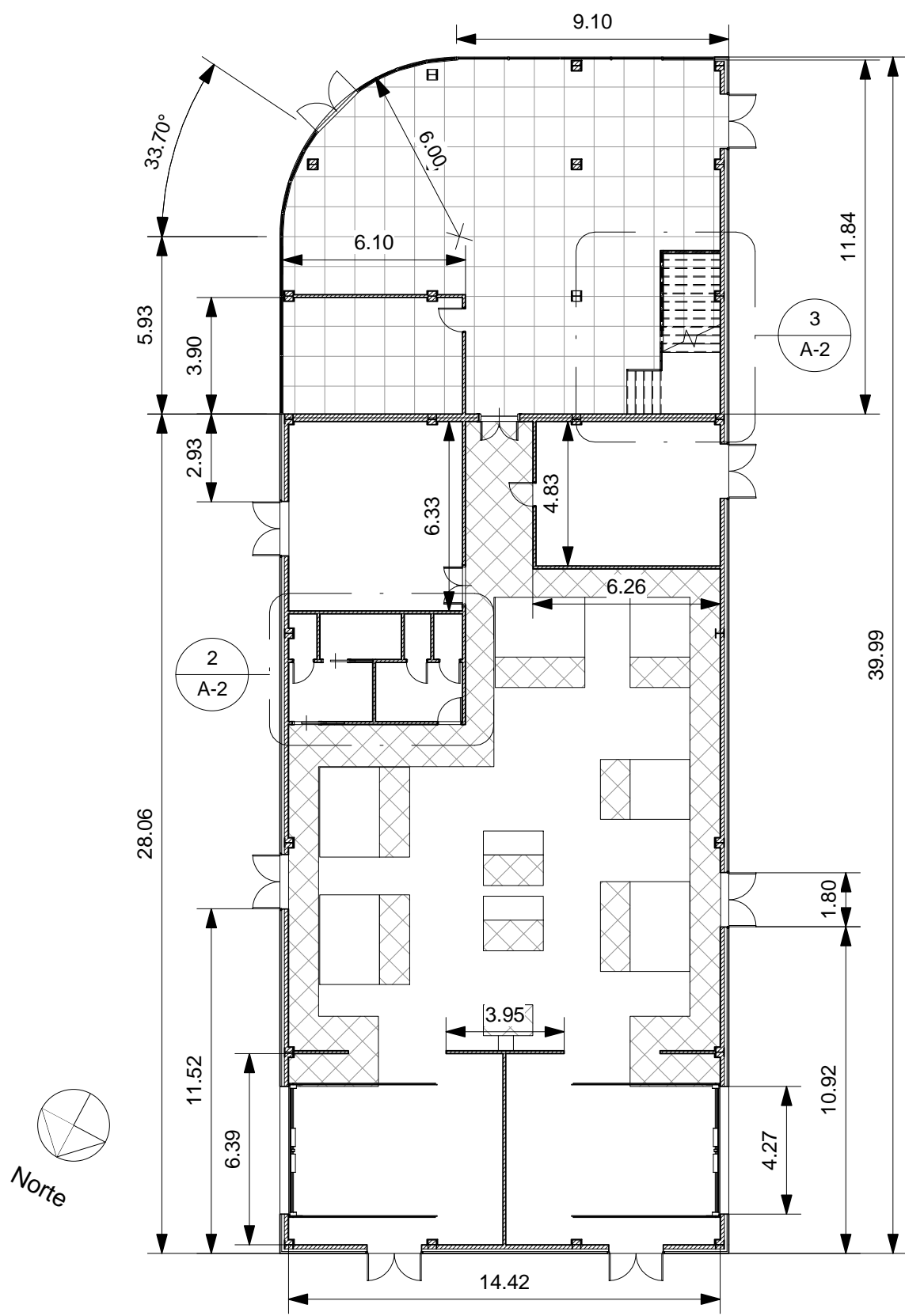


3 Distribución Primera Planta
A-1 1:100

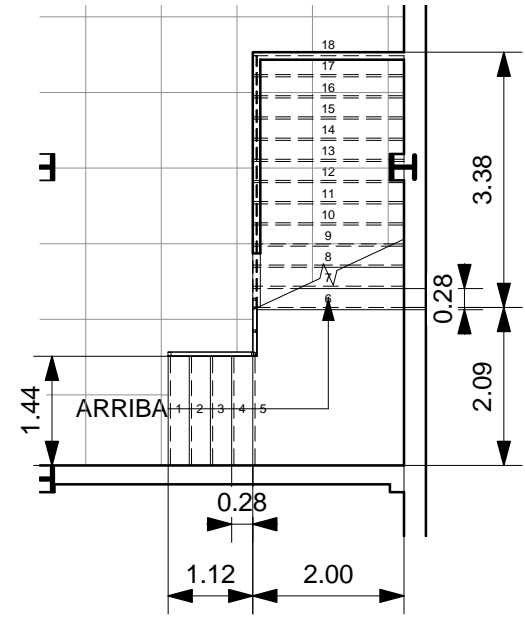


4 Distribución Baños Oficinas
A-1 1:50

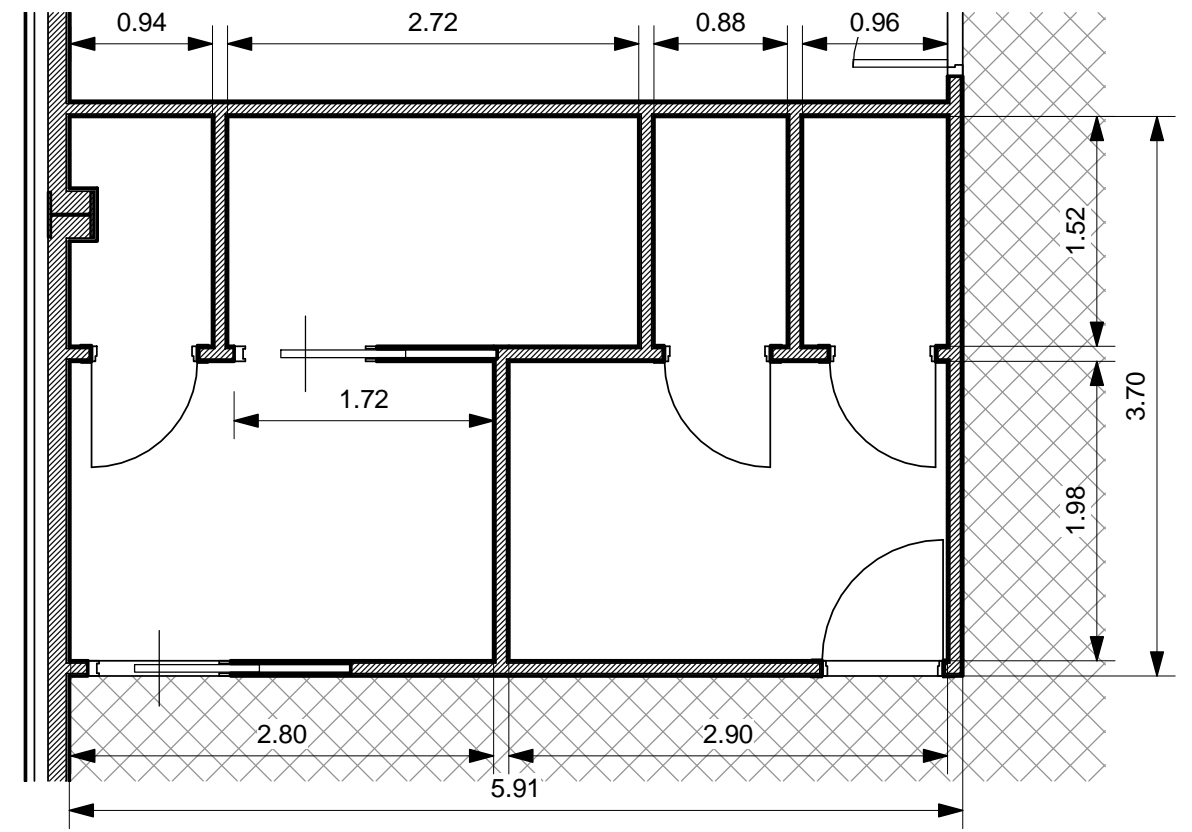
Tabla de planificación de espacios				
Número	Nombre	Área	Volumen	Perímetro
1	Vestibulo	128.23 m ²	409.54 m ³	51.58
2	Sala ordenadores	23.47 m ²	63.28 m ³	20.00
3	Sala metrologia	36.72 m ²	91.42 m ³	24.49
4	Sala de calderas	29.62 m ²	121.14 m ³	22.16
5	Nave	304.28 m ²	2377.96 m ³	114.01
6	Baños femeninos nave	5.56 m ²	13.84 m ³	9.58
7	Baño Nave Femenino 1	1.38 m ²	3.42 m ³	5.30
8	Baño Nave Femenino 2	4.13 m ²	10.29 m ³	8.48
9	Baños masculinos nave	5.75 m ²	14.31 m ³	9.77
10	Baño Nave Masculino 1	1.34 m ²	3.34 m ³	4.81
11	Baño Nave Masculino 2	1.46 m ²	3.63 m ³	4.96
12	Vestibulo superior	41.86 m ²	104.79 m ³	35.38
13	Oficina 1	16.41 m ²	41.13 m ³	16.20
14	Sala de reuniones	26.57 m ²	66.87 m ³	23.72
15	Oficina 2	26.24 m ²	65.73 m ³	21.39
16	Entrada baños oficinas	7.37 m ²	18.43 m ³	13.65
17	Baños femeninos oficina	12.69 m ²	31.72 m ³	20.99
18	Baño Oficina Femenino 1	0.83 m ²	2.08 m ³	3.66
19	Baño Oficina Femenino 3	0.48 m ²	1.19 m ³	2.95
20	Baño Oficina Femenino 2	0.82 m ²	2.06 m ³	3.65
21	Baños masculinos oficina	12.05 m ²	30.12 m ³	14.71
22	Baño Oficina Masculino 1	0.77 m ²	1.94 m ³	3.55
23	Baño Oficina Masculino 2	0.77 m ²	1.93 m ³	3.54
24	Baño Oficina Masculino 3	0.77 m ²	1.93 m ³	3.54



1 **Planta Baja**
A-2 1 : 200



3 **Detalle Escalera**
A-2 1 : 100



2 **Detalle Baños Taller**
A-2 1 : 50



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES



TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO
Diseño y cálculo de las instalaciones térmicas de una nave industrial con metodología BIM

PLANO **PLANTA BAJA**

ÁREA I.P.F.
TRABAJO FIN DE GRADO

FECHA Septiembre - 15

Nº PLANO **A-2**

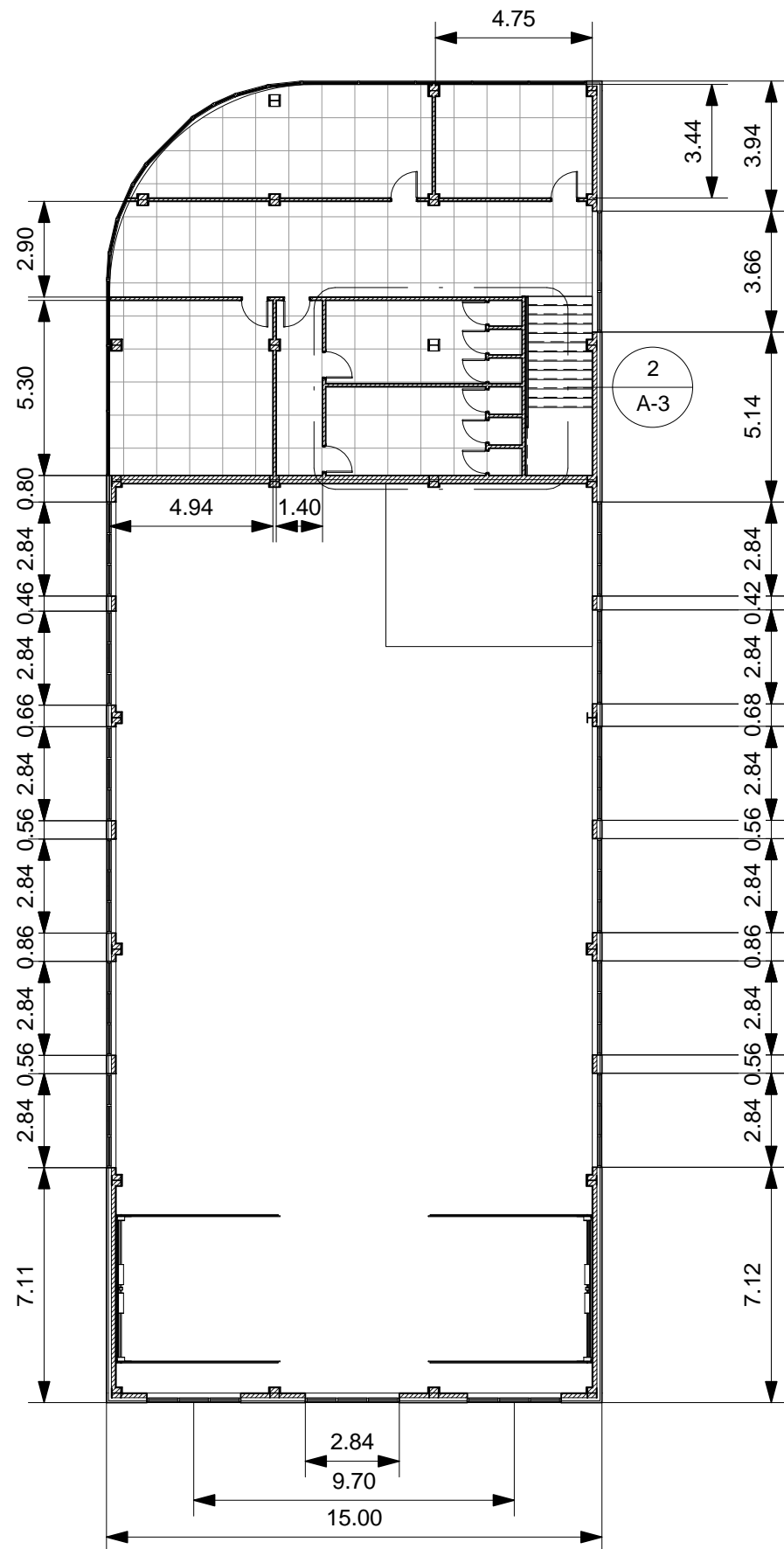
ESCALA **Varias**

FIRMA
EL ALUMNO
Ismael Lozano Gabarre

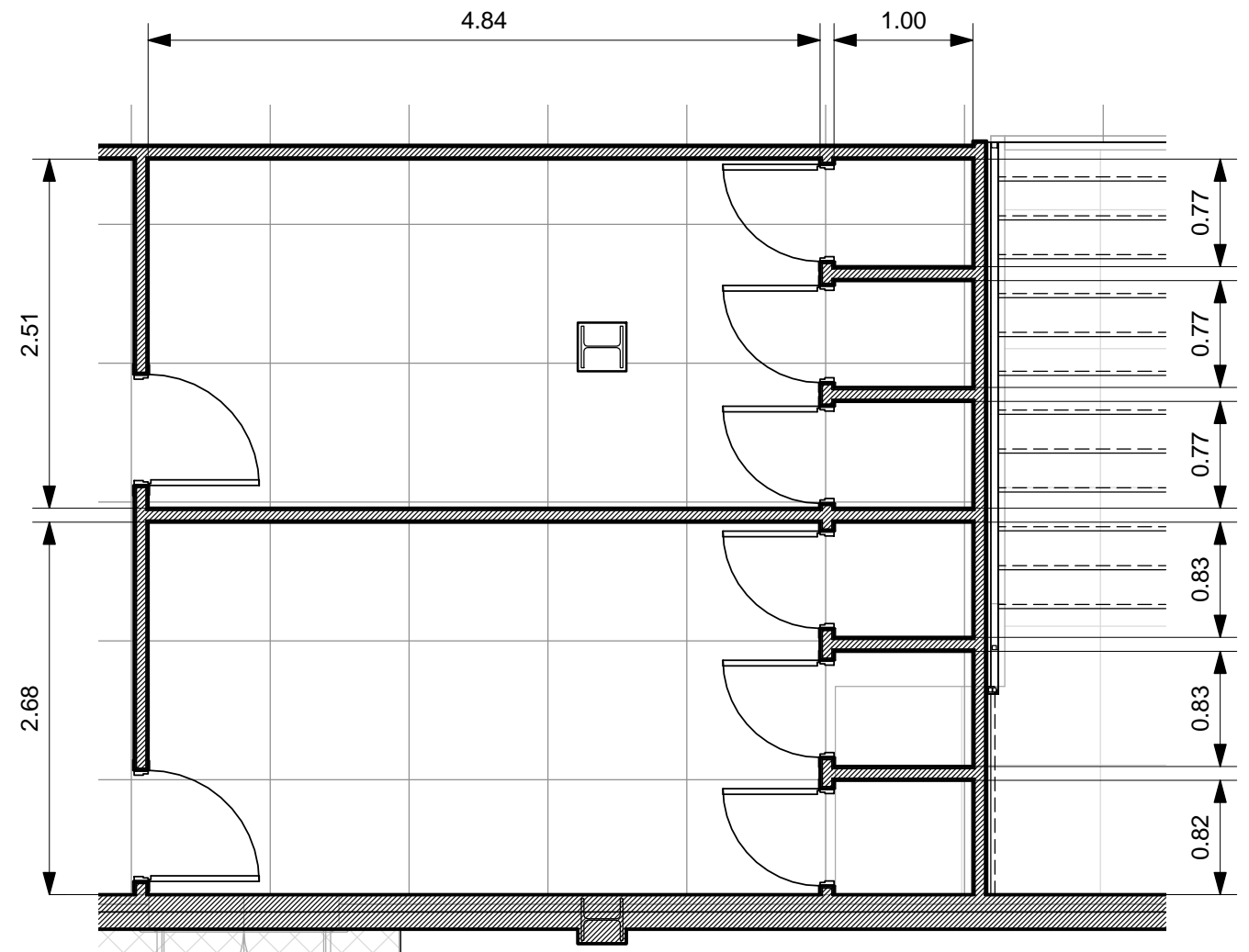
PROMOTOR
Universidad de Valladolid

Grado en Ingeniería Mecánica

Fdo.:



1 Primera Planta
A-3 1 : 200



2 Detalle Baños Oficinas
A-3 1 : 50



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES



TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO
Diseño y cálculo de las instalaciones térmicas de una nave industrial
con metodología BIM

PLANO

PRIMERA PLANTA

ÁREA I.P.F.
TRABAJO FIN DE GRADO

FECHA Septiembre - 15

Nº PLANO A-3

ESCALA Varias

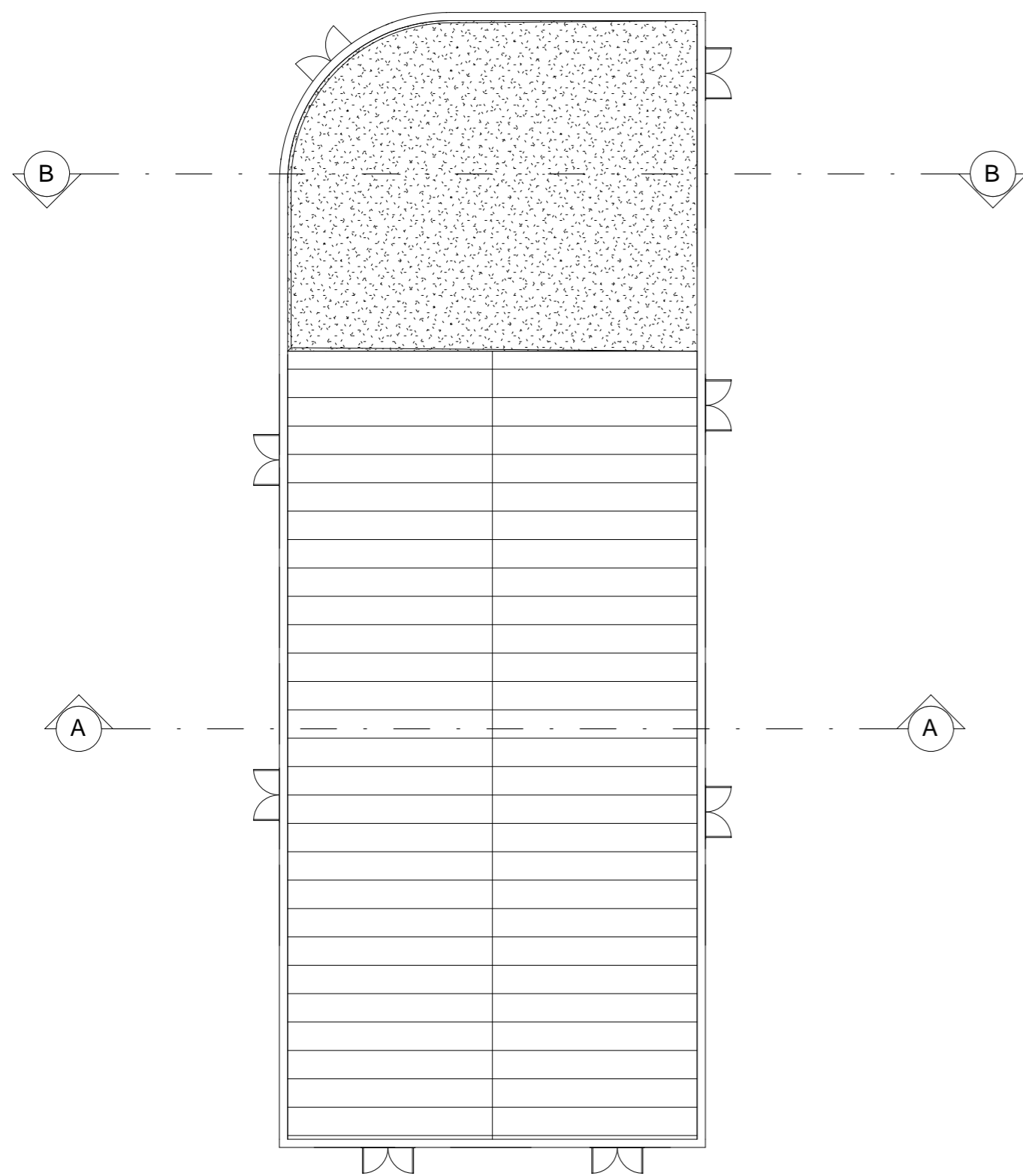
FIRMA
EL ALUMNO
Ismael Lozano Gabarre

PROMOTOR

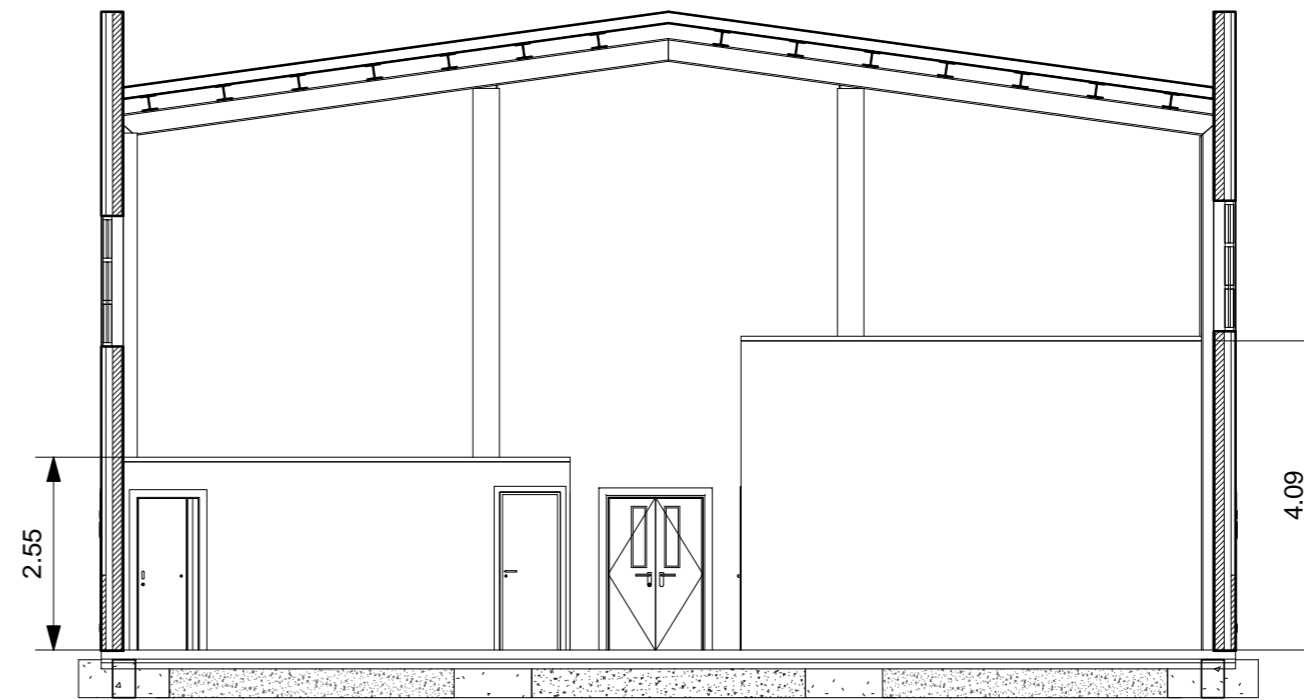
Universidad de Valladolid

Grado en Ingeniería Mecánica

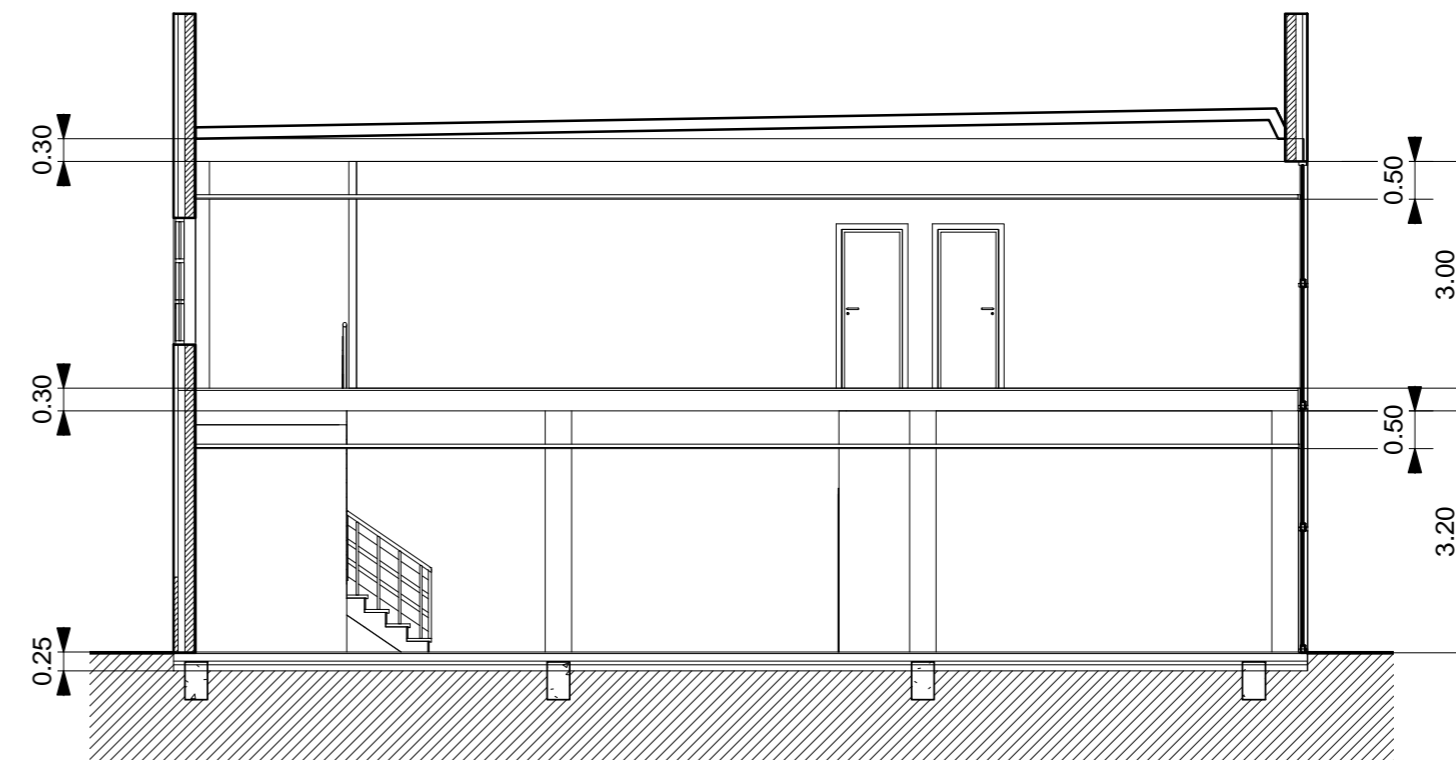
Fdo.:



1 **Planta General**
A-4 1 : 200

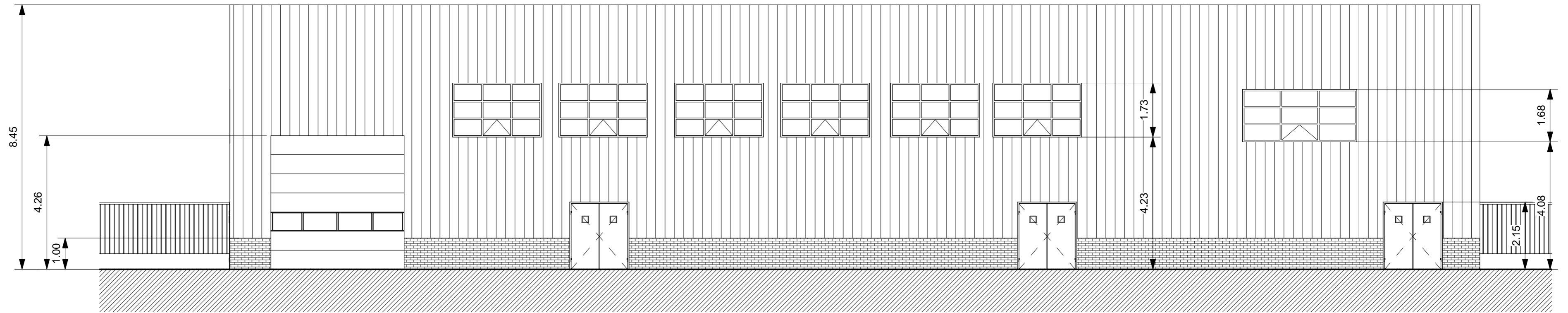


A **Sección AA Taller**
A-4 1 : 100

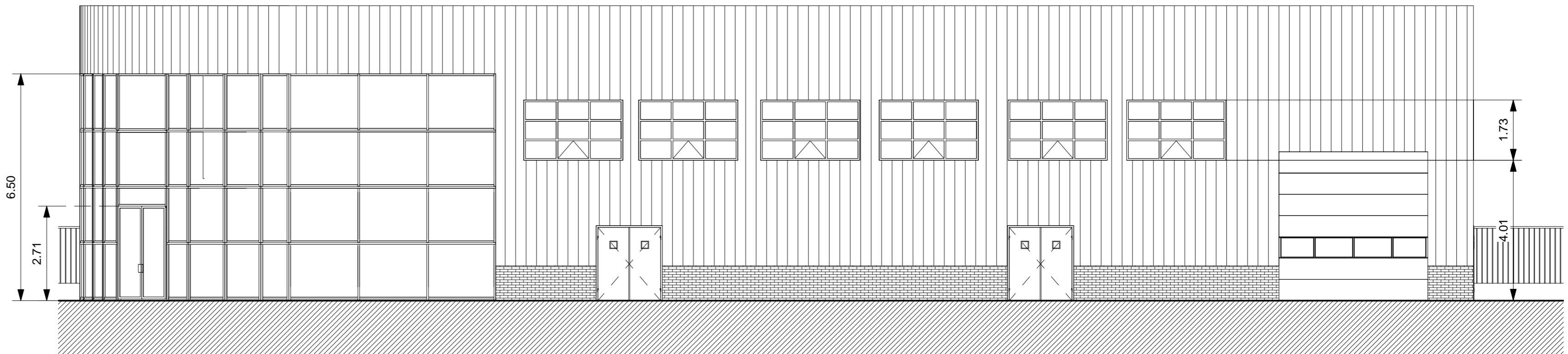
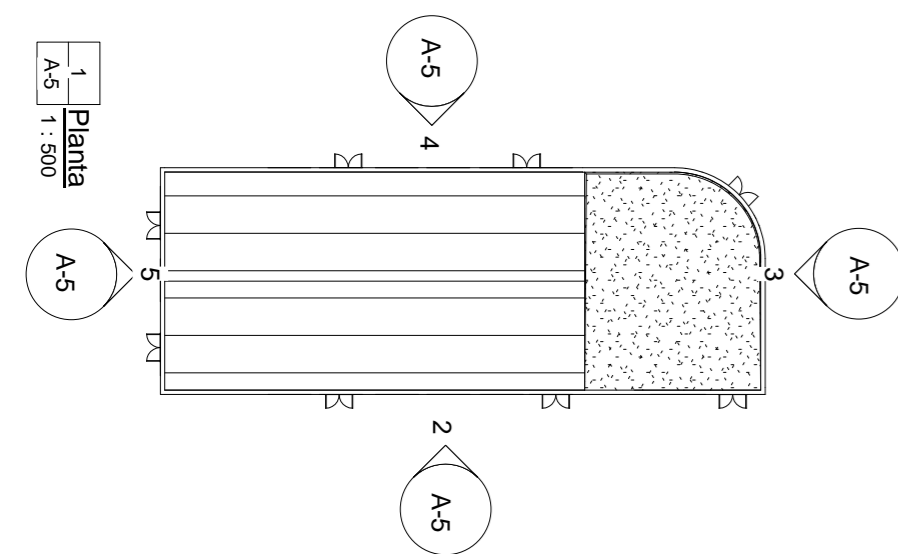


B **Sección BB Oficinas**
A-4 1 : 100

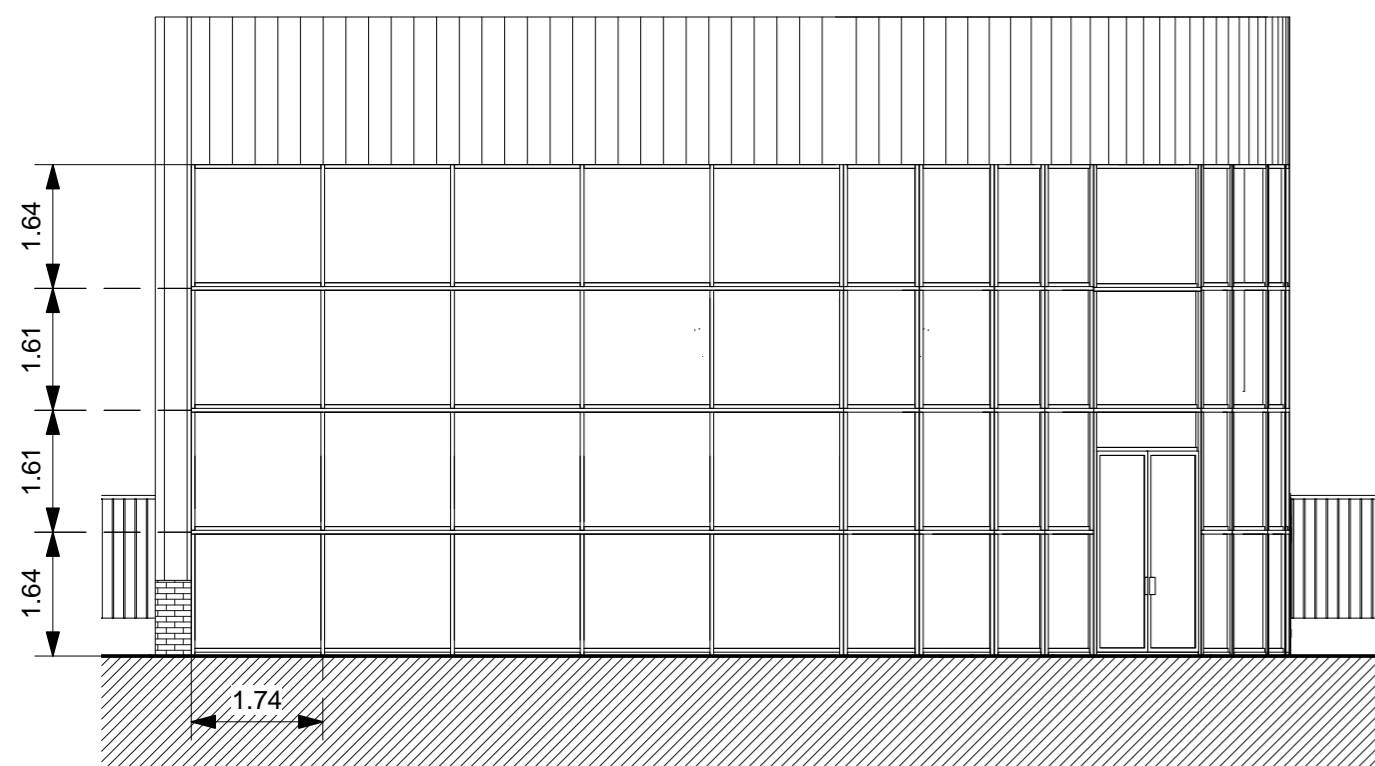
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES 	
TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO Diseño y cálculo de las instalaciones térmicas de una nave industrial con metodología BIM	
PLANO SECCIONES	
ÁREA I.P.F. TRABAJO FIN DE GRADO	FECHA Septiembre - 15
PROMOTOR Universidad de Valladolid	Nº PLANO A-4
	FIRMA EL ALUMNO Ismael Lozano Gabarre
	Grado en Ingeniería Mecánica Fdo.:



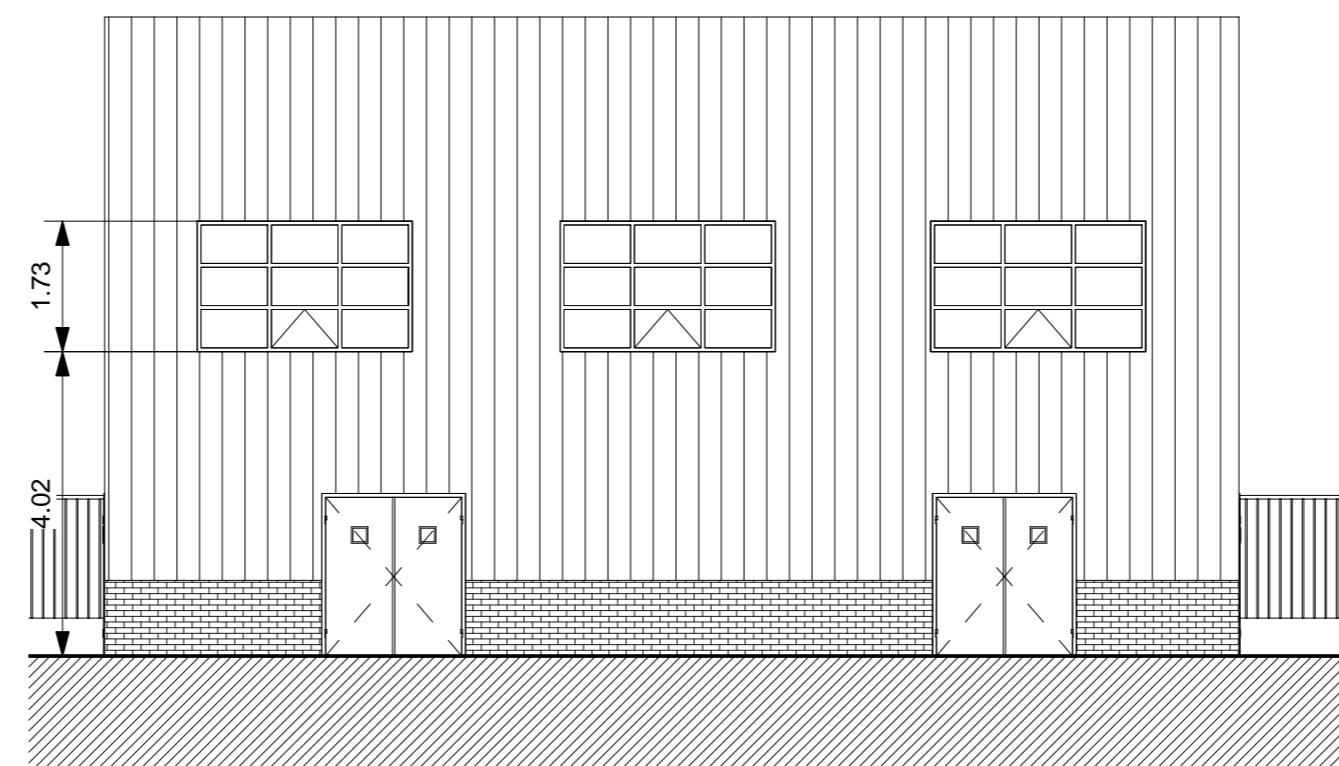
2 Este
A-5 1:100



4 Oeste
A-5 1:100

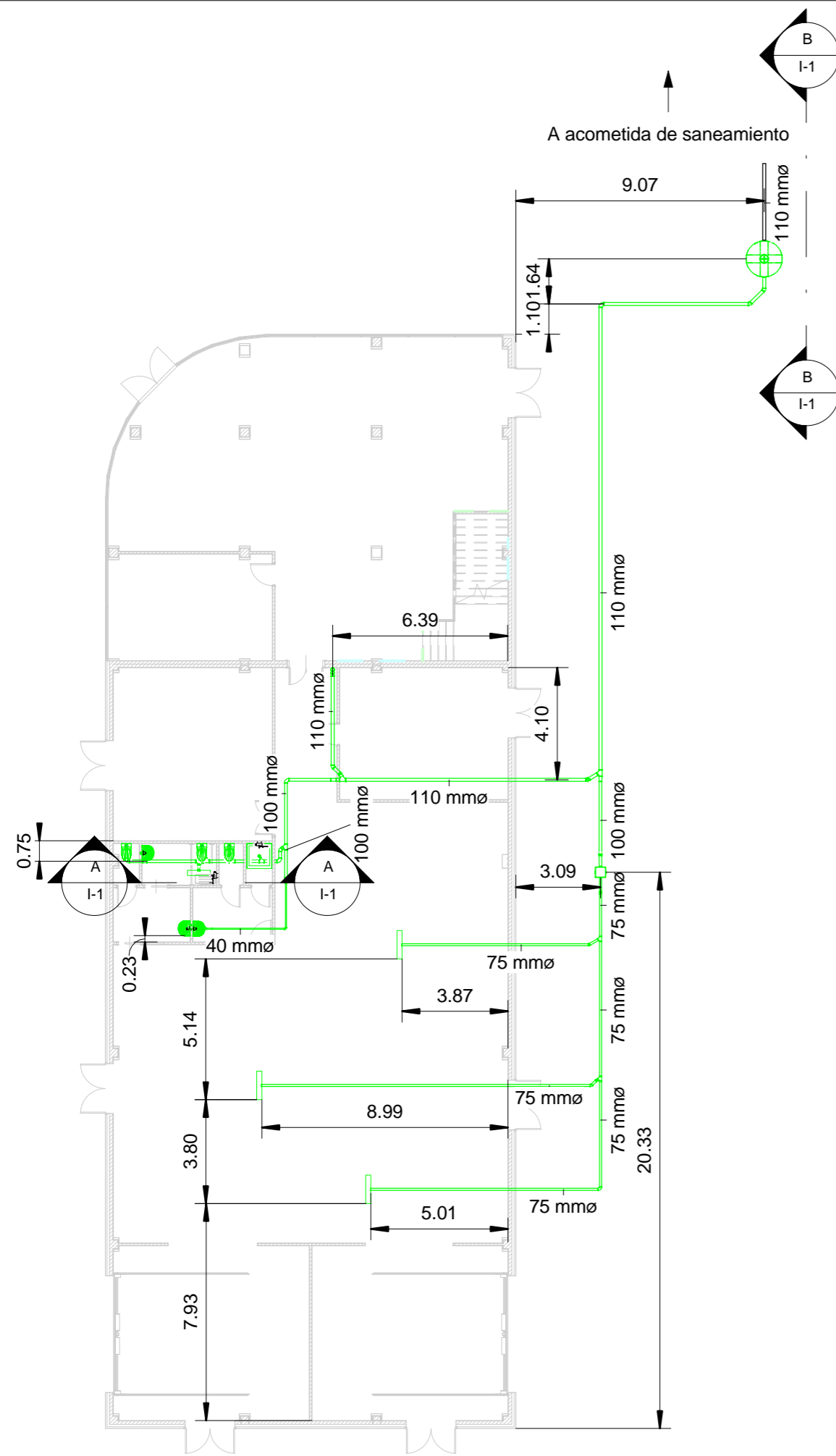


3 Norte
A-5 1:100

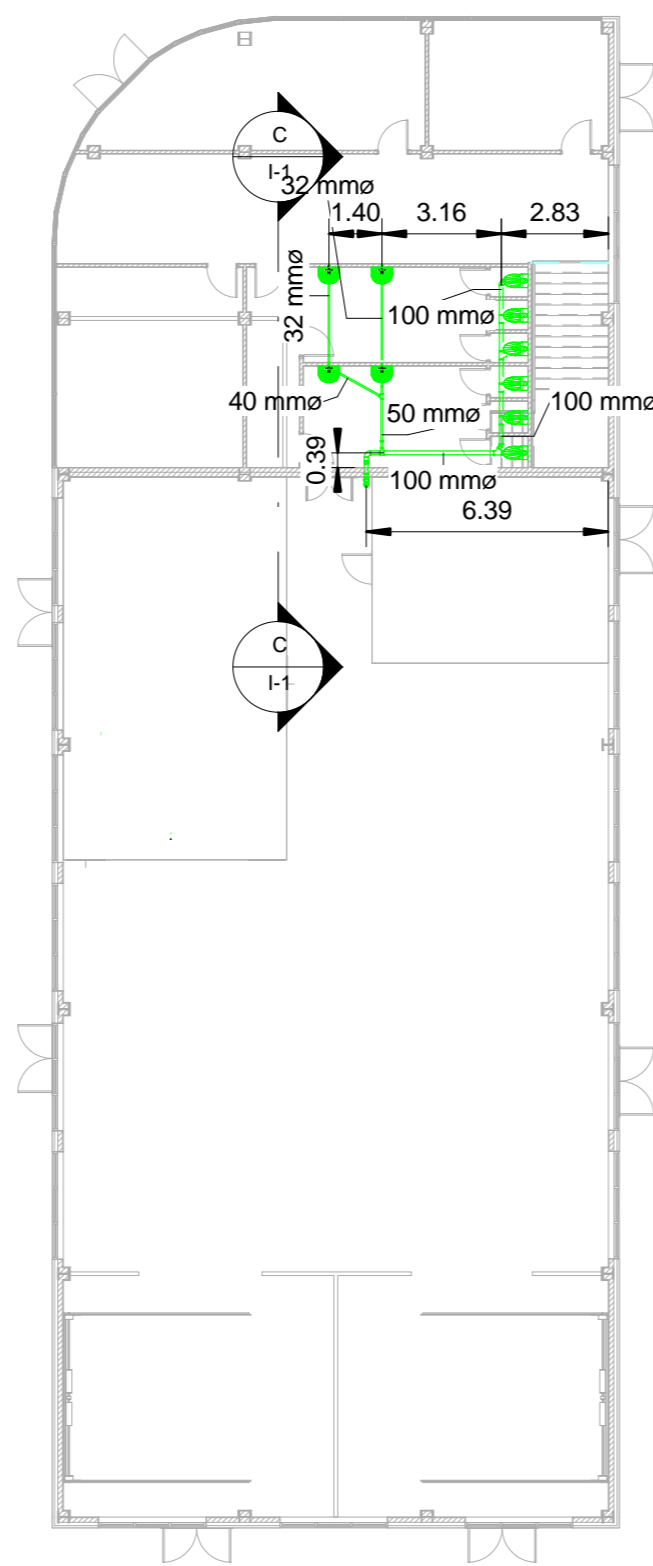


5 Sur
A-5 1:100

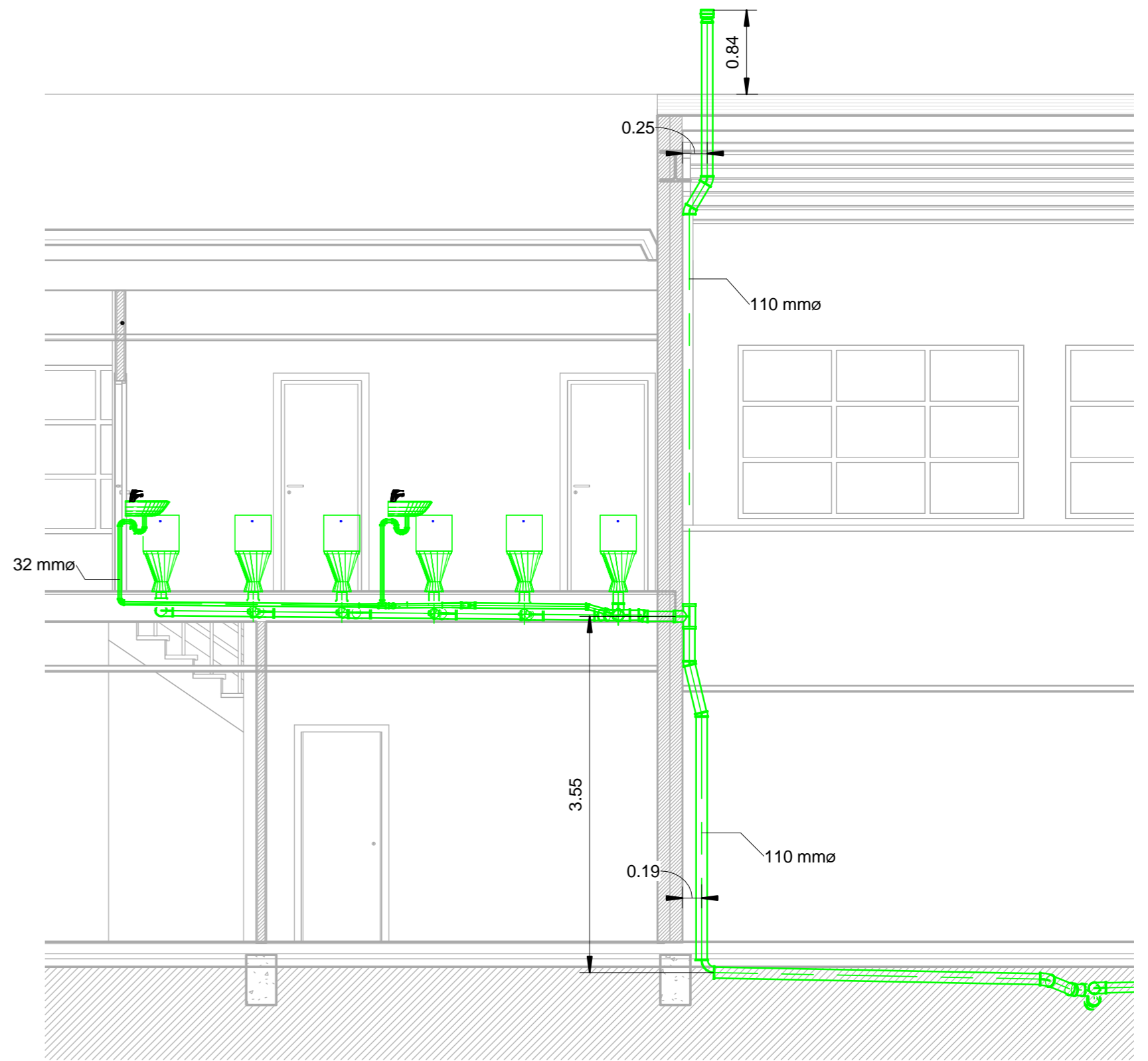
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES 	
TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO Diseño y cálculo de las instalaciones térmicas de una nave industrial con metodología BIM	
PLANO	ALZADOS
ÁREA I.P.F. TRABAJO FIN DE GRADO	FECHA Septiembre - 15
PROMOTOR Universidad de Valladolid	ESCALA Varias
	Nº PLANO A-5
	FIRMA EL ALUMNO Ismael Lozano Gabarre
	Grado en Ingeniería Mecánica
	Fdo.:



