



Universidad de  
Oviedo



## **ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN**

### **GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

#### **ÁREA DE EXPRESIÓN GRÁFICA**

#### **MODELADO BIM DEL EDIFICIO DE ENFERMERÍA Y FISIOTERAPIA DE LA UNIVERSIDAD DE OVIEDO**

**D. PABLO IGLESIAS JAMART**  
**TUTORES:**  
**D. RAFAEL PEDRO GARCÍA DÍAZ**  
**D. ANTONIO BELLO GARCÍA**

**FECHA: DICIEMBRE DE 2022**



# ÍNDICE

<b>1. OBJETIVOS.....</b>	<b>9</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN AL BIM .....</b>	<b>10</b>
2.1. EL BIM.....	10
2.1.1. Creación e implantación.....	10
2.1.2. Dimensiones .....	13
2.1.3. Características principales y diferencias con el CAD.....	14
2.1.4. Ventajas e inconvenientes.....	17
2.1.5. Formato IFC.....	19
2.2. MEP.....	21
2.3. EJEMPLOS.....	23
2.3.1. Canal de Panamá .....	23
2.3.2. Puente de Pumarejo (Colombia).....	23
2.3.3. Estadio Santiago Bernabéu .....	24
2.3.4. Torre Shanghái de China .....	25
<b>3. MODELADO DE LA FACULTAD.....</b>	<b>27</b>
3.1. DATOS DE PARTIDA.....	27
3.2. MODELADO ARQUITECTÓNICO.....	27
3.2.1. Creación del archivo de proyecto .....	27
3.2.2. Importación de planos.....	28
3.2.3. Muros .....	28
3.2.4. Ventanas .....	30
3.2.5. Puertas .....	35
3.2.6. Escaleras, rampas y barandillas .....	38
3.2.7. Estructuras metálicas .....	46
3.2.8. Cubiertas .....	50
3.3. MECÁNICA .....	51
3.4. FONTANERÍA.....	57
3.5. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS .....	59
<b>4. VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>64</b>
4.1. AUTODESK VIEWER .....	64
4.2. ENSCAPE .....	66
4.2.1. Contexto de lugar.....	66
4.2.2. Texturas.....	68

---

4.2.3.	<i>Familias Enscape</i> .....	69
4.2.4.	<i>Creación del vídeo</i> .....	73
<b>5.</b>	<b>PLANIFICACIÓN</b> .....	<b>76</b>
<b>6.</b>	<b>VALORACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>78</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>82</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>83</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Fotografía de la Facultad de Enfermería y Fisioterapia.....	8
Figura 1.1 Renderizada realizado con Enscape .....	9
Figura 2.1 Charles M. Eastman.....	11
Figura 2.2 Aeropuerto de Heathrow 1980 .....	12
Figura 2.3 Las dimensiones del BIM ( <a href="https://www.bimtool.com/Article/12468893/Las-7-dimensiones-BIM-1D-2D-3D-4D-5D-6D-y-7D">https://www.bimtool.com/Article/12468893/Las-7-dimensiones-BIM-1D-2D-3D-4D-5D-6D-y-7D</a> ) .....	13
Figura 2.4 Tiempos de proyecto BIM vs CAD .....	15
Figura 2.5 Trabajo colaborativo .....	15
Figura 2.6 Agrupación de familias por idioma .....	16
Figura 2.7 Agrupación de familias por tipo de elemento.....	17
Figura 2.2.8 Ciclo de vida de un proyecto .....	18
Figura 2.9 Desplegable con algunas de las disciplinas de Revit .....	19
Figura 2.10 Logo archivos IFC.....	20
Figura 2.11 Interoperabilidad sin IFC vs Interoperabilidad con IFC .....	20
Figura 2.12 Ejemplo de ubicación de las ventanas como elemento IFC .....	21
Figura 2.13 Ejemplo instalaciones MEP ( <a href="https://konstruedu.com/es/blog/que-es-y-para-que-sirve-revit-mep">https://konstruedu.com/es/blog/que-es-y-para-que-sirve-revit-mep</a> ).....	22
Figura 2.14 Canal de Panamá.....	23
Figura 2.15 Puente de Pumarejo.....	24
Figura 2.16 Modelo del Puente de Pumarejo .....	24
Figura 2.17 Fotografía aérea del Santiago Bernabéu (realmdrid.com).....	25
Figura 2.18 Captura del modelo BIM del estadio (realmadrid.com).....	25
Figura 2.19 Torre Shanghái .....	26
Figura 2.20 Modelo de los refuerzos sísmicos de la torre .....	26
Figura 3.1 Planos realizados en 2008 de la planta baja .....	27
Figura 3.2 Creación de niveles .....	28
Figura 3.3 Muro exterior .....	29
Figura 3.4 Muro de cimentación .....	30
Figura 3.5 Muro de pladur .....	30
Figura 3.6 Ejemplo ventana redonda situada en el modelo .....	31
Figura 3.7 Propiedades de las ventanas de techo.....	31
Figura 3.8 Ventana abierta (izquierda) vs ventana cerrada (derecha).....	32

Figura 3.9 Vista 2D de las diferentes configuraciones de ventana .....	32
Figura 3.10 Ventanas de techo colocadas en las cubiertas.....	33
Figura 3.11 Creación de ventana 2x1 .....	33
Figura 3.12 Creación de ventana 3x1 .....	34
Figura 3.13 Vista lateral de las diferentes profundidades del cristal y el marco de la ventana .	34
Figura 3.14 Fachada con los conjuntos de ventanas colocados, en el piso superior la estructura de 3x12 da luz a toda el aula, mientras que en la inferior el conjunto se ha dividido en 2.....	35
Figura 3.15 Puerta sin texturas (materiales y acabados) .....	36
Figura 3.16 Puerta con texturas añadidas (materiales y acabados) .....	36
Figura 3.17 Puerta corredera de cristal con materiales modificados .....	37
Figura 3.18 Puerta de emergencia montada con tirador antipánico.....	37
Figura 3.19 Herramienta Alinear .....	38
Figura 3.20 Tramo de rampa lateral.....	38
Figura 3.21 Tramo de escaleras laterales con descansillo .....	39
Figura 3.22 Fotografía de las escaleras reales de la facultad .....	40
Figura 3.23 Fotografía de las escaleras interiores de la facultad .....	40
Figura 3.24 Herramientas para el dibujo de escaleras.....	41
Figura 3.25 Escaleras interiores .....	41
Figura 3.26 Selección de materiales para las escaleras interiores.....	41
Figura 3.27 Fotografía tramo escaleras de emergencia.....	42
Figura 3.28 Tramo de escaleras de emergencia.....	42
Figura 3.29 Materiales escaleras de emergencia.....	43
Figura 3.30 Hueco en el descansillo de las escaleras de emergencia .....	43
Figura 3.31 Edición de barandilla del hueco .....	44
Figura 3.32 Fotografía de las barandillas instaladas sobre el muro de la planta baja .....	44
Figura 3.33 Dibujo de tramo de barandilla de la parte exterior .....	45
Figura 3.34 Representación 3D del tramo de barandillas de la figura anterior .....	45
Figura 3.35 Barandilla con 4 barandales .....	45
Figura 3.36 Barandilla final.....	46
Figura 3.37 Dibujo de muro que contendrá la estructura metálica.....	46
Figura 3.38 Dimensiones de la estructura metálica .....	47
Figura 3.39 Vista 3D del muro que será transformado en estructura metálica .....	47
Figura 3.40 Propiedades de las diferentes rejillas y montantes de la estructura metálica .....	48
Figura 3.41 Fotografía de la estructura metálica que cubre las escaleras del tramo este, se puede ver que sólo llega hasta el descansillo d la planta baja.....	48

Figura 3.42 Fotografía pérgola izquierda de la facultad .....	49
Figura 3.43 Pérgola izquierda del edificio .....	49
Figura 3.44 Diseño de las primeras cubiertas, o las cubiertas más bajas del edificio.....	50
Figura 3.45 Diseño de las cubiertas más altas del edificio .....	51
Figura 3.46 Fotografía de radiador con toma superior de suministro e inferior de retorno de agua .....	51
Figura 3.47 Radiador escogido, como se puede ver tiene dos conexiones disponibles a ambos lados, a diferencia de los radiadores arquitectónicos que no tienen ninguna. ....	52
Figura 3.48 Ejemplo de radiador con conexión de entrada en la parte superior y conexión de salida en la parte inferior .....	53
Figura 3.49 Selección de rangos.....	54
Figura 3.50 Configuración de los rangos de vista.....	54
Figura 3.51 Mensaje emergente de selección de conector .....	55
Figura 3.52 Clasificaciones y sistemas de tuberías.....	55
Figura 3.53 Catálogo de tamaños con los diámetros disponibles de tuberías de cobre para su uso en el programa .....	56
Figura 3.54 Preferencias de enrutamiento activadas para todos los diámetros .....	56
Figura 3.55 Modelo con los distintos radiadores y tuberías visto desde las esquina superior derecha.....	57
Figura 3.56 Fotografía de un baño de hombres de la tercera planta .....	57
Figura 3.57 Catálogo de tamaños de tuberías de PVC .....	58
Figura 3.58 Ejemplo instalación baño .....	59
Figura 3.59 Fotografía de una manguera de incendios de la segunda planta .....	60
Figura 3.60 Fotografía de un extintor de polvo ABC situado en la planta baja de la facultad....	60
Figura 3.61 Propiedades de los parámetros .....	61
Figura 3.62 Selección del parámetro.....	62
Figura 3.63 Ejemplo extintor Polvo ABC .....	62
Figura 3.64 Cambio de categoría de familia.....	63
Figura 4.1 Pestañas Autodesk Viewer .....	64
Figura 4.2 Navegador de familias.....	64
Figura 4.3 Navegador de elementos .....	65
Figura 4.4 Visibilidad de la familia de protección contra incendios.....	65
Figura 4.5 Extintores con sus propiedades y parámetros .....	66
Figura 4.6 Menú de Enscape incorporado en Revit .....	66
Figura 4.7 Menú cartográfico de Enscape con la ubicación del modelo.....	67

Figura 4.8 Modelo con cartografía importada de Enscape .....	67
Figura 4.9 Menú con los diferentes datos geográficos importados.....	68
Figura 4.10 Editor de materiales de Enscape .....	69
Figura 4.11 Biblioteca de materiales de Enscape.....	69
Figura 4.12 Menú de categorías de la biblioteca de activos de Enscape.....	70
Figura 4.13 Zona exterior de la facultad desde Enscape.....	71
Figura 4.14 Vista del vestíbulo desde el lateral derecho del edificio.....	71
Figura 4.15 Vista del vestíbulo desde el lado izquierdo.....	72
Figura 4.16 Vista de una de las aulas modeladas con Enscape.....	72
Figura 4.17 Menú de orientación y desplazamiento de objetos de Revit .....	73
Figura 4.18 Menú de generación de activo múltiple .....	73
Figura 4.19 Vista aérea del modelo con su recorrido final .....	74
Figura 4.20 Entramado de cámaras del vestíbulo.....	74
Figura 4.21 Recorrido fuera del límite de tiempo .....	75
Figura 4.22 Recorrido final .....	75
Figura 5.1 Tabla de planificación del proyecto .....	76
Figura 5.2 Gráfico de Gantt del proyecto.....	77
Figura 6.1 Plano del semisótano de 2008 en el que aún figuran los vestuarios .....	78
Figura 6.2 Plano del proyecto en el que ya figuran los archivos sustituyendo a los vestuarios .	79
Figura 6.3 Tabla de planificación generada por Revit de los sistemas de protección contra incendios .....	80
Figura 6.4 Plano del alzado principal realizado en AutoCAD en 2008 .....	80
Figura 6.5 Plano de los alzados principal y este con una vista 3D del conjunto, realizado con Revit 2022.....	81
Figura 6.6 Tabla de planificación con todas las puertas del proyecto .....	81

# RESUMEN

Este proyecto de fin de grado tiene como fin realizar un modelo “As built”<sup>1</sup> de un edificio del campus de El Cristo de Oviedo, la Facultad de Enfermería y Fisioterapia, aplicando la metodología BIM.

Esta es una metodología de trabajo colaborativa, en la que se pueden incorporar todas las disciplinas que involucra la creación de un proyecto.

Se estudiarán y analizarán los planos del edificio recibidos en 2D, realizados en 2008. Se comprobará que son fieles a la realidad visitando las instalaciones y comprobando con el GIS ya que pudieron existir remodelaciones no indicadas en los planos.

Se modelará primero la parte arquitectónica, después las disciplinas de climatización y fontanería y por último se le añadirán elementos de protección contra incendios como extintores y mangueras de incendios.

Por último, se sacarán los listados y los planos correspondientes a cada una de las disciplinas del proyecto.



*Figura 1.1 Fotografía de la Facultad de Enfermería y Fisioterapia*

---

<sup>1</sup> Los modelos As Built son modelos de un proyecto ya ejecutado

# 1. OBJETIVOS

En este proyecto los objetivos principales son:

- Realizar el modelo de la facultad de Enfermería y Fisioterapia del campus de El Cristo de Oviedo, habiendo analizado previamente los planos de partida. Se realizará primero la parte arquitectónica que se usará como base para colocar los sistemas de climatización y fontanería. Finalmente se incluirán en el modelo elemento de protección contra incendios.
- Estudiar las capacidades de la metodología BIM, sus ventajas, sus inconvenientes y su alcance a la hora de realizar este y otro tipo de proyectos.
- Comparar la documentación y los datos de partida con los producidos por la metodología BIM, planos, listados y renderizados.
- Visualizar el modelo 3D mediante un recorrido virtual.



*Figura 1.1 Renderizada realizado con Enscape*

## **2. INTRODUCCIÓN AL BIM**

### **2.1. El BIM**

El BIM comenzó siendo una idea, ya que la tecnología de la época en la que se intentaba desarrollar tenía muchas limitaciones y así se acabó empezando con programas de dibujo 2D como AutoCAD y Microstation.

Su primera aparición es en el año 1974 en un proyecto llevado a cabo por Charles Eastman llamado Building Description System.

#### **2.1.1. Creación e implantación**

El científico informático Patrick J. Hanratty crea en 1957 el primer software de fabricación asistida por computadora y de diseño asistido por computadora, pasando a la historia como “el padre del CAD/CAM”.

Trabajando para General Electric crea escribe Pronto en 1957, un programa de control numérico al que sucedería la fabricación asistida por ordenador. En 1961 se traslada a los laboratorios de investigación de General Motors donde ayuda a desarrollar un sistema con gráficos interactivos DAC (Design Automated by computer).

En el año 1963, desarrollada por Ivan Sutherland en el MIT Lincoln Labs, surge el primer diseño asistido por computador (CAD) que tomaba como base una tecnología anterior de programación orientada a objetos que era equivalente a los Sistemas de Información Geográfica (GIS). Este nuevo programa llamado Sketchpad sí que tenía una interfaz gráfica de usuario y fue el primer paso al modelado de sólidos.

En los años 70 surgieron dos métodos que serían los principales en las siguientes décadas: la geometría sólida constructiva (CSG) que consiste en crear cuerpos complejos a partir de geometrías elementales usando operaciones matemáticas booleanas como uniones e intersecciones, y la representación de límites (BREP) basado en los límites de cada objeto, teniendo en cuenta que un objeto está delimitado por sus caras que son regiones de superficie orientadas y cerradas.

Charles Eastman publica en 1974 un artículo sobre un prototipo, el Building Description System (BDS), una base de datos capaz de describir edificios al detalle, ayudando a su diseño y

construcción. En el artículo se discutían las ideas del diseño paramétrico, creando la base del actual BIM.



*Figura 2.1 Charles M. Eastman*

Este fue el experimento que sirvió para identificar los problemas más importantes en el diseño arquitectónico. En el BDS, se podían hacer elementos individuales en una biblioteca y más tarde ser recuperados y añadidos al modelo principal.

Uno de los argumentos que usaba Eastman para defender su experimento era que sus mejoras en la redacción y el análisis reducirían los costes de diseño en un cincuenta por ciento.

Toda esta experimentación por parte de Eastman lo llevaron a crear el Graphical Language for Interactive Design (GLIDE), que se construyó y se incorporó en el BDS. Se creó con el fin de incluir ciertos elementos de construcción y para ser usado como herramienta de control de datos, estimación de costes y evaluación del diseño estructural. El único problema era que solo eran capaces de tener en cuenta la etapa de diseño del proyecto.

En la siguiente década se empezaron a desarrollar sistemas parecidos por todo el mundo. El Riyadh University Computer Aided Production System (RUCAPS), creado como un programa de diseño de 2D se creó en los 80 y se convirtió en 1986 en el primer programa BIM en usarse para la construcción al usarse para ayudar en la renovación de la tercera terminal del aeropuerto de Heathrow de Londres.



*Figura 2.2 Aeropuerto de Heathrow 1980*

Usando como base el BDS de Eastman, Gábor Bojár comienza a desarrollar ArchiCAD con la empresa húngara Graphisoft bautizada inicialmente con el nombre de Radar CH cuya versión se vendió en dos partes, una su módulo 2D y otra el 3D, sólo disponible en computadores Apple Lisa. Este se convirtió en el primer software BIM disponible para un usuario de ordenador personal.

Hacia el 1985 nace en Estados Unidos creado por Diehl Graphisoft Vectorworks siendo uno de los primeros programas de software de modelado en tres dimensiones y en introducir capacidades BIM. A su vez se lanza también ese año Pro/ENGINEER, un software de diseño paramétrico donde sus principales fortalezas son el diseño mecánico, análisis de comportamiento y la creación de archivos para la fabricación asistida por computadora.

Pro/ENGINEER es creado por la Parametric Technology Corporation (PTC), de donde dos de sus ingenieros, tras el lanzamiento de Pro/ENGINEER, Irwin Jungreis y Leonid Raiz formaron su propia compañía.

Estos dos ingenieros buscaban desarrollar un programa con la visión arquitectónica de Pro/ENGINEER, pero con la capacidad de manejar proyectos más complejos que ArchiCAD. El programa que crearon fue bautizado como Revit, que es el programa usado para este proyecto. Revit se convirtió en uno de los más programas más revolucionarios en el campo de los programas BIM con su motor de cambio paramétrico, hecho gracias a las mejoras en la programación orientada a objetos. Revit se hace pública en abril del año 2000 y a los dos años es comprada por Autodesk.

### 2.1.2. Dimensiones

Una de las características más conocidas del BIM son sus 7 dimensiones, que son las 7 etapas del ciclo que se lleva a cabo para hacer un proyecto.



Figura 2.3 Las dimensiones del BIM (<https://www.bimtool.com/Article/12468893/Las-7-dimensiones-BIM-1D-2D-3D-4D-5D-6D-y-7D>)

#### 2.1.2.1. Primera dimensión (Concepto o idea)

En esta primera fase se recopilará toda la información y normativas necesarias para realizar el proyecto hasta acabar con los estudios previos, se implementará toda esta información hasta llegar a tener un concepto del diseño y por último se harán estimaciones de la superficie, volumen y costes del proyecto además de un plan de ejecución.

#### 2.1.2.2. Segunda dimensión (Boceto)

Comenzando con la creación de planos 2D para simplificar el proyecto tridimensional, se seleccionan los materiales del proyecto y el software que se utilizará.

#### 2.1.2.3. Tercera dimensión (Modelo)

Basándose en la idea principal del BIM, se genera un modelo tridimensional no sólo para la visualización arquitectónica sino también para que todas las disciplinas y los equipos encargados del proyecto puedan trabajar de forma coordinada y puedan actualizar y generar la información

del mismo proyecto. De esa comprobación del modelo por parte de todas las disciplinas de forma colaborativa nace el concepto de “model checking”.

#### *2.1.2.4. Cuarta dimensión (Tiempo)*

Al anterior modelado se le incorpora el factor tiempo, para poder realizar análisis sobre las fases, los plazos y la planificación temporal del proyecto. Al realizar esos desgloses, esta etapa ayuda a gestionar los contratos y tiempos de actuación de cada disciplina en el proyecto. También optimiza los tiempos minimizando desperdicios.

#### *2.1.2.5. Quinta dimensión (Costes)*

Está directamente relacionado con la anterior dimensión ya que los costes dependen del tiempo. Aquí se incorpora la información necesaria para determinar los costes a lo largo del tiempo y se estudian los diferentes gastos, como los materiales, teniendo como objetivo mejorar la rentabilidad económica del proyecto.

#### *2.1.2.6. Sexta dimensión (Green BIM)*

Esta trata sobre el manejo de la cuestión energética y sostenible del edificio simulando las diferentes alternativas hasta encontrar la óptima, centrándose en el ahorro energético y la gestión de recursos. También está relacionado estrechamente con los costes, ya que un buen uso de la energía haría disminuir el gasto temporal de la misma.

#### *2.1.2.7. Séptima dimensión (Gestión)*

La séptima dimensión puede aplicarse a proyectos en cualquier fase de planificación, desarrollo y en funcionamiento. Se conoce como el manual digital con toda la información gráfica y técnica que hay que seguir durante toda la vida del proyecto, una vez construido, para un correcto uso y mantenimiento.

#### *2.1.2.8. Dimensiones adicionales*

Según las necesidades del proyecto se pueden añadir dimensiones adicionales como la trazabilidad de residuos de la construcción y demolición, la información acerca de los proyectos de ampliación del edificio, manejo de información para realidad aumentada y empleo de Lean Construction<sup>2</sup>.

### **2.1.3. Características principales y diferencias con el CAD**

El CAD (Computer-Aided Design) engloba el uso de ordenadores para ayudar a crear, modificar, analizar u optimizar un diseño. Estas herramientas pueden ser de dibujo en 2D o modelado 3D,

---

<sup>2</sup> Es una filosofía de creación de proyectos centrada en la mejoría continua y en la adaptación del sistema de producción de Toyota a finales de los 80.

las herramientas de dibujo en 2D utilizan entidades geométricas vectoriales como puntos, líneas, arcos y polígonos, para modelar en 3D habría que añadir a estas las superficies y los sólidos.

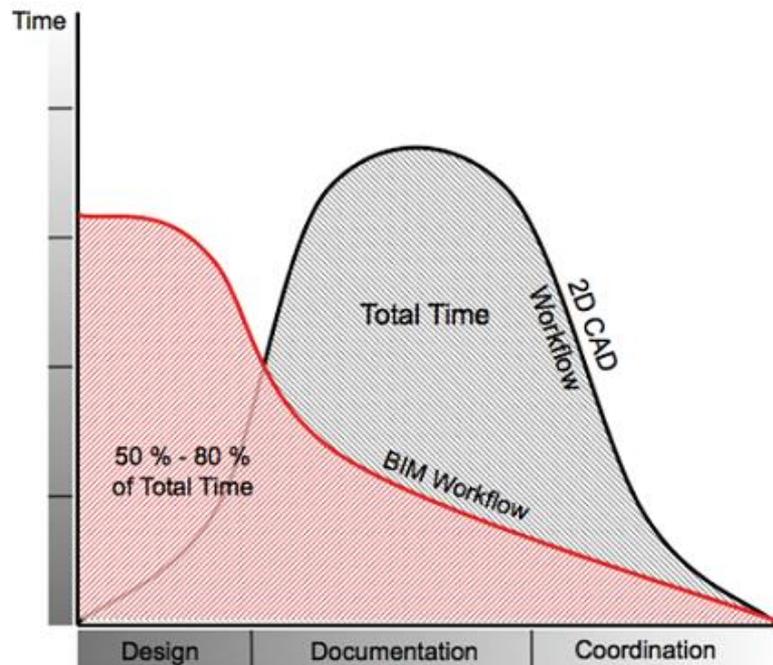


Figura 2.4 Tiempos de proyecto BIM vs CAD

El BIM no es sólo una herramienta de modelado 3D, sino que a pesar de hacer los mismos dibujos que el CAD, permite realizar una representación tridimensional calculando tiempos y costes.