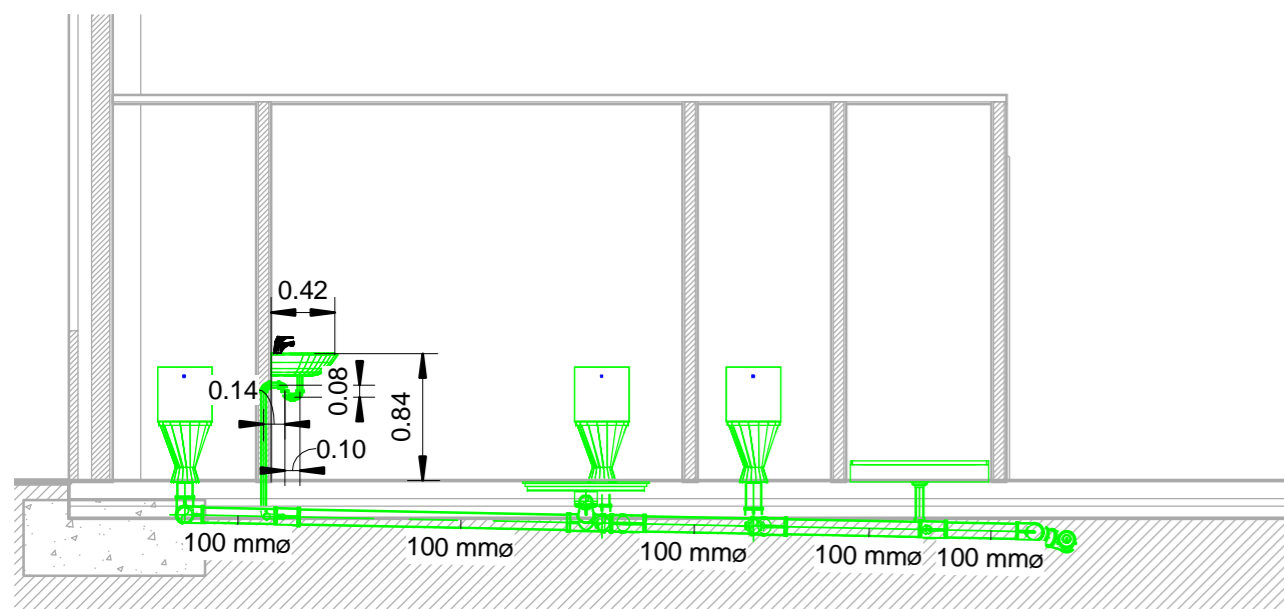
1 Planta Baja - Saneamiento
1 : 200



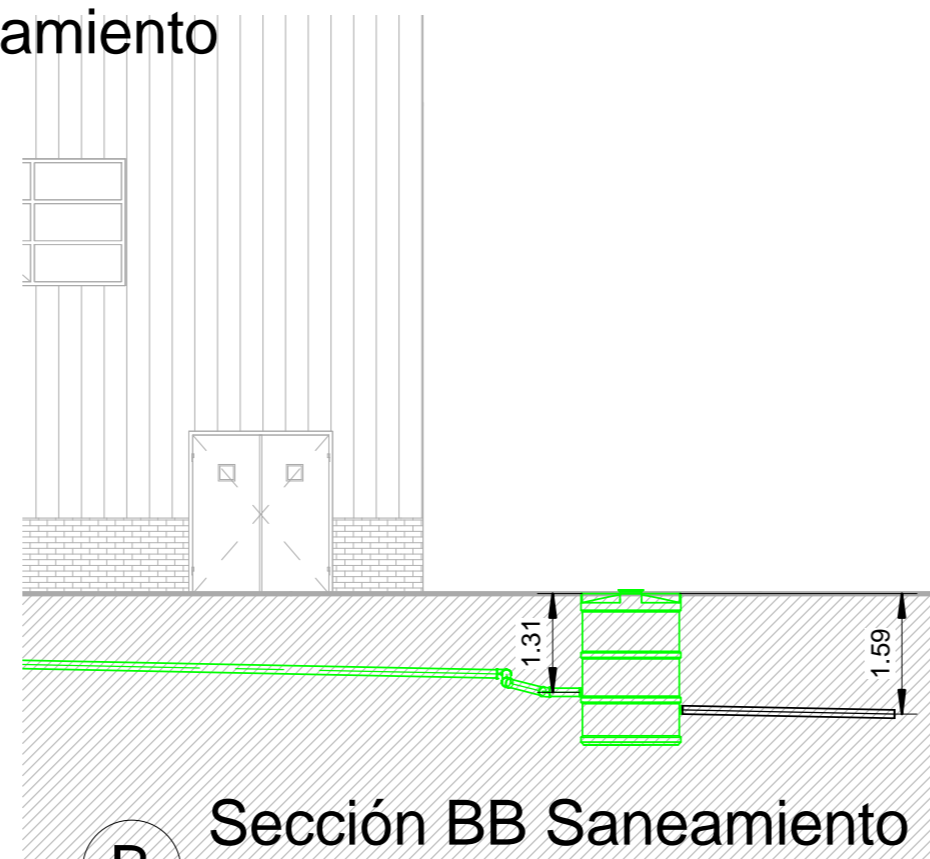
2 Primera Planta - Saneamiento
1 : 200



C Sección CC Saneamiento
1 : 50

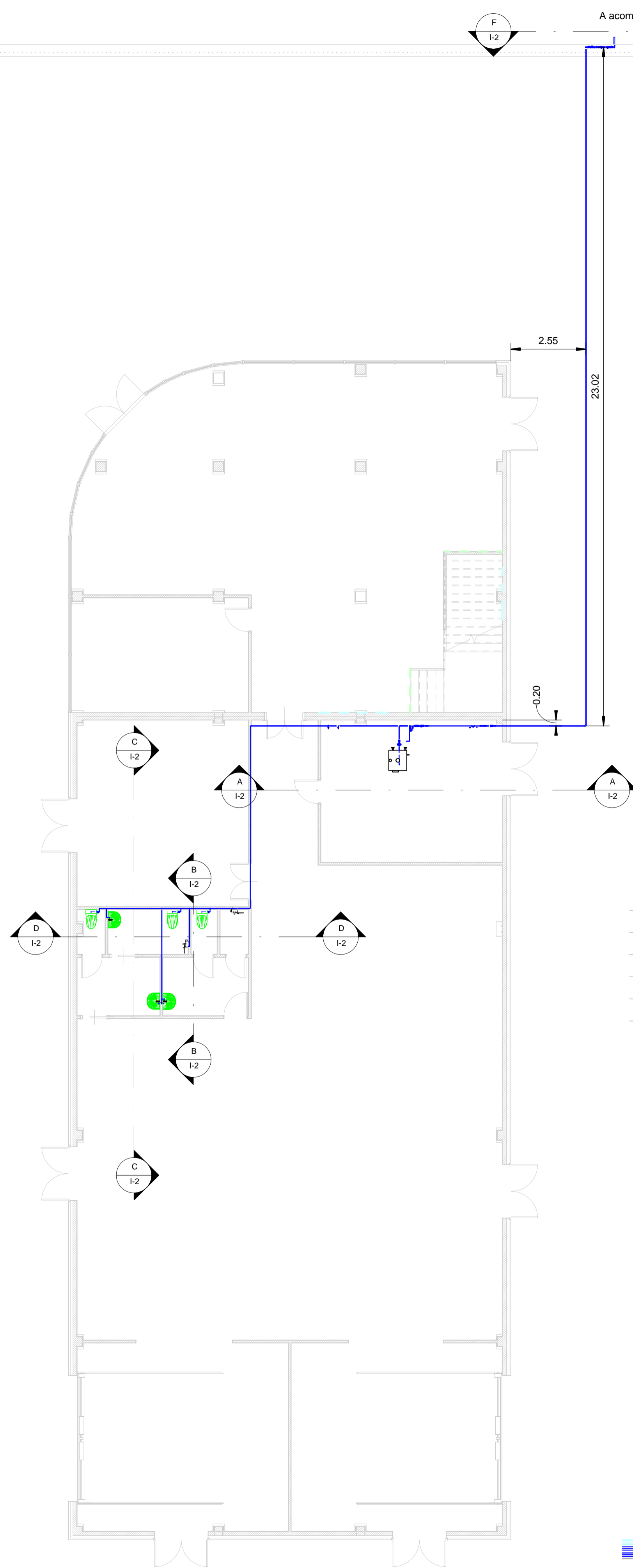


A Sección AA Saneamiento
1 : 50

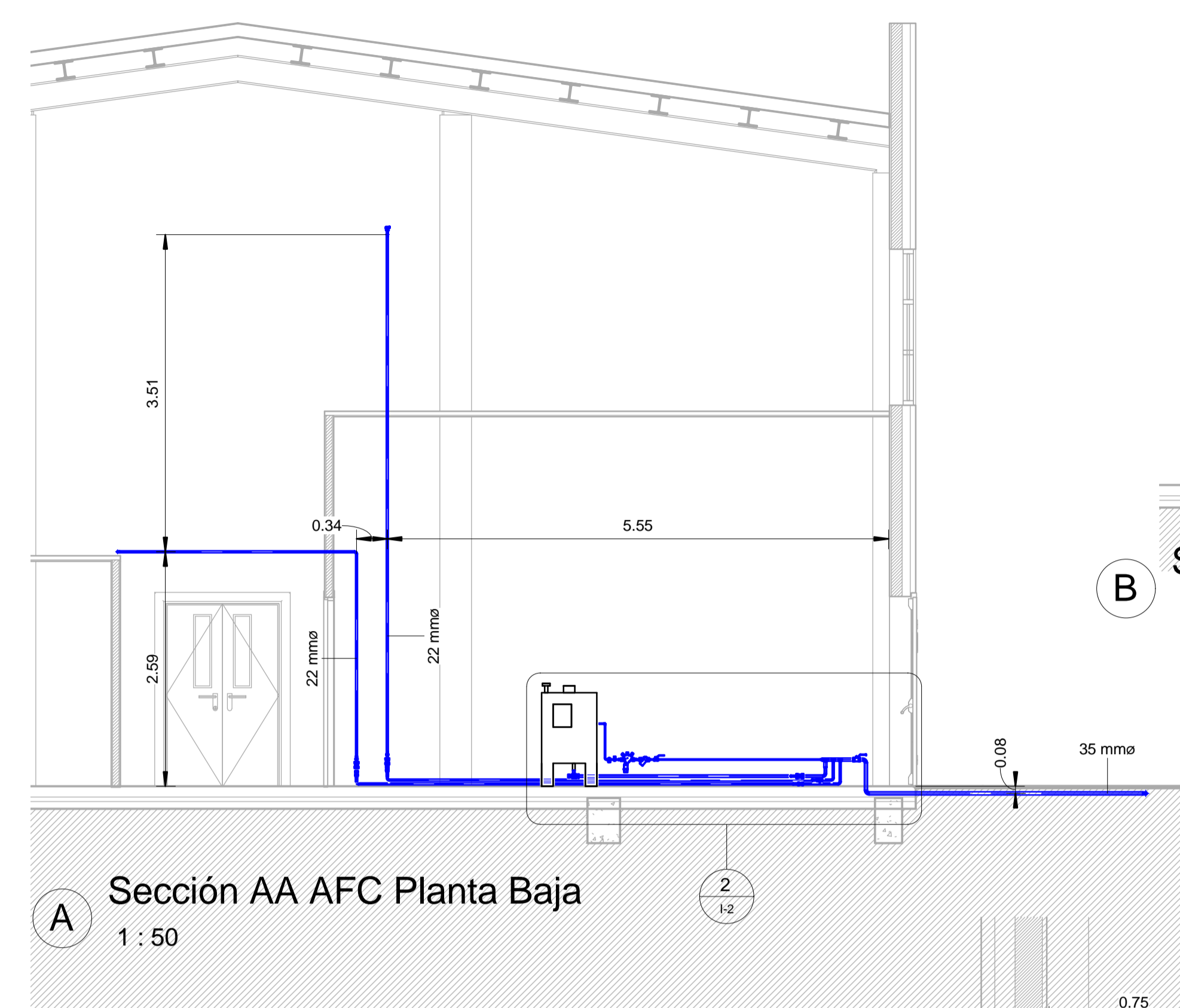


B Sección BB Saneamiento
1 : 100

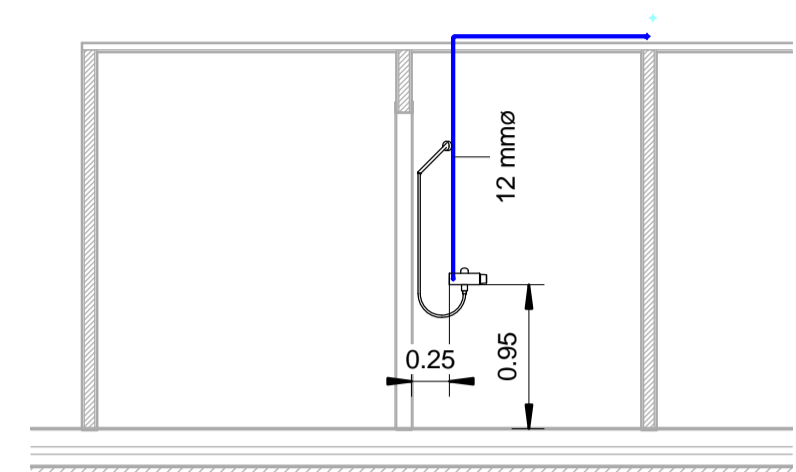
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES 		
TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO DISENO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON METODOLOGÍA BIM		
PLANO SANEAMIENTO		
ÁREA I.P.F. TRABAJO FIN DE GRADO	FECHA Septiembre - 2015	Nº PLANO I-1
PROMOTOR Universidad de Valladolid	ESCALA Varias	FIRMA EL ALUMNO Ismael Lozano Gabarre
	Grado en Ingeniería Mecánica	
Fdo.:		



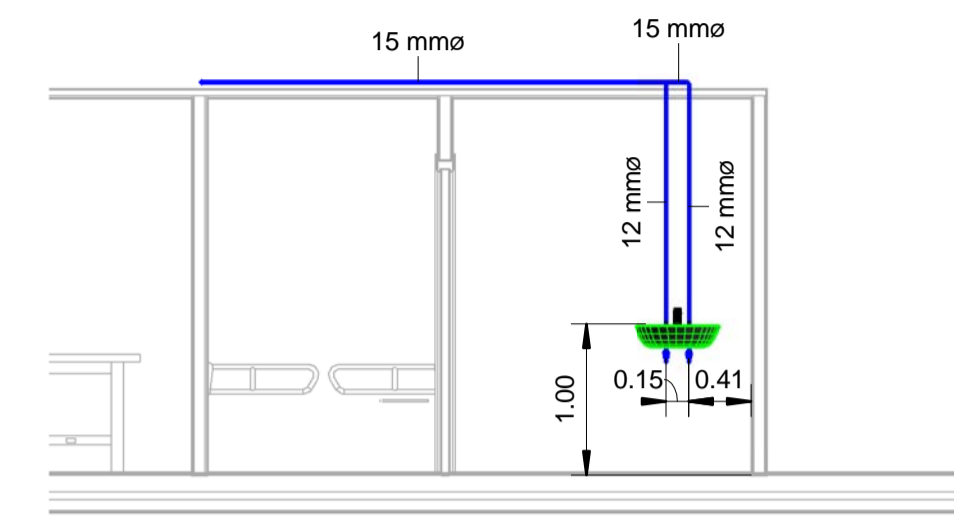
1 Planta Baja - Agua Fría
Corriente
1 : 100



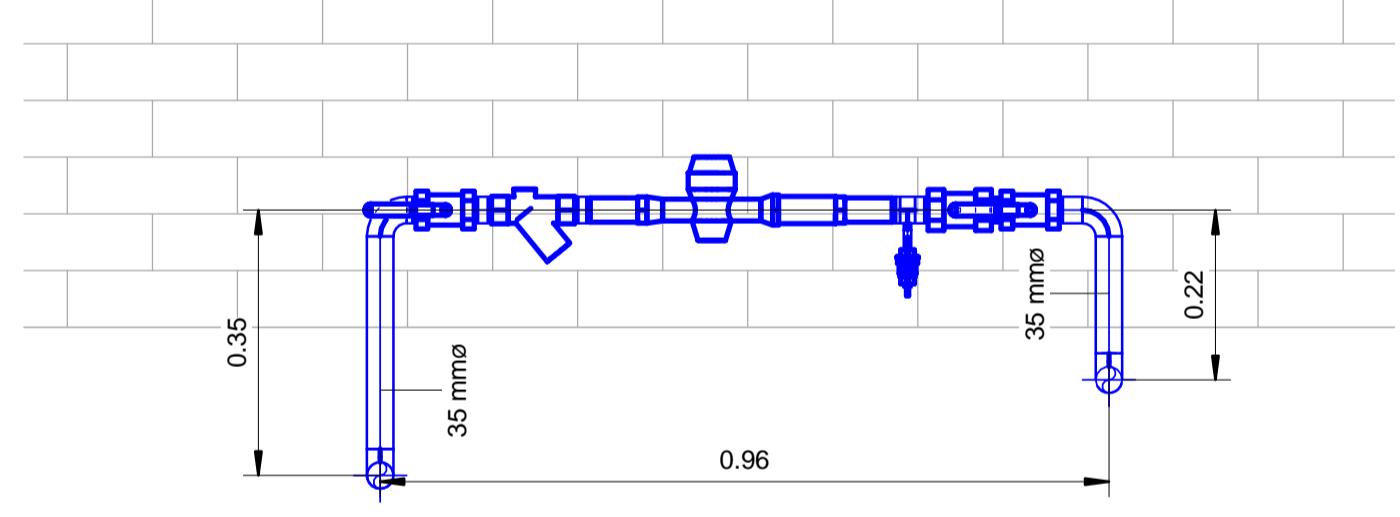
A Sección AA AFC Planta Baja
1 : 50



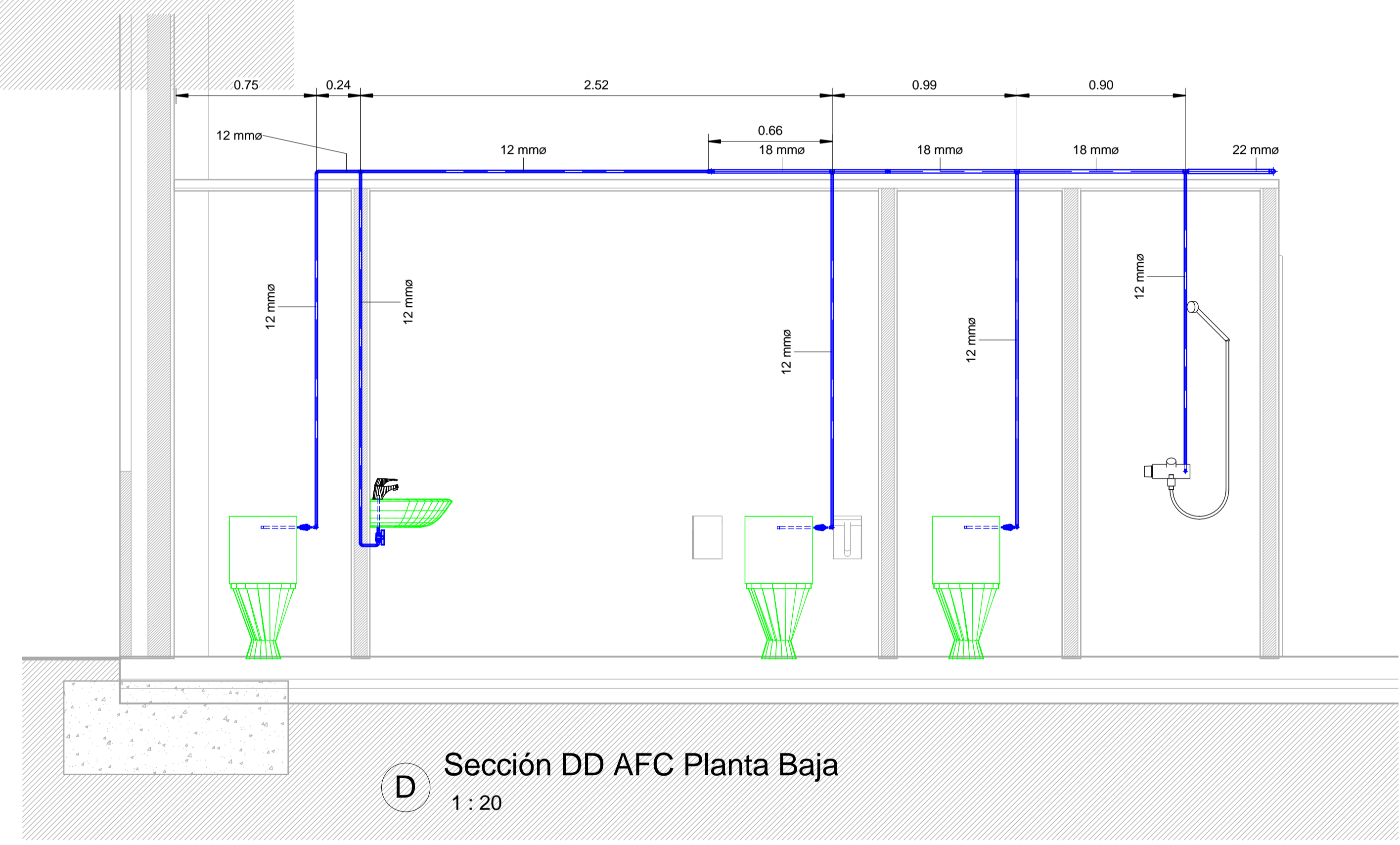
B Sección BB AFC Planta Baja
1 : 50



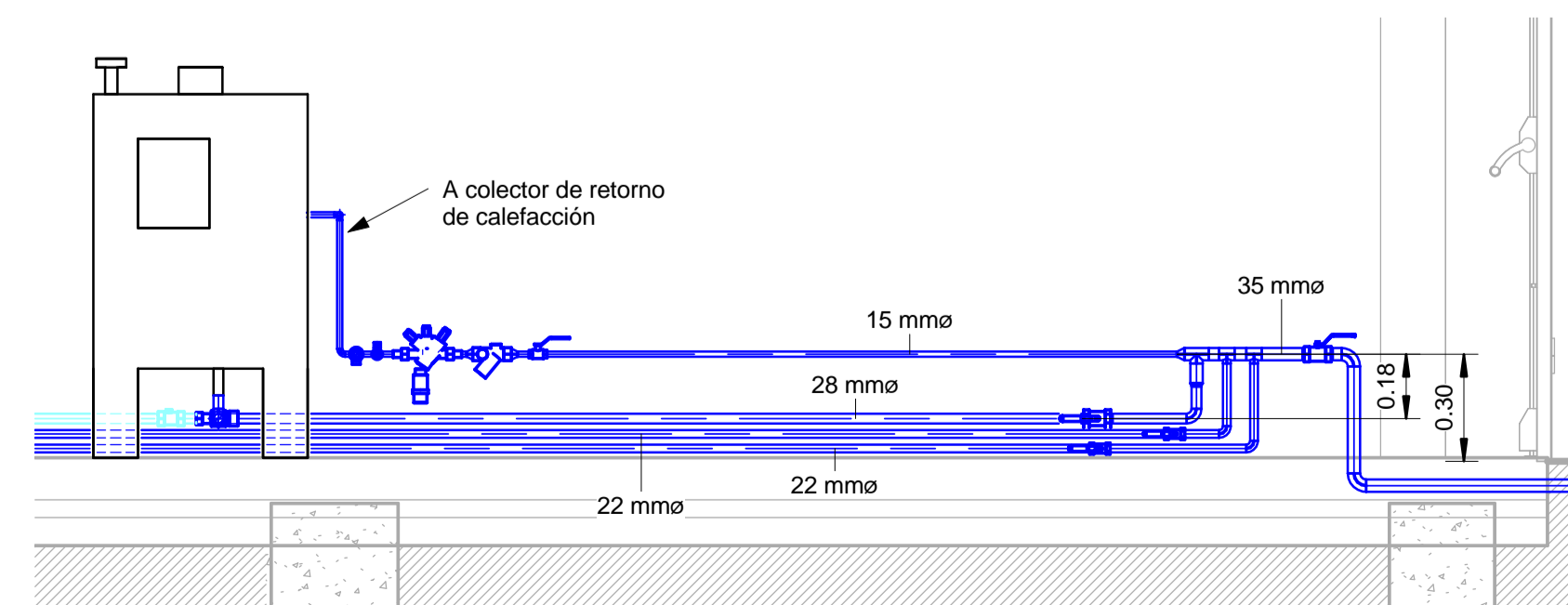
C Sección CC AFC Planta Baja
1 : 50



F Sección FF Contador de agua
1 : 10

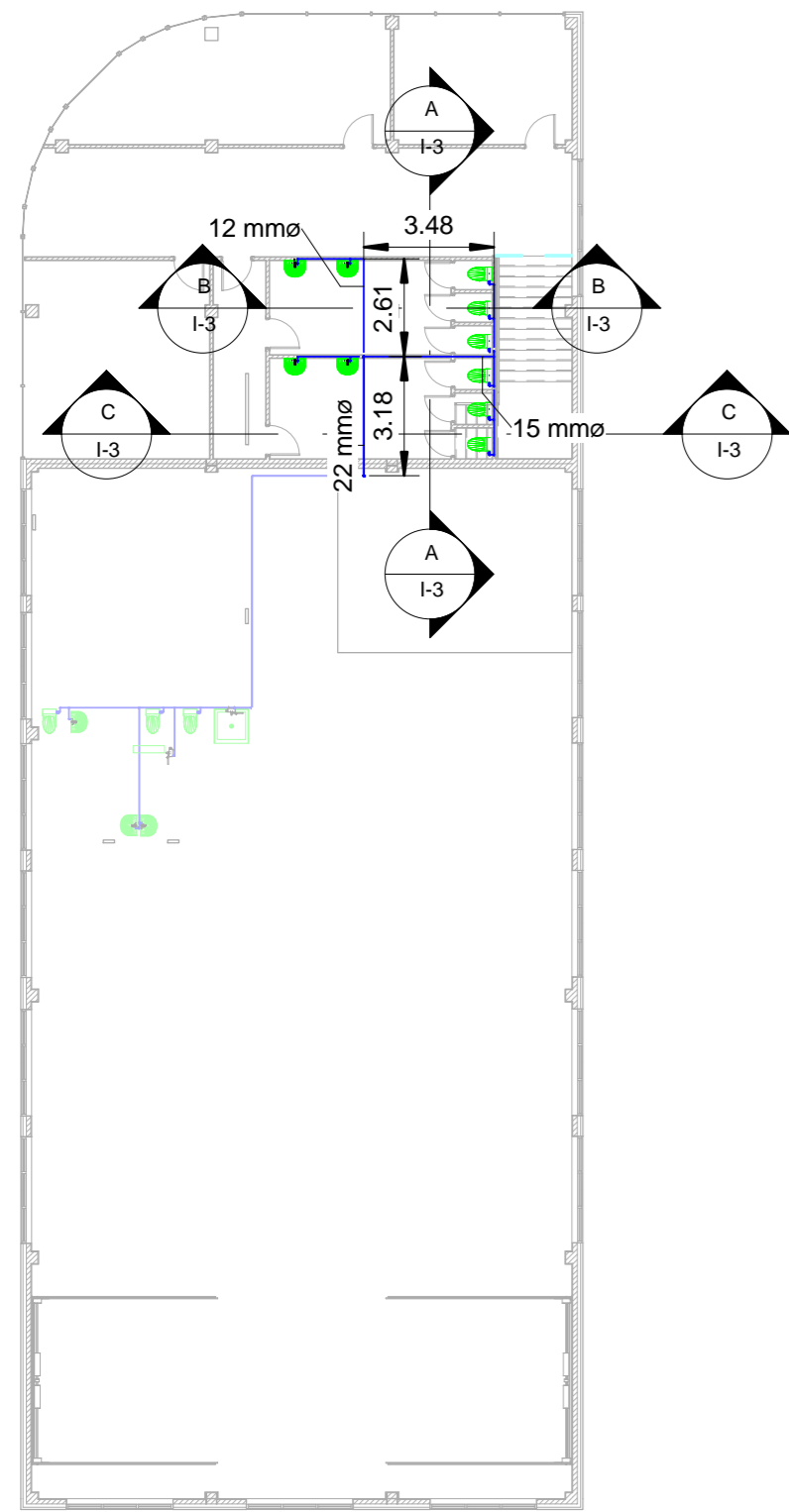


D Sección DD AFC Planta Baja
1 : 20

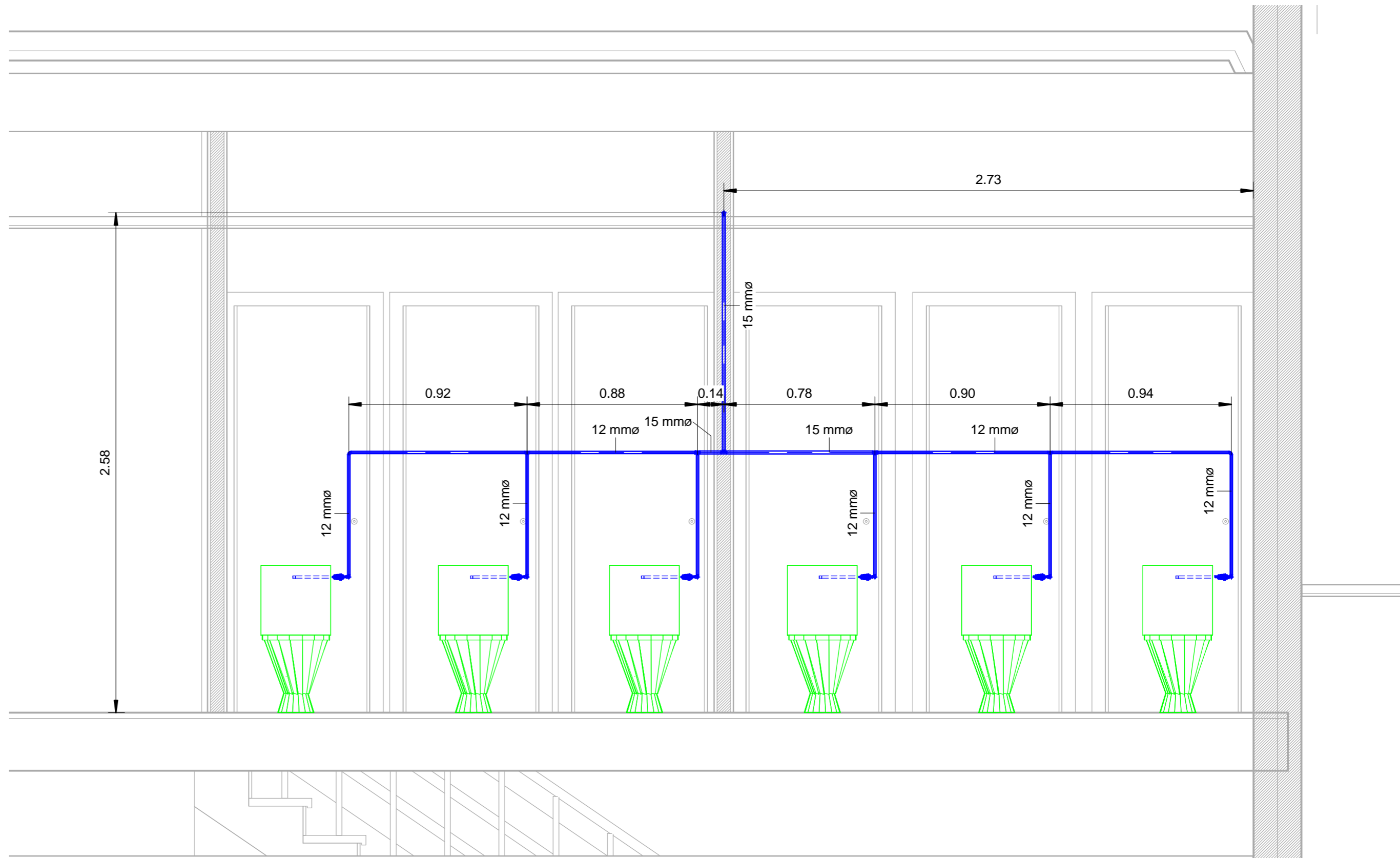


2 Detalle AFC Planta Baja
1 : 20

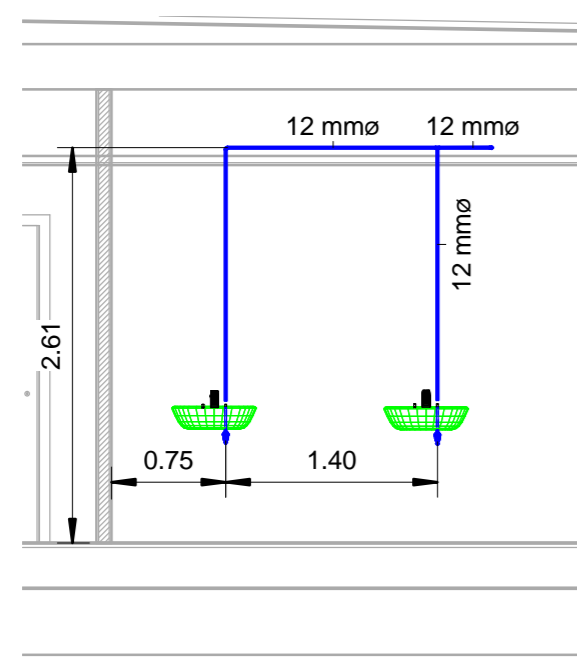
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		
TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO DISEÑO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON METODOLOGÍA BIM		
PLANO AGUA FRÍA - Planta Baja		Nº PLANO I-2
ÁREA I.P.F. TRABAJO FIN DE GRADO		FECHA Septiembre - 2015
PROMOTOR Universidad de Valladolid		ESCALA Varias
Grado en Ingeniería Mecánica		FIRMA EL ALUMNO Ismael Lozano Gabarre Fdo.:



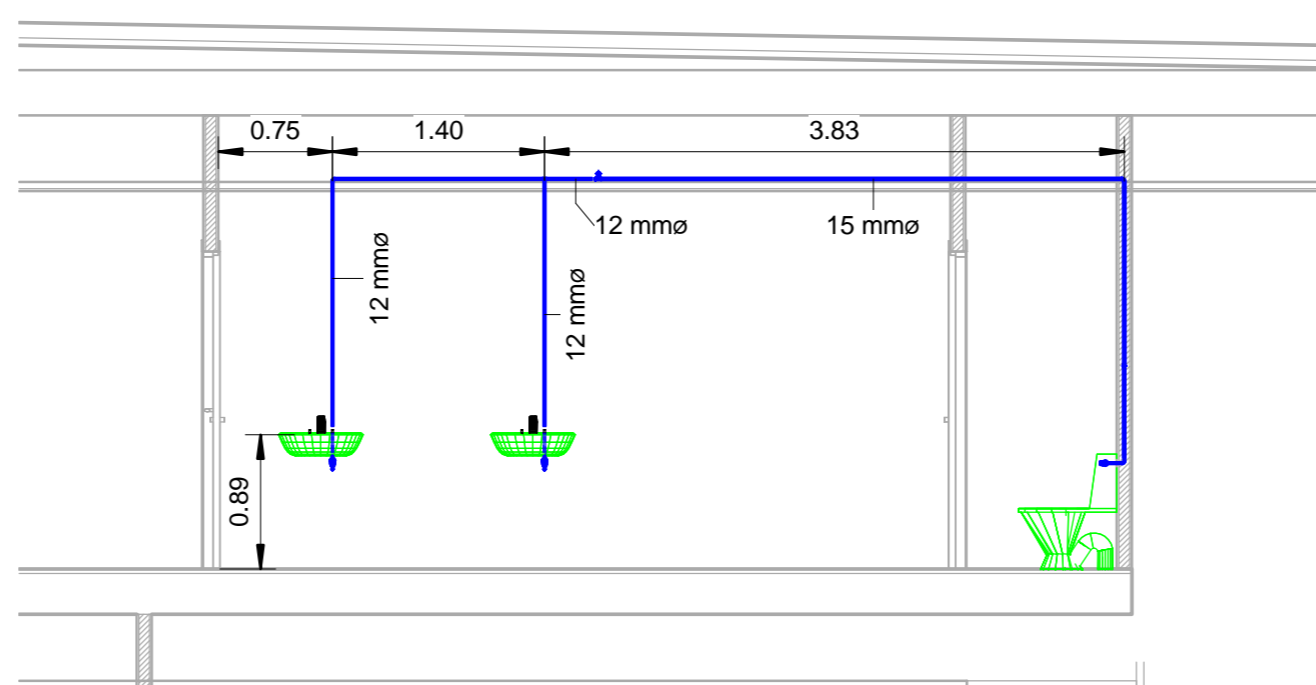
1 Primera Planta - Agua Fría
Corriente
1 : 200




A Sección AA AFC Primera
Planta
1 : 20

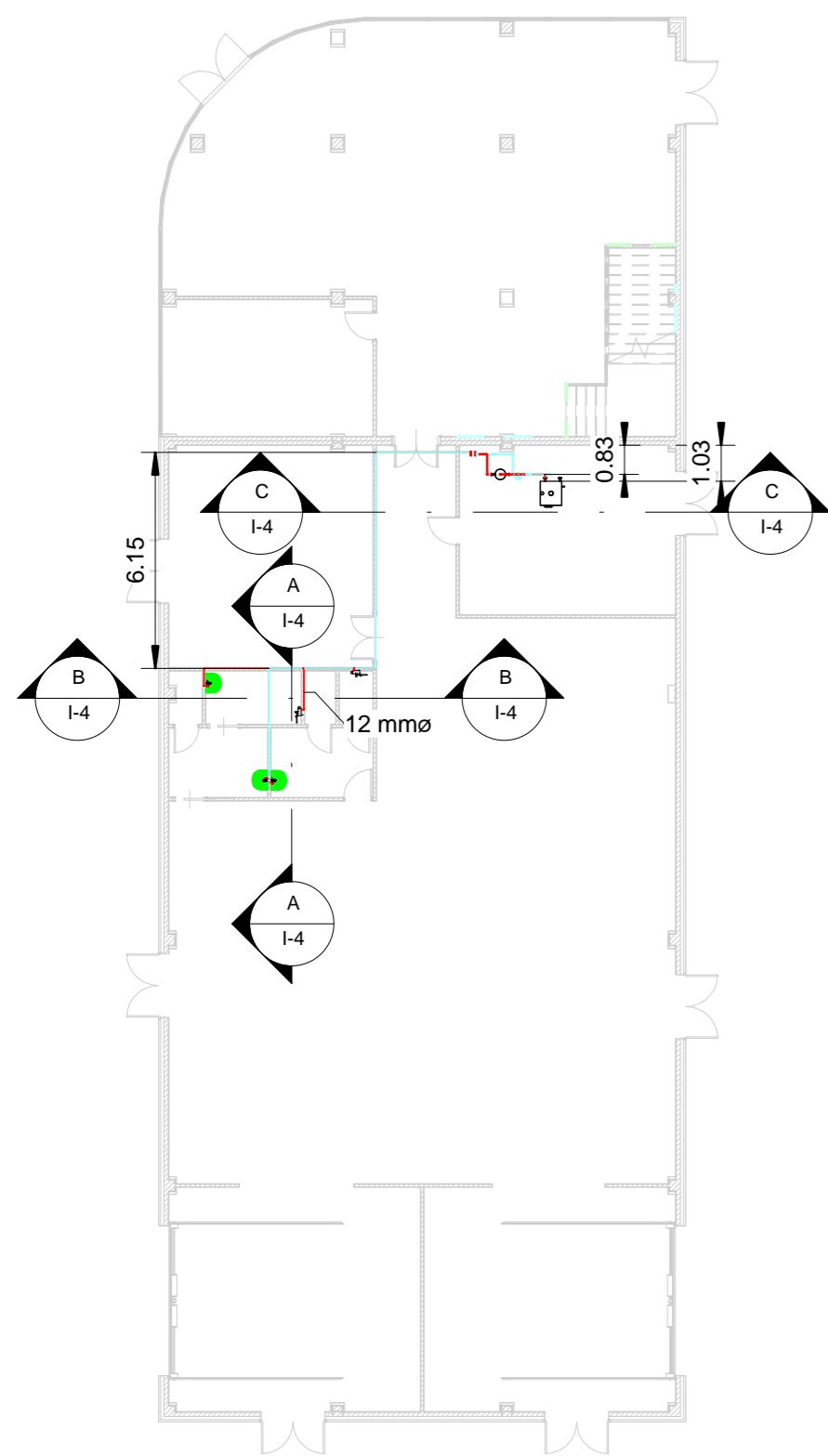


B Sección BB AFC Primera
Planta
1 : 50

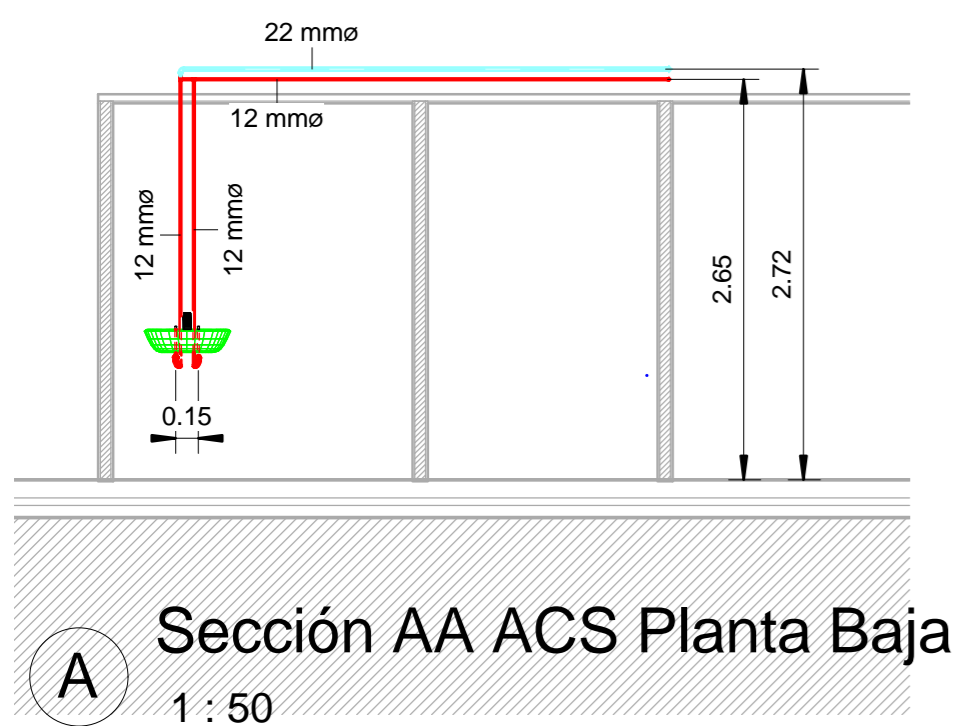


C Sección CC AFC Primera
Planta
1 : 50

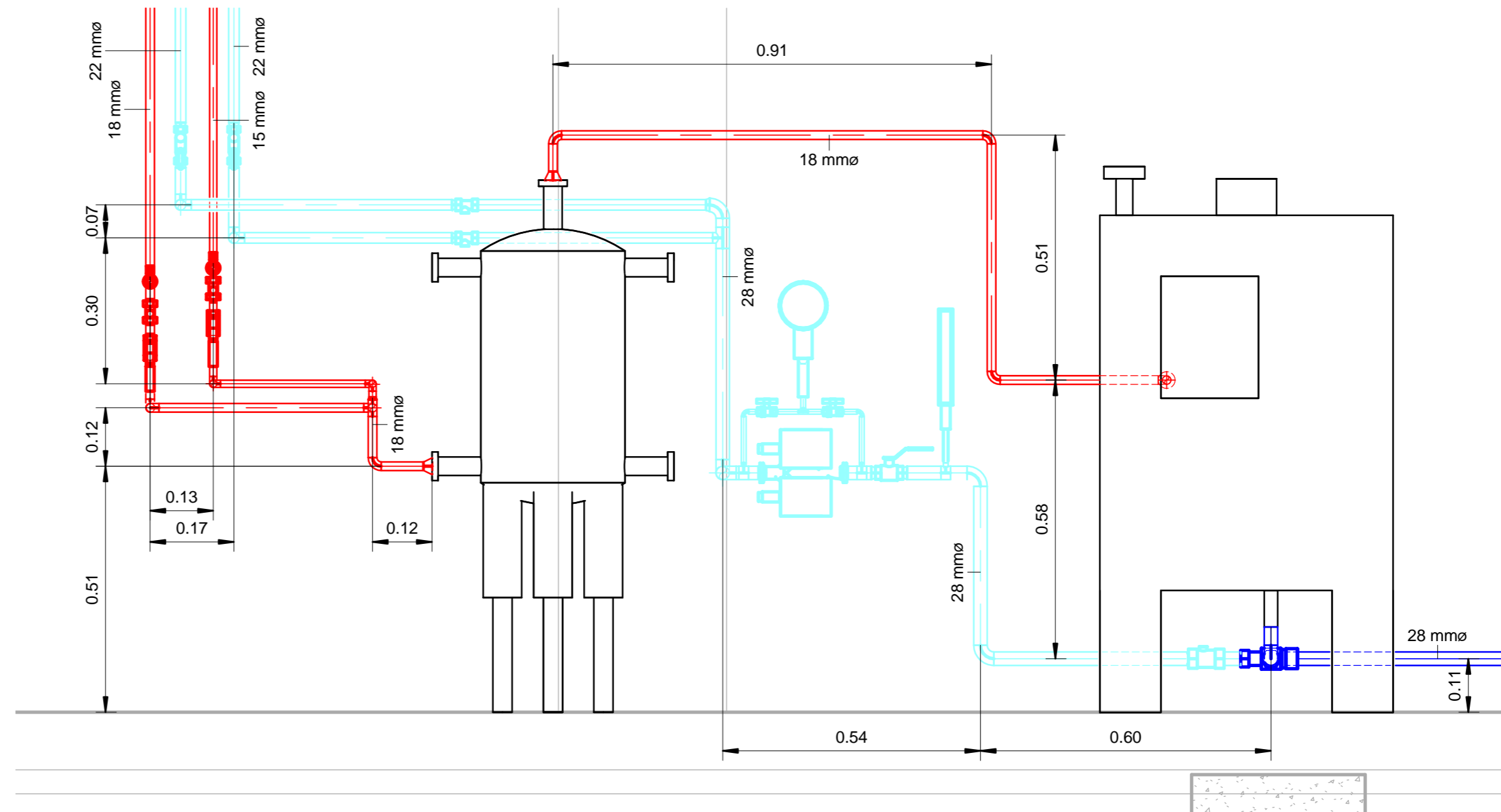
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES 	
TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO DISEÑO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON METODOLOGÍA BIM	
PLANO AGUA FRÍA - Primera Planta	
ÁREA I.P.F. TRABAJO FIN DE GRADO	FECHA Septiembre - 2015
PROMOTOR Universidad de Valladolid	Nº PLANO I-3
ESCALA Varias	FIRMA EL ALUMNO Ismael Lozano Gabarre
Grado en Ingeniería Mecánica	
Fdo.:	