Una de las características más destacadas del BIM, que no tenemos con el CAD, es la cooperación entre las distintas disciplinas involucradas en el proyecto (en el CAD no es posible debido a las limitaciones del software). Esta nueva metodología permite que todas las disciplinas puedan trabajar sobre el mismo modelo.

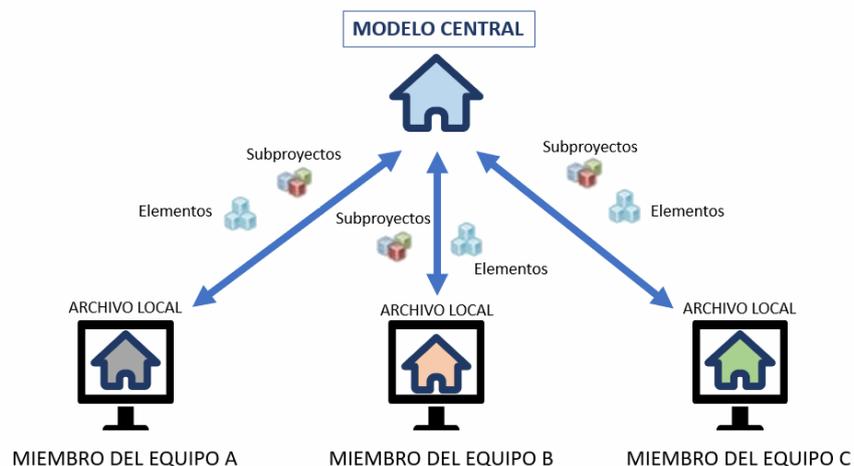


Figura 2.5 Trabajo colaborativo

A la hora de gestionar los archivos generados, estos pueden ser administrados mediante bases de datos dentro del propio modelo (listas, planos, vistas). Por ello es más fácil compartir documentación entre las disciplinas y los trabajadores y gestionar el trabajo de una forma más eficiente.

Otra característica importante es que las herramientas cuentan con bibliotecas incorporadas donde se pueden encontrar diversos objetos agrupados por familias, esto facilita mucho el trabajo ya que se puede llegar a hacer un proyecto bastante completo sin necesidad de crear todas las familias que se necesitarían (puertas, ventanas...). El BIM también permite modificar estos objetos ya existentes tanto a nivel de parámetros modificando sus medidas principales y sus materiales como a nivel de diseño modificando las propias líneas que lo dibujan. Todo esto hace el BIM una herramienta válida para hacer desde bocetos, usando las familias de las bibliotecas, hasta modelos completamente realistas creando cada una de las familias del modelo.



Figura 2.6 Agrupación de familias por idioma

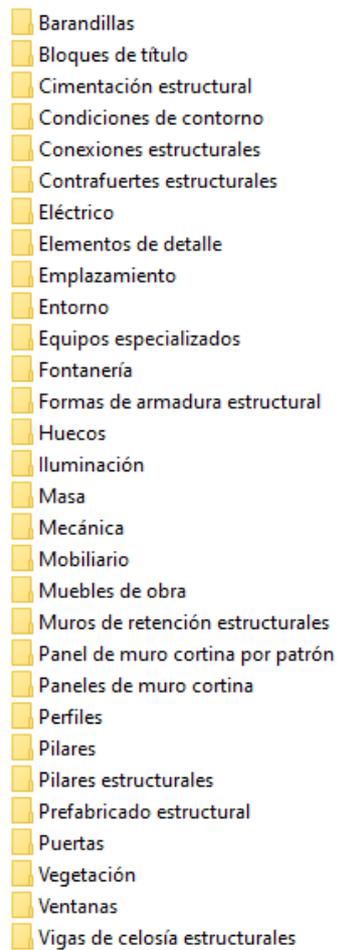


Figura 2.7 Agrupación de familias por tipo de elemento

#### 2.1.4. Ventajas e inconvenientes

La metodología BIM, como todas las demás herramientas tiene sus ventajas. Con la evolución de los programas relacionados con esta metodología las ventajas siguen en aumento.

- Una clara ventaja es la capacidad del BIM de ejecutar todas las fases del proyecto tanto el diseño y la construcción, como también su mantenimiento, gestión de residuos y demolición. Todas las incluidas en sus conocidas dimensiones.



Figura 2.2.8 Ciclo de vida de un proyecto

- Otra de las ventajas de usar esta metodología es el ahorro de tiempo que supone. Reduce notablemente el tiempo de ejecución de un proyecto en comparación con el tiempo que supondría llevarlo a cabo por otros medios. Aumenta la capacidad de maniobra en el proyecto en caso de haber hecho un diseño defectuoso ya que te permite hacer modificaciones en fases previas al proyecto y que se verán reflejadas en el modelo en tiempo real. Un ahorro en el tiempo supone un ahorro económico también al no tener que pagar estos sobrecostes que supondría el retraso de volver a esta parte mal ejecutada del proyecto.
- Una ventaja que es también una de las características principales de la metodología BIM es lo que facilita la colaboración entre disciplinas (arquitectónica, mecánica, eléctrica, fontanería, seguridad...) en comparación con otras. El uso de un solo modelo común a todas las disciplinas desde sobre el que todas pueden crear y ver en tiempo real lo que añade y modifica cada una es uno de los mayores avances en la coordinación de proyectos.

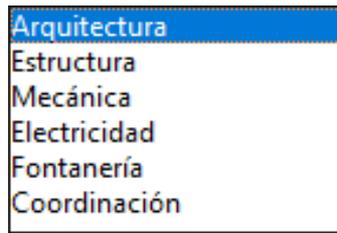


Figura 2.9 Desplegable con algunas de las disciplinas de Revit

En cuanto a inconvenientes todo dependerá del tamaño de las empresas, siendo las pequeñas las más perjudicadas.

- El principal inconveniente es su alto coste de inversión, los programas con los que se trabaja esta metodología tienen licencias costosas, lo que impide llegar a particulares o a pequeñas empresas a este nivel de programas. Estos costes se podrían asumir en proyectos medianos, en los que los beneficios del usuario fuesen altos o en el caso de tratarse de una empresa mediana ya que sus beneficios anuales son mucho mayores que los de una pequeña empresa y a su vez pueden tener en plantilla a personas especializadas en cada disciplina y así repartir la carga de trabajo.
- Otro inconveniente no menos importante es su alta curva de aprendizaje, hace necesario dedicar una gran cantidad de horas a aprender el funcionamiento del programa, esta curva disminuye en caso de tener unos conocimientos previos o habilidades en este tipo modelado. La demanda de profesionales especializados en esta materia es mucho mayor a la oferta existente debido a que hay pocos organismos que otorguen certificaciones en este ámbito, que impliquen el estudio de esta metodología como punto central. Hoy en día son muchas las empresas que forman a sus trabajadores mediante cursos formativos internos, nuevamente, son grandes empresas que se pueden permitir estos costes adicionales.

### 2.1.5. Formato IFC

Para que la metodología BIM funcione correctamente se necesita un sistema que permita la interoperabilidad y el intercambio de datos en modo seguro, sin errores ni pérdidas de datos.

El formato de archivos IFC (Industry Foundation Classes) fue desarrollado por Autodesk en 1984 buscando crear clases fundamentales para desarrollar proyectos para la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción tratando de abarcar todo el ciclo de vida de los proyectos de obras civiles fundamentalmente diseño, construcción, mantenimiento y operación.



Figura 2.10 Logo archivos IFC

Estos archivos se utilizan como lenguaje común entre todos los trabajadores que colaboran en la realización de proyectos. El IFC es un formato abierto que está reconocido como estándar internacional ISO y que hoy en día es necesario para el intercambio de modelos en grupos de trabajo que utilicen el mismo o diferente software.

Los modelos IFC contienen la geometría del edificio y todos los datos asociados a sus elementos que pueden ser exportados de un proyecto realizado con metodologías BIM haciendo posible la transferencia de datos entre diferente software.

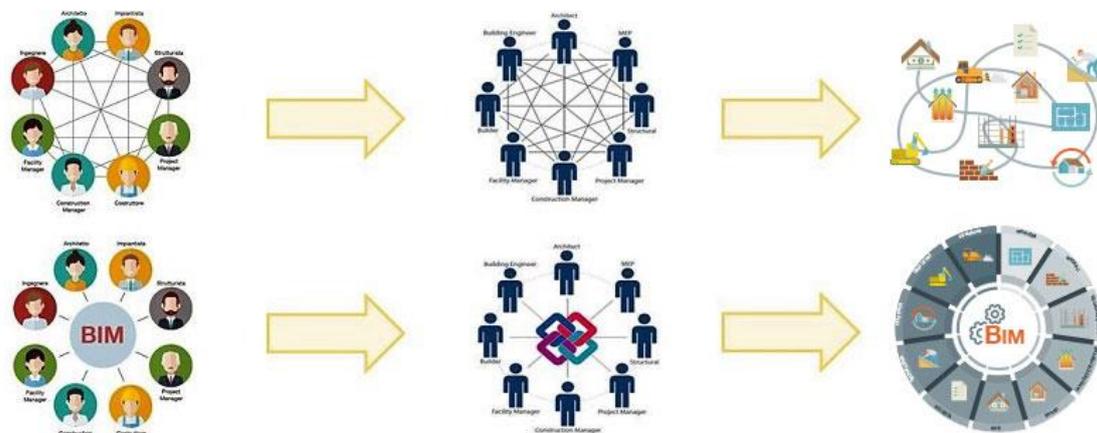


Figura 2.11 Interoperabilidad sin IFC vs Interoperabilidad con IFC

No es sólo un formato de intercambio, sino que también funciona como esquema al poder usarse como sistema de archivo organizando y transportando datos digitales. El IFC no sólo identifica los objetos por ubicación, sino que se identifica y se describe por varias características que no se superponen llamadas “facetas”. El archivo IFC contiene por lo tanto todas las propiedades y parámetros de cada elemento.

Los datos con los que opera IFC son:

- Identidad y semántica: objeto, nombre y funciones.
- Características físicas: materiales, color y propiedades.

- Relaciones entre:
  - Objetos (muros, ventanas...)
  - Conceptos abstractos (performance, costing<sup>3</sup>...)
  - Procesos (instalación, montaje...)
  - Personas (propietarios, diseñadores...)

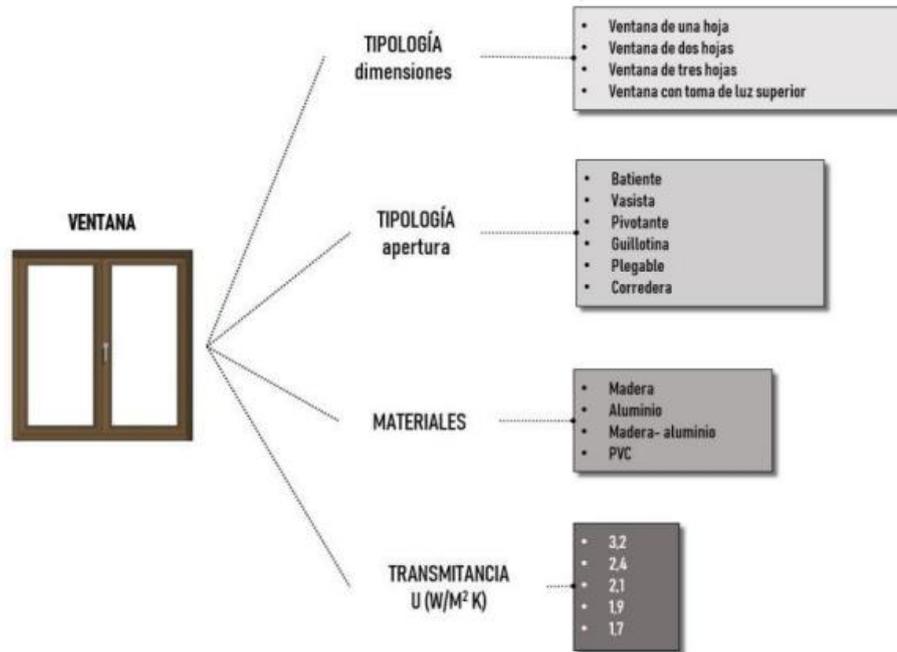


Figura 2.12 Ejemplo de ubicación de las ventanas como elemento IFC

La principal ventaja ofrecida por el formato IFC es que permite la colaboración entre todas las figuras involucradas en el proceso de construcción haciendo más sencillo el intercambio de datos a través de un formato estándar. Esto implica tener un mayor control y calidad con lo que hay una gran reducción de errores, reducción de costes y ahorro de tiempo.

## 2.2. MEP

Un modelo BIM realizado en Revit no se puede completar sin el MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing), este software incluido en Revit sirve para añadir elementos de esas disciplinas (mecánica, eléctrica y fontanería) al programa, y hacer sus conexiones de la forma más apropiada.

<sup>3</sup> El Costing es un método diseñado para determinar el costo de productos específicos, teniendo en cuenta materiales, mano de obra y gastos generales, es decir, aquellos sin los cuales una empresa no podría funcionar, como electricidad, alquiler y limpieza.

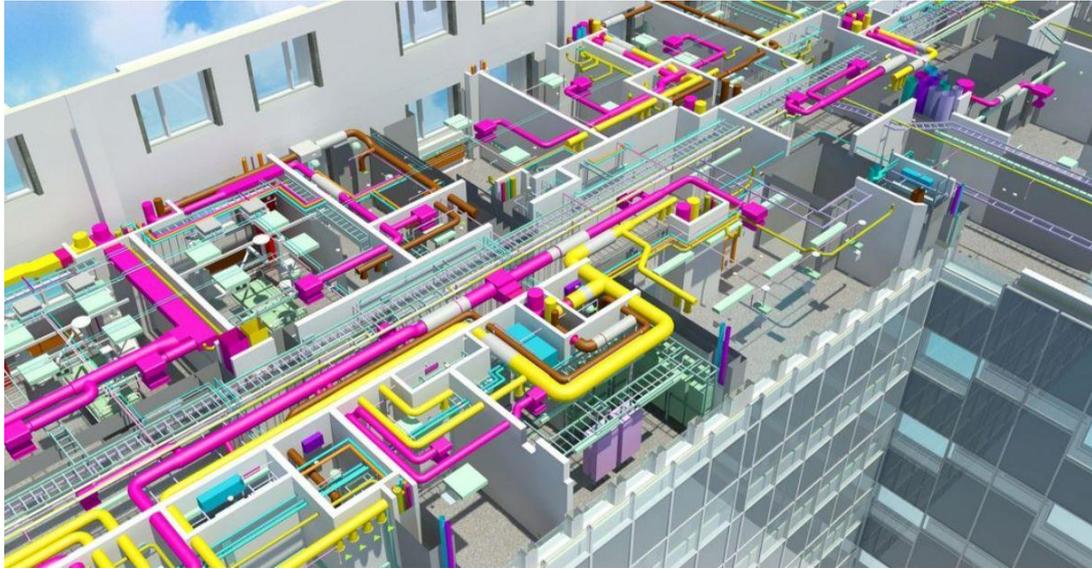


Figura 2.13 Ejemplo instalaciones MEP (<https://konstruedu.com/es/blog/que-es-y-para-que-sirve-revit-mep>)

Esta característica de Revit nos permite separar el proyecto en varios archivos agrupados por disciplinas donde todos ellos están vinculados en tiempo real al proyecto. Es muy útil ya que en grandes proyectos en los que cada una de las disciplinas tiene archivos muy cargados te permite tener un espacio de trabajo más limpio, vinculando cada disciplina MEP al modelo arquitectónico para utilizarlo como plantilla a la hora de colocar las instalaciones.

Otra ventaja de esta extensión es que impide que el resto de las disciplinas puedan ser modificadas desde un archivo que no corresponda, los que trabajen en la disciplina eléctrica no podrán modificar desde su archivo la disciplina mecánica ni podrán modificar el modelo arquitectónico. Esto hace que sea mucho más seguro trabajar con diferentes equipos en los que cada uno se encargue de una disciplina, ya que no se dificultarán el trabajo unos a otros.

El MEP también ofrece herramientas para optimizar la productividad, analizar rendimientos y calcular presiones y flujos dentro de las instalaciones mediante parámetros establecidos. Agiliza el proceso de diseño indicando en tiempo real por medio de errores las interferencias en el proceso de diseño, algo muy útil en nuestro proyecto ya que nos permitió diferenciar entre los dos circuitos de climatización, el de suministro hidrónico y el de retorno, si no estaba todo conectado correctamente con los conectores adecuados salían errores que permitían continuar con el proyecto, pero te avisaban de que la conexión no estaba hecha correctamente.

## 2.3. Ejemplos

El BIM está siendo cada vez más solicitado en los proyectos de empresas españolas por las ventajas comentadas anteriormente, uno de los ejemplos más recientes y de mayor importancia es la construcción de la ampliación del Canal de Panamá por la empresa española Sacyr.

### 2.3.1. Canal de Panamá



*Figura 2.14 Canal de Panamá*

Esta obra fue una de las de mayor envergadura y de mayor relevancia de los últimos años. Este es un claro ejemplo de que el BIM puede aplicarse de igual forma en grandes proyectos también hay que destacar que puede aplicarse también en enormes infraestructuras, y no sólo de obra nueva, también de remodelaciones. Y ese es el caso de la ampliación del Canal de Panamá, que supuso todo un reto para la ingeniería, con tal volumen de trabajo, detalle y dimensiones que hubiese resultado casi imposible sin la implementación de estas tecnologías. En este proyecto concreto se llevó a cabo un nuevo sistema hidráulico de llenado y vaciado. Todo ello está incluido en el modelo BIM del proyecto que sirvió tanto para la fabricación como para la instalación y la puesta en marcha de las esclusas.

### 2.3.2. Puente de Pumarejo (Colombia)

Este puente sobre el río Magdalena en la ciudad de Barranquilla de Colombia también fue construido con la ayuda de la tecnología BIM, esta obra también fue llevada a cabo por la empresa española Sacyr.



Figura 2.15 Puente de Pumarejo

El puente cuenta con 3237 metros de longitud y 800 metros de tramo atirantado, convirtiéndose en el puente más grande de Colombia y uno de los más grandes del mundo. Costando cerca de 800.000 millones de pesos, la tecnología BIM fue una de las cosas más importantes del proyecto, ya que se utilizó para todo el proceso constructivo como enseña Sacyr en su vídeo ([https://www.youtube.com/watch?v=O9-UpSs2uKY&ab\\_channel=SomosSacyr](https://www.youtube.com/watch?v=O9-UpSs2uKY&ab_channel=SomosSacyr)) en el que se pueden ver cada uno de los diferentes elementos arquitectónicos que componen el puente.



Figura 2.16 Modelo del Puente de Pumarejo

### 2.3.3. Estadio Santiago Bernabéu

En España, otro ejemplo de usos de la tecnología BIM es en la remodelación del estadio Santiago Bernabéu de Madrid llevada a cabo por la empresa española FCC Construcción. Aquí el BIM fue casi indispensable para la excavación de una parte del terreno, así como la construcción de las gradas y la enorme cubierta de acero que hacen necesaria una gran coordinación, que se consigue con estos modelos virtuales. Como en otros proyectos, muchos de los elementos y piezas del estadio fueron prefabricados con lo que se reduce el tiempo y se abaratan costes.



Figura 2.17 Fotografía aérea del Santiago Bernabéu (realmadrid.com)

Para hacer esta remodelación hubo que construir previamente el modelo BIM del anterior estadio que se usaría como base a la hora de llevar las modificaciones. La nueva estructura de cubierta fija tendrá más de 9000 toneladas de acero y estará formada por dos cerchas de 177 y 144 metros. El edificio Este constará de 11 plantas formadas por 21 pórticos radiales al estadio existente.

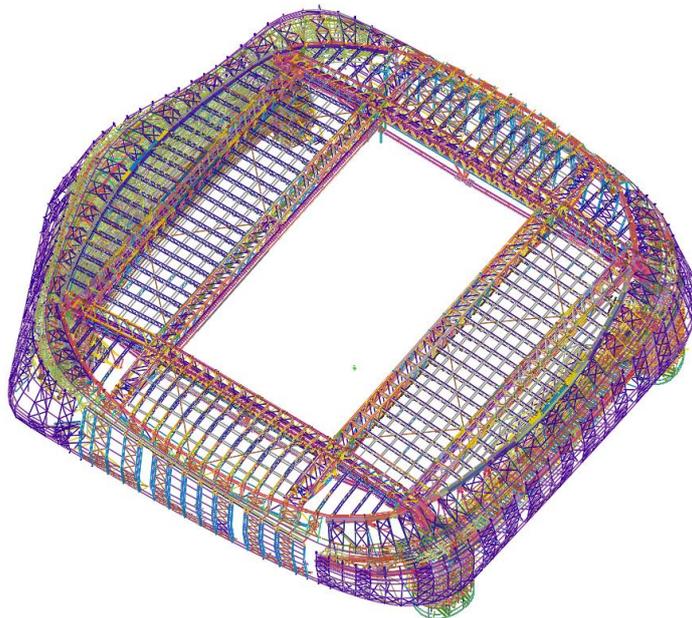


Figura 2.18 Captura del modelo BIM del estadio (realmadrid.com)

#### 2.3.4. Torre Shanghái de China

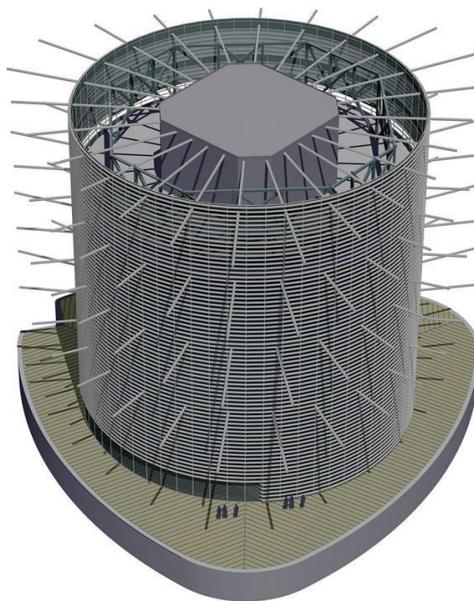
La torre Shanghái es otro ejemplo de uso de BIM, en este caso llevado a cabo por una firma de arquitectura americana llamada Gensler. El rascacielos fue construido en 2008 y tiene 632 metros de altura y 128 pisos. Tiene una forma asimétrica para protegerla del viento, y una

torsión que hubiesen sido imposibles de dibujar en 2D, gracias a la tecnología BIM este rascacielos pudo acabarse un 30% más rápido que otras estructuras similares.



*Figura 2.19 Torre Shanghai*

Una de las novedades introducidas en la torre fue la incorporación de unas tecnologías para conseguir fuertes ahorros energéticos y para soportar terremotos. Esto último se consiguió colocando 980 pilotes de cimentación subterránea a 85 metros, que actuarían como refuerzos sísmicos, junto con hormigón para anclar el edificio principal.



*Figura 2.20 Modelo de los refuerzos sísmicos de la torre*

## 3. MODELADO DE LA FACULTAD

### 3.1. Datos de partida

Para hacer este trabajo se contaba con planos en formato digital (DWG) del año 2008 de las 4 plantas y el semisótano, el alzado principal, posterior y ambos laterales. También se contaba con 2 secciones de la facultad para ver los tramos de escalera interiores del edificio.