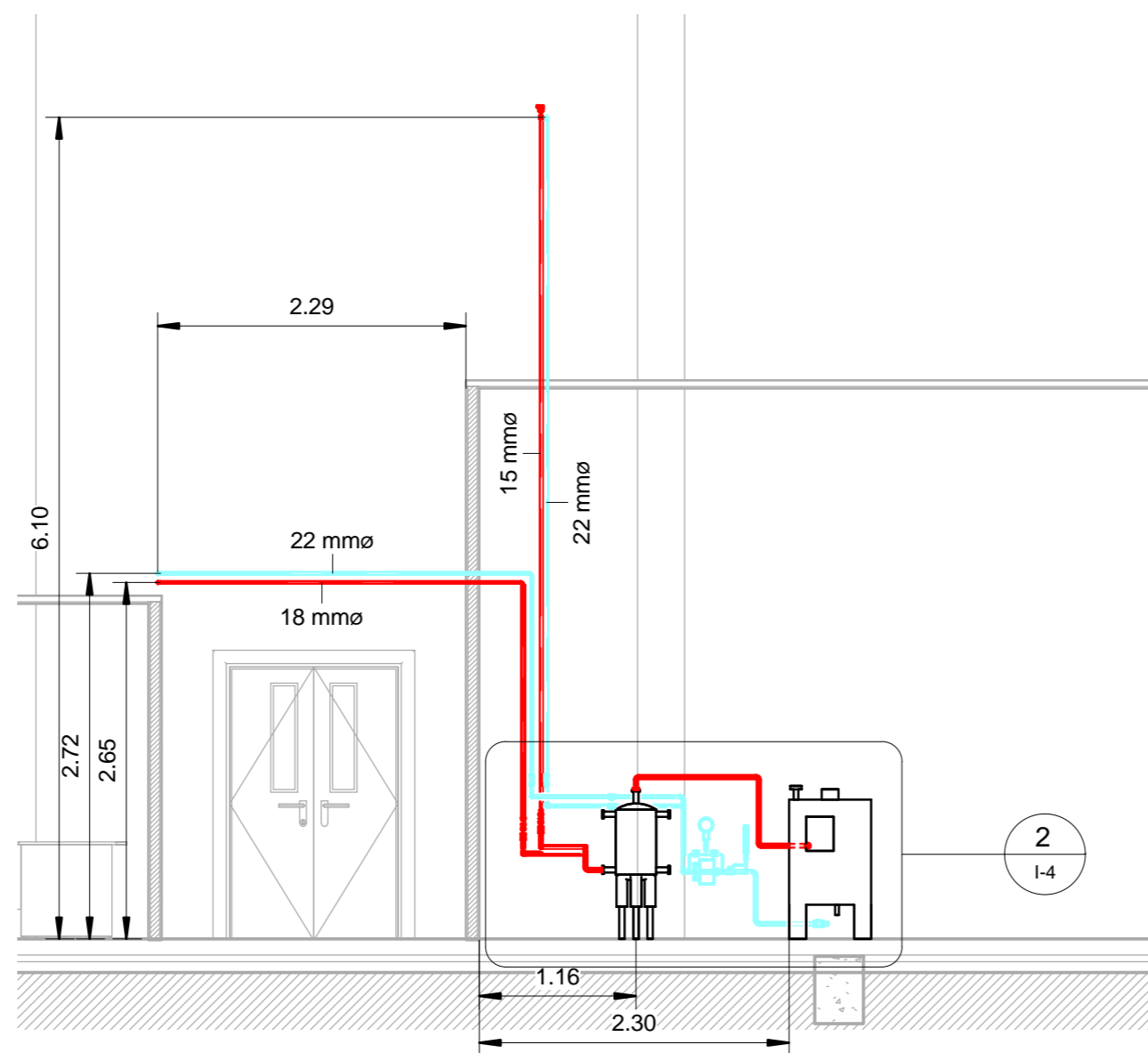
1 **Planta Baja - Agua Caliente Sanitaria**
1 : 200



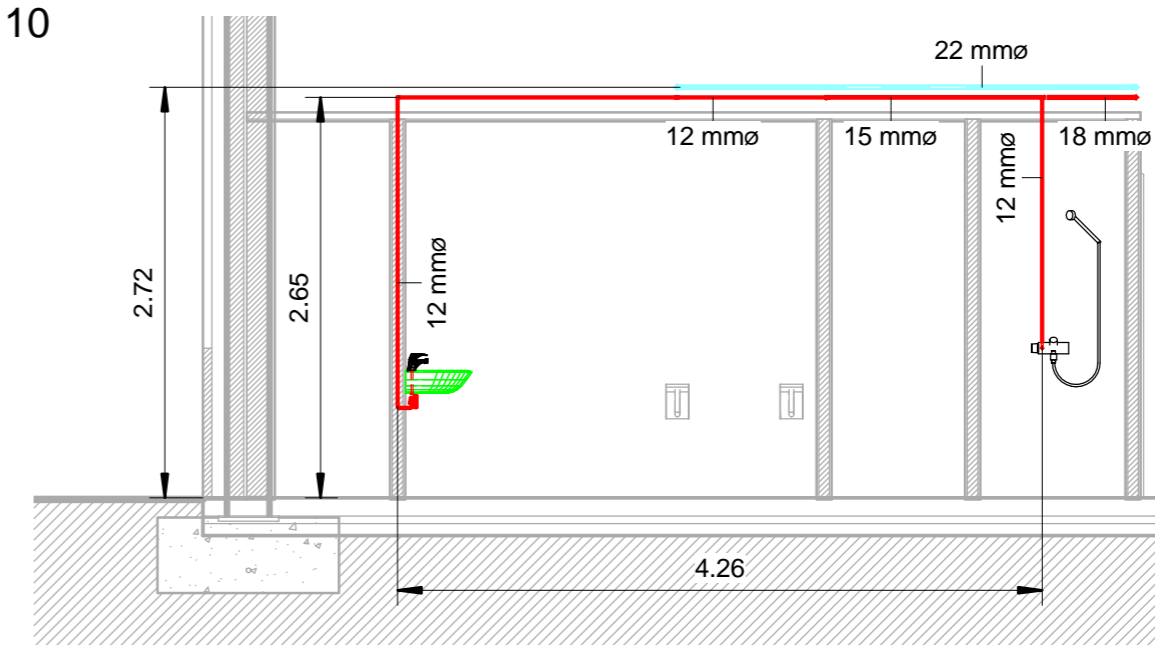
A **Sección AA ACS Planta Baja**
1 : 50



2 **Detalle ACS Planta Baja**
1 : 10




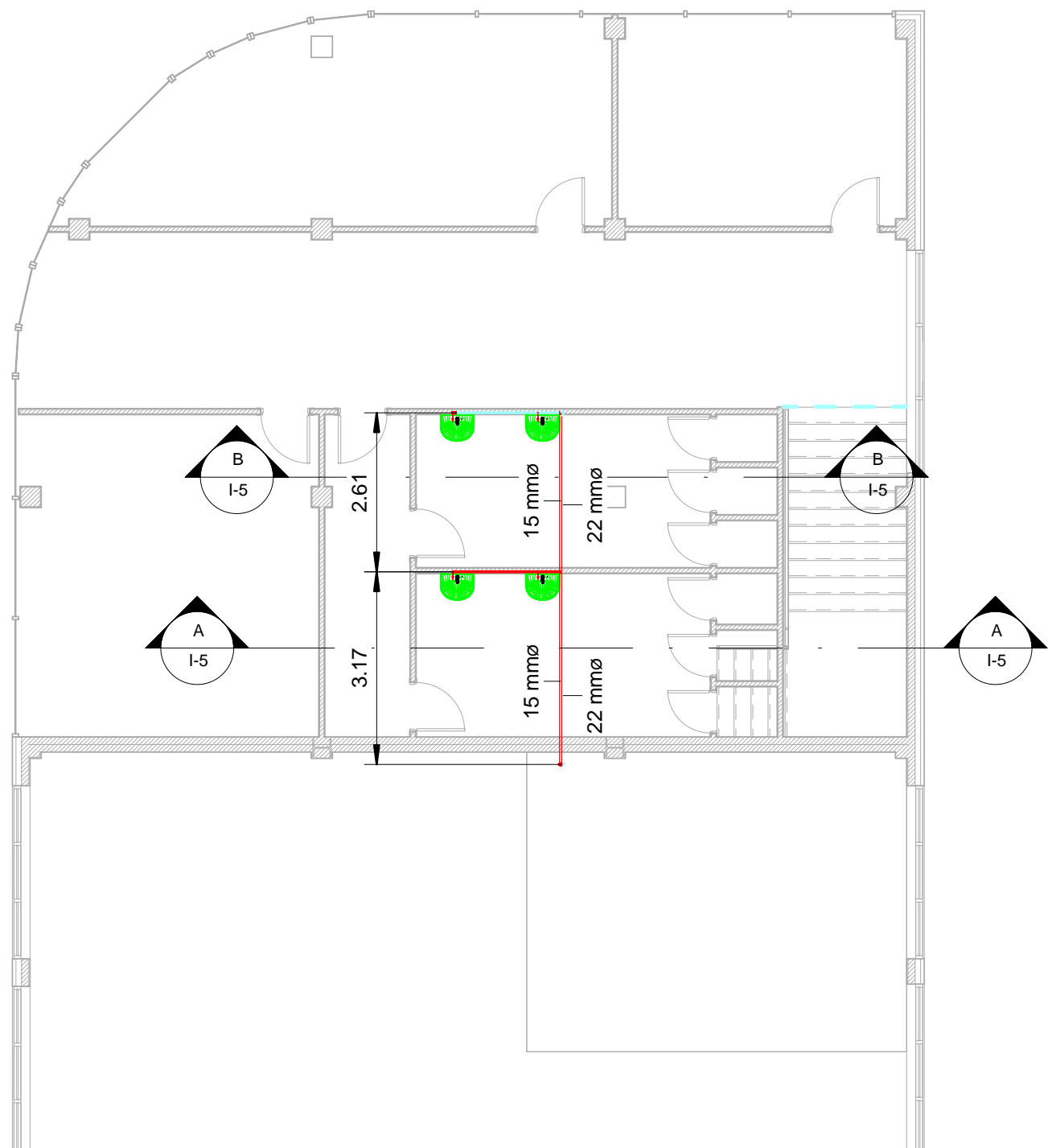
C **Sección CC ACS Planta Baja**
1 : 50



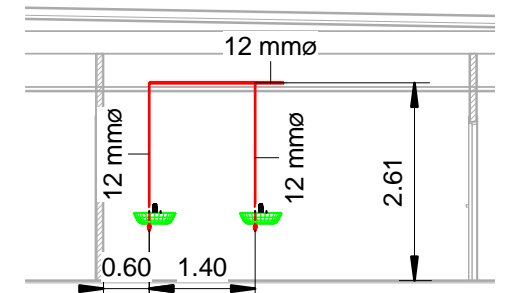
B **Sección BB ACS Planta Baja**
1 : 50

■ Agua caliente doméstica
■ Retorno hidrónico

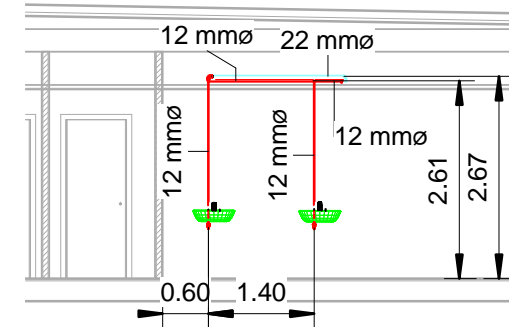
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES 		
TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO DISENO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON METODOLOGÍA BIM		
PLANO AGUA CALIENTE SANITARIA - Planta Baja		
ÁREA I.P.F. TRABAJO FIN DE GRADO	FECHA Septiembre - 2015	Nº PLANO I-4
PROMOTOR Universidad de Valladolid	ESCALA Varias	FIRMA EL ALUMNO Ismael Lozano Gabarre
	Grado en Ingeniería Mecánica Fdo.:	



1 Primera Planta - Agua Caliente Sanitaria
1 : 100

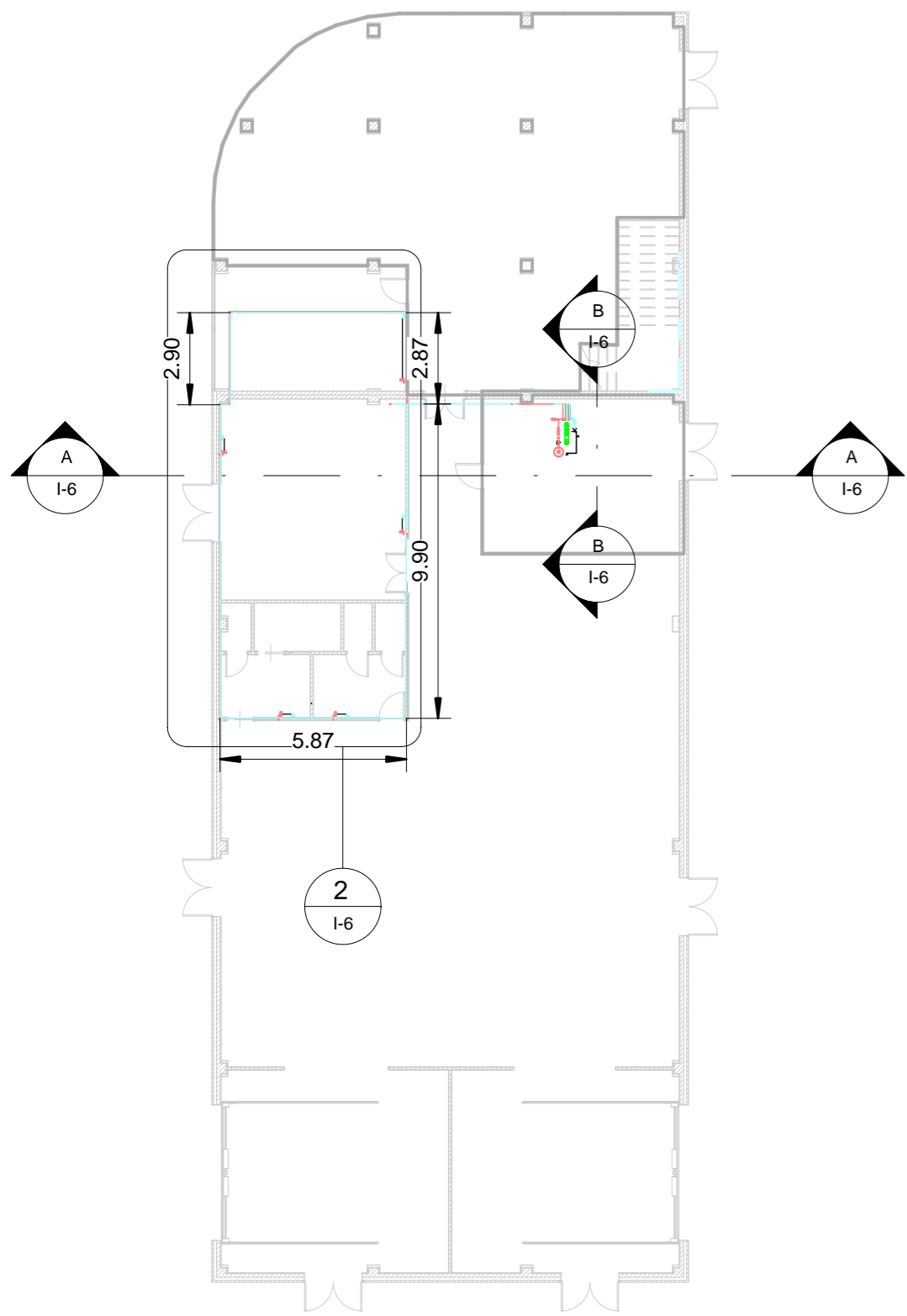


A Sección AA ACS Primera
Planta
1 : 100



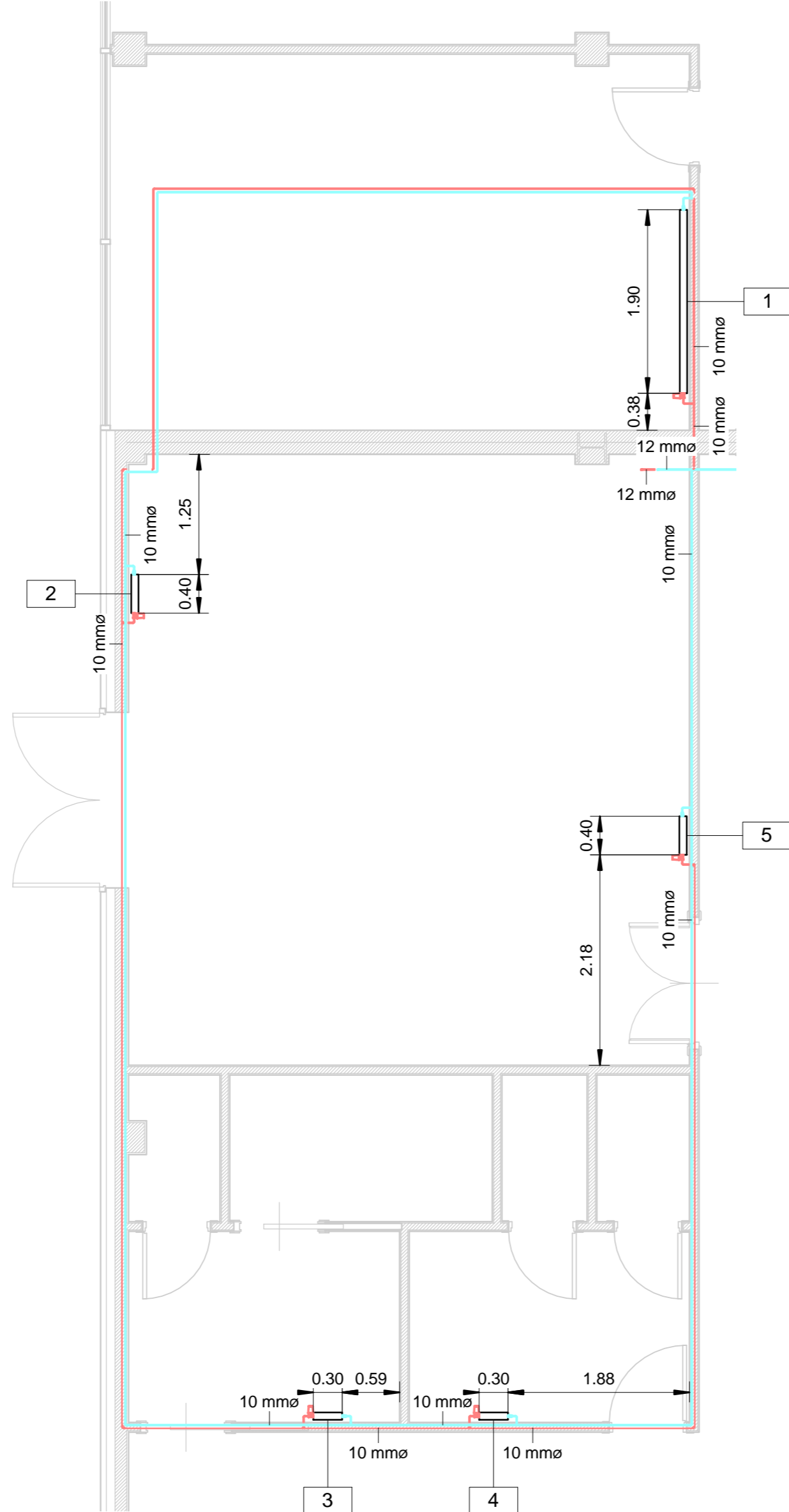
B Sección BB ACS Primera
Planta
1 : 100

 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES 	
TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO DISEÑO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON METODOLOGÍA BIM	
PLANO AGUA CALIENTE SANITARIA - Primera Planta	
ÁREA I.P.F. TRABAJO FIN DE GRADO	FECHA Septiembre - 2015
PROMOTOR Universidad de Valladolid	Nº PLANO I-5
	ESCALA 1:100
FIRMA EL ALUMNO Ismael Lozano Gabarre	
Grado en Ingeniería Mecánica Fdo.:	



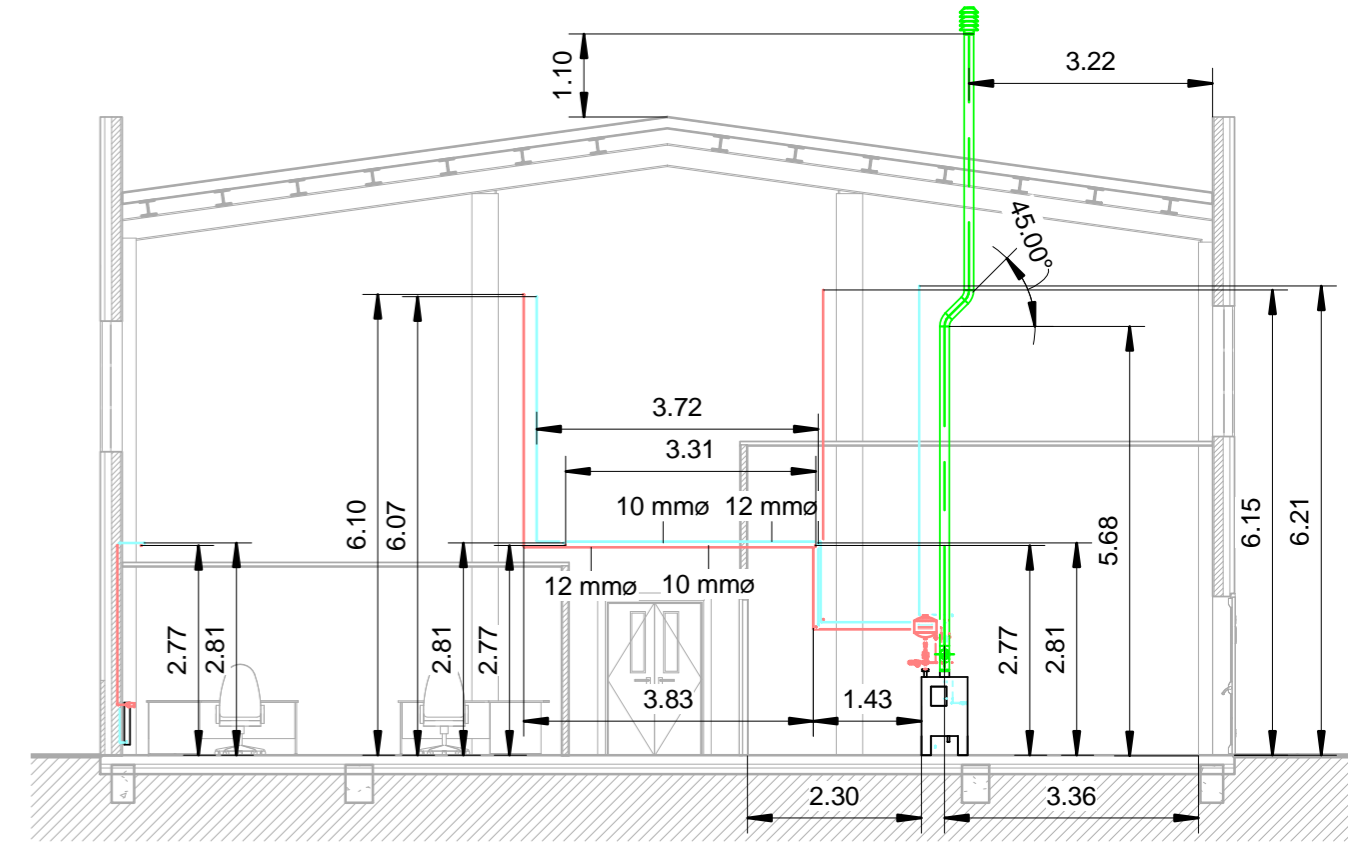
1 Planta Baja - Calefacción
1 : 200

- Retorno hidrónico
- Suministro hidrónico
- Aire viciado

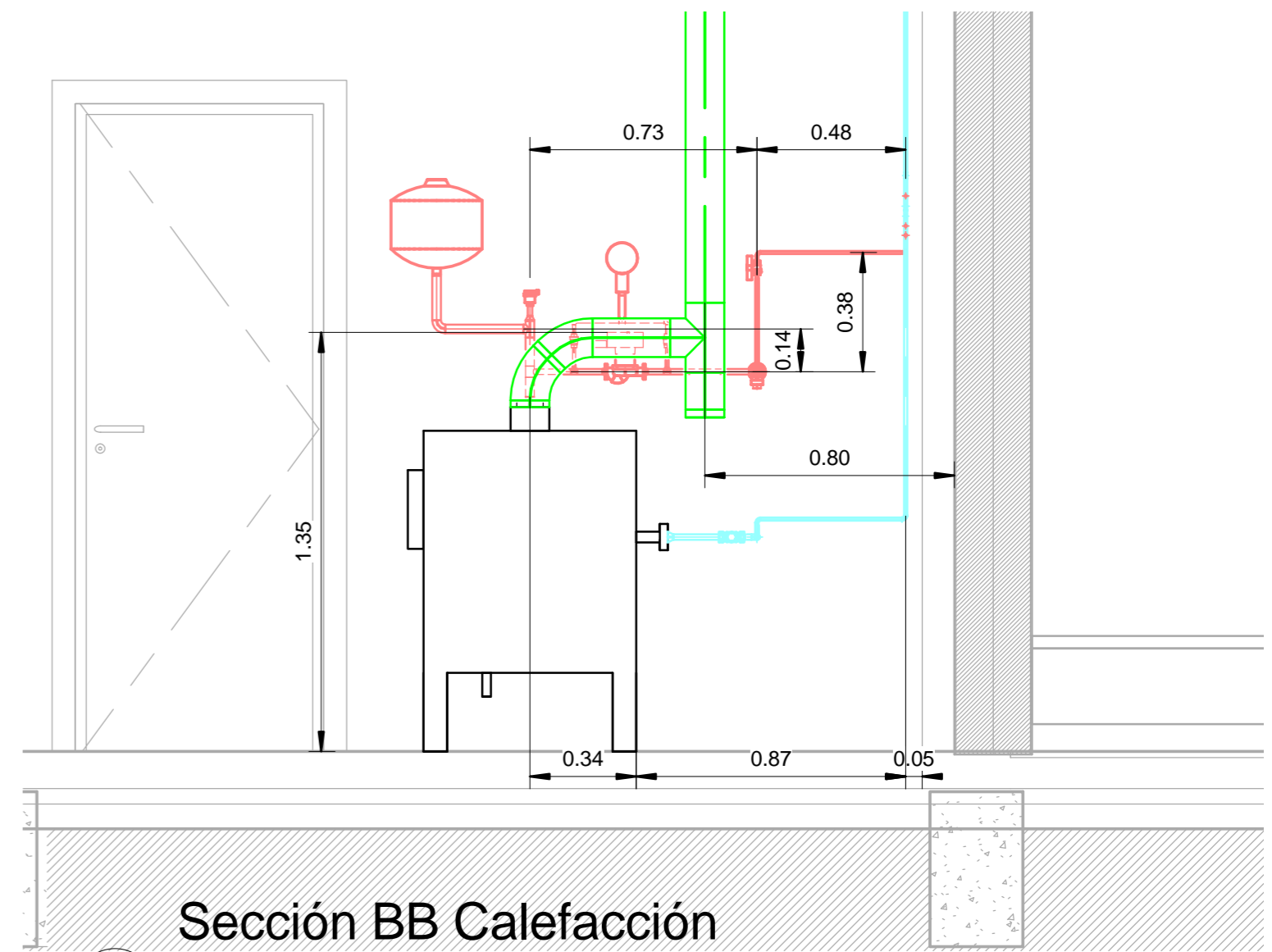


2 Detalle Calefacción
1 : 50

Radiadores - Planta Baja						
Etiqueta en plano	Fabricante	Producto	Ancho	Largo	Alto	Potencia
1	RIO	RIOpanel Plan 2P B1900xH255	0.08	1.90	0.26	950 W
2	RIO	RIOpanel Plan 2P B400xH555	0.08	0.40	0.56	370 W
3	RIO	RIOpanel Plan 2P B300xH455	0.08	0.30	0.46	250 W
4	RIO	RIOpanel Plan 2P B300xH455	0.08	0.30	0.46	250 W
5	RIO	RIOpanel Plan 2P B400xH555	0.08	0.40	0.56	370 W



A Sección AA Calefacción
Planta Baja
1 : 100



B Sección BB Calefacción
Planta Baja
1 : 20

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO
DISENO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON METODOLOGÍA BIM

PLANO
CALEFACCIÓN OFICINAS - Planta Baja -

ÁREA I.P.F.
TRABAJO FIN DE GRADO

PROMOTOR
Universidad de Valladolid

FECHA
Septiembre - 2015

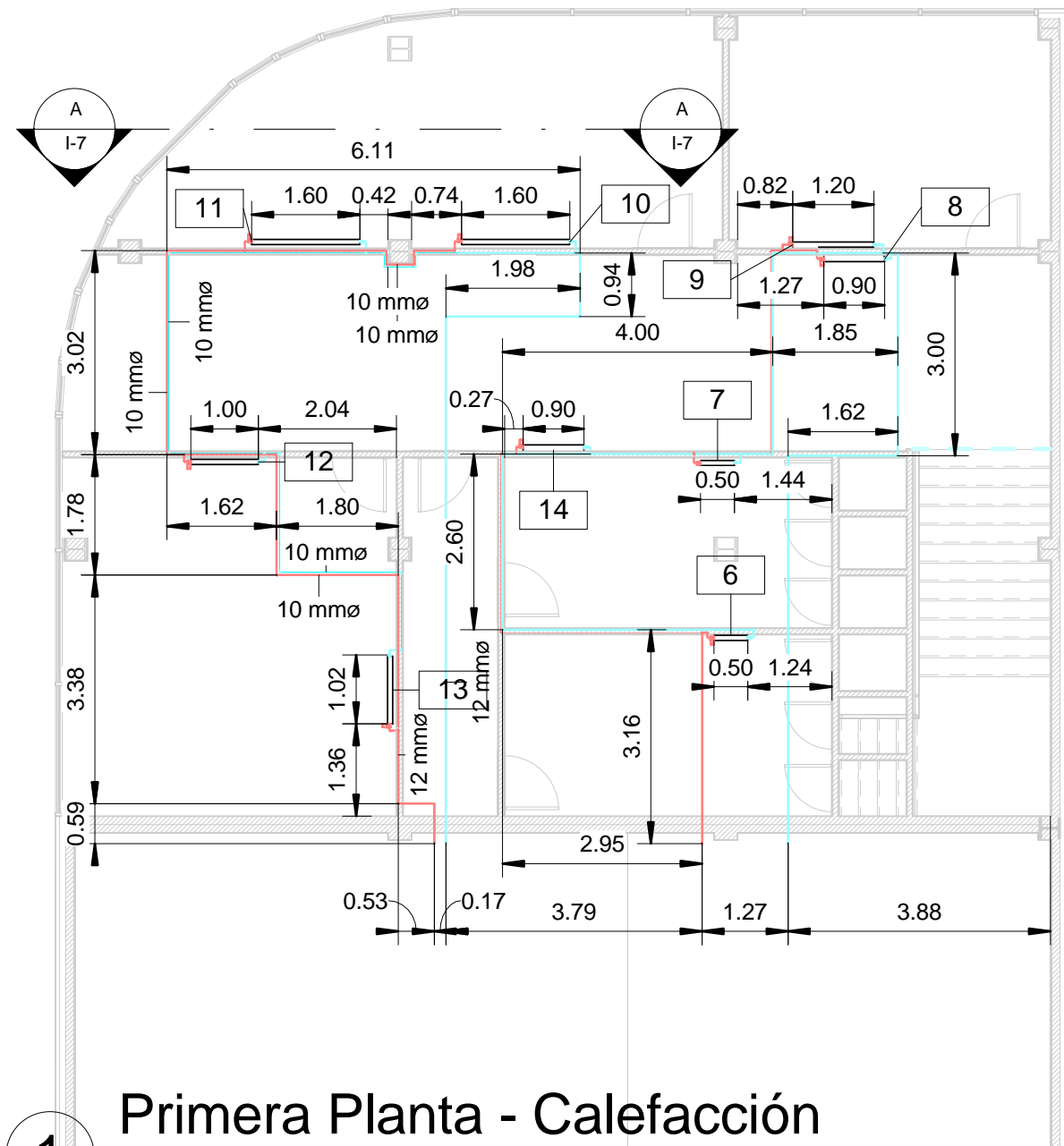
ESCALA
Varias

Grado en Ingeniería Mecánica

Nº PLANO
I-6

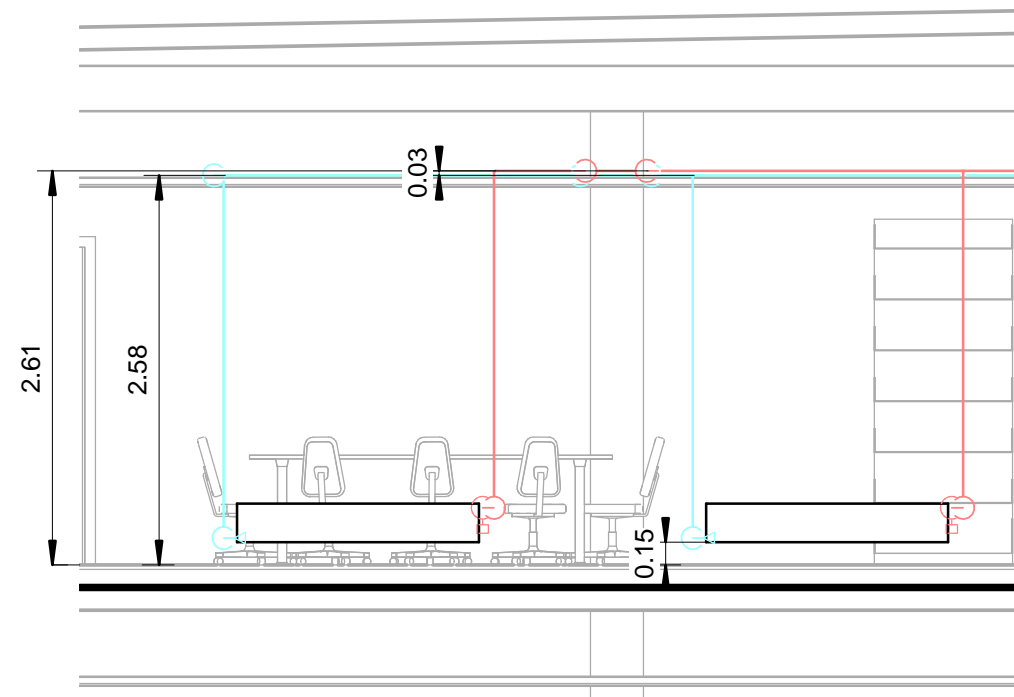
FIRMA
EL ALUMNO
Ismael Lozano Gabarre

Fdo.:



1 Primera Planta - Calefacción

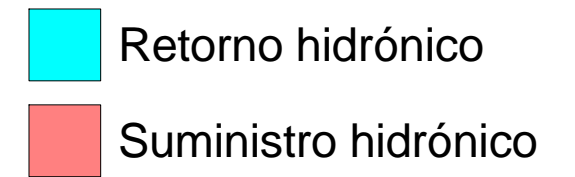
1 : 100



Sección AA Calefacción

Primera Planta

1 : 50



Radiadores - Primera Planta						
Etiqueta en plano	Fabricante	Producto	Ancho	Largo	Alto	Potencia
6	RIO	RIOpapel Plan 2P B500xH255	0.08	0.50	0.26	250 W
7	RIO	RIOpapel Plan 2P B500xH255	0.08	0.50	0.26	250 W
8	RIO	RIOpapel Plan 2P B900xH255	0.08	0.90	0.26	450 W
9	RIO	RIOpapel Plan 2P B1200xH355	0.08	1.20	0.36	800 W
10	RIO	RIOpapel Plan 2P B1600xH255	0.08	1.60	0.26	810 W
11	RIO	RIOpapel Plan 2P B1600xH255	0.08	1.60	0.26	810 W
12	RIO	RIOpapel Plan 2P B1000xH255	0.08	1.00	0.26	515 W
13	RIO	RIOpapel Plan 2P B1000xH255	0.08	1.00	0.26	515 W
14	RIO	RIOpapel Plan 2P B900xH255	0.08	0.90	0.26	450 W



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES



TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO
DISEÑO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON METODOLOGÍA BIM

PLANO

CALEFACCIÓN OFICINAS - Primera Planta

FECHA
Septiembre - 2015

Nº PLANO
I-7

ÁREA I.P.F.
TRABAJO FIN DE GRADO

ESCALA
Varias

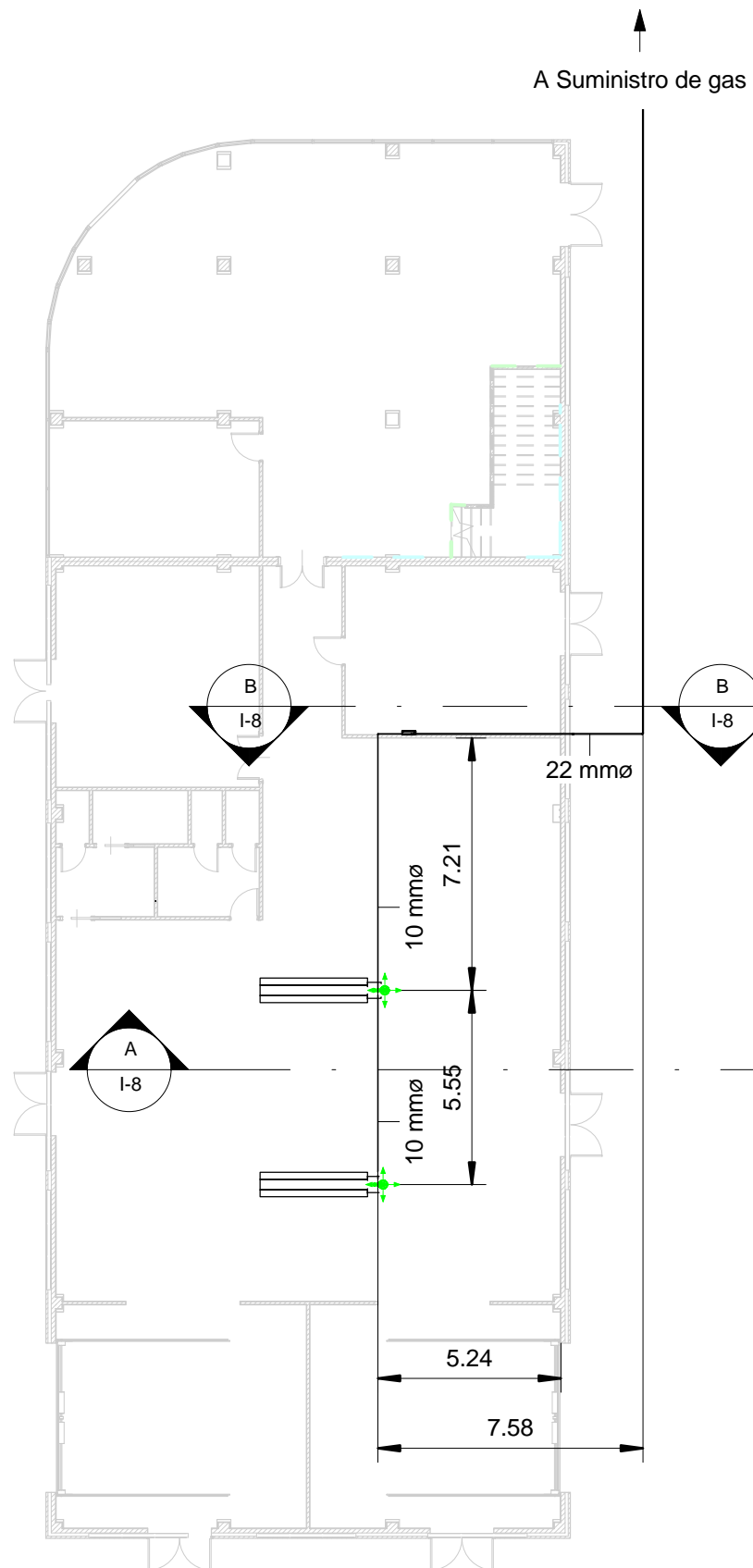
FIRMA
EL ALUMNO
Ismael Lozano Gabarre

PROMOTOR

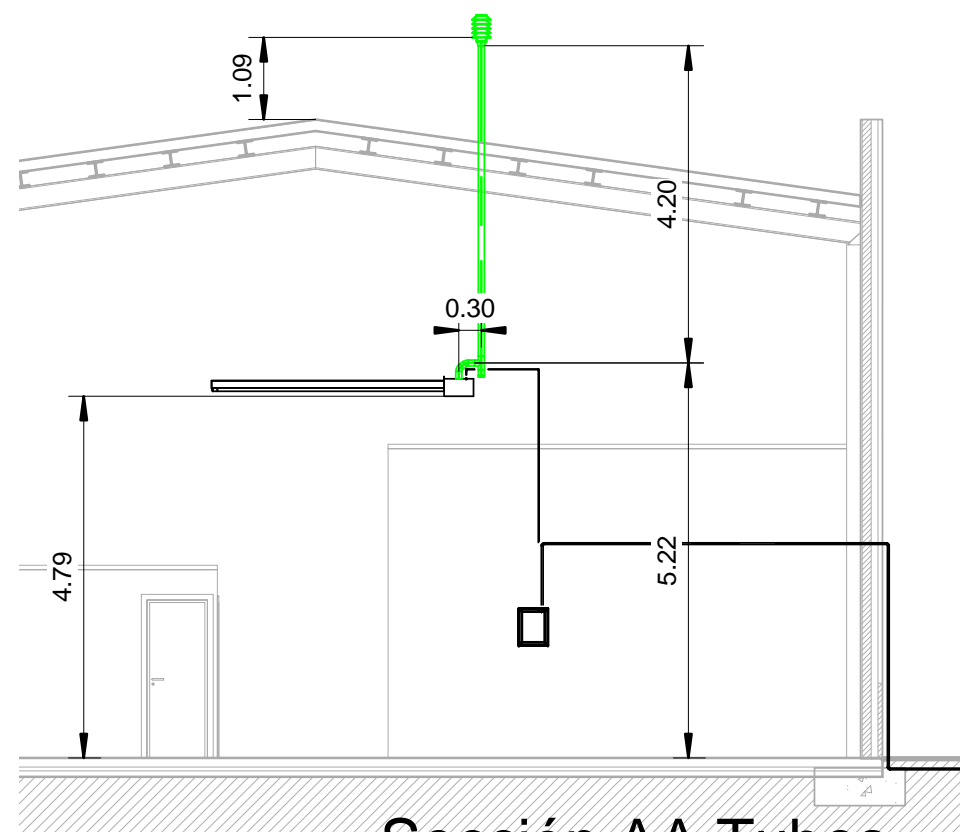
Universidad de Valladolid

Grado en Ingeniería Mecánica

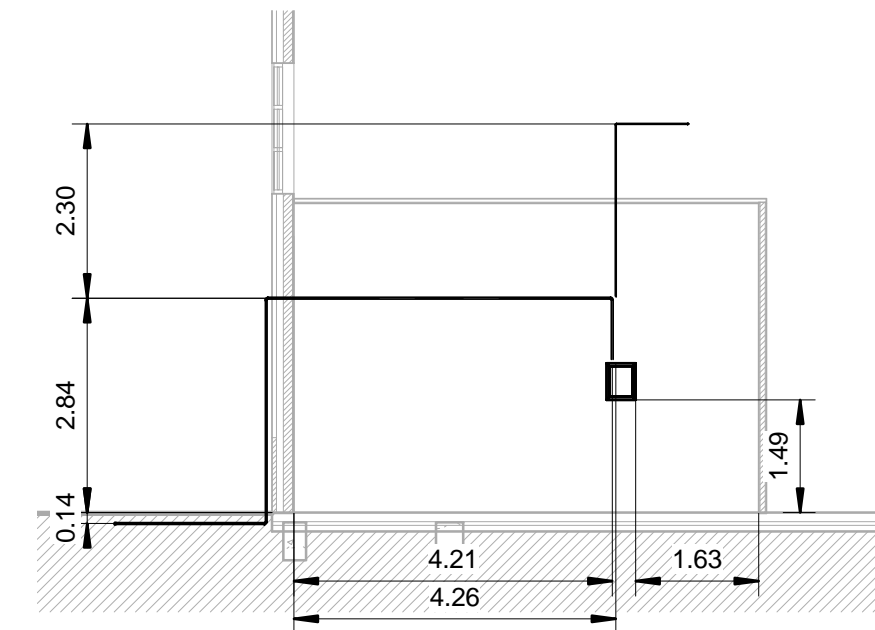
Fdo.:



1 Planta Tubos Radiantes
1 : 200

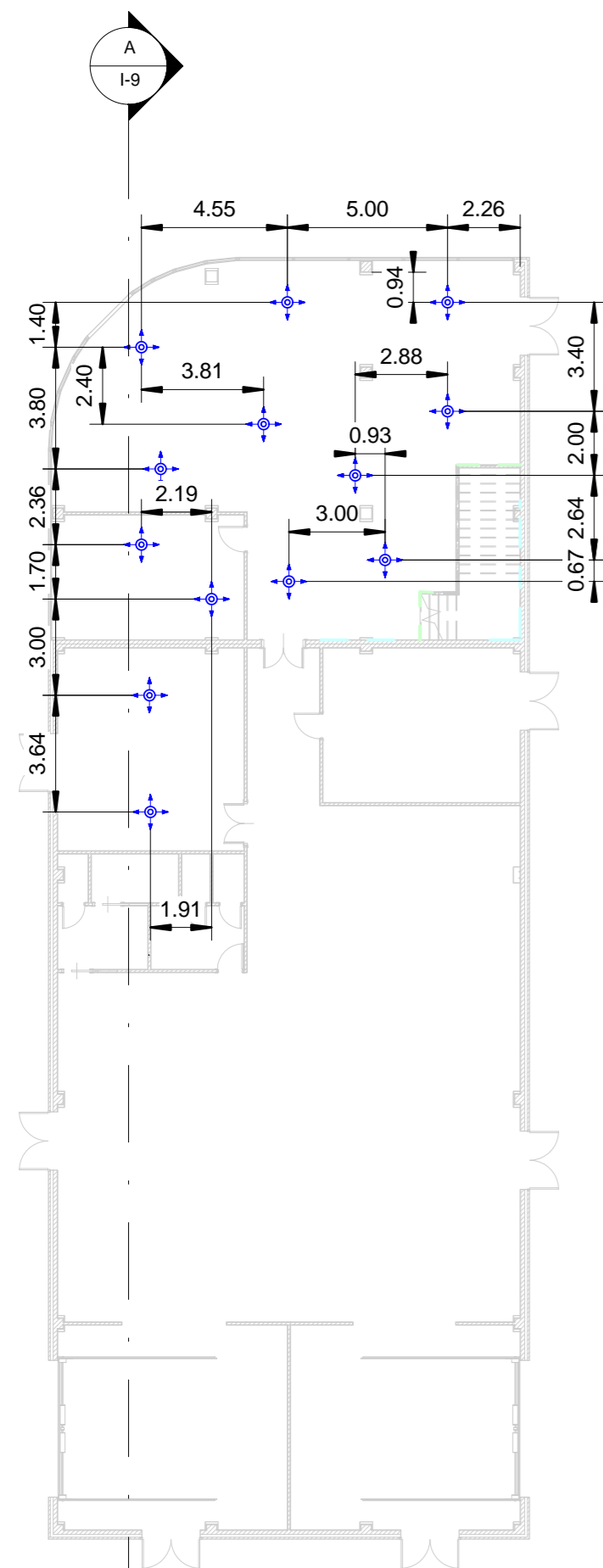


A Sección AA Tubos Radiantes
1 : 100

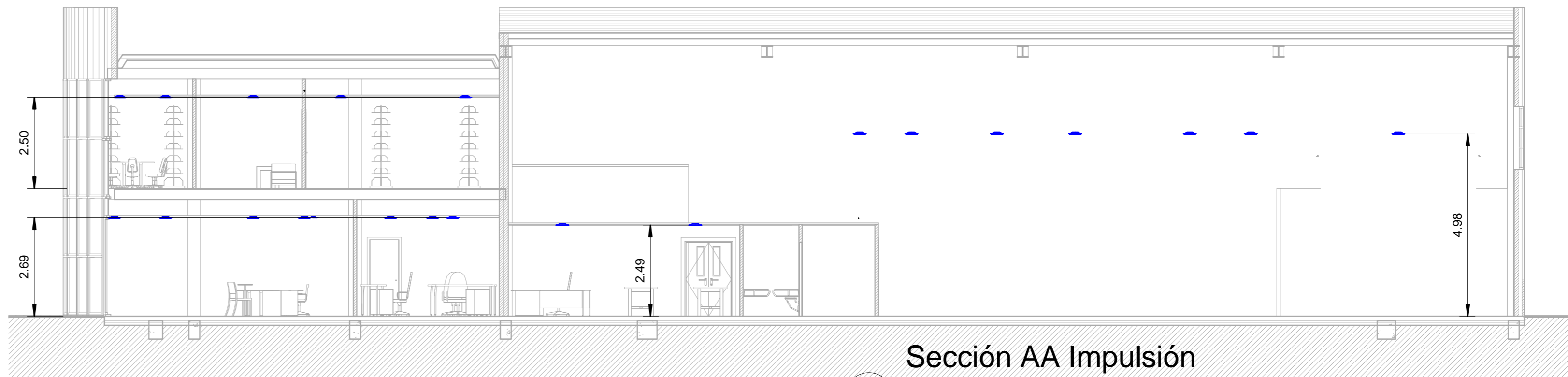


B Sección BB Tubos Radiantes
1 : 100

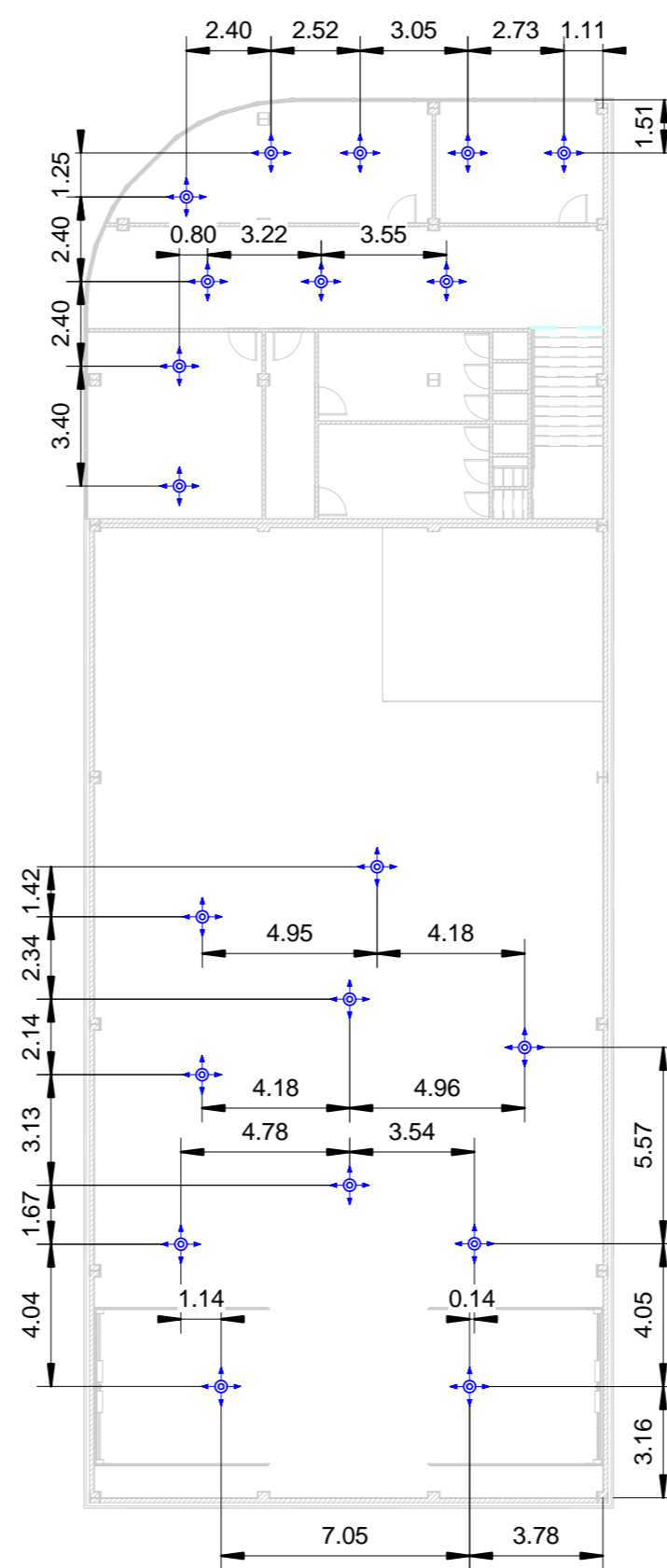
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES 	
TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO DISEÑO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON METODOLOGÍA BIM	
PLANO CALEFACCIÓN - Tubos Radiantes	
ÁREA I.P.F. TRABAJO FIN DE GRADO	FECHA Septiembre - 2015
PROMOTOR Universidad de Valladolid	ESCALA Varias
	Nº PLANO I-8
FIRMA EL ALUMNO Ismael Lozano Gabarre	
Grado en Ingeniería Mecánica Fdo.:	