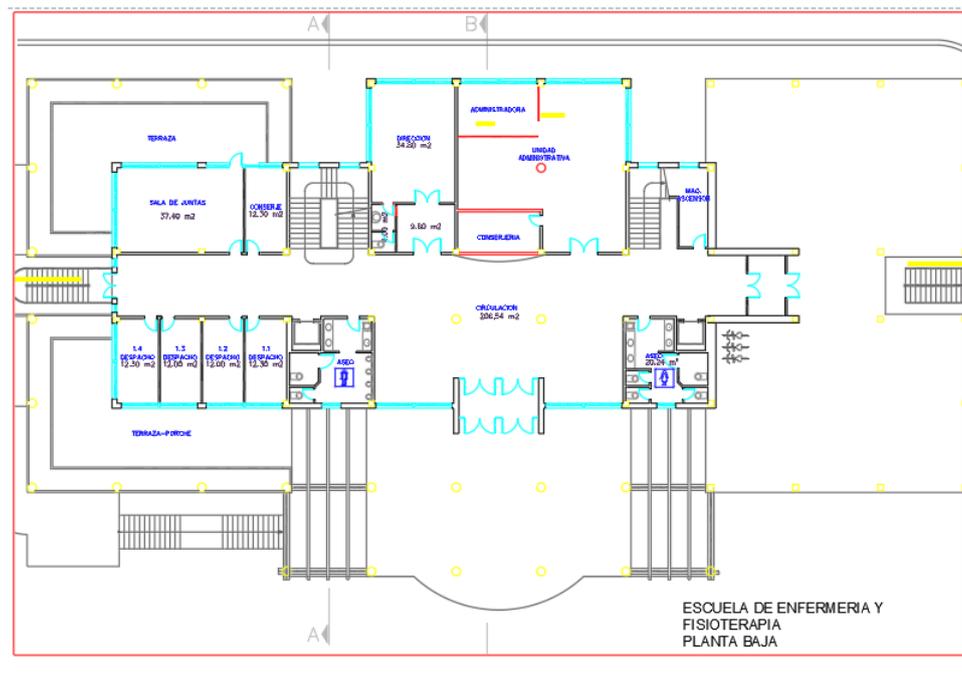


Figura 3.1 Planos realizados en 2008 de la planta baja

### 3.2. Modelado arquitectónico

Una vez se determina en qué orden realizar el proyecto se procede al modelado

#### 3.2.1. Creación del archivo de proyecto

Antes de empezar a modelar se debe de crear un archivo de proyecto y se deben de seleccionar las unidades del sistema métrico.

Una vez se genere el archivo se procederá a crear los niveles, en este caso se crearon 7 niveles, 5 de ellos de cada una de las plantas incluyendo el semisótano y 2 de ellos de las cubiertas, ya que unas están situadas por encima de las otras.

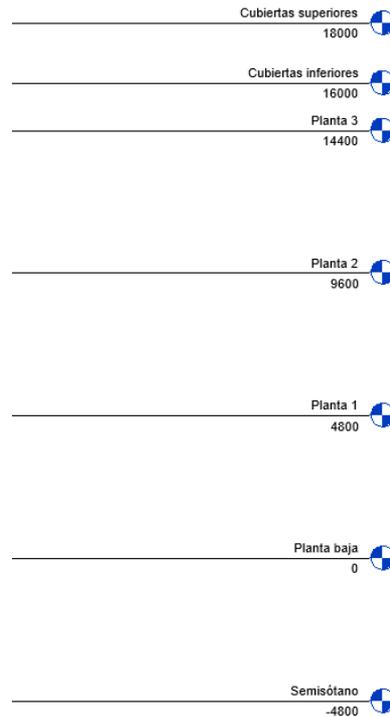


Figura 3.2 Creación de niveles

### 3.2.2. Importación de planos

En este caso al tener los planos originales en formato DWG se importarán a REVIT para usarlos de plantilla a la hora de colocar los muros. Los planos originales están a escala 1/100 por lo tanto a la hora de importarlos hay que multiplicarlos por 100 para que coincida con las medidas con las que se está trabajando.

Se importarán los planos correspondientes seleccionando cada DWG con su nivel correspondiente y sólo se importarán las capas que contengan elementos arquitectónicos para evitar importar también las capas de texto que ensuciarían mucho el espacio de trabajo.

El origen de los planos originales no concuerda con el elegido en el archivo Revit por lo tanto a la hora de importar es importante seleccionar para todos ellos el mismo origen. Sino cada planta estaría situada en un punto distinto y no encajaría una con otra.

Al importar los planos también se importan sus referencias, en este caso, algunos de los muros interiores no estaban y otros se habían puesto en su lugar organizados de otra forma, así que estas referencias facilitaron bastante el trabajo.

### 3.2.3. Muros

#### 3.2.3.1. Exteriores

Los muros exteriores de este edificio son de ladrillo visto de 300mm y en la cara de acabado interior tienen una capa de yeso blanco. Sabiendo eso, se selecciona el muro básico que viene

por defecto en el programa y se editan sus propiedades para que coincidan lo mejor posible con las reales, el núcleo de ladrillo envolviendo una capa de aislante y una de aire para reducir los costes energéticos, en la cara exterior al ser ladrillo visto no hay ninguna capa de acabado, pero en el interior se le coloca una capa de yeso. Los materiales seleccionados fueron los de la biblioteca de Revit al ser materiales habituales.

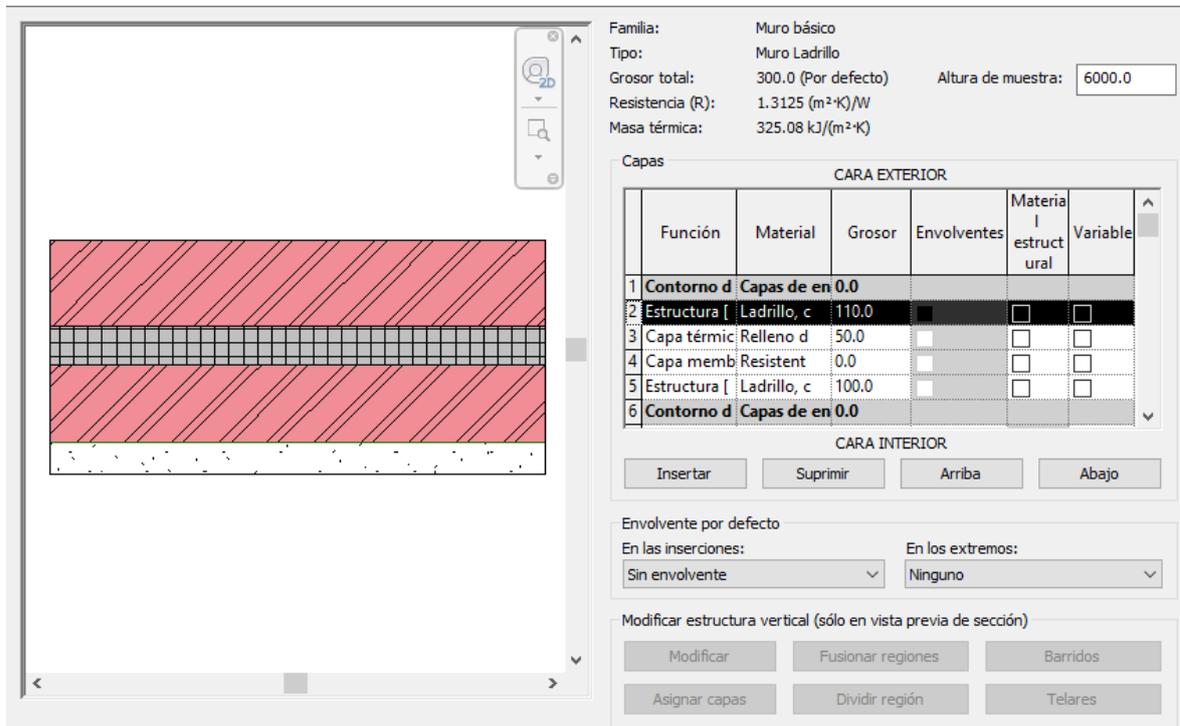


Figura 3.3 Muro exterior

Los muros del semisótano son muros de cimentación de 300mm hechos en su mayoría por hormigón por lo que al igual que los anteriores, se partió de la familia básica de Revit de muros de cimentación y se le añadió a cada lado un acabado superficial de color blanco.

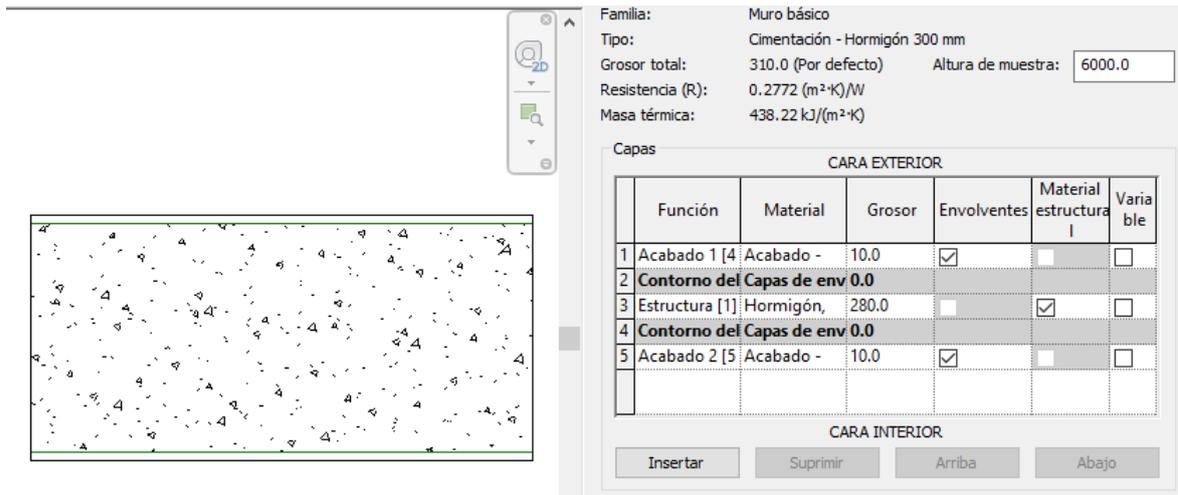


Figura 3.4 Muro de cimentación

### 3.2.3.2. Interiores

Los muros interiores tienen diferentes grosores en todo el edificio, por lo que se han tenido que crear uno por uno con los grosores reales, partiendo del muro genérico de Revit, duplicándolo para no perder la familia genérica y cambiándolo de nombre y de grosor para identificarlo posteriormente.

Los tabiques de separación de la tercera planta son de pladur, que se creó a partir de una placa de yeso laminado entre dos placas de cartón, a la que se añadió pintura blanca como acabado superficial

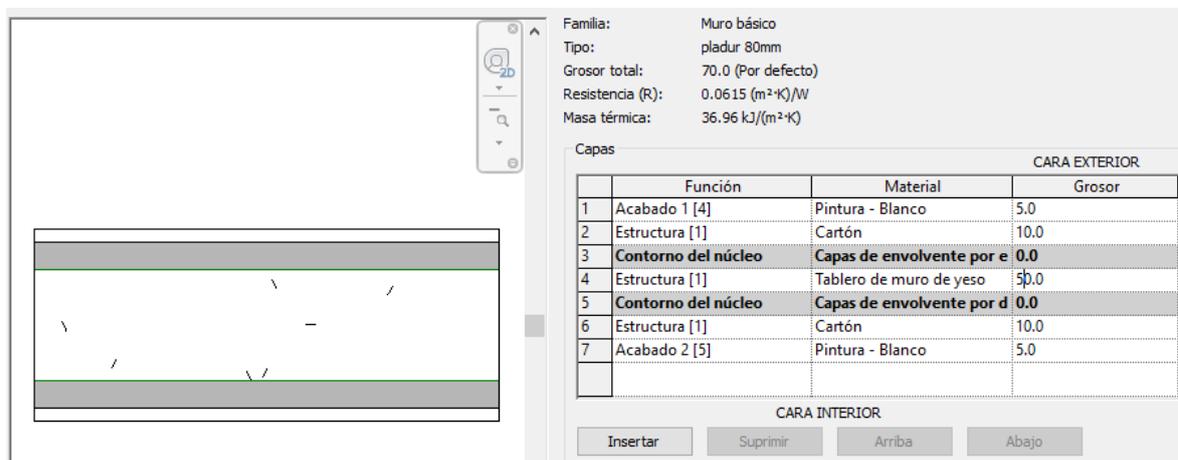


Figura 3.5 Muro de pladur

### 3.2.4. Ventanas

En este edificio hay diferentes tipos de ventanas, las rectangulares básicas que podemos encontrar en cualquier edificio, unas ventanas batientes de techo y unas redondas para dar luz a la zona de las escaleras.

Las ventanas redondas se descargaron de internet (bimobject.com), las que necesitábamos para el proyecto tenían un diámetro de unos 120cm, esta familia de ventanas que se descargó venía con un catálogo incorporado en el que pudimos seleccionar un diámetro de 48" así que solo hubo que colocarlas centradas en la pared entre las paredes exteriores y a la altura correspondiente.

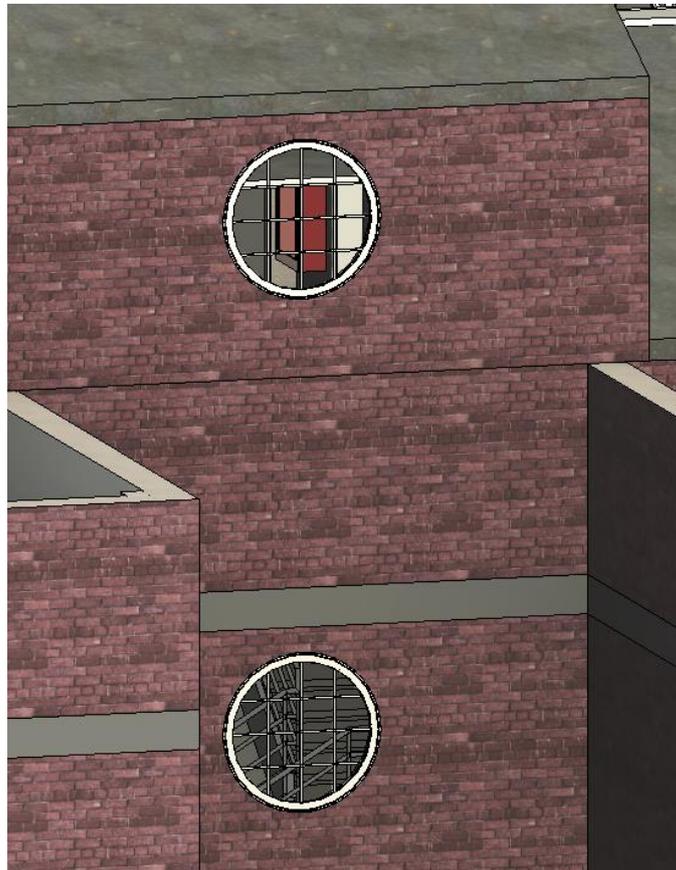


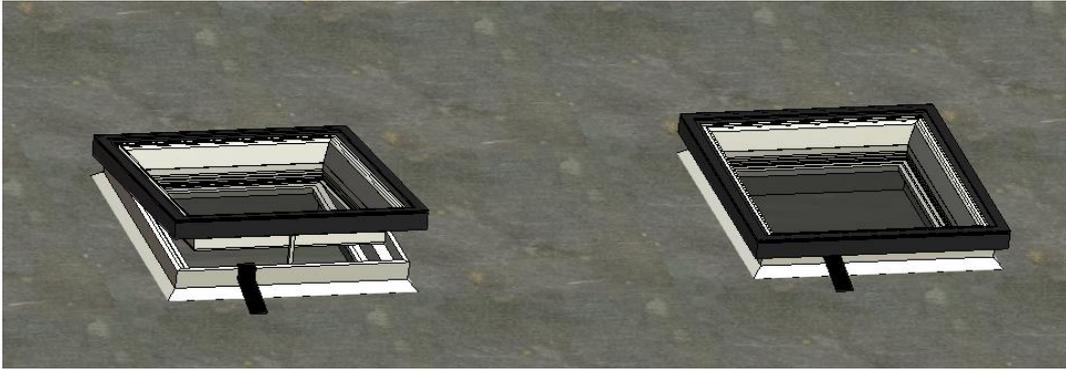
Figura 3.6 Ejemplo ventana redonda situada en el modelo

Para las ventanas de techo también se recurrió a una familia de internet (bimobject.com), en este caso las ventanas venían sólo en unas medidas así que hubo que modificarlas.

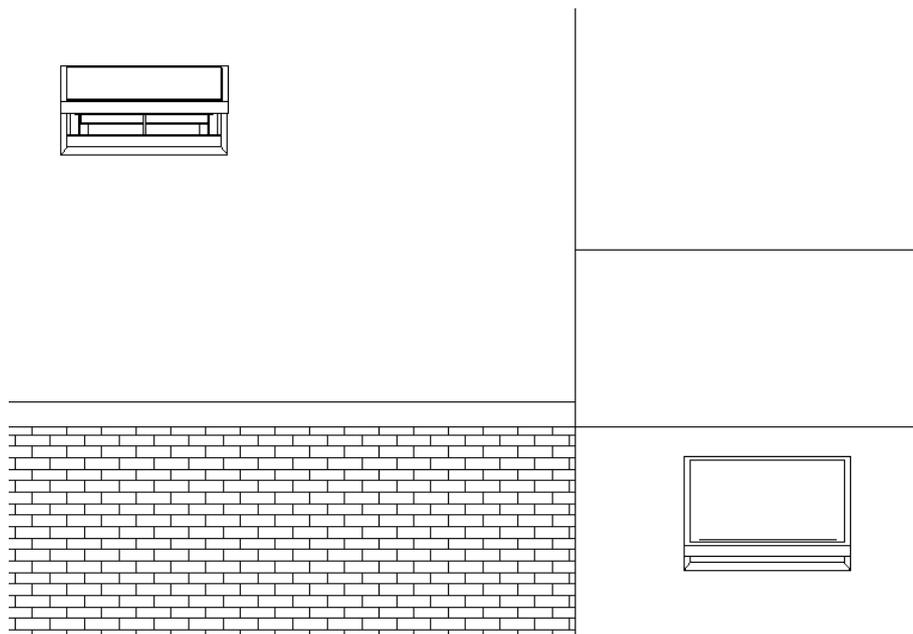
Cotas	
Altura	1000.0
Altura aproximada	840.0
Anchura aproximada	1340.0
Anchura	1000

Figura 3.7 Propiedades de las ventanas de techo

Para colocarlas en el modelo, una vez cambiadas las medidas, hay que colocarlas sobre una cubierta así que podríamos colocarlas en cualquier vista en la que apareciese la cubierta sobre la que queremos colocarla. Estas ventanas vienen con una opción desmarcada que podemos activar para que aparezca la ventana abierta.



*Figura 3.8 Ventana abierta (izquierda) vs ventana cerrada (derecha)*



*Figura 3.9 Vista 2D de las diferentes configuraciones de ventana*

Esta opción hace que tengamos que situar las ventanas en la vista 3D para poder distinguir adecuadamente hacia qué lado abre la ventana ya que generalmente para que no entre la lluvia el hueco que se abre en la ventana queda orientado hacia abajo protegido por el propio cristal. Si estuviesen orientadas de la otra manera en caso de llover, las gotas caerían por la pendiente del techo e irían a meterse directamente al interior del edificio por este hueco.

Una vez están todas las ventanas orientadas correctamente sólo habría que colocarlas en su sitio, utilizando las plantillas de los planos sobre las que se está trabajando. Utilizaremos la herramienta de alinear para facilitar el trabajo, ya que son 32 ventanas las que hay que colocar y se tardaría mucho si tenemos que ir modificando las medidas una a una.

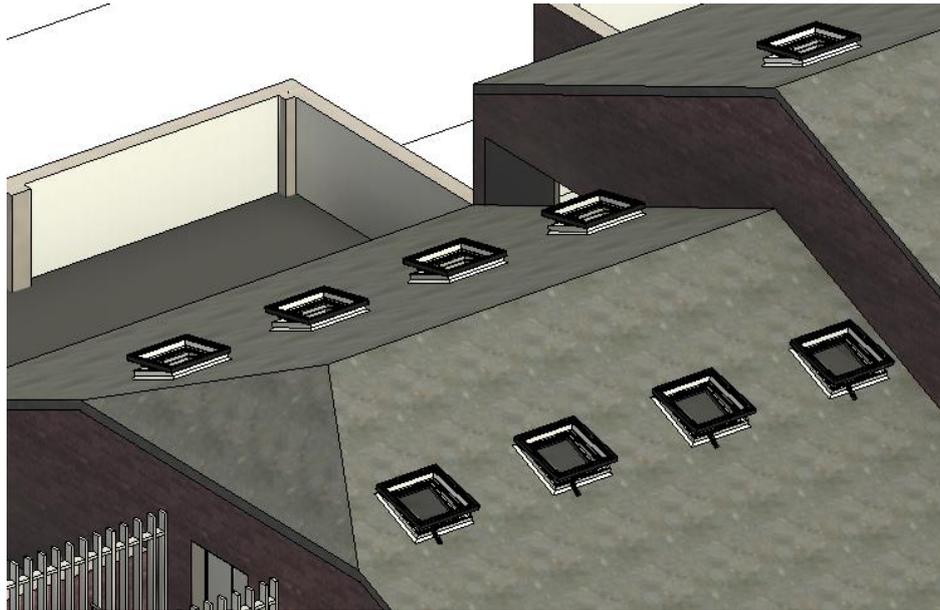


Figura 3.10 Ventanas de techo colocadas en las cubiertas

Por último, quedan las ventanas de la fachada, al no encontrar una familia que se asemejase lo suficiente y al ser principalmente ventanas de 2x1 y 3x1 se decidió crear una familia nueva. La creación de las dos familias de ventanas es muy similar, la única diferencia es que para la familia de 2x1 hay que dejar un hueco menos. Para esto el programa tiene unas plantillas de diferentes familias, puertas, muros, ventanas, y seleccionando esta última podemos ir a su edición y cambiarla a nuestro gusto.