1 Planta Baja - Impulsión -
Terminales de Aire
1 : 200

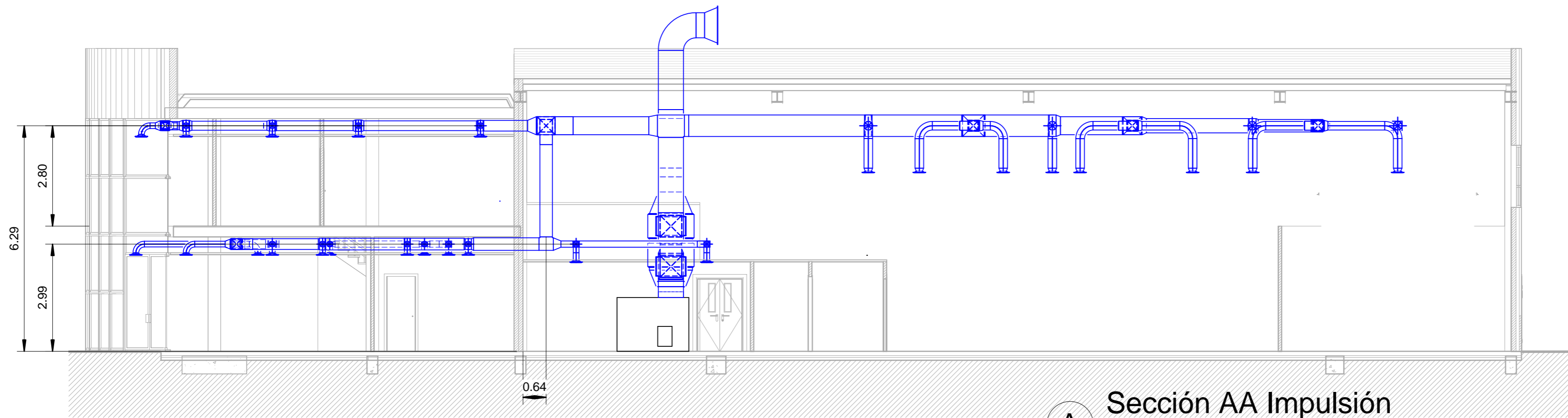


A Sección AA Impulsión
Terminales
1 : 100

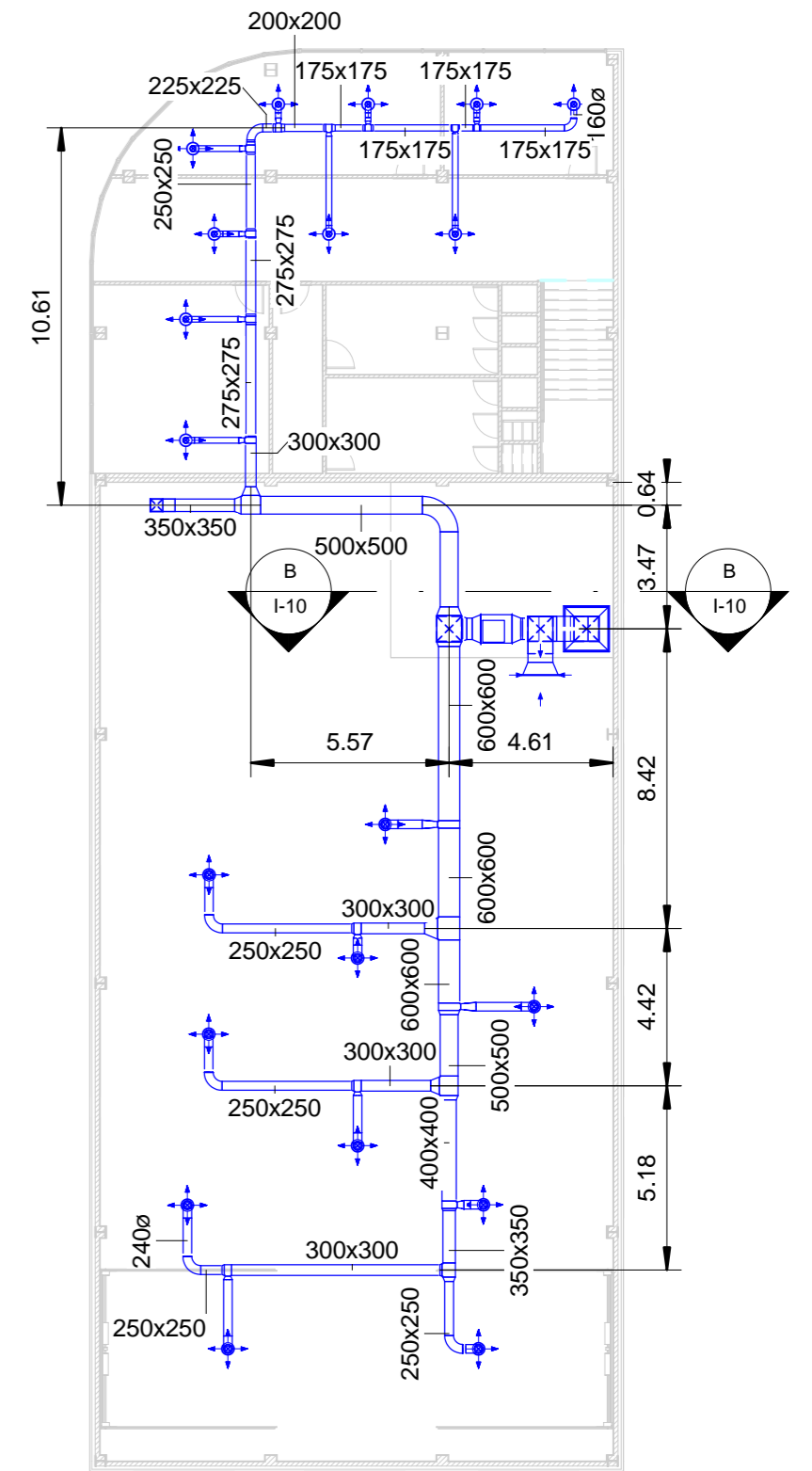


2 Primera Planta - Impulsión -
Terminales de Aire
1 : 200

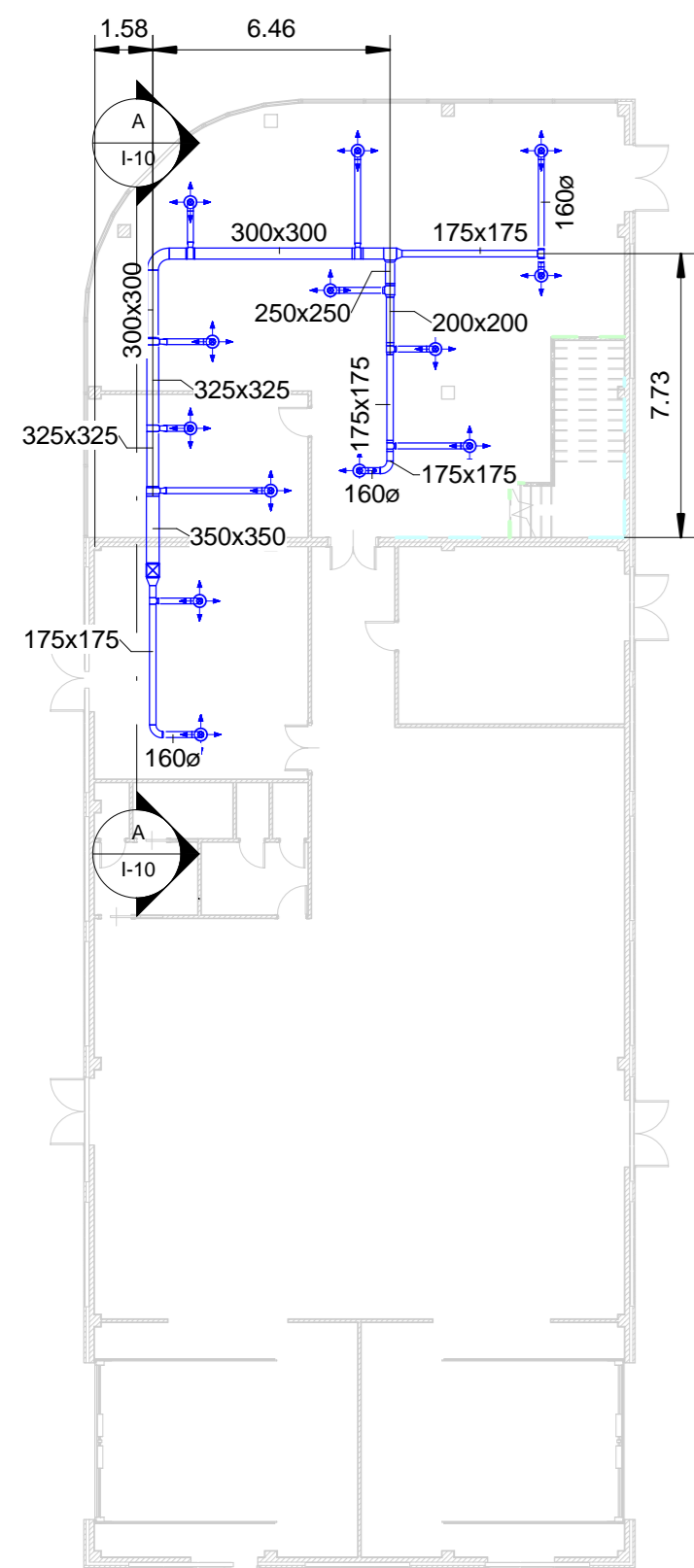
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES 	
TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO DISENO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON METODOLOGÍA BIM	
PLANO VENTILACIÓN - Impulsión - Terminales de Aire	
ÁREA I.P.F. TRABAJO FIN DE GRADO	FECHA Septiembre - 2015
PROMOTOR Universidad de Valladolid	ESCALA Varias
	Nº PLANO I-9
FIRMA EL ALUMNO Ismael Lozano Gabarre	
Grado en Ingeniería Mecánica	
Fdo.:	



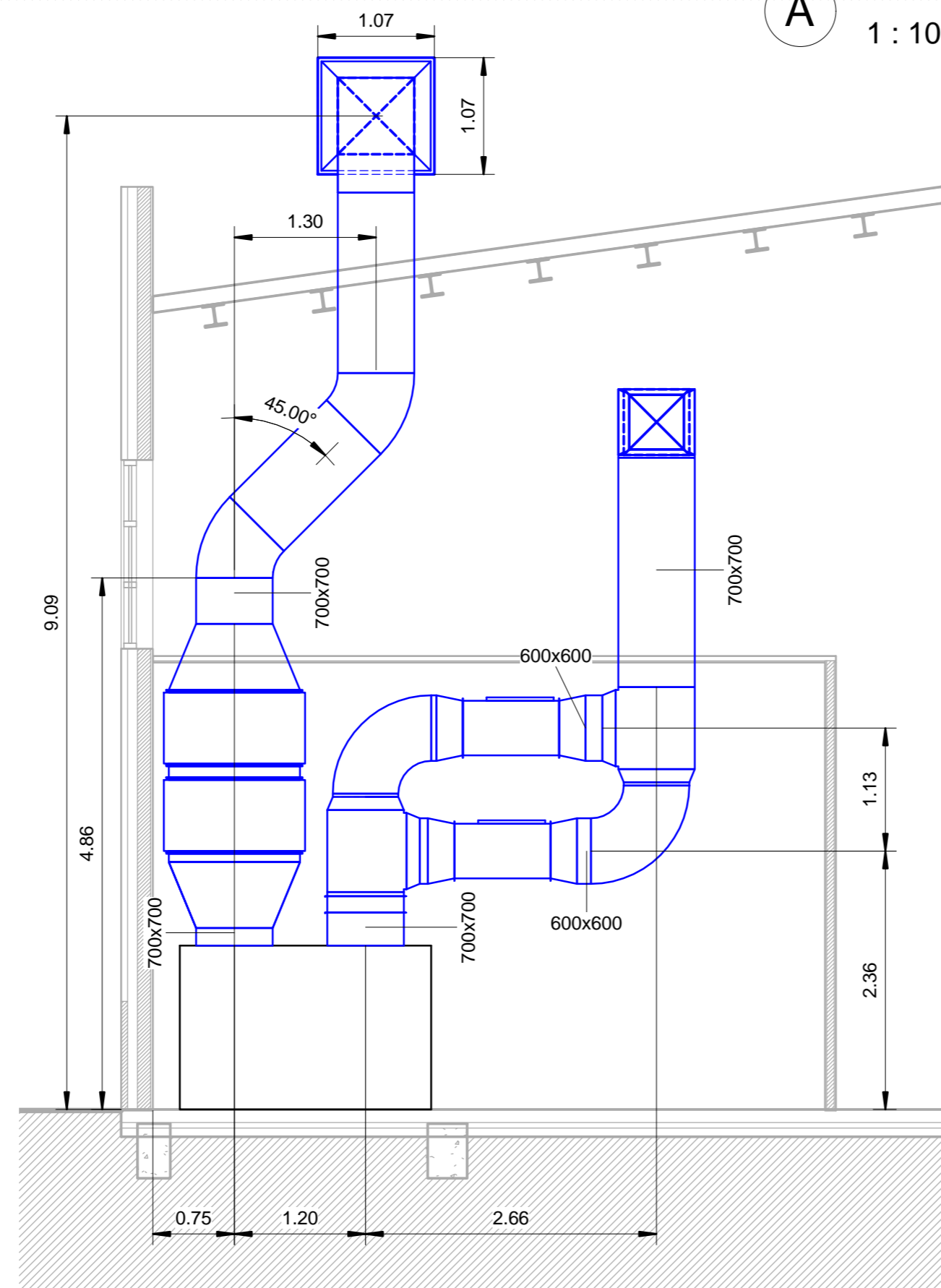
A Sección AA Impulsión
1 : 100



2 Primera Planta - Impulsión
1 : 200

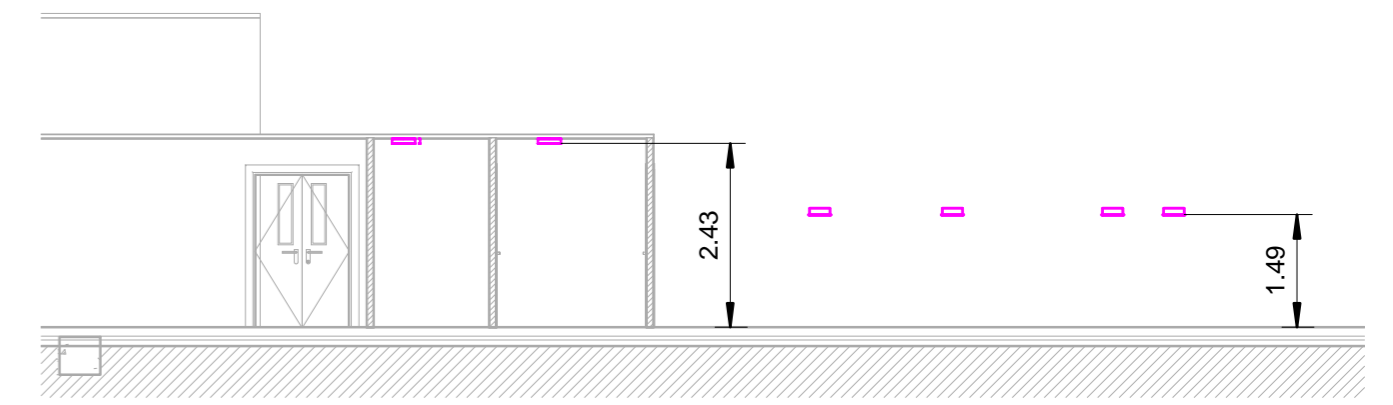
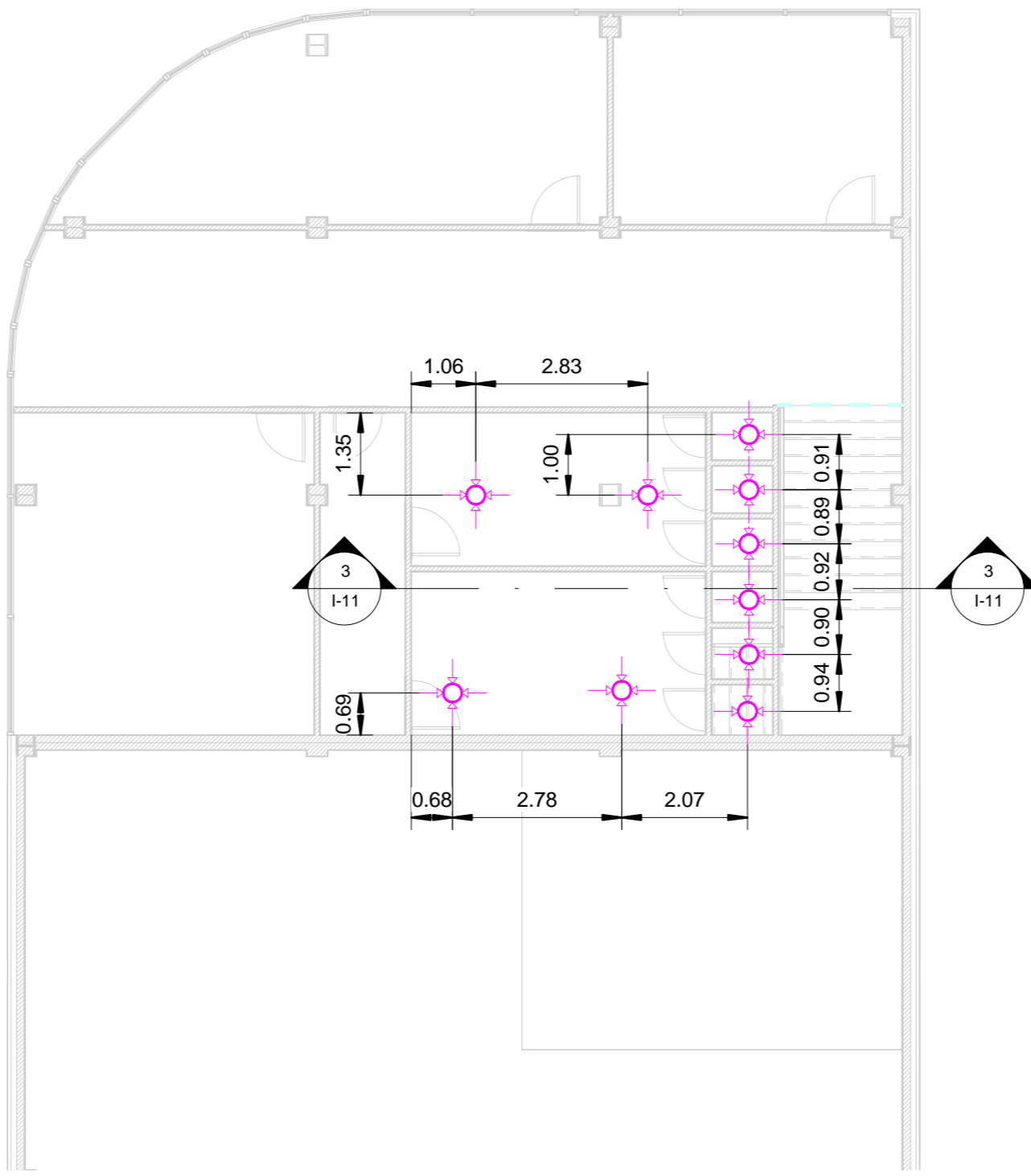
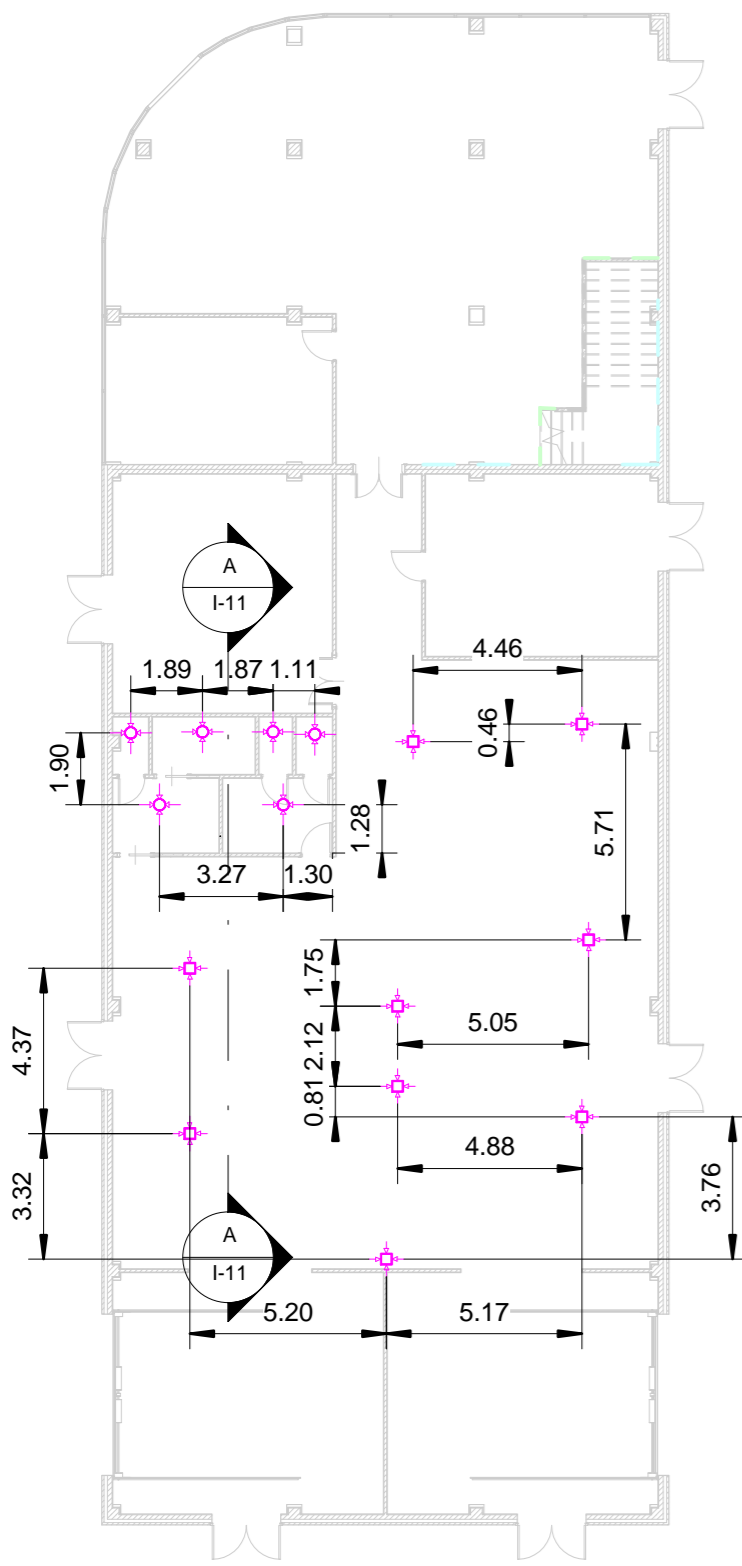