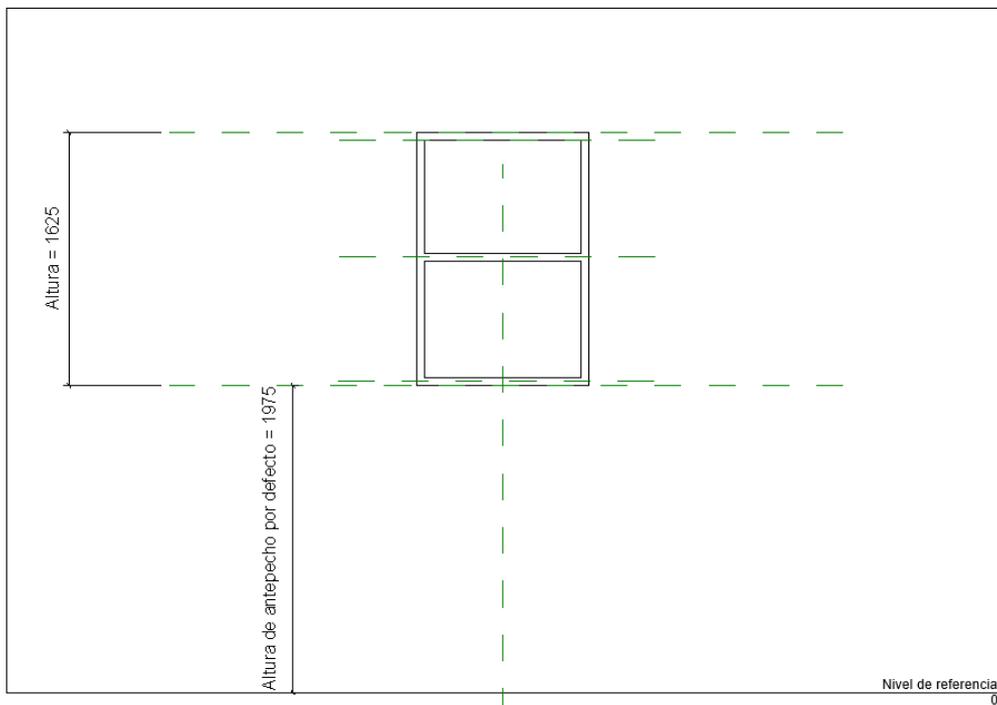


Figura 3.11 Creación de ventana 2x1

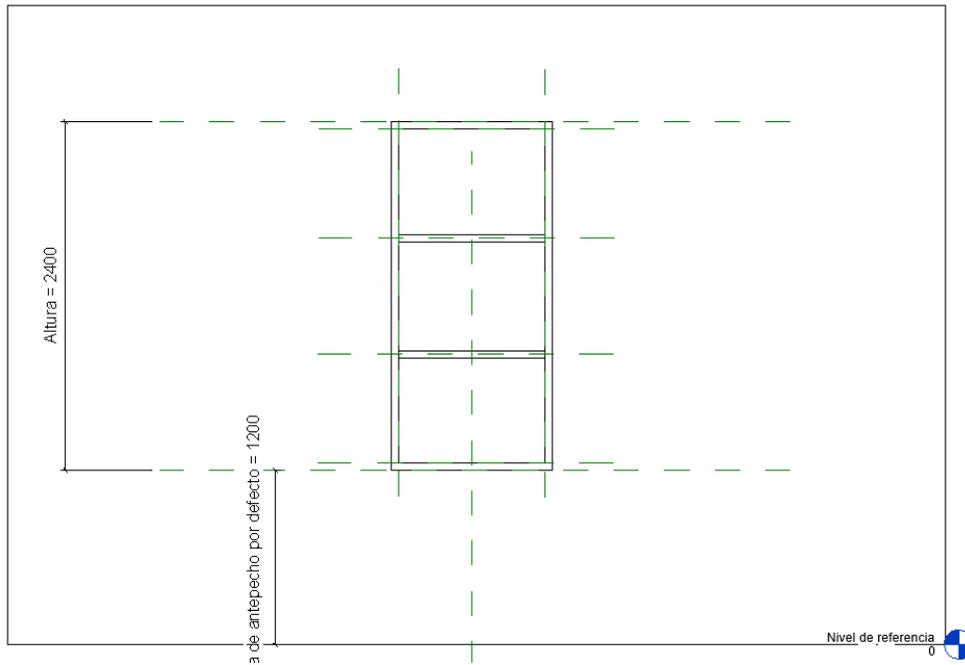


Figura 3.12 Creación de ventana 3x1

Esta familia en concreto se creó dibujando los límites sobre los que iría el marco, y seleccionando el interior para generar el hueco de cristal. Una vez hecho el marco se le dio la profundidad requerida y después al cristal, hay que tener en cuenta que el marco siempre sobresale unos centímetros por las partes interior y exterior de la pared.

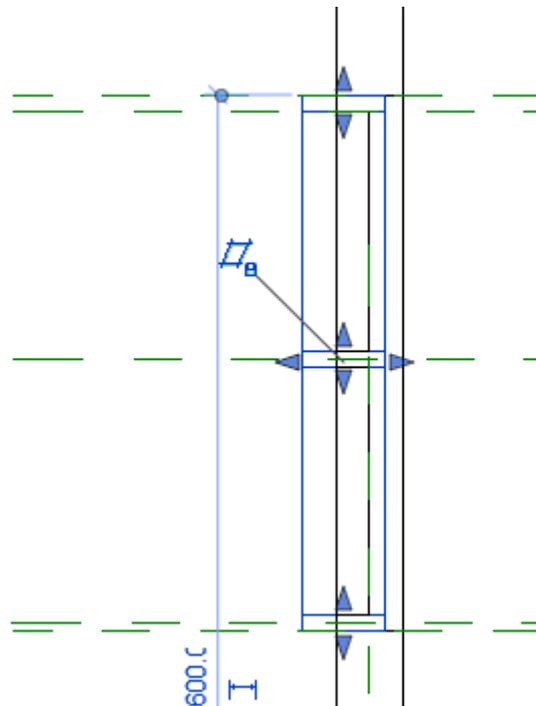


Figura 3.13 Vista lateral de las diferentes profundidades del cristal y el marco de la ventana

Creada la familia solo quedaría colocar las distintas ventanas. En la fachada del edificio las ventanas de 3x1 se agrupan en pares formando una estructura de 3x2, esto se hará con la herramienta de alinear. Posteriormente las ventanas de 3x2 se juntan con otras de 3x2 para formar una de 3x4, pero esta vez dejando una separación entre medias de unos pocos centímetros. Por último, esta nueva estructura de 3x4 se unirá a otras dos para formar la cristalera cada planta, esta vez la separación entre cada una de las estructuras de 3x4 es aún mayor.

Hay plantas en las que esta cristalera de 3x12 ocupa toda el aula al no tener divisiones interiores, pero en otros casos cada una de las estructuras de 3x4 dará luz a un aula diferente.

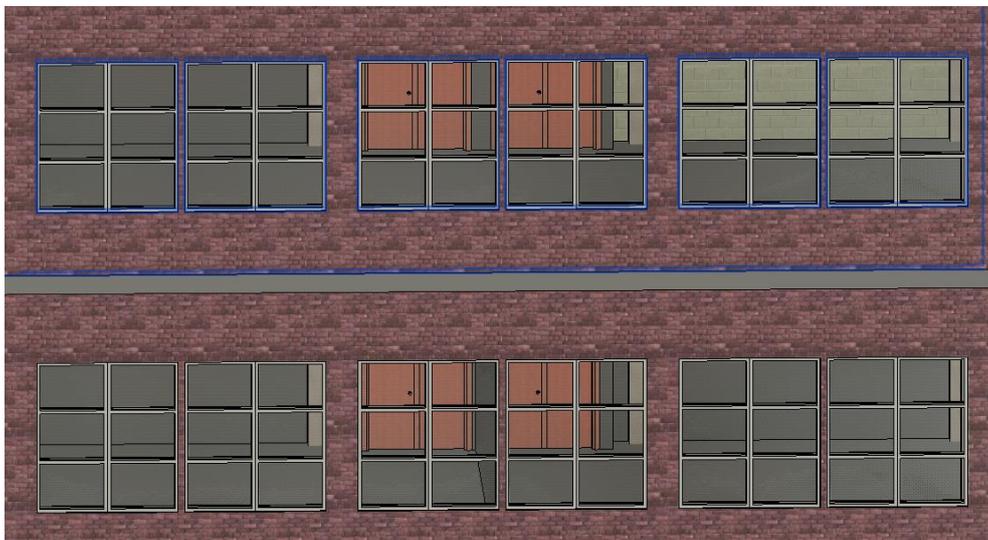


Figura 3.14 Fachada con los conjuntos de ventanas colocados, en el piso superior la estructura de 3x12 da luz a toda el aula, mientras que en la inferior el conjunto se ha dividido en 2

### 3.2.5. Puertas

El programa como en todas las familias, te da varias opciones según el nivel de detalle que se le quiera dar y el nivel de conocimiento que se tenga del propio programa, la opción más básica es sacar un modelo de internet que vendrá por defecto con unas medidas y unas texturas predeterminadas que muchas veces no se podrán modificar, la segunda opción y la más común es partir de una familia de las que trae el programa por defecto y modificar los parámetros para que se asemeje lo más posible a la puerta real del edificio, y la tercera es crear una nueva familia de cero utilizando las plantillas que se tienen en el programa. En este caso se ha importado una puerta de internet ( ), la puerta de emergencia, el resto se han hecho a partir de la modificación de las familias de puertas que había en el programa. Otra de las cosas positivas del programa es que hay ciertas familias que vienen sin texturas por defecto, así se puede duplicar y asignar a cada tipo de puerta que haya en el proyecto unas texturas diferentes.

Las texturas de las puertas por defecto de Revit están agrupadas en 3 clases, marco, panel y tirador; en este caso todas las puertas interiores están hechas de la misma forma, un marco de madera con un acabado más oscuro, un panel también de madera con un acabado más claro y un tirador de metal.

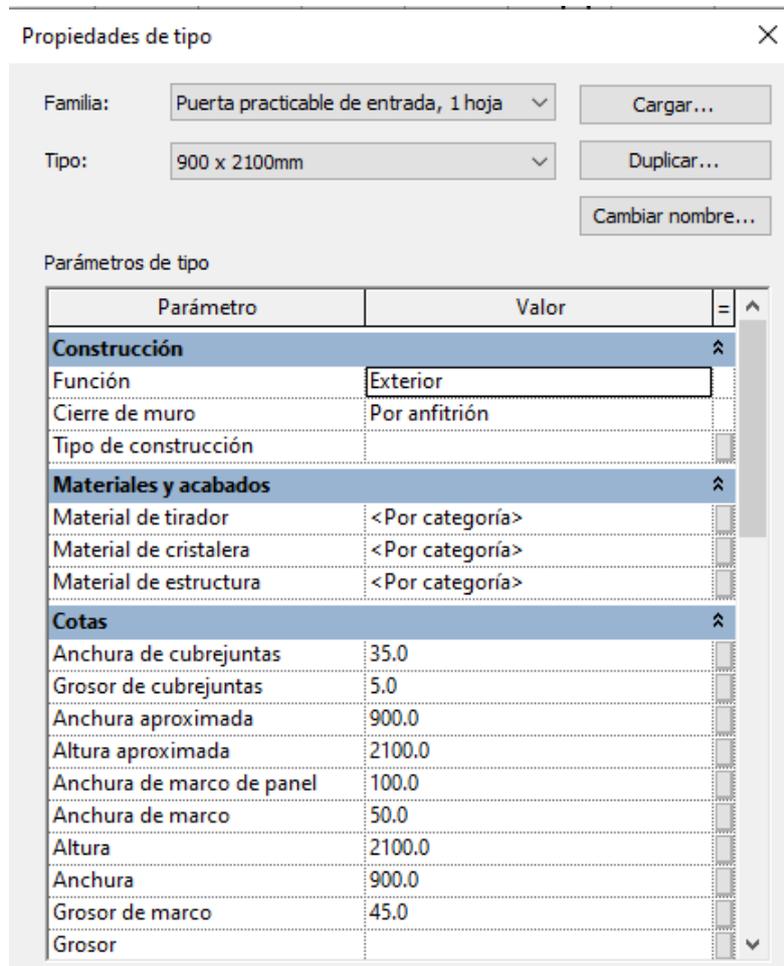


Figura 3.15 Puerta sin texturas (materiales y acabados)

Para completar estas texturas se recurrió a la biblioteca de materiales del programa, donde se puede encontrar filtrando por la palabra “puerta” varios materiales creados por defecto que homogeneizarán el proyecto y no tener cada puerta de un color diferente, así encontramos el marco, el tirador y el panel de las puertas.

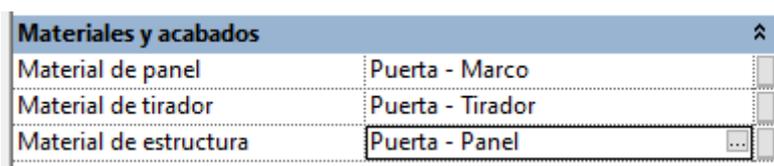


Figura 3.16 Puerta con texturas añadidas (materiales y acabados)

En la planta baja se tienen dos puertas de salida de cristal, ambas correderas accionadas por un sensor. Estas puertas se encuentran en la salida derecha de la planta baja, que va a dar al patio y a las escaleras de emergencia.

Para crear esta puerta se partía de la familia de Revit de puertas correderas y tan sólo hubo que modificar las medidas para que se ajustase a nuestro proyecto y, editando el tipo de puertas, se cambió el material del panel por cristal y el de su marco por aluminio.

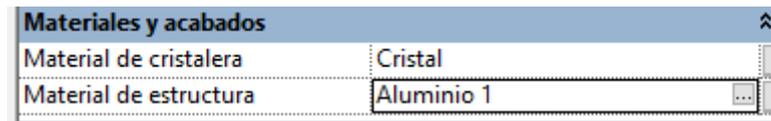


Figura 3.17 Puerta corredera de cristal con materiales modificados

Por último, la puerta de emergencia se descargó de una biblioteca online de familias al ser algo bastante corriente y común en otros proyectos. La puerta debía de ser de dos hojas y en su interior estar accionada por un tirador antipánico, que es como se conoce a la barra de metal situada en la cara interior de las puertas de emergencia, que sirve para evacuar rápidamente y sin necesidad de pensar en usar el tirador en caso de una verdadera emergencia.

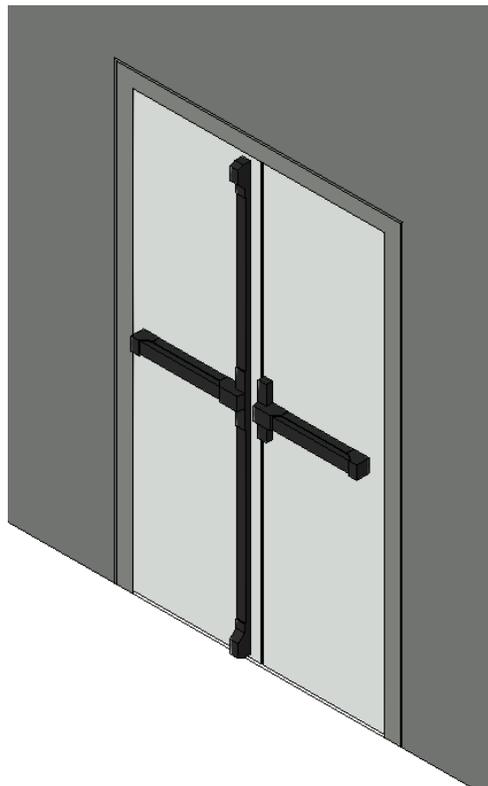


Figura 3.18 Puerta de emergencia montada con tirador antipánico

### 3.2.6. Escaleras, rampas y barandillas

En este proyecto en concreto tan sólo hay una rampa con un descansillo y se modeló sencillamente con la herramienta de Revit de rampa, seleccionando una base y una altura y dibujando su recorrido.

Una vez dibujado el recorrido nos aseguramos de que coincida con el nivel superior y con el inferior con la herramienta de alinear, seleccionando primero el elemento fijo y luego la rampa, una vez hecho eso ya podemos crear el descansillo y juntar a este la otra rampa que la unirá con la escalera y estas con la acera del semisótano.



Figura 3.19 Herramienta Alinear

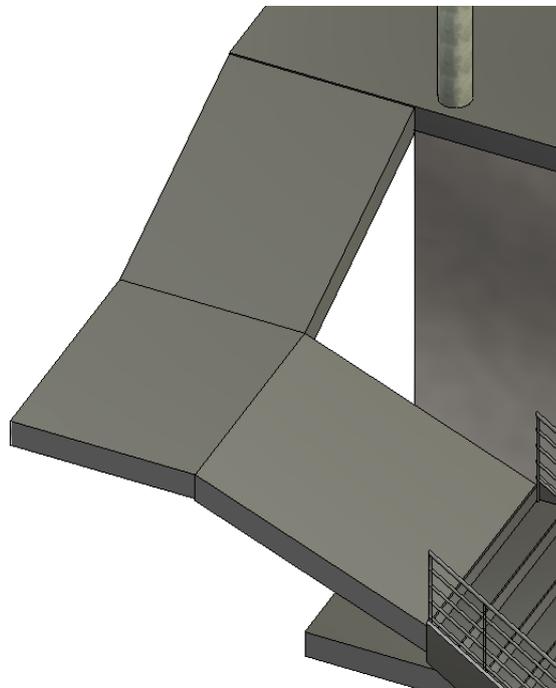


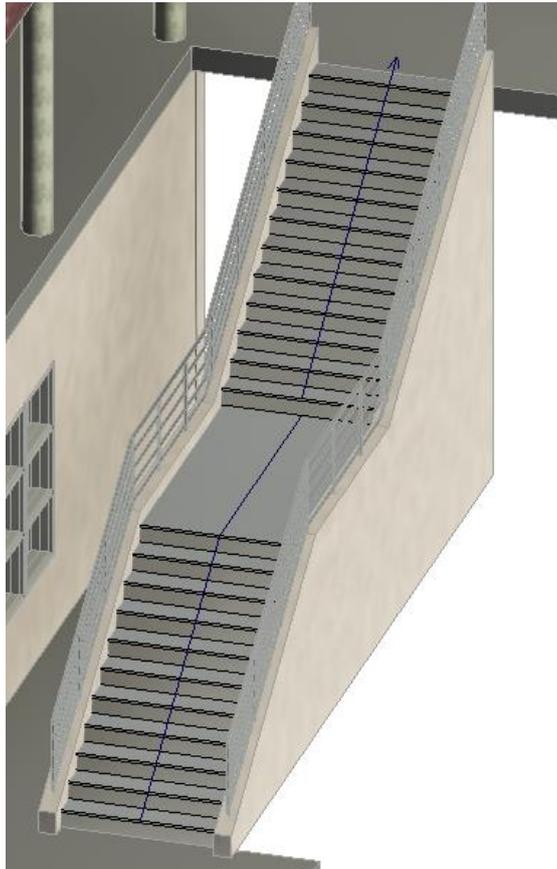
Figura 3.20 Tramo de rampa lateral

En cuanto a escaleras, se distinguirán 3 escaleras diferentes: las escaleras laterales de una altura con un descansillo, las escaleras interiores del edificio que dan acceso al resto de plantas y, por último, las escaleras de emergencia situadas a ambos lados del edificio.

El programa a la hora de colocar escaleras da diferentes opciones en las que calcula automáticamente el tamaño de la huella en un rango de valores por defecto; unas escaleras en línea recta o en espiral, en las que simplemente se les da un recorrido nivel base y un nivel superior en las que sólo haría falta escoger el tipo de escalera que se quiera utilizar (hormigón, metal...); unas escaleras circulares en las que dando un punto inicial y otro final dibuja unas escaleras en espiral en las que sólo habría que seleccionar el ángulo de giro horario o anti

horario; unas escaleras con peldaño compensado, que se realizarían de forma parecida a las anteriores sólo que estos peldaños adaptan el tamaño de la huella con los peldaños rectangulares adyacentes; y, por último, unas escaleras por boceto, en la que hay que dibujar el contorno, la contrahuella y el camino de la escalera.

Las escaleras laterales se han hecho utilizando la primera opción, la escalera del lateral izquierdo del edificio se ha hecho simplemente introduciendo el tamaño y los niveles que conecta, y a la escalera de la parte principal, que une las aceras del sótano y la de la entrada, se le añadió, con la herramienta, un descansillo de 3 metros de largo situado a 2,3 metros de altura.



*Figura 3.21 Tramo de escaleras laterales con descansillo*



*Figura 3.22 Fotografía de las escaleras reales de la facultad*

Las escaleras interiores tienen una geometría complicada, al tener dos descansillos separados por un tramo pequeño de escalera, por lo tanto, para que queden de la forma más parecida a las originales posible se modelaron con la herramienta de dibujar escalera, en la que se dibujan las contrahuellas del tamaño que se desee, el tramo de la escalera del ancho que se desee para que se ajuste al hueco del que se dispone y la pendiente de la escalera que va a indicar que tramos de la escalera dibujada tendrán peldaños y que niveles conectarán.



*Figura 3.23 Fotografía de las escaleras interiores de la facultad*

En este caso todas las escaleras interiores tenían el mismo hueco y la misma distribución, el programa permite copiar y pegar elementos completos así que se copió esta primera escalera creada y se colocó en cada una de las plantas.

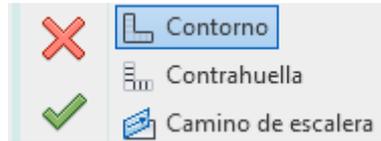


Figura 3.24 Herramientas para el dibujo de escaleras

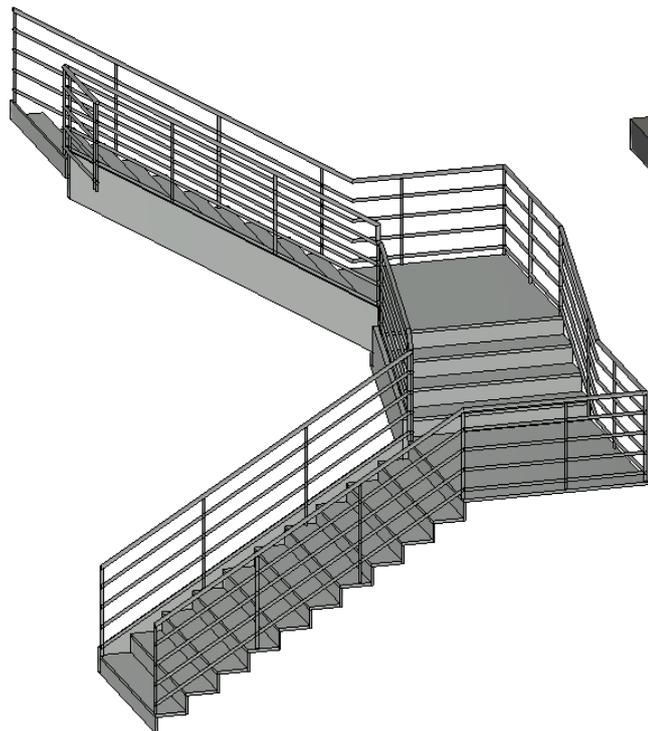
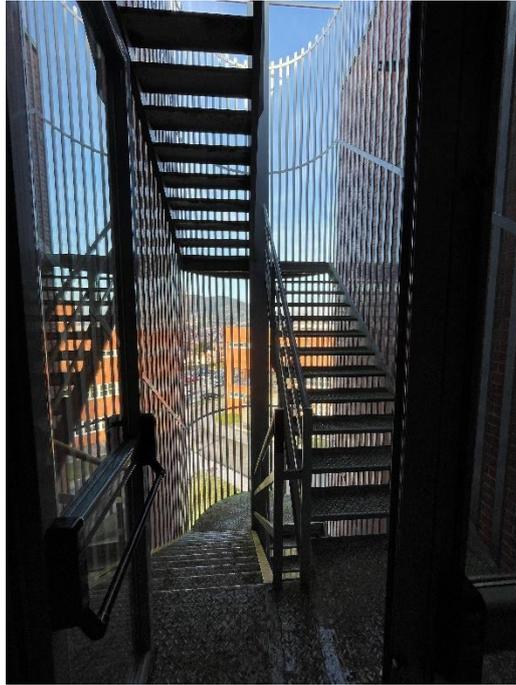


Figura 3.25 Escaleras interiores

<b>Materiales y acabados</b>		^
Material de huella	<Por categoría>	
Material de contrahuella	<Por categoría>	
<b>Huellas</b>		^
Huella	<input checked="" type="checkbox"/>	
Grosor de huella	30.0	

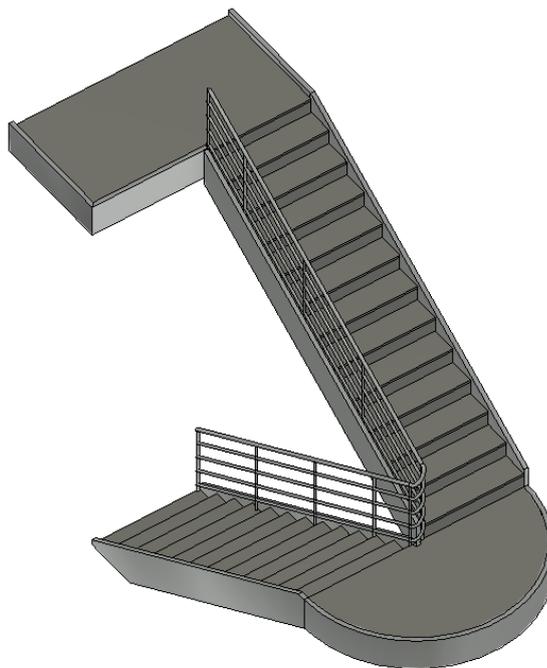
Figura 3.26 Selección de materiales para las escaleras interiores

Las escaleras de emergencia también tienen una geometría bastante particular, por la puerta de emergencia se va a dar a un descansillo que ocupa todo el ancho de la escalera, y en mitad del tramo de peldaños hay un descansillo semicircular lo que haría muy difícil la creación de estas por medio de las herramientas básicas así que esta escalera se creó con la herramienta de dibujar escalera.



*Figura 3.27 Fotografía tramo escaleras de emergencia*

Todas las contrahuellas tienen el mismo ancho y grosor al igual que las contrahuellas, por lo tanto, la única parte diferente es la del descansillo del final de la escalera que tiene el mismo ancho que la misma, y el descansillo semicircular que tiene de diámetro el ancho total de la escalera.



*Figura 3.28 Tramo de escaleras de emergencia*

Parámetro	Valor
<b>Materiales y acabados</b>	
Material de huella	Acero inoxidable
Material de contrahuella	Acero inoxidable
<b>Huellas</b>	

Figura 3.29 Materiales escaleras de emergencia

Las barandillas de las escaleras se crean todas automáticamente siguiendo los recorridos exterior e interior del contorno. En las escaleras interiores las barandillas solo están puestas en el hueco de las escaleras ya que la parte exterior va pegada a la pared, y en las escaleras de emergencia igual.

Los tramos de barandilla que hay que añadir principalmente son los de las últimas plantas del edificio, tanto en las escaleras interiores como en las de emergencia, donde termina el tramo de escaleras, ahí hay que cerrar la barandilla para que no haya un hueco en el descansillo como se ve en la FIGURA. Esta barandilla se creará de forma sencilla con la herramienta de barandillas de Revit en la que simplemente se dibuja una línea en el nivel correspondiente indicando el recorrido de esta y el programa pondrá un tramo completo de barandilla.

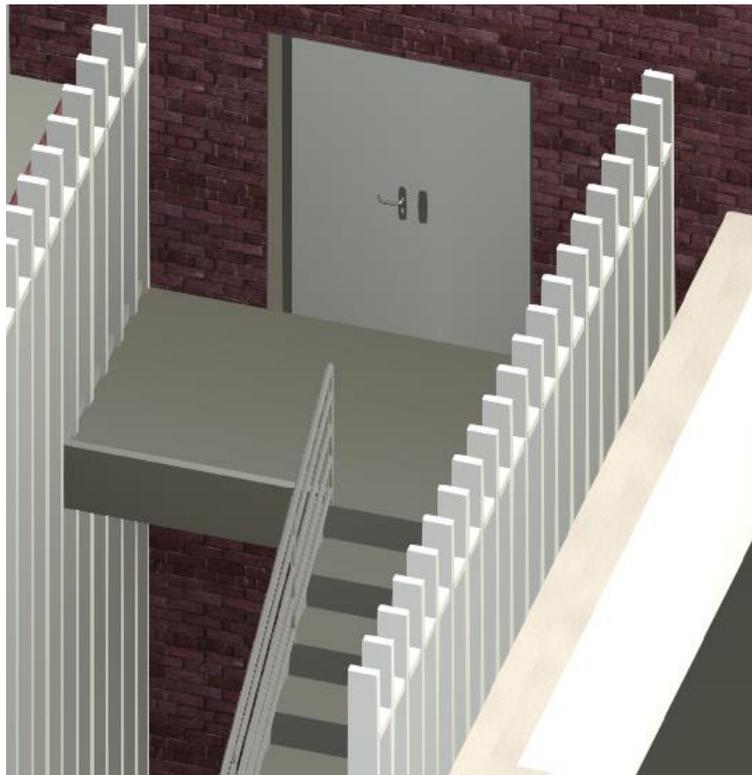


Figura 3.30 Hueco en el descansillo de las escaleras de emergencia

Hay veces que las barandillas se quieren colocar, como en este caso sobre el descansillo, por lo tanto, habrá que utilizar la herramienta de seleccionar anfitrión, para cambiar el anfitrión sobre el que se apoya la barandilla.

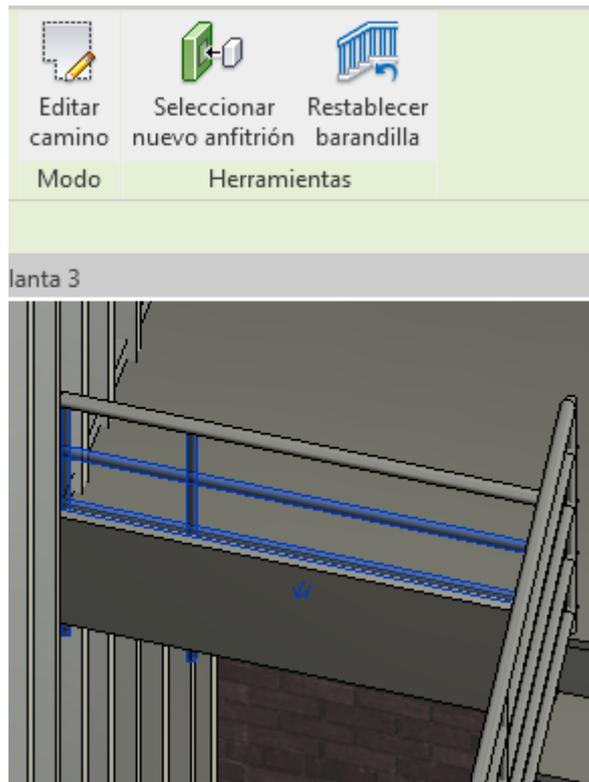


Figura 3.31 Edición de barandilla del hueco

Sobre los muros de las escaleras laterales y sobre los de la acera de la planta baja va una barandilla, en estos tramos también habrá que usar la herramienta de selección de nuevo anfitrión para que se apoye sobre esos muros.

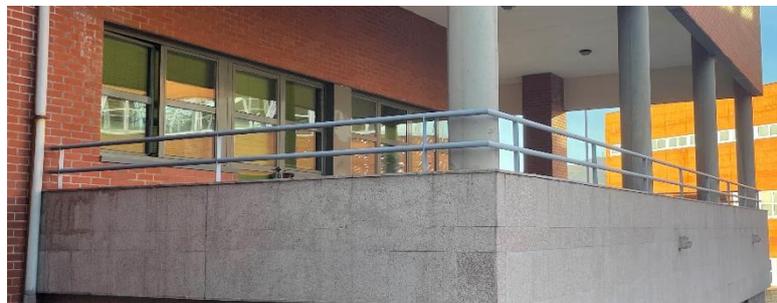


Figura 3.32 Fotografía de las barandillas instaladas sobre el muro de la planta baja

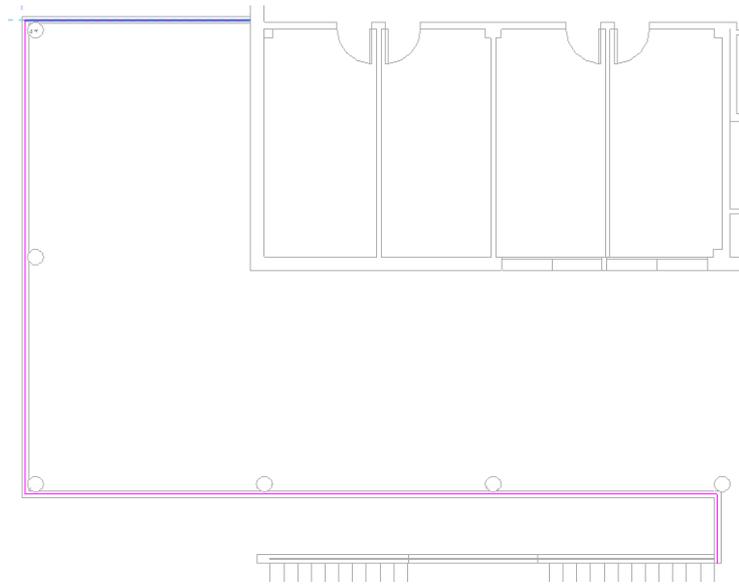


Figura 3.33 Dibujo de tramo de barandilla de la parte exterior



Figura 3.34 Representación 3D del tramo de barandillas de la figura anterior

Las barandillas, al igual que el resto de los elementos del BIM, pertenecen a una familia, que se puede modificar, en este caso las barandillas quedaban muy altas y con demasiadas divisiones, por lo tanto, accediendo al menú del editor de familias del programa se eliminó un barandal y se modificó la altura de los otros para que la barandilla que estaba apoyada sobre el muro quedase más baja.

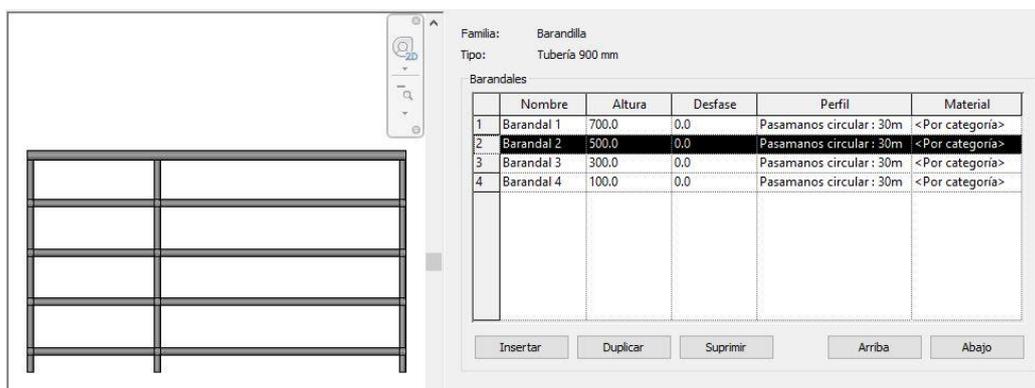


Figura 3.35 Barandilla con 4 barandales

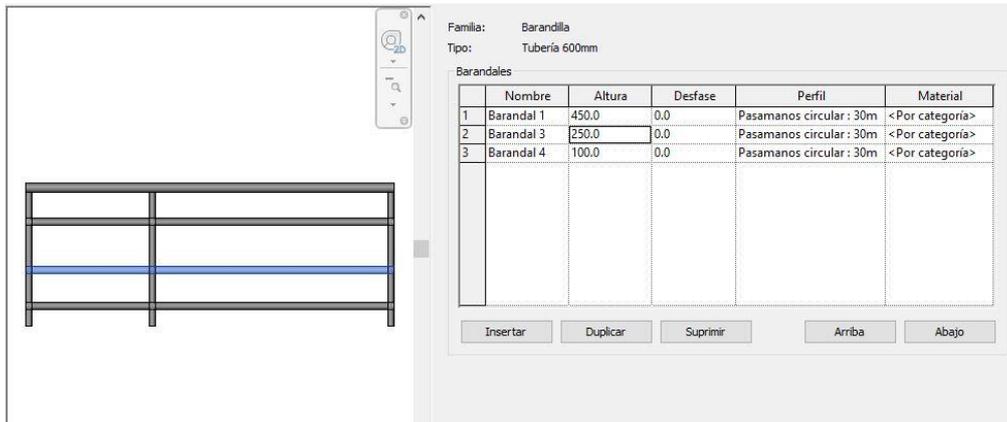


Figura 3.36 Barandilla final

### 3.2.7. Estructuras metálicas

En este proyecto también se modelaron las dos estructuras metálicas que hay en la facultad que a simple vista parecerían difíciles de modelar por su complicada geometría y tratarse de montantes metálicos, pero Revit tiene unas herramientas específicas para cada una de ellas que facilitan su creación.

La primera estructura metálica que se modelará será el muro de montantes que protege las escaleras de emergencia. Esto se hará creando un muro cualquiera de la forma en la que se quieren tener los montantes, en este caso dos muros rectos paralelos unidos por un muro semicircular.

Una vez creado el muro se tendría que cambiar por un muro cortina, duplicando este y cambiando la distribución de cristal por una distribución de montantes rectangulares de las dimensiones que se desean, dando la distancia vertical y horizontal entre ellos Revit creará la distribución automáticamente.

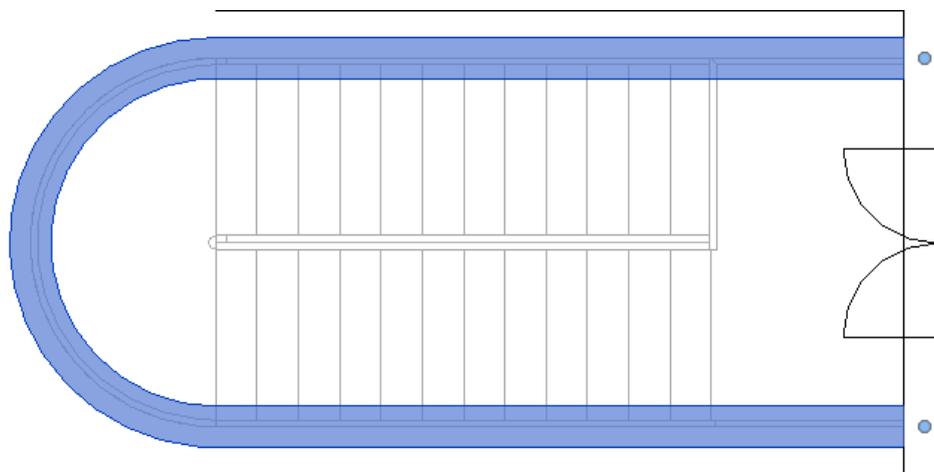


Figura 3.37 Dibujo de muro que contendrá la estructura metálica

Restricciones	
Línea de ubicac...	Eje del muro
Restricción de b...	Planta baja
Desfase de base	2400.0
La base está enl...	<input type="checkbox"/>
Distancia de ext...	0.0
Restricción sup...	Hasta nivel: Plan...
Altura desconec...	14400.0
Desfase superior	2400.0

Figura 3.38 Dimensiones de la estructura metálica

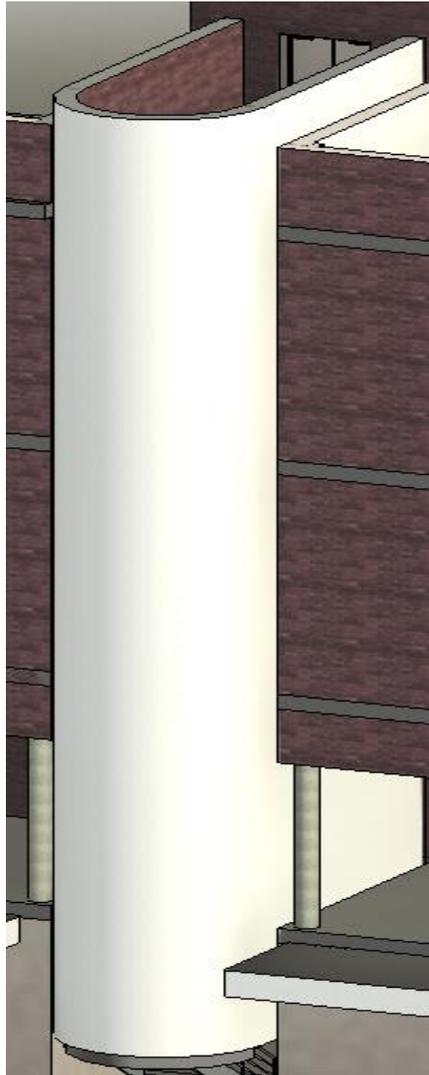


Figura 3.39 Vista 3D del muro que será transformado en estructura metálica

<b>Rejilla vertical</b>		
Diseño	Distancia fija	
Espaciado	250.0	
Ajustar para tamaño de montante	<input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Rejilla horizontal</b>		
Diseño	Distancia fija	
Espaciado	4700.0	
Ajustar para tamaño de montante	<input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Montantes verticales</b>		
Tipo de interior	Montante rectangular : 50 x 150mm	
Tipo de borde 1	Montante rectangular : 50 x 150mm	
Tipo de borde 2	Montante rectangular : 50 x 150mm	
<b>Montantes horizontales</b>		
Tipo de interior	Montante rectangular : 50 x 150mm	
Tipo de borde 1	Ninguno	
Tipo de borde 2	Ninguno	

Figura 3.40 Propiedades de las diferentes rejillas y montantes de la estructura metálica

Esta estructura metálica recorre ambos tramos de las escaleras de emergencia del edificio, en el caso del tramo este la cubre la escalera desde la tercera planta hasta el último descansillo de la planta baja, y en el caso del tramo oeste desde la tercera planta hasta el último descansillo del semisótano.



Figura 3.41 Fotografía de la estructura metálica que cubre las escaleras del tramo este, se puede ver que sólo llega hasta el descansillo de la planta baja

La segunda estructura metálica es una pérgola en la entrada del edificio, que es un sistema de montantes de acero que se encuentran a ambos lados de la cubierta de la zona de la entrada. Esta estructura metálica es más decorativa que estructural ya que la única carga que tiene es el propio peso de las vigas y esta soportado por las columnas que si son estructurales. Al no ser estructural se hará con un comando de armazón estructural llamado viga, que permite crear un sistema de vigas de diferentes materiales y formas sin ninguna restricción, ya que las opciones de modelado de vigas más avanzadas suelen pedir bucles cerrados.

Esta pérgola está apoyada en dos columnas y en la cubierta de la entrada y es un sistema de dos perfiles UB sobre los que van apoyados cinco perfiles cuadrados con bordes redondeados SQR, y para su construcción se colocaron a la altura correspondiente los perfiles UB y, una vez colocados, se crearon encima los cinco perfiles cuadrados equidistantes que iban a unirse a la fachada del edificio.



*Figura 3.42 Fotografía pérgola izquierda de la facultad*

Para hacer la pérgola del otro lado de la entrada se utilizó la herramienta de copiar y pegar y se situó en el sitio correspondiente con la herramienta alinear.



*Figura 3.43 Pérgola izquierda del edificio*

### 3.2.8. Cubiertas

Con los planos de las cubiertas se dibujan las cubiertas seleccionando como patrón los muros del último piso que la sostienen y se le da la pendiente necesaria en cada lado.

Las cubiertas de este edificio tienen diferentes alturas por las que para cada una habrá que situarse en la altura correspondiente, las cubiertas más altas son a dos aguas al igual que la cubierta central más baja. Estas simplemente se crean con la herramienta del programa para generar cubiertas, seleccionando el contorno exterior que ocupan y dibujando dos flechas que apuntan hacia el centro y que se unan en la mitad de las cubiertas.

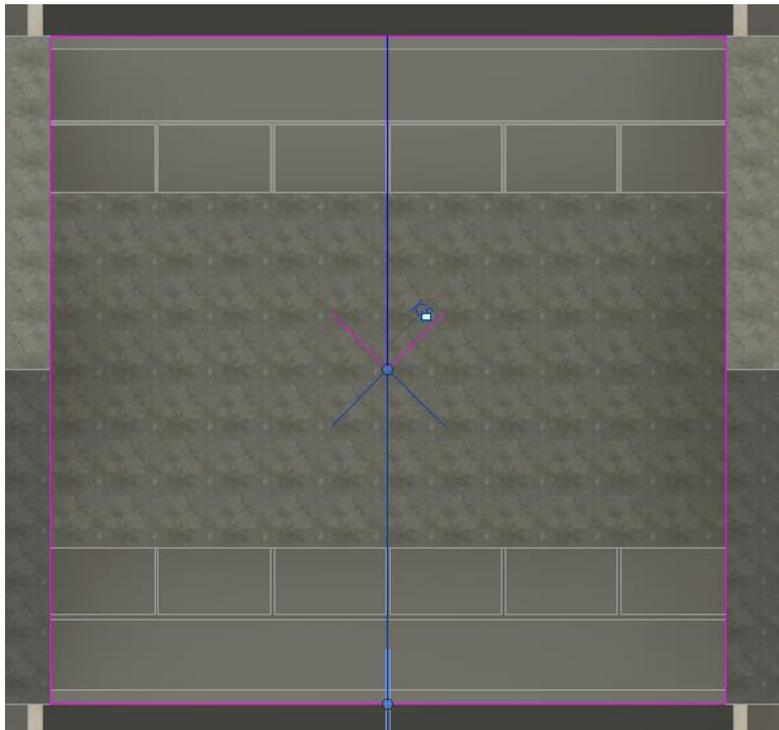


Figura 3.44 Diseño de las primeras cubiertas, o las cubiertas más bajas del edificio

Para las cubiertas más bajas, que son las que están a ambos lados del edificio, el proceso inicial es el mismo, seleccionando el contorno, las flechas indicando la pendiente..., pero en su parte más exterior está achatada, esto se consigue modificando la altura de los extremos de la flecha de pendiente haciendo que esta empiece a partir de la altura que necesitamos, esta flecha de pendiente no llega hasta el centro de la cubierta.

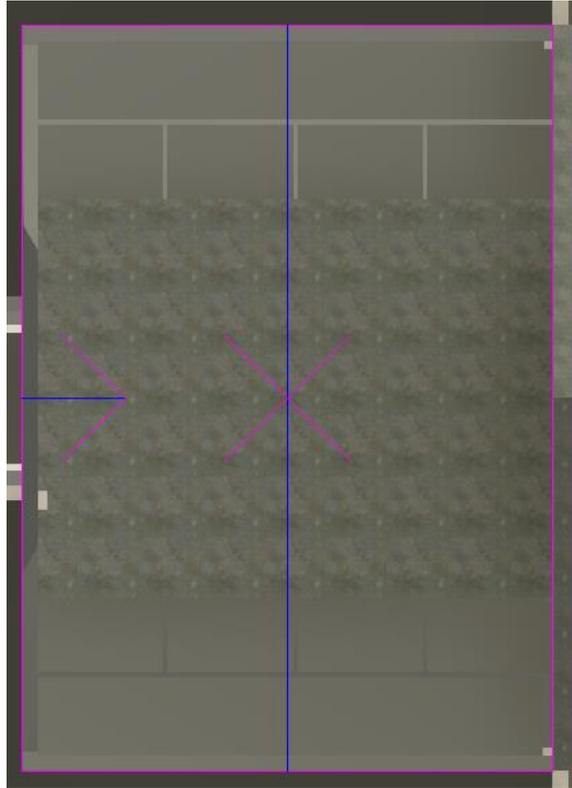


Figura 3.45 Diseño de las cubiertas más altas del edificio

### 3.3. Mecánica

En esta parte del proyecto se crea un nuevo archivo vinculado al anterior de disciplina mecánica para poder trabajar sobre la parte arquitectónica. Al estar vinculados cualquier cosa que se modifique en uno se verá en el otro.



Figura 3.46 Fotografía de radiador con toma superior de suministro e inferior de retorno de agua

Este archivo incluirá los elementos mecánicos de la facultad, en este caso los radiadores y las tuberías de agua que los suministran. Para colocar los radiadores en un proyecto mecánico estos deben de pertenecer a la tipología MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing).

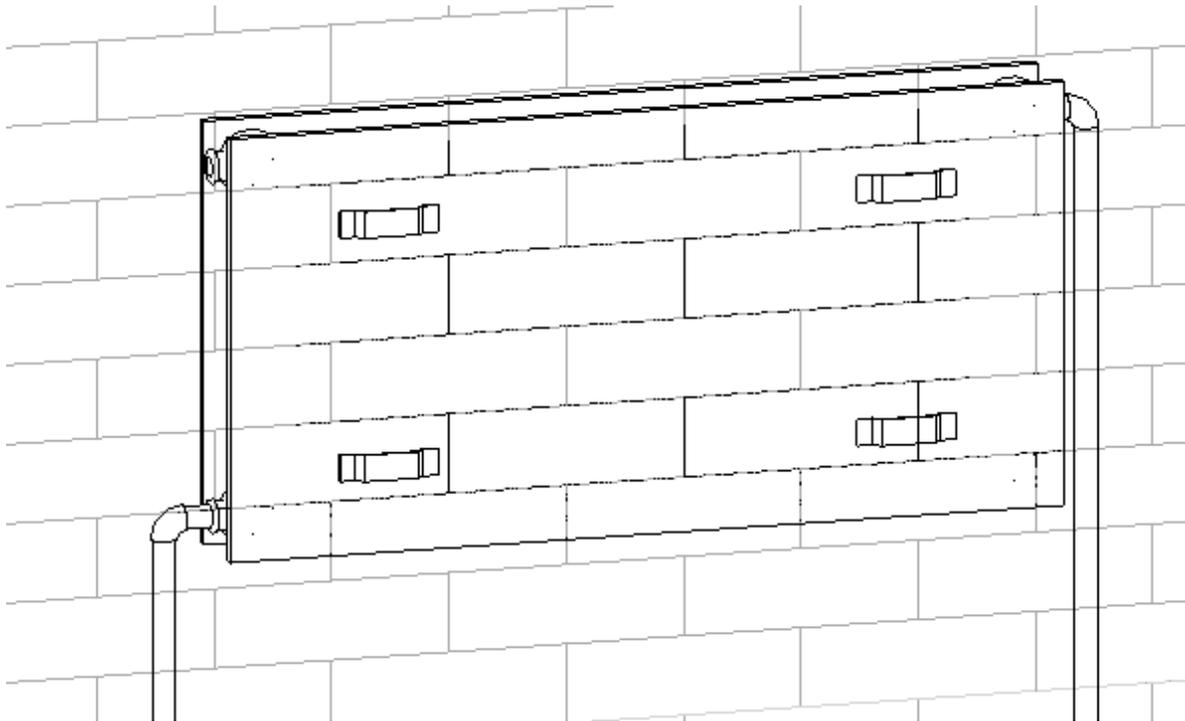
Colocar un radiador que no tenga las propiedades MEP implica que este radiador será simplemente de uso arquitectónico, es decir, no se le podrán conectar las tuberías de entrada y salida ni se podrá colocar en un archivo de disciplina mecánica.



*Figura 3.47 Radiador escogido, como se puede ver tiene dos conexiones disponibles a ambos lados, a diferencia de los radiadores arquitectónicos que no tienen ninguna.*

Las familias de Revit por lo general son todas arquitectónicas, así que para facilitar el trabajo y no tener que crear uno nuevo se descargó una familia de internet.

Primero de todo se colocaron los radiadores tal y como venían colocados en los planos que se facilitaron planta por planta, seleccionando correctamente la orientación para que quedasen colocados en la pared correspondiente. Estos radiadores tienen cuatro conexiones, dos de entrada en la parte superior y dos de salida en la parte inferior.



*Figura 3.48 Ejemplo de radiador con conexión de entrada en la parte superior y conexión de salida en la parte inferior*

Las tuberías pueden pertenecer a varias clasificaciones: protección contra incendios, sanitarios, retorno o suministro hidrónico. En este caso nos interesa usar suministro hidrónico para llevar el agua caliente de la caldera a la entrada de los radiadores y retorno hidrónico para recoger el agua templada de los radiadores y devolverlo a la caldera para calentarlo de nuevo.

Una vez colocados todos los radiadores se colocaron las tuberías, que van en muchos casos entre el techo arquitectónico y el falso techo de cada planta.

Este programa tiene una herramienta muy útil, al trabajar en 3d cuando seleccionamos un plano de planta no nos enseña un plano 2d, sino que estamos viendo la cara superior de un cubo donde la parte central aparece en líneas más suaves o difuminadas. Esto hace que podamos usar otras vistas como plantilla, por ejemplo, si quisiéramos ver la planta anterior para colocar los radiadores en los mismos lugares sólo tendríamos que seleccionar como base el nivel inferior, como nivel superior el nivel en el que queremos trabajar y seleccionar en orientación mirar abajo.

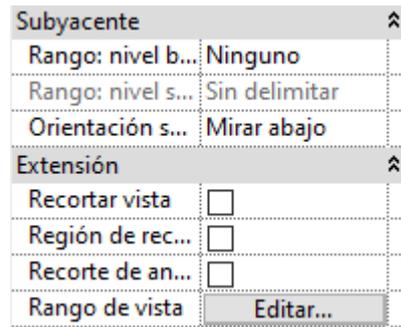


Figura 3.49 Selección de rangos

Pero el programa va mucho más allá de eso, en las herramientas justo a continuación de estas se puede seleccionar exactamente con que vista trabajar y con que desfase. Por ejemplo, en esta instalación de fontanería, las tuberías iban principalmente por el falso techo de las plantas anteriores, por lo tanto, sólo con seleccionar el desfase de unos -500mm sobre el nivel inferior ya podíamos ver las tuberías del falso techo anterior.

No tener esta herramienta habría dificultado mucho el trabajo, ya que a la hora de conectar una planta con otra era tan fácil como seleccionar como nivel inferior la primera planta con un desfase de -500mm para ver las tuberías del falso techo del semisótano y como nivel superior la siguiente planta con desfase 0mm dejando ver el falso techo de la primera.

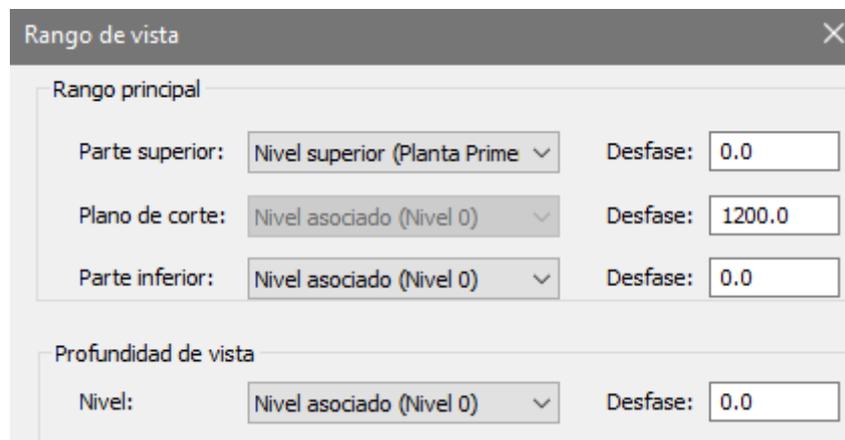


Figura 3.50 Configuración de los rangos de vista

Para dibujar las tuberías se selecciona uno de los extremos del radiador que deseamos conectar con la red y se abrirá una ventana que nos pedirá elegir el tipo de conector que deseamos, al ser un radiador los conectores pueden ser de suministro o de retorno de agua. Si seleccionamos el conector de suministro de agua todo el tramo de tubería que creamos a continuación pertenecerá a esa clasificación hasta que lo conectemos a otro radiador que de nuevo nos pedirá seleccionar el conector.

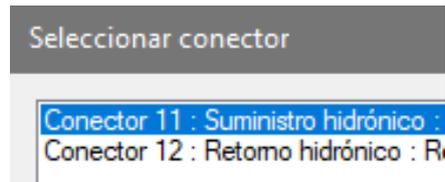


Figura 3.51 Mensaje emergente de selección de conector

Para hacer los circuitos correctamente y que en la instalación de climatización todas las tuberías pertenezcan a uno de los dos sistemas, todos los radiadores deben de estar conectados en la entrada y salida con los conectores correspondientes.

El programa para facilitarnos las cosas crea las conexiones (tes, codos, cruces, transiciones y empalmes) de manera automática, por lo tanto es muy importante fijarse en el tipo de tubería que se está usando ya que dos tuberías que pertenecen una al suministro de agua y otra al retorno al cruzarse no crean unión de ningún tipo, pero si esto mismo ocurre con dos de la misma clasificación el programa generará automáticamente una unión entre ellas y modificará las tuberías anteriores para asegurarse de que también pertenecen a esa clasificación.



Figura 3.52 Clasificaciones y sistemas de tuberías

El material escogido tanto para el retorno como para el suministro de agua es el cobre, por ser ligero, resistente a altas temperaturas y al paso del tiempo y no sube mucho el coste por ser una instalación tan grande.

En cuanto a las dimensiones de la tubería, estas dependerán del diámetro de las conexiones de entrada y salida de los radiadores para no tener que usar válvulas, ya que los aumentos de diámetro en las tuberías reducen la velocidad y la presión del fluido. Estas conexiones de los radiadores importados tienen 21.2mm de diámetro, este es un valor que no tenemos en el catálogo de tamaños, pero que al estar entre los 6 y los 200mm se podría fabricar y, por lo tanto, podemos añadirlo en el catálogo de tamaños.

Catálogo de tamaños

Tamaño nuevo...    Suprimir tamaño

Nominal	DI	DE	Utilizado en listas de	Utilizado en
6.000 mm	8.509 mm	10.287 m	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8.000 mm	11.227 m	13.716 m	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10.000 m	14.656 m	17.145 m	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15.000 m	18.034 m	21.336 m	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20.000 m	23.368 m	26.670 m	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21.200 m	19.500 m	21.200 m	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25.000 m	30.099 m	33.401 m	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
32.000 m	38.862 m	42.164 m	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
40.000 m	44.958 m	48.260 m	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
50.000 m	57.023 m	60.325 m	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
65.000 m	68.809 m	73.025 m	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

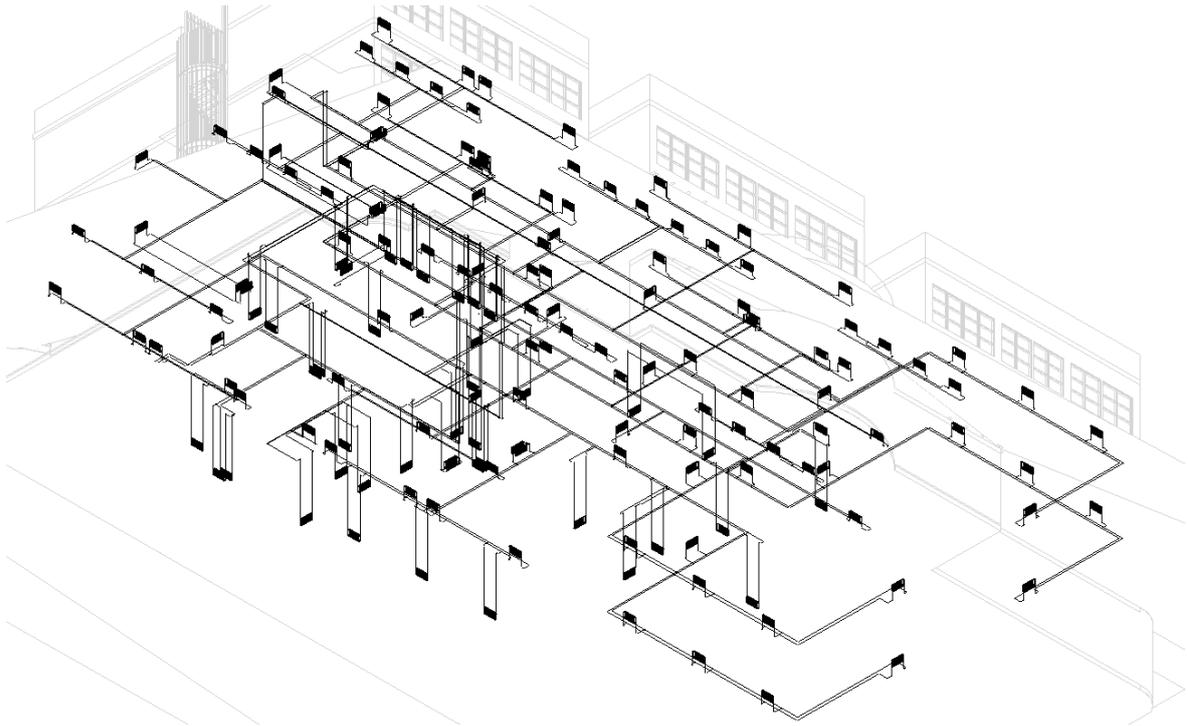
Figura 3.53 Catálogo de tamaños con los diámetros disponibles de tuberías de cobre para su uso en el programa

Otra de las cosas que hay que fijarse una vez se empiezan a colocar las tuberías con el programa es en las preferencias de enrutamiento. Hay veces en las que nos interesa que estas no estén activadas para ciertos diámetros, pero en este caso nos interesa que todos los diámetros tengan todas las dimensiones habilitadas, al menos el diámetro de 21.2mm que estamos utilizando.

Contenido	Tamaño	Tamaño máx.
<b>Segmento de tubería</b>		
Cobre - A	6.000 m	200.000 mm
<b>Codo</b>		
M_Codo - Genérico: Estándar	Todo	
<b>Tipo de conexión preferido</b>		
Te	Todo	
<b>Conexión</b>		
M_Te - Genérica: Estándar	Todo	
<b>Cruz</b>		
M_Cruz - Genérica: Estándar	Todo	
<b>Transición</b>		
M_Transición - Genérica: Est	Todo	
<b>Unión</b>		
M_Empalme - Genérico: Está	Todo	

Figura 3.54 Preferencias de enrutamiento activadas para todos los diámetros

Una vez terminada la colocación de los distintos radiadores y tuberías de cada planta sólo quedaría unirlos entre ellas para que formen el mismo circuito y así no tener un sistema en la primera planta, otro en la segunda y otro en la tercera. Esto se hará variando los rangos de visibilidad para poder conectar las de una planta con las de la planta inmediatamente inferior.



*Figura 3.55 Modelo con los distintos radiadores y tuberías visto desde la esquina superior derecha*

### 3.4. Fontanería

La instalación de aparatos sanitarios es muy similar a la de los aparatos mecánicos, para esta se crea otro archivo de proyecto y nuevamente se vincula al modelo arquitectónico para usarlo como plantilla para colocar los baños en su lugar correspondiente.



*Figura 3.56 Fotografía de un baño de hombres de la tercera planta*

Similar al apartado anterior, las familias de Revit por defecto sólo contienen elementos arquitectónicos y no elementos MEP, por lo tanto, hubo que descargar tanto el WC como los urinarios de internet. Estos venían con sus parámetros predeterminados como la altura en el caso de los urinarios y hubo que modificar su elevación para que se asemejase lo más posible a la realidad.

Generalmente para tratar con aguas residuales se usa PVC, en esta disciplina se usarán todas de este material ya que al ser agua fría corriente la que circulará por el circuito la tubería no estará sometida a altas temperaturas ni será esencial aislarla para no perder ese calor como es el caso de las tuberías de los radiadores. Al igual que el cobre estas tuberías son muy ligeras y aguantan muy bien el paso del tiempo, su coste es mucho menor, pero a diferencia del cobre que acaba sufriendo corrosión el PVC no se ve afectado por su fiable composición química.

En este proyecto se modeló el retorno de agua de los sanitarios, en el caso de los WC descargados el diámetro de la salida de agua es de 110mm, uno que está dentro del catálogo pero que no tenemos creado. Para evitar empalmes que implicarían pérdidas de presión y velocidad, se creará una tubería de 110mm siguiendo el mismo proceso que en el capítulo anterior.

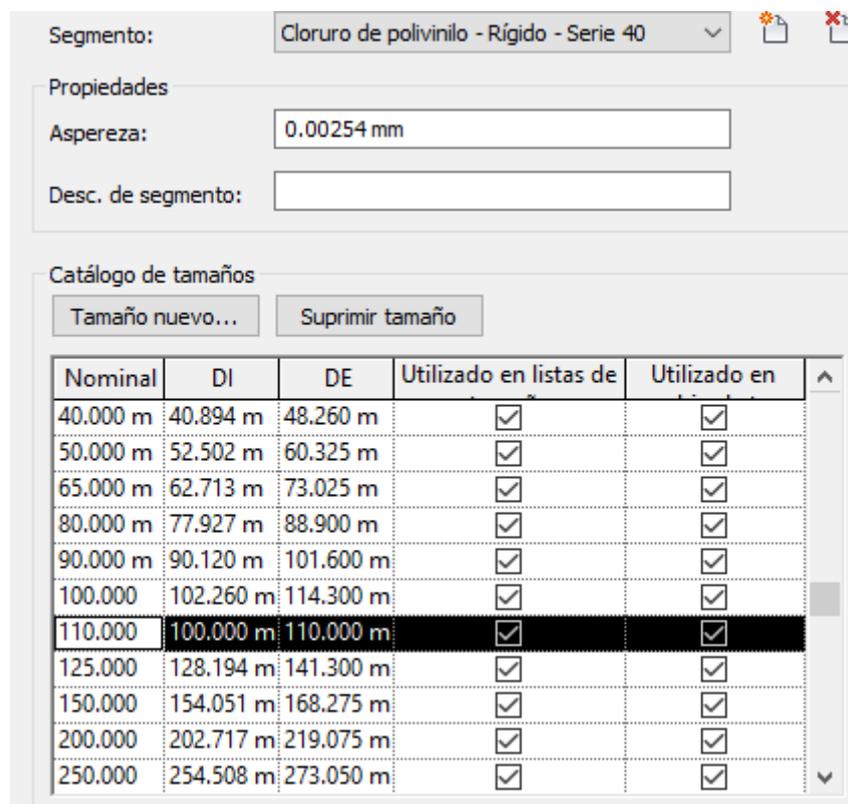


Figura 3.57 Catálogo de tamaños de tuberías de PVC

Para los urinarios no tendremos el mismo problema, los diámetros en la salida de agua son de 20mm y este sí que es un diámetro que está ya metido en la base de datos del programa.

Una vez se tienen claro el material y los diámetros correspondientes hay que asegurarse que las preferencias de enrutamiento están activadas para todos los diámetros y que las conexiones automáticas están activadas.

A diferencia del capítulo de mecánica sólo se trabajará con un flujo de agua y por lo tanto con sólo una clasificación del sistema de tuberías, la de agua sanitaria. Esto implica que podemos utilizar las conexiones automáticas del programa para facilitar nuestro trabajo. Una vez colocados todos los aparatos sanitarios sólo quedaría dibujar el sistema de tuberías que sería seleccionando una a una las salidas de agua de los aparatos y creando tuberías perpendiculares para más tarde unirlos con otra tubería para conectarlas con los baños de esa planta.

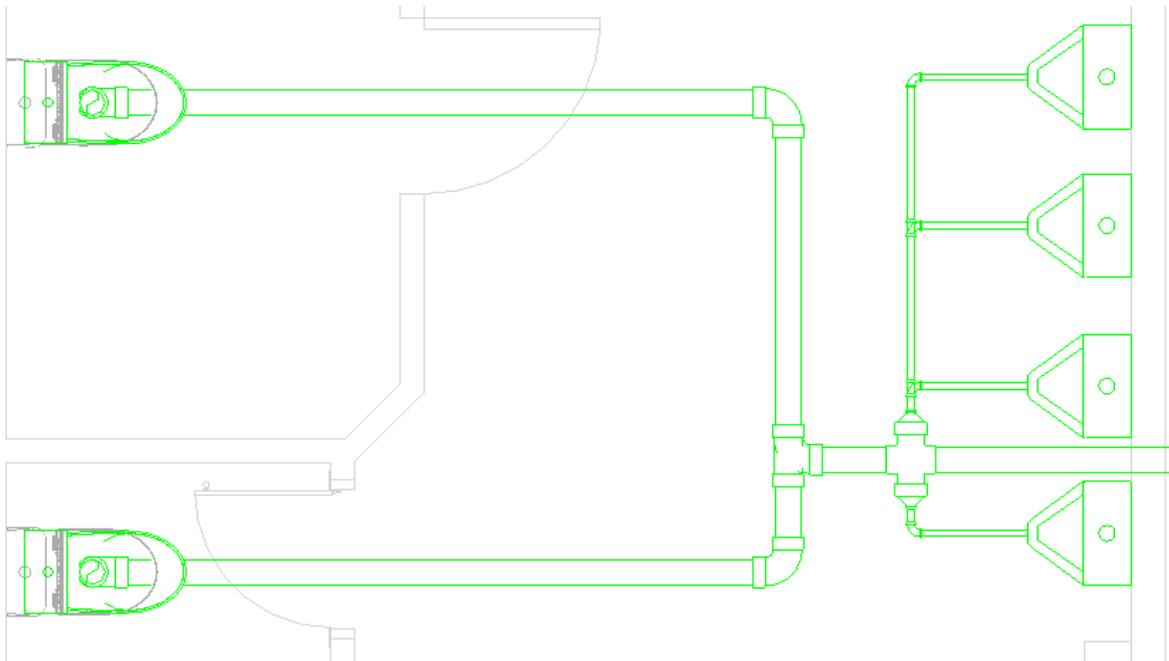


Figura 3.58 Ejemplo instalación baño

### 3.5. Protección contra incendios

Una de las cosas más importantes del BIM es que tiene muchas herramientas que sirven para facilitar la logística. En este caso se utilizó para saber el inventario, la localización y las fechas de la última revisión de los extintores y las mangueras de incendios.



Figura 3.59 Fotografía de una manguera de incendios de la segunda planta

En el edificio de la facultad encontramos mangueras de extinción de incendios y dos tipos de extintores: de polvo ABC que son los más usados para incendios eléctricos y de combustibles, y el extintor de CO<sub>2</sub> que es el más general y se usa para incendios de todo tipo.

El primer extintor, el de polvo ABC, se descargó de una biblioteca online de familias (bimobject.com). El segundo extintor y la manguera de incendios venían en una de las carpetas de elementos especializados de Revit.

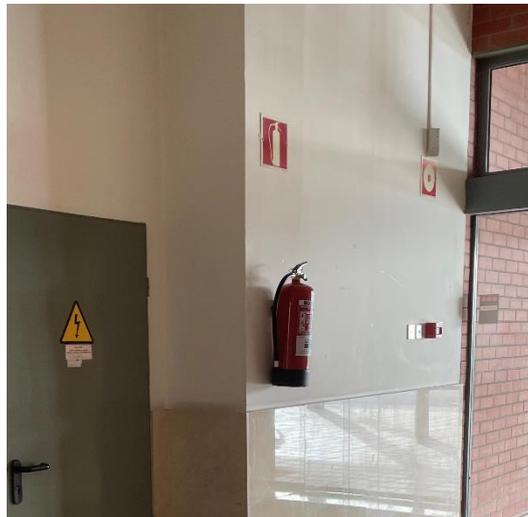


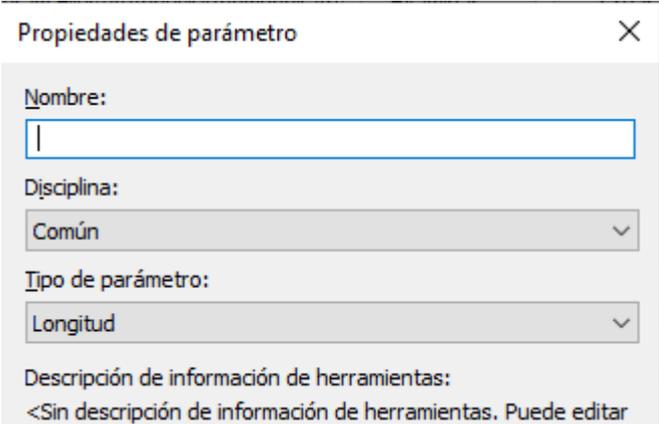
Figura 3.60 Fotografía de un extintor de polvo ABC situado en la planta baja de la facultad

Todas estas familias venían con los parámetros básicos, altura desde el suelo, colores y tipo, pero para facilitar la logística sobre todo a la hora de realizar revisiones era necesario crear un nuevo parámetro en el que se pudiese almacenar la fecha de la última revisión. De esta forma de un solo vistazo a la tabla de planificación de los elementos contra incendios se podría saber

a qué extintores o a que mangueras tocaría hacer la siguiente revisión, el nivel al que pertenecían y la cantidad de unidades a las que hacerla.

Este parámetro que se necesitaba crear tenía que poder ser usado por las 3 familias y tenía que ser independiente de cada ejemplar, es decir, si se modificaba la fecha de última revisión de un extintor de la planta baja, el extintor de la planta superior no debería de verse afectado, ya que cada fecha se tendría que acumular en el parámetro del ejemplar y no del tipo.

Para crear un nuevo parámetro se necesita saber el tipo, en este caso se eligió el compartido para poder utilizarlo en más proyectos. Una vez elegido el tipo se deben de determinar las propiedades: el nombre "Fecha de última revisión", la disciplina "común" ya que no pertenecerá a ninguna de las disciplinas generales (estructural, mecánica, eléctrica...), y por último el tipo de parámetro que en este caso se elegirá de tipo texto.



Propiedades de parámetro

Nombre:

Disciplina:  
Común

Tipo de parámetro:  
Longitud

Descripción de información de herramientas:  
<Sin descripción de información de herramientas. Puede editar

Figura 3.61 Propiedades de los parámetros

Una vez creado el parámetro tan sólo habría que añadirlo en los parámetros de cada una de las familias y seleccionar donde queremos agruparlo, para distinguirlo del resto se decidió agruparlo con los parámetros de tipo texto.

Tipo de parámetro

Parámetro de familia  
(No puede aparecer en tablas de planificación o etiquetas)

Parámetro compartido  
(Puede compartirse en varios proyectos y familias, exportarse a ODBC y aparecer en tablas de planificación y etiquetas).

Seleccionar... Exportar...

---

Datos de parámetro

Nombre:   Tipo

Disciplina:   Ejemplar

Tipo de parámetro:   Parámetro de informe  
(Se puede utilizar para extraer el valor de una condición geométrica e incluirlo en una fórmula, o como un parámetro de tabla de planificación)

Agrupar parámetro en:

Descripción de información de herramientas:  
<Sin descripción de información de herramientas. Puede editar este parámetro

Figura 3.62 Selección del parámetro

Tras añadirlo a las familias se modifica el cuadro de texto para indicar el formato en el que hay que introducir la fecha, para que si otra persona utiliza el mismo parámetro sepa cuál es el formato de lectura y así no tener una fecha escrita AAAAMMDD y otra DDMMAAAA, se eligió la primera opción.

Propiedades

 Extintor Polvo ABC

Protección contra ir  Editar tipo

Restricciones

Nivel	Planta 1
Anfitrión	Nivel : Planta 1
Desfase desde e...	800.0
Se mueve con e...	<input type="checkbox"/>

Texto

Fecha última re...	AAAA/MM/DD
--------------------	------------

Figura 3.63 Ejemplo extintor Polvo ABC

Por último, estas familias están clasificadas por defecto en equipos especializados, que es una categoría de familias muy general en la que hay todo tipo de equipos para facilitar las cosas a la hora de encontrarlos, pero para este proyecto se necesita que los de protección contra incendios

estén en esa clasificación para encontrarlos a la hora de ver las tablas de planificación. La forma de cambiar de categoría a las familias es en el editor de familias, seleccionando como nueva categoría la que necesitemos, como en este caso la de Protección contra incendios.

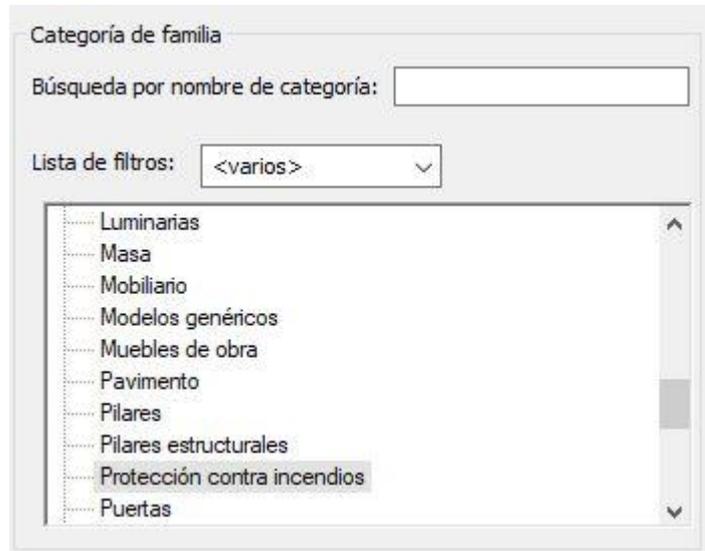


Figura 3.64 Cambio de categoría de familia

## 4. VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Autodesk Viewer

El Autodesk Viewer es una herramienta online que permite visualizar la mayoría de los archivos 2D y 3D incluyendo DWG, STEP, DWF, RVT y SolidWorks.

Esta herramienta permite colaborar de forma remota con facilidad y su uso es muy sencillo. En la interfaz encontramos varias pestañas: vistas, navegador de modelo, propiedades y configuración.



Figura 4.1 Pestañas Autodesk Viewer

En la ventana de vistas podemos encontrar las vistas del proyecto y los planos acotados con sus respectivas tablas de planificación, con el visor de Autodesk podemos ir a cada plano o a cada sección en concreto y verla como si estuviéramos en el propio programa.

Una vez hemos seleccionado una vista 3D que es para lo que se utilizaría mayormente esta herramienta podremos utilizar la pestaña de navegador de modelo para activar y desactivar grupos o familias que queramos visualizar. Por ejemplo, en el caso de querer ver los interiores se podrían desactivar las ventanas, las puertas e incluso las cubiertas para poder verlos claramente.

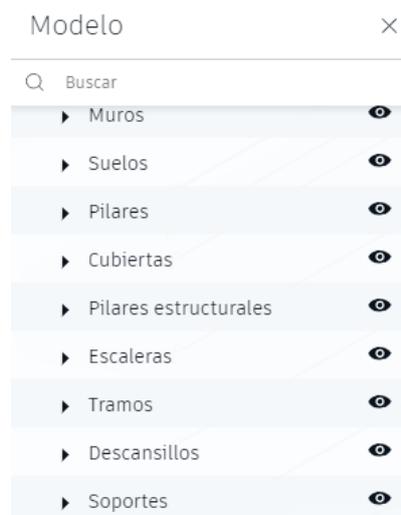


Figura 4.2 Navegador de familias

Otra cosa muy útil de este menú es la posibilidad de seleccionar una familia o un grupo en concreto, seleccionar una familia activa su visualización y desactiva la visualización del resto, lo que hace que se pueda distinguir la ubicación de cada uno de los componentes de las familias con claridad. En el caso de precisarlo también se podría seleccionar cada elemento de la familia para observarlo en detalle.

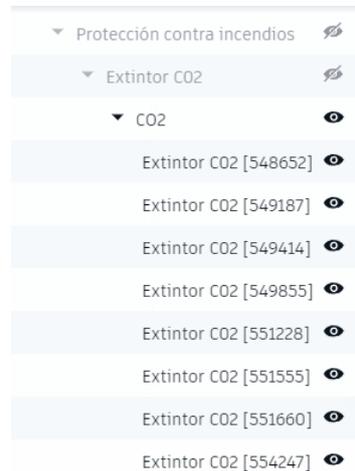


Figura 4.3 Navegador de elementos

Una de las aplicaciones más útiles del trabajo realizado con los extintores es la posibilidad de usar de esta forma el Viewer de Autodesk por parte de la empresa encargada de la revisión de estos equipos para saber con precisión la ubicación de estos y su fecha de última revisión.



Figura 4.4 Visibilidad de la familia de protección contra incendios

La pestaña de propiedades es la que nos permite acceder a las propiedades y los parámetros de cada elemento como es el caso de la fecha de última revisión de los extintores.



Figura 4.5 Extintores con sus propiedades y parámetros

Algo muy positivo de esta herramienta es la posibilidad de dejar comentarios en zonas de interés de la vista que se guardan como capturas de pantalla, esto facilita la colaboración entre los distintos usuarios ya que este chat en tiempo real sirve tanto para indicar fallos en el modelo como para aclarar dudas que podrían surgir de cara a los planos. Estos comentarios se pueden acompañar de pequeños dibujos que también se pueden crear desde el propio visor con herramientas de anotación.

## 4.2. Enscape

El Enscape es un programa informático especializado en la renderización y la visualización virtual de modelos 3D. Es complementario a Revit, el programa con el que se ha realizado el resto del proyecto, figurando como una extensión que se inicia desde el mismo Revit.

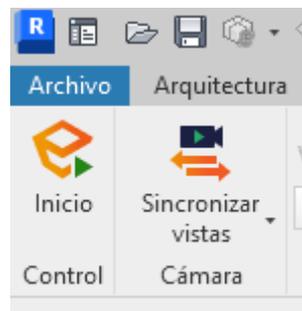


Figura 4.6 Menú de Enscape incorporado en Revit

Este programa realiza representaciones fotorrealistas del modelo BIM, pudiendo añadir a este diferentes elementos desde iluminación y texturas realistas hasta familias enteras de objetos todo ello disponible en la biblioteca del programa. Una de las herramientas más utilizadas del programa es la posibilidad de crear vídeos con recorridos personalizados.

### 4.2.1. Contexto de lugar

Una opción bastante atractiva podría ser la de situar nuestro modelo con el entorno. Enscape tiene una herramienta en la que se puede añadir un contexto de lugar, primero se indica la ubicación de nuestro modelo, después se recorta la zona para no generar más información de

la necesaria y por último se rota el modelo hasta hacerlo coincidir con su silueta en 2 dimensiones. Tras importar esta ubicación el programa nos dará una idea aproximada en 3 dimensiones de los edificios y estructuras que rodean nuestro modelo y también datos del mapa como calles y edificios a los que se puede acceder rápidamente desde el menú.

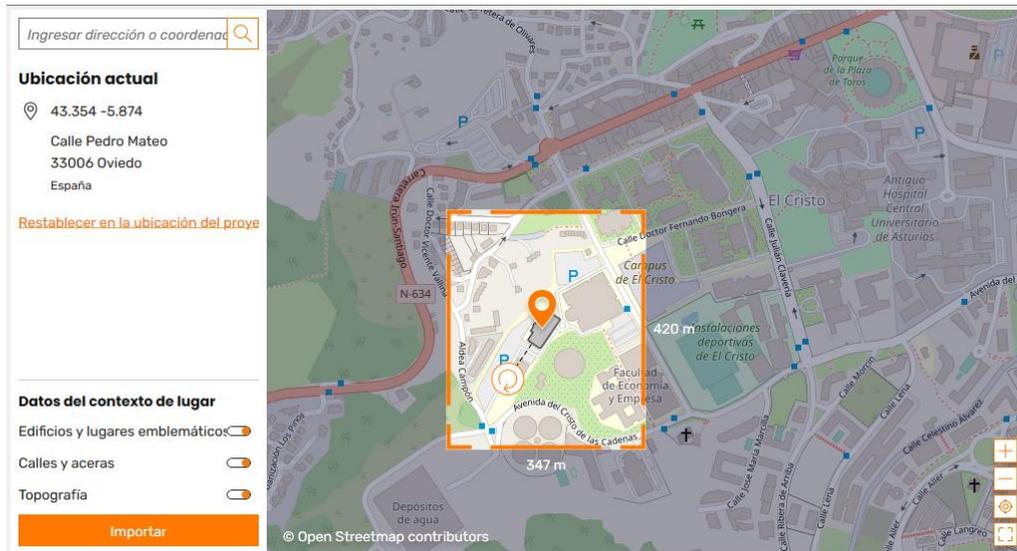


Figura 4.7 Menú cartográfico de Enscape con la ubicación del modelo

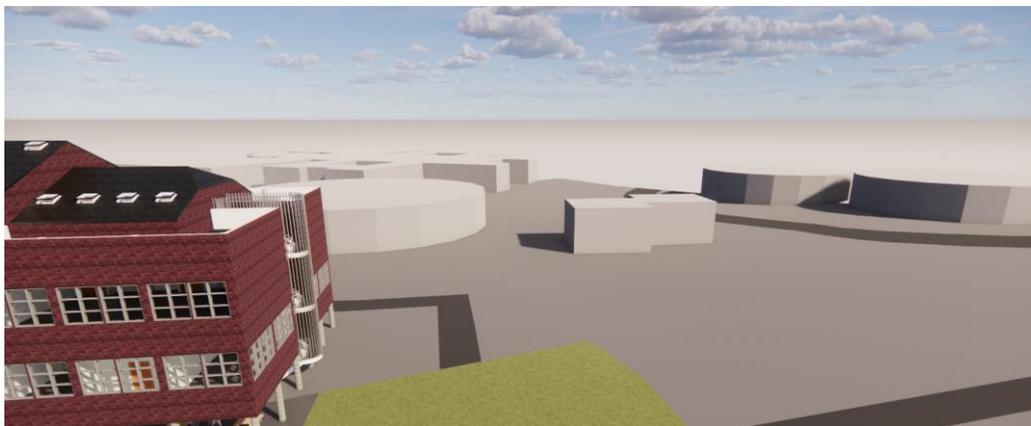


Figura 4.8 Modelo con cartografía importada de Enscape

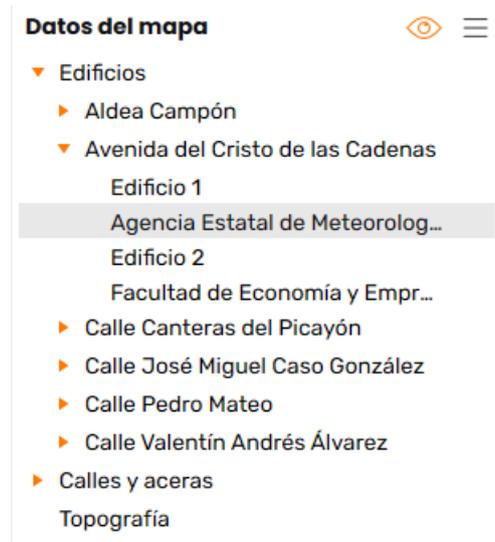


Figura 4.9 Menú con los diferentes datos geográficos importados

#### 4.2.2. Texturas

Una vez situado geográficamente el modelo se vio que la textura de la hierba creada con Revit era muy inferior en calidad a la que se podía obtener con Enscape ya que esta última tenía el efecto de moverse con el viento y sus patrones de color eran más variados. Así que en el editor de materiales de Revit elegimos la opción de importar un nuevo material de la biblioteca de Enscape y buscamos el césped más apropiado para nuestro modelo entre los 4 disponibles, una vez seleccionado podemos ver que este material de Enscape viene con diversas opciones como altura de la hierba y variación de altura, opciones de las que no dispone el material de Revit.

Una vez importado este material tan sólo tendríamos que buscar el césped previo en la biblioteca de Revit y sustituirlo por el nuevo que hemos importado de la biblioteca de Enscape.

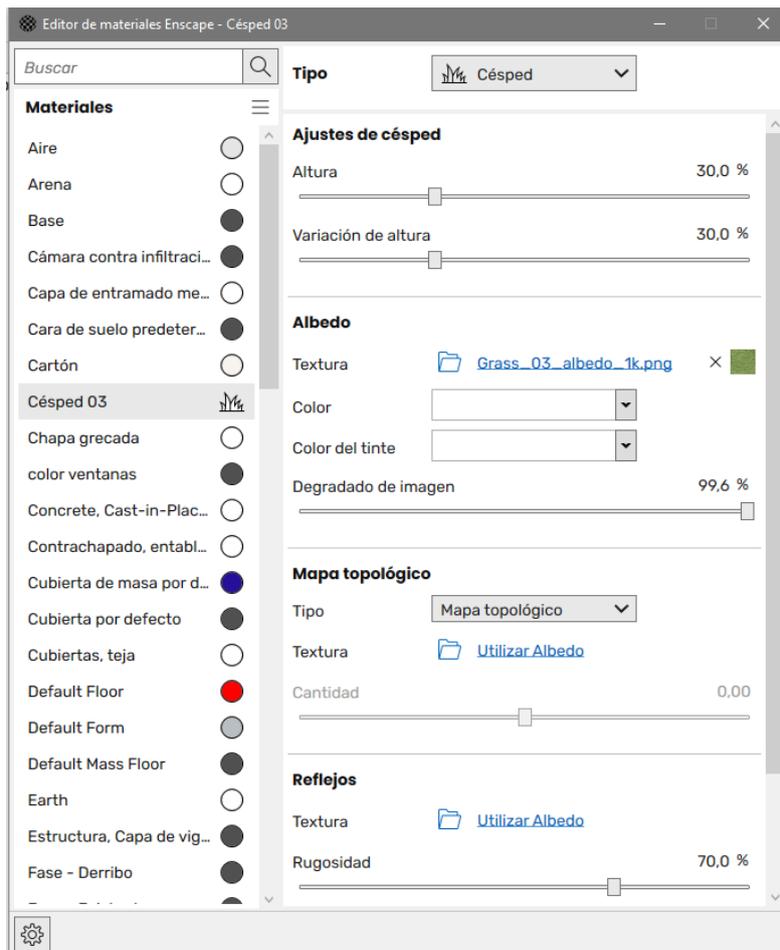


Figura 4.10 Editor de materiales de Enscape

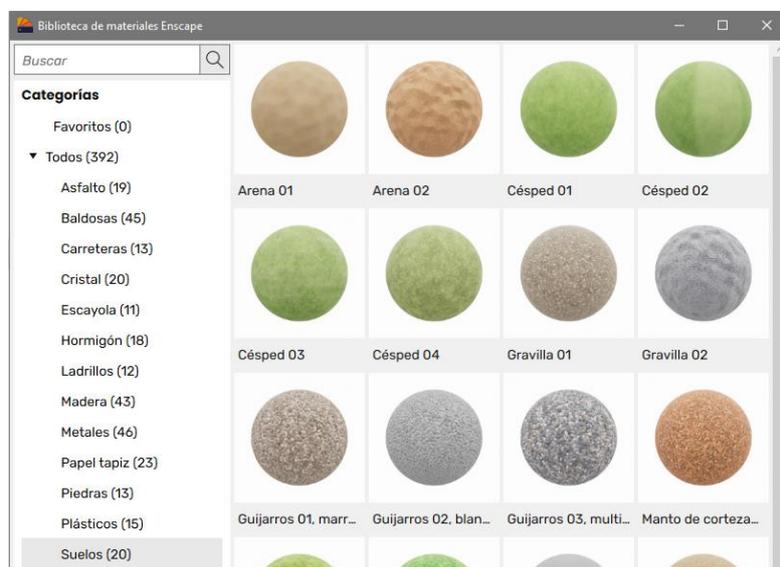


Figura 4.11 Biblioteca de materiales de Enscape

### 4.2.3. Familias Enscape

Para darle más realismo al recorrido se puede utilizar la biblioteca de Enscape para añadir elementos más visuales complementarios al modelo. En Revit también se podrían introducir, pero sería algo más laborioso ya que son familias que no suelen venir por defecto (tazas, libretas,

ordenadores...) y son elementos sin ninguna propiedad técnica cuya única utilidad es la de darle una imagen más atractiva al modelo.

Para añadir estos elementos Enscape tiene una biblioteca de activos, a la que se puede acceder desde el menú, con 3276 elementos. Esta biblioteca está completamente ordenada ya que sus elementos se pueden buscar y ordenar por distintas categorías y etiquetas que ayudan mucho a su localización.



Figura 4.12 Menú de categorías de la biblioteca de activos de Enscape

Para este proyecto se complementaron 3 zonas con esta biblioteca de Enscape, la zona exterior del edificio, el vestíbulo y algunas aulas de la primera planta.

En la zona exterior del edificio se añadieron los bancos de merendero que hay en la facultad, sobre los que se colocaron modelos de personas sentadas. También se añadió el aparcamiento para bicicletas que hay cerca de la salida del lado derecho del edificio y distintas personas utilizando estas bicicletas.



*Figura 4.13 Zona exterior de la facultad desde Enscape*

En la zona del vestíbulo se añadieron las dos mesas que hay nada más entrar con sillas a su alrededor, sobre las mesas se colocaron distintos libros, cuadernos y archivadores colocados de diferentes formas simulando una zona de estudio o de reunión. En la zona de los conserjes que da al vestíbulo se colocaron 2 ordenadores con sus teclados, unas hojas y unos bolígrafos. Se añadieron a las paredes algunos murales y los carteles de salida sobre las puertas de entrada. También se añadieron algunos modelos de personas haciendo diversas actividades.



*Figura 4.14 Vista del vestíbulo desde el lateral derecho del edificio*



*Figura 4.15 Vista del vestíbulo desde el lado izquierdo*

Para terminar, se modelaron las 4 aulas de la primera planta de forma aproximada, en todas ellas se colocó una silla de oficina para el profesor con su respectivo escritorio y su ordenador frente al que se colocaron las filas de pupitres y de sillas sobre las que se sentarían los alumnos. Para darle un poco más de realismo se añadieron cuadernos, hojas, ordenadores, smartphones, tabletas y demás útiles que se podrían encontrar en una clase corriente. Finalmente se colocó el proyector en la pared de detrás del profesor.



*Figura 4.16 Vista de una de las aulas modeladas con Enscape*

Para colocar todos estos elementos Enscape dispone de distintas herramientas con las que orientarlos y situarlos correctamente en nuestro modelo. Estas herramientas permiten trasladar, rotar y modificar la escala de los elementos introducidos desde la biblioteca.

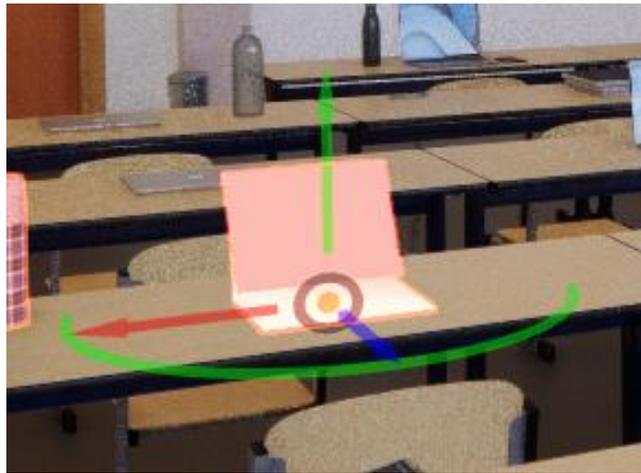


Figura 4.17 Menú de orientación y desplazamiento de objetos de Revit

Otra opción para situar elementos en Enscape es con la opción de activo múltiple, aquí seleccionando los elementos que queremos introducir en el modelo, la densidad de ellos que queremos que aparezcan y el área sobre el cual queremos que lo hagan, podemos hacer que el programa haga una generación aleatoria de estos elementos, haciendo así más fácil la creación de multitudes o de grupos reducidos de personas ya que no se tendrían que introducir y modificar elemento por elemento.

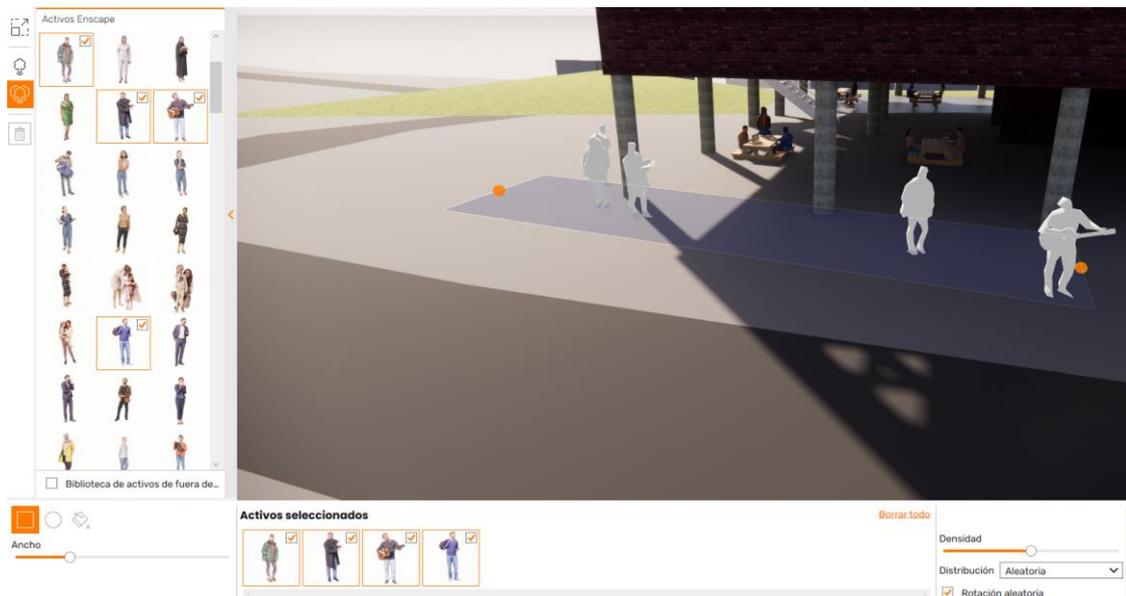


Figura 4.18 Menú de generación de activo múltiple

#### 4.2.4. Creación del vídeo

Al seleccionar el editor de vídeo, se nos abrirá un menú desde el cuál generar nuestro vídeo. Su creación es muy intuitiva, para recorrer el modelo hay 2 opciones: el modo recorrido y el modo vuelo. Para comenzar nuestro vídeo elegiremos el modo vuelo y nos situaremos en el aire, a una distancia prudente de la entrada.



*Figura 4.19 Vista aérea del modelo con su recorrido final*

La intención de este vídeo es que no dure mucho más de 1 minuto y que se recorran no muy rápidamente las áreas modeladas con Enscape (la zona exterior, el vestíbulo y al menos un aula) y que se pueda apreciar el edificio modelado para poder compararlo con el edificio real.

Para comenzar solo tenemos que seleccionar un nuevo fotograma clave en ese primer instante y realizar el recorrido que deseamos que se vea en el vídeo seleccionando uno a uno los cambios de cámara que queremos realizar. El recorrido será inicialmente en modo vuelo hasta llegar a la entrada, donde se pasará a modo recorrido y se verá primero el vestíbulo y posteriormente se subirá a las aulas, una vez se acaba de enseñar el aula elegido, se bajará de nuevo para salir al exterior y hacer una vista de 360 grados activando de nuevo el modo vuelo para terminar donde se comenzó.



*Figura 4.20 Entramado de cámaras del vestíbulo*

Es una práctica útil añadir fotogramas clave en las esquinas ya que el programa calcula la distancia más corta entre estos fotogramas clave y de no existir atajaría las esquinas atravesándolas.



Figura 4.21 Recorrido fuera del límite de tiempo

Una vez creado el recorrido que deseamos vemos que la duración del vídeo es de cerca de 4 minutos, muy alejado del tiempo que se buscaba cercano al minuto. Para recortarlo tenemos que activar las marcas temporales de los fotogramas clave entre los que queremos reducir el tiempo. Seleccionando el primer y último fotograma podemos pasar de 4 minutos a 2, ya que reducirlo más haría que algunas partes fuesen demasiado rápidas.

Para dejar el vídeo de una forma más visible, se procederá a reducir el tiempo de las partes de transición entre las diferentes zonas, los tramos de escalera y los de pasillo para recortar segundos dejando así más tiempo para las secciones importantes.

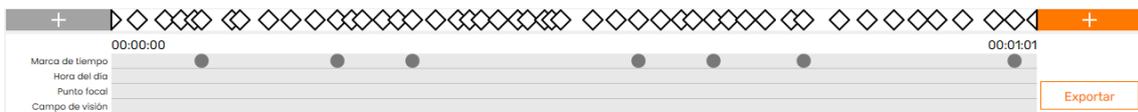


Figura 4.22 Recorrido final

Ajustado el tiempo, sólo quedaría realizar el recorrido comprobando que no hace transiciones extrañas y que no atraviesa ninguna pared ensuciando esa toma. Tras ver que todas las zonas se ven con claridad, que la duración es la correcta y que las tomas se ven claras se guarda la ruta y se renderiza el vídeo para terminar.

## 5. PLANIFICACIÓN

Con la ayuda del software de Microsoft Office para la planificación de proyectos y haciendo un cálculo aproximado de la duración de cada tarea realizada se ha desarrollado la siguiente planificación.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
<b>Estudio</b>	<b>21,25 días</b>	<b>mié 01/06/22</b>	<b>jue 30/06/22</b>
Análisis	20 horas	mié 01/06/22	vie 03/06/22
Aprendizaje	150 horas	vie 03/06/22	jue 30/06/22
<b>Modelado</b>	<b>35,75 días</b>	<b>jue 30/06/22</b>	<b>jue 18/08/22</b>
<b>Aquitectónico</b>	<b>19,5 días</b>	<b>jue 30/06/22</b>	<b>mié 27/07/22</b>
Importación de planos	6 horas	jue 30/06/22	jue 30/06/22
Muros y pilares	40 horas	vie 01/07/22	jue 07/07/22
Ventanas	30 horas	vie 08/07/22	mié 13/07/22
Puertas	20 horas	mié 13/07/22	lun 18/07/22
Escaleras y rampas	20 horas	lun 18/07/22	mié 20/07/22
Estructuras metálicas	30 horas	mié 20/07/22	mar 26/07/22
Cubiertas	10 horas	mar 26/07/22	mié 27/07/22
<b>Climatización</b>	<b>7,5 días</b>	<b>mié 27/07/22</b>	<b>lun 08/08/22</b>
Colocación de radiadores	20 horas	mié 27/07/22	lun 01/08/22
Tuberías	40 horas	lun 01/08/22	lun 08/08/22
<b>Sanitarios</b>	<b>5 días</b>	<b>lun 08/08/22</b>	<b>lun 15/08/22</b>
Colocación de WC	10 horas	lun 08/08/22	mar 09/08/22
Tuberías	30 horas	mar 09/08/22	lun 15/08/22
<b>Protección contra incendios</b>	<b>3,75 días</b>	<b>lun 15/08/22</b>	<b>jue 18/08/22</b>
Creación de parámetros	10 horas	lun 15/08/22	mar 16/08/22
Colocación de extintores y mangueras	20 horas	mar 16/08/22	jue 18/08/22
<b>Planos, listados y memoria</b>	<b>35 días</b>	<b>vie 19/08/22</b>	<b>jue 06/10/22</b>
Planos	100 horas	vie 19/08/22	mar 06/09/22
listados	30 horas	mar 06/09/22	lun 12/09/22
Memoria	150 horas	lun 12/09/22	jue 06/10/22

Figura 5.1 Tabla de planificación del proyecto

Estableciendo un calendario de un año sin vacaciones ni festivos más que los nacionales y la semana laboral de lunes a viernes con horario de 9:00 a 13:00 y 15:00 a 19:00 se creó el siguiente

gráfico de Gantt. El proyecto empezaría el miércoles 1 de junio de 2022 y, con una duración de 92 días laborables, terminaría el jueves 6 de octubre de 2022.

La relación que hay en las tareas, al estar todas realizadas por la misma persona es fácil, no se empezará una hasta haber terminado la anterior. De no ser así, una vez terminada la parte arquitectónica de importación de planos, muros y pilares, otros trabajadores podrían comenzar a realizar cada el resto de las disciplinas lo que reduciría notablemente la duración del proyecto.

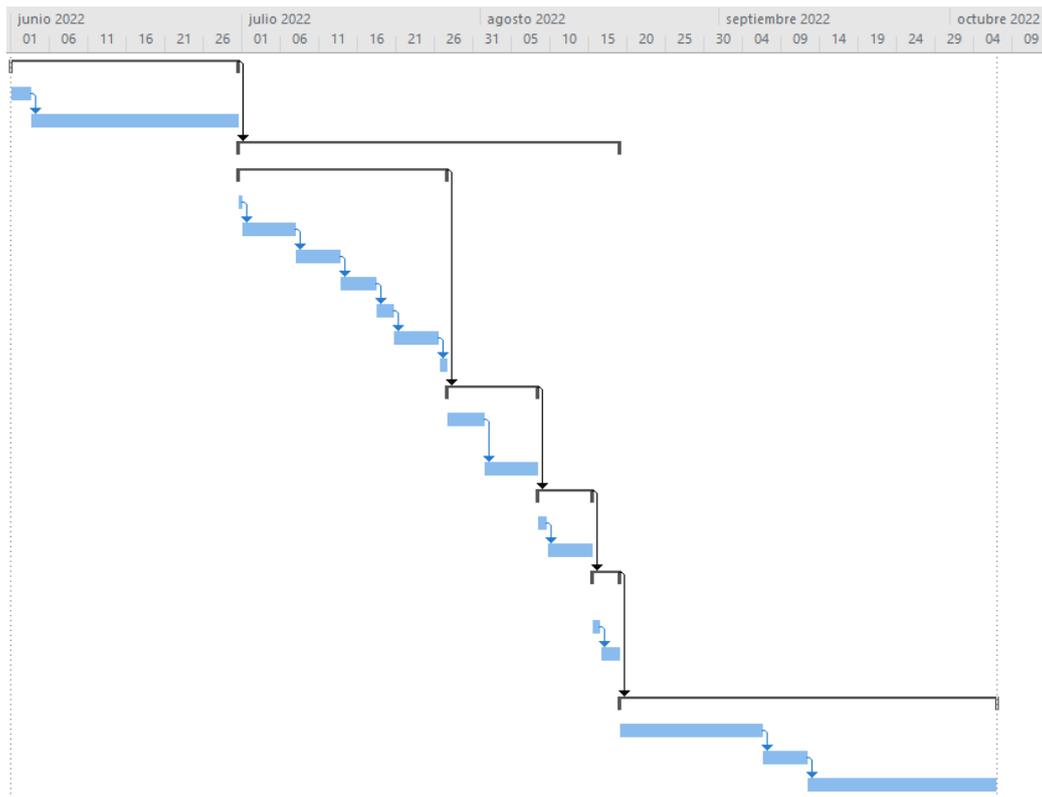


Figura 5.2 Gráfico de Gantt del proyecto

## 6. VALORACIÓN DE RESULTADOS

En este apartado se comentarán los resultados del proyecto, haciendo hincapié principalmente sobre las novedades añadidas al modelo y las observadas durante la realización del proyecto.

Tras haber analizado tendidamente los planos de partida realizados en 2008 y haber visitado las instalaciones personalmente, con ayuda del conserje se observó una reforma no añadida en ellos en el semisótano del edificio. Ambos vestuarios del semisótano del edificio habían sido transformados en archivos debido a la falta de espacio de almacenamiento que había en la escuela. A parte de esta pequeña modificación, los planos se correspondían con los del GIS de la universidad, por lo tanto, se realizó el modelado conforme a los mismos.

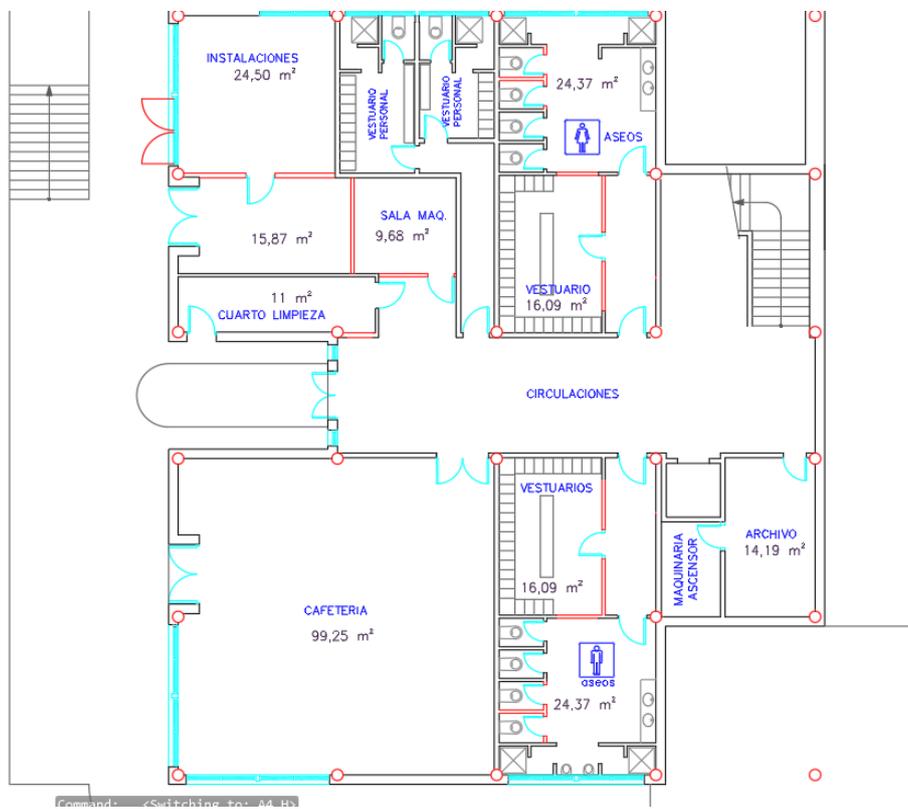


Figura 6.1 Plano del semisótano de 2008 en el que aún figuran los vestuarios

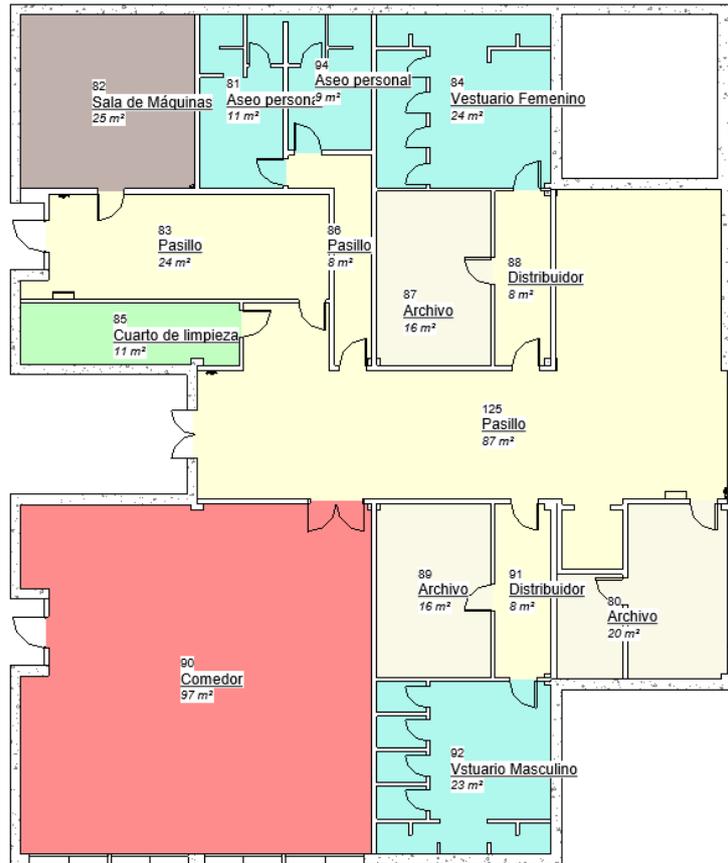


Figura 6.2 Plano del proyecto en el que ya figuran los archivos sustituyendo a los vestuarios

Tras estudiar detenidamente el programa y haberle dedicado muchas horas a su aprendizaje y comprensión, se logró llegar a entender las ventajas de trabajar con esta metodología sobre otros programas usados anteriormente (AutoCAD). La metodología BIM está aún en auge, la posibilidad de colaborar sobre un mismo modelo varias disciplinas es un gran avance y se pudo comprobar de primera mano que separar cada disciplina por archivo manteniéndolo unido al mismo proyecto, ayuda a tener un espacio de trabajo más limpio y ordenado.

Se consiguieron modelar las instalaciones principales del edificio, tanto las mecánicas como las sanitarias, a las que se le añadió como novedad la disciplina de protección contra incendios. En las primeras disciplinas no se pudo utilizar el programa en su plenitud debido al extenso trabajo que llevaría y a los conocimientos especializados que habría que tener sobre ellas, pero se pudo conocer de forma aproximada el alcance de esta herramienta en proyectos similares.

En cuanto a la disciplina de protección contra incendios, esta facultad no tiene ningún sistema ni plano digital en el que conste la localización de ninguna manguera o extintor de incendios, por lo que parecía interesante complementar este trabajo añadiendo no solo estos elementos en el modelo 3D, sino también dándole una utilidad creando un parámetro que permita leer la fecha de la última revisión, con el tipo de extintor o manguera de incendios, la localización y el

número de ellos que se encuentran en esa situación. Esta herramienta ayudaría a la hora de llevar a cabo las revisiones periódicas de estos elementos indicando al encargado de la revisión saber el número de elementos que tiene que revisar, su tipología y la fecha en la que debería de acudir a revisarlos.

<Tabla de planificación de protección contra incendios>				
A	B	C	D	E
Recuento	Familia	Tipo	Nivel	Fecha última revisión
2	Armario de manguera de incendios	610 x 215 x 864m	Semisótano	2022/09/10
3	Armario de manguera de incendios	610 x 215 x 864m	Planta baja	2022/09/10
2	Armario de manguera de incendios	610 x 215 x 864m	Planta 1	2022/09/10
2	Armario de manguera de incendios	610 x 215 x 864m	Planta 2	2022/09/10
2	Armario de manguera de incendios	610 x 215 x 864m	Planta 3	2022/09/10
1	Extintor	Polvo ABC	Semisótano	2022/10/05
4	Extintor	Polvo ABC	Planta 1	2022/10/15
4	Extintor	Polvo ABC	Planta 2	2022/10/25
2	Extintor	Polvo ABC	Planta 3	2022/11/04
3	Extintor CO2	CO2	Semisótano	2022/10/17
4	Extintor CO2	CO2	Planta baja	2022/10/27
3	Extintor CO2	CO2	Planta 1	2022/11/07
3	Extintor CO2	CO2	Planta 2	2022/11/17
2	Extintor CO2	CO2	Planta 3	2022/11/27

Figura 6.3 Tabla de planificación generada por Revit de los sistemas de protección contra incendios

Una vez realizado el modelo se puede ver que los planos generados en 2D son similares a los de AutoCAD creados en 2008, la diferencia principal es a la hora de ver los alzados. Con el BIM es más fácil ubicar los alzados ya que se le puede agregar al plano 2D una vista de ese alzado desde una esquina que permite ver la profundidad de este. Cada vista puede ser representada también con un renderizado, algo muy útil en el caso de querer promocionar nuestro edificio si fuese obra nueva o en el caso de presentar una remodelación.



Figura 6.4 Plano del alzado principal realizado en AutoCAD en 2008

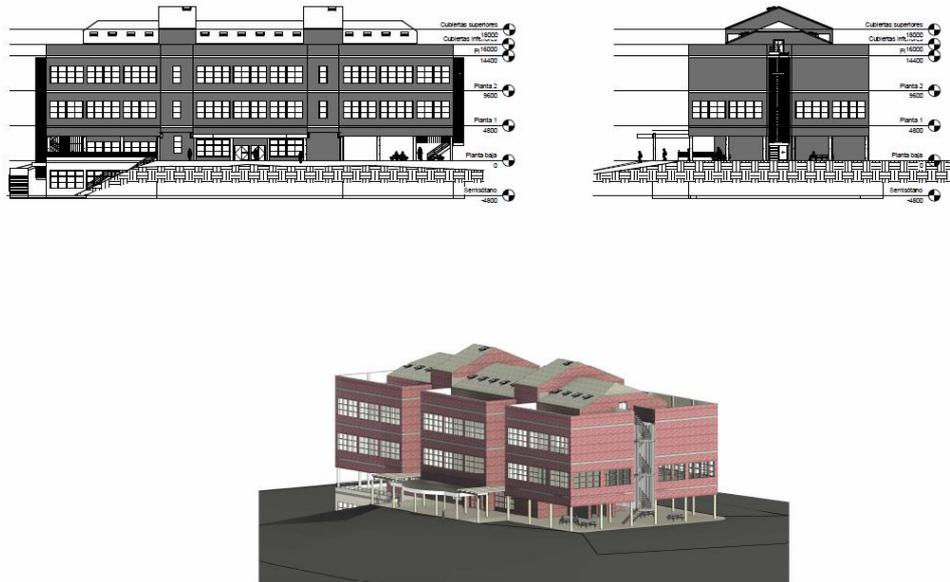


Figura 6.5 Plano de los alzados principal y este con una vista 3D del conjunto, realizado con Revit 2022

Otra herramienta útil del BIM son los listados o tablas de planificación, esto son listas de todas las piezas o elementos que se encuentra en el modelo y se pueden filtrar por nivel, tipología, materiales... La mayor utilidad de estos listados es también obra nueva o remodelaciones ya que, por ejemplo, en el caso de necesitar cambiar las ventanas se puede saber exactamente el número de ellas que se necesitan, las medidas y el nivel en el que irán colocadas, de aquí podríamos sacar costes en el caso de tenerlos introducidos en el programa y ayudaría a realizar los pedidos de una forma más eficiente.

<Cantidades de puertas>				
A	B	C	D	E
Recuento	Descripción de puerta	Tipo	Anchura	Altura
58	Simple-A ras	0762 x 2032mm	762	2032
2	Puerta practicable de entrada	900 x 2100mm	900	2100
8	Doorset_Escape Hold-Open	1200 x 2100 mm (1350	1200	2100
4	Puerta practicable, 2 hojas	1200 x 2100mm	1200	2100
23	Puerta practicable, 2 hojas	1600 x 2100mm	1600	2100
4	Puerta principal	1830 x 1981mm cristal	1830	1981
2	Balconera corredera, 2 hoja	2400 x 2250mm