1 Planta Baja - Impulsión
1 : 200

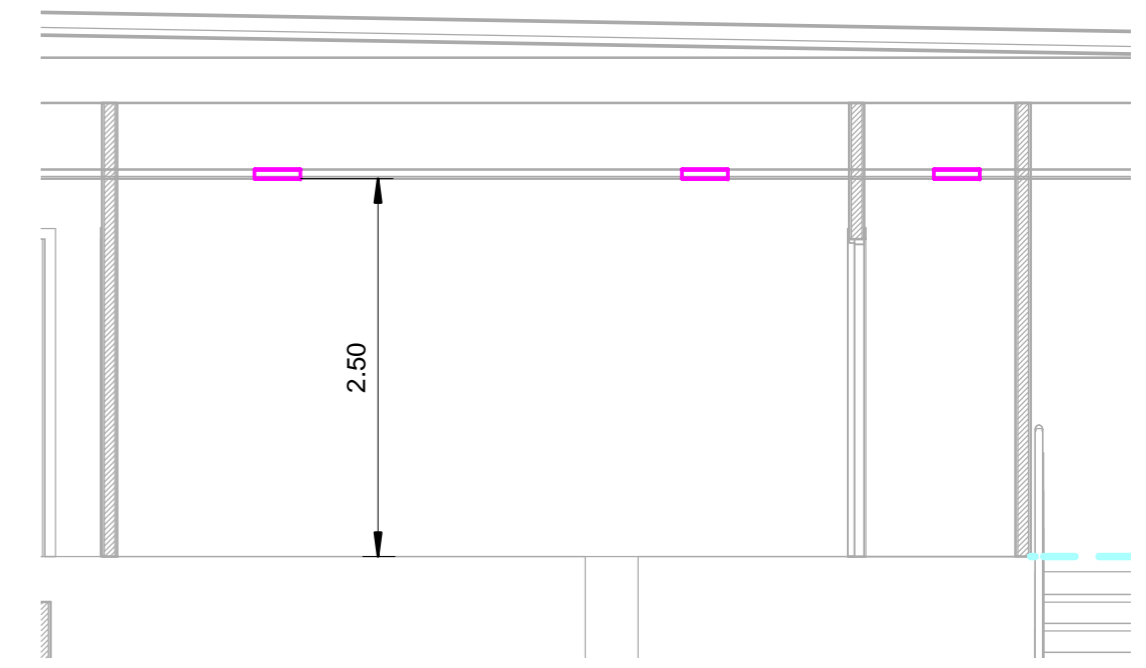


B Sección BB Impulsión
1 : 50

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		
TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO DISEÑO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON METODOLOGÍA BIM		
PLANO VENTILACIÓN - Impulsión		
ÁREA I.P.F. TRABAJO FIN DE GRADO	FECHA Septiembre - 2015	Nº PLANO I-10
PROMOTOR Universidad de Valladolid	ESCALA Varias	FIRMA EL ALUMNO Ismael Lozano Gabarre
Grado en Ingeniería Mecánica Fdo.:		



A Sección AA Retorno
Terminales
1 : 100

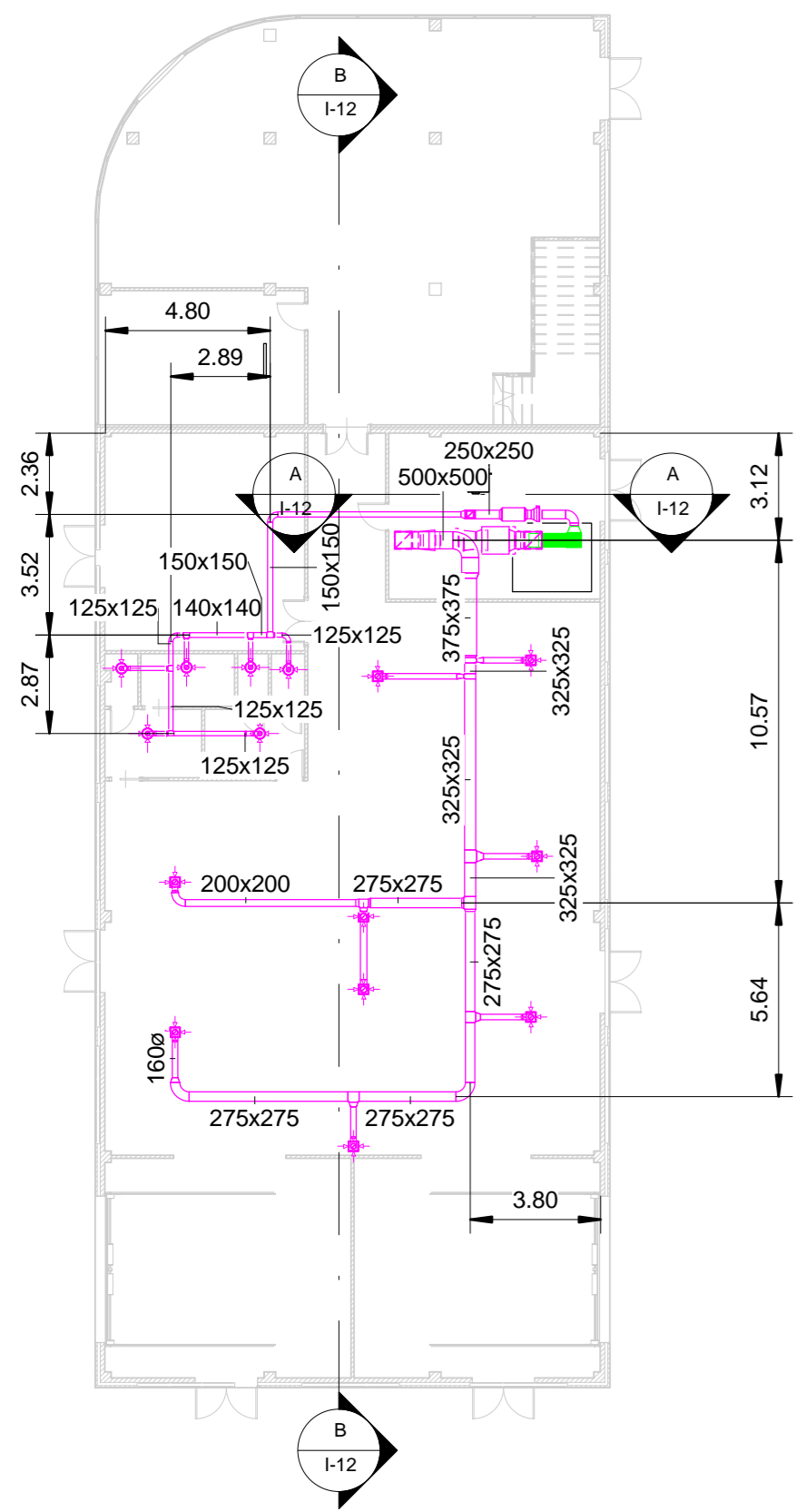


3 Sección BB Retorno
Terminales
1 : 50

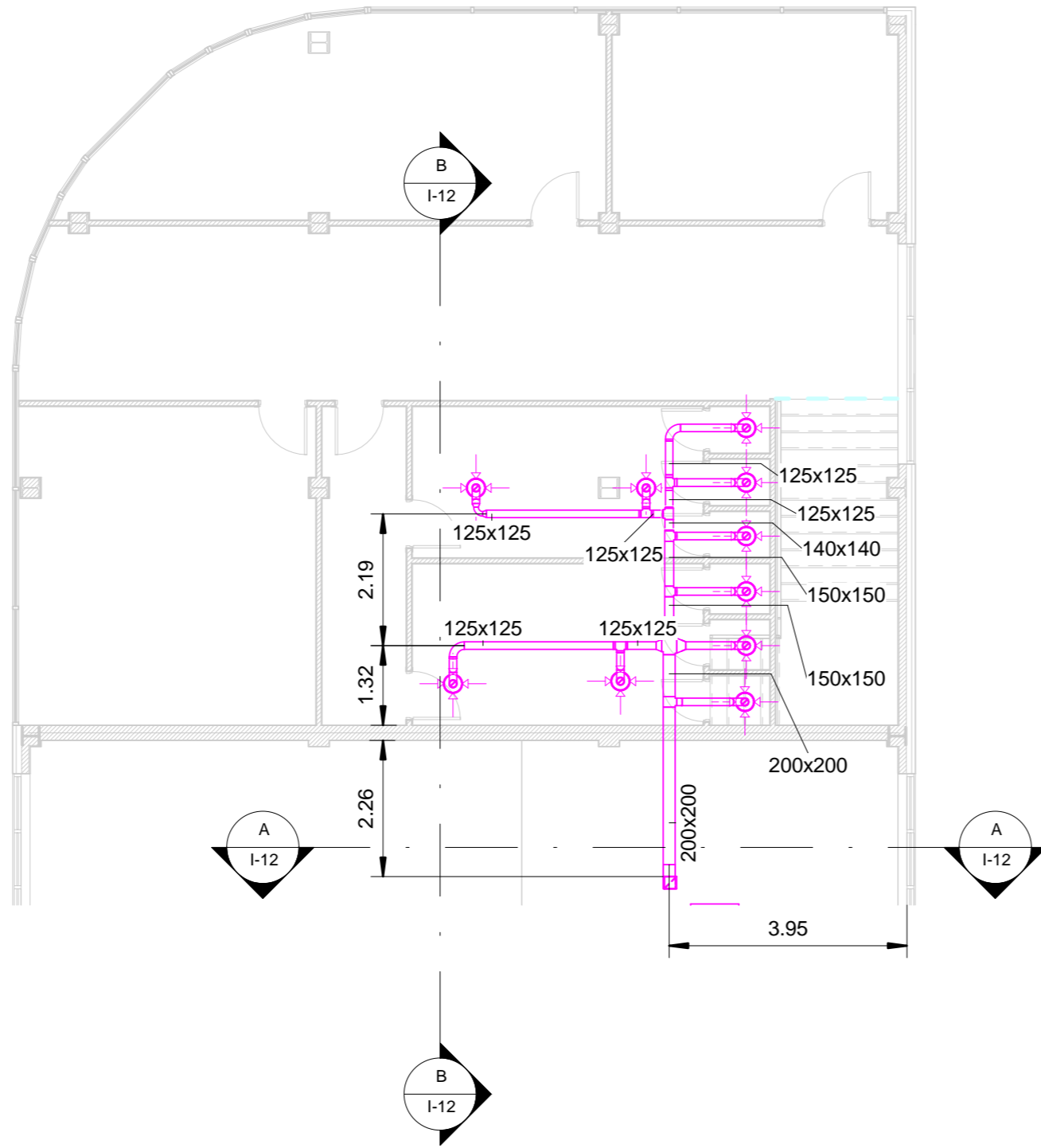
1 Planta Baja - Extracción -
Terminales de Aire
1 : 200

2 Primera Planta - Retorno -
Terminales de Aire
1 : 100

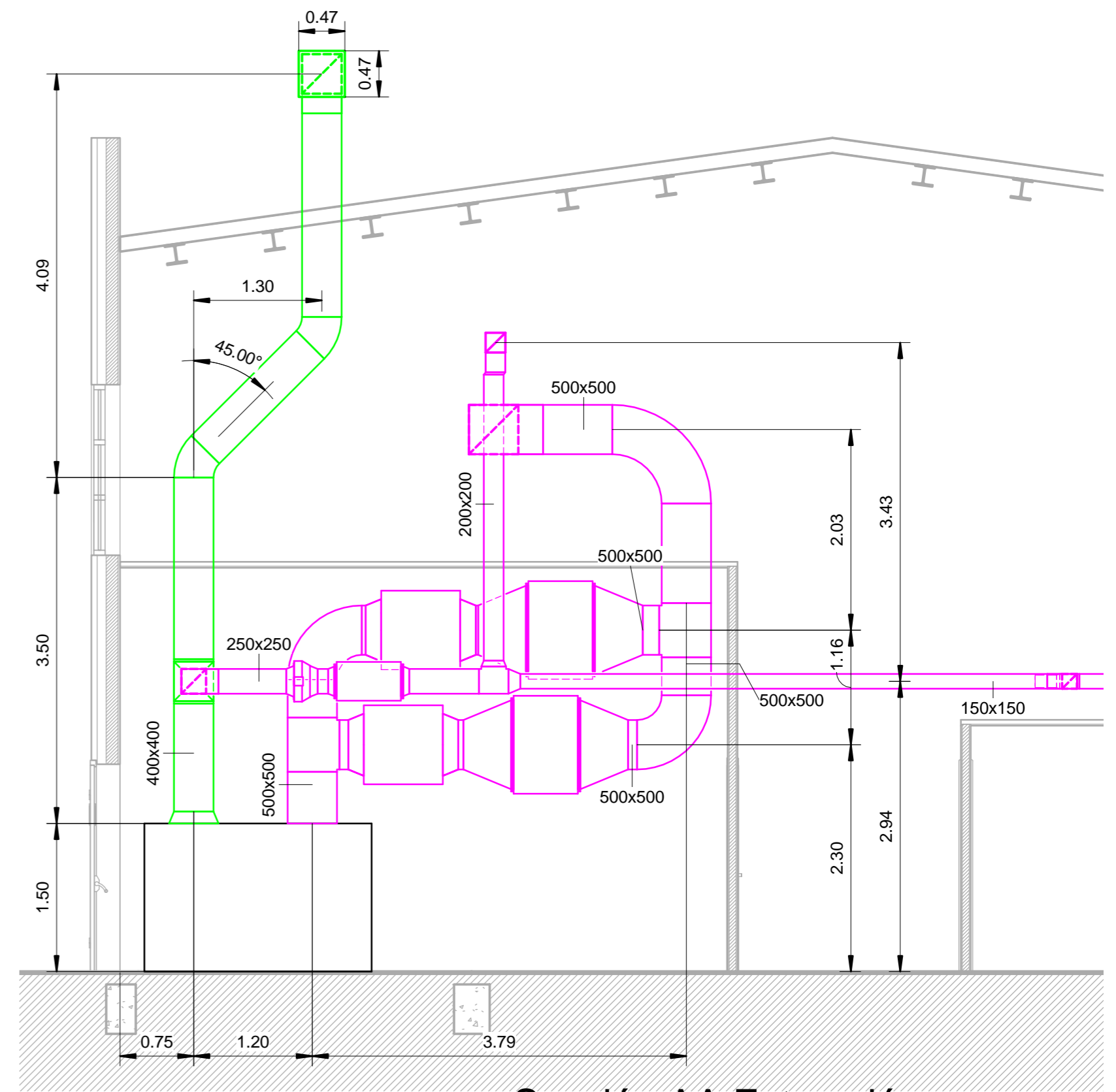
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES 	
TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO DISEÑO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON METODOLOGÍA BIM	
PLANO VENTILACIÓN - Extracción - Terminales de aire	
ÁREA I.P.F. TRABAJO FIN DE GRADO	FECHA Septiembre - 2015
PROMOTOR Universidad de Valladolid	ESCALA Varias
	Nº PLANO I-11
FIRMA EL ALUMNO Ismael Lozano Gabarre	
Grado en Ingeniería Mecánica Fdo.:	



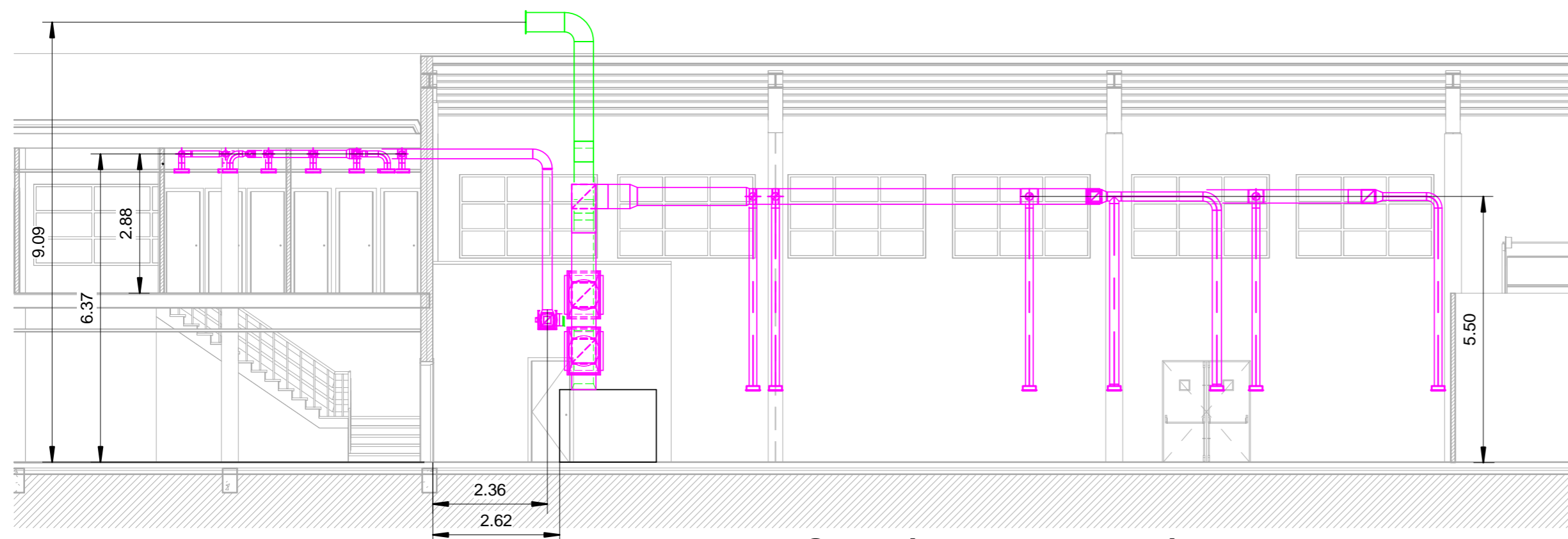
1 Planta Baja - Extracción
1 : 200



2 Primera Planta - Extracción
1 : 100



A Sección AA Extracción
1 : 50



B Sección BB Extracción
1 : 100

 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES 		
TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO DISEÑO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON METODOLOGÍA BIM		
PLANO VENTILACIÓN - Extracción		
ÁREA I.P.F. TRABAJO FIN DE GRADO		FECHA Septiembre - 2015
PROMOTOR Universidad de Valladolid		Nº PLANO I-12
		ESCALA Varias
		FIRMA EL ALUMNO Ismael Lozano Gabarre
		Grado en Ingeniería Mecánica Fdo.:

6. Conclusiones

Al término de este trabajo se pueden extraer varias conclusiones que se expondrán a continuación.

La metodología de trabajo que se sigue con BIM cambia radicalmente la utilizada tradicionalmente. Ahora, el edificio y sus instalaciones se modelan como un “todo”, no mediante sus representaciones en 2D utilizadas en CAD. También permite gestionar el edificio en todas sus etapas (fase de diseño, construcción, uso, gestión del mantenimiento de las instalaciones y derribo) de manera más eficiente e integral. En cada componente del modelo se pueden introducir parámetros que pueden afectar tanto a ese elemento como a los que esta conectado, permitiendo un mayor control de los mismos y un diseño más eficaz al no representarles de manera individual como hasta ahora.

El modelado BIM permite reducir mucho el tiempo de documentación del proyecto, pudiendo emplearlo en prestar más atención al diseño de éste. Revit dispone de herramientas de detección automática de colisiones que permite reducir costes generados posteriormente y errores en el diseño. También permite una modificación de los elementos más rápida de manera sencilla e intuitiva. Con todo esto y el ritmo de desarrollo de aplicaciones actual, se puede decir que BIM va a suponer a corto plazo una revolución en el modelado de edificios e instalaciones.

Por su parte, MagiCAD permite un cálculo más automatizado reduciendo así el tiempo empleado en el cálculo manual al que se recurre tradicionalmente. También dispone de una gran base de datos de productos reales proporcionados por fabricantes dedicados a las instalaciones térmicas como accesorios de tuberías, bombas de agua o aparatos sanitarios.

Por otro lado, se han observado varias carencias en Revit y MagiCAD:

- No todas las familias de Revit son válidas para el cálculo de flujo y pérdida de carga realizado por MagiCAD.
- En MagiCAD no hay familias de calderas disponibles, por lo que se ha usado una caldera proporcionada por Revit y que no reconoce a la hora de hacer los cálculos.
- La única forma de modificar la potencia de los radiadores colocados es borrar éste e introducirle de nuevo.
- La selección y adición de las bombas de agua y ventiladores es demasiado manual.

6 CONCLUSIONES

Aun así, los beneficios que aporta superan a las limitaciones. El desarrollo de las instalaciones térmicas con Revit y MagiCAD mejora la calidad del diseño, reduce los costes asociados a errores del diseño y modificaciones posteriores y reduce el tiempo de documentación del proyecto.

7. Bibliografía referenciada y normativa consultada

- [1] COLOMA PICÓ E. Introducción a la tecnología BIM. Technical report, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona - Universidad Politécnica de Cataluña, Octubre 2008.
- [2] BILAL SUCCAR. Building Information Modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18:357–375, 2009.
- [3] VOLM J. BRYDE D., BROQUETAS M. The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31:971–980, 2013.
- [4] NKEM EDE A. Building Information Modeling: Case Study of a Duplex Building Project in Nigeria. *International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research*, 3(4):25–28, 2014.
- [5] UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. Manifiesto BIM académico. http://www.eubim.com/MANIFIESTO-BIM-ACADEMICO_EUBIM2015.pdf, 2015. 07-07-2015.
- [6] AYUNTAMIENTO DE BARCELONA E INSTITUCIONES DIVERSAS. Manifiesto BIMCAT Barcelona. <http://www.apabcn.cat/documentacio/comunicacio/premsa/2015/bim-manifesto-es.pdf>, 2015. 07-07-2015.
- [7] RICHARDS M. BEW M. Bew-Richards BIM Maturity Model. 2008.
- [8] GÓMEZ FERNÁNDEZ I. *Interacción de procesos BIM sobre una vivienda del movimiento moderno. La Ville Savoye*. PhD thesis, Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica - Universidad de A Coruña, Junio 2013.
- [9] ROLDAN MÉNDEZ M. MARTÍN DORTA N., GONZALEZ DE CHAVES ASSEF P. Building Information Modelling (BIM): Una oportunidad para transformar la industria de la construcción. *Spanish Journal of BIM*, 1:12 – 18, 2014.

-
- [10] Level of Development Specification for Buildings Information Models. Technical report, BIMFORUM, Agosto 2013. <http://bimforum.org/wp-content/uploads/2013/08/2013-LOD-Specification.pdf>.
- [11] EASTMAN C.. The use of computers instead of drawings in building design. *AIA Journal*, Marzo 1975.
- [12] GONZÁLEZ MÁRQUEZ R. CHOCLÁN GÁMEZ F., SOLER SEVERINO M. Introducción a la metodología BIM. *Spanish Journal of BIM*, 1:4 – 10, 2014.
- [13] ALLISON H. ET AL MCNELL D. Bulding Information Modelling. Technical report, infoComm International.
- [14] DUQUE CARMONA S. *Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project Delivery (IPD): Caso de estudio de detección de incongruencias en un proyecto de edificación*. PhD thesis, ETS de Ingeniería de la Edificación - Universidad Politécnica de Valencia, Septiembre 2014.
- [15] PALAU CORBALÁN J. *Desarrollo de un proyecto de construcción con la metodología BIM (Building Information Modelling): Proyecto de vivienda unifamiliar adosada en Massamagrell*. PhD thesis, ETS de Ingeniería de la Edificación - Universidad Politécnica de Valencia, Septiembre 2014.
- [16] The business value of BIM in North America. Multi-year trend analysis and user ratings (2007-2012). In *McGraw Hill Construction*. 2012.
- [17] GALARZA NÁCHER J. GÓMEZ DE BARREDA FERRAZ C. FERRER GISBERT P., FUENTES BARGUÉS J. Benefits and disadvantages of BIM for construction project management. In *18th International Congress on Project Management and Engineering*, Alcañiz, Julio 2014. Departamento de Proyectos de Ingeniería y Máster en Dirección y Gestión de Proyectos.
- [18] Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR). *Guía Técnica. Agua caliente sanitaria central*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. IDAE, Junio 2010. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- [19] E. CASTEJÓN VILELLA. Extracción localizada. Technical report, Universitat Oberta de Catalunya. PID 00186785.

Normativa consultada

- Plan General de Ordenación Urbana de Medina del Campo. Texto Refundido. Junio 2008.
- Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los Lugares de Trabajo. Real Decreto 486/1997, de 14 de Abril. Edición 2006.
- Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HS - Salubridad. HS4 - Suministro de Agua.
- Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HS - Salubridad. HS5 - Evacuación de Aguas.
- Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico SUA - Seguridad de Utilización y Accesibilidad. SUA9 - Accesibilidad.
- Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HE - Ahorro de Energía. HE1 - Limitación de demanda energética. Apéndice D - Definición del edificio de referencia.
- Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HE - Ahorro de Energía. HE4 - Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. Instrucción Técnica (IT) 1 - Diseño y dimensionado.
- Norma UNE 149201:2008. Abastecimiento de agua. Dimensionado de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios.
- Norma UNE 94002:2005. Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria. Cálculo de la demanda de energía térmica.
- Norma UNE 100155:2004. Climatización. Diseño y cálculo de sistemas de expansión.
- Norma UNE-EN 13779:2008. Ventilación de edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones se sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos.
- Norma UNE 123001:2012. Cálculo, diseño e instalación de chimeneas modulares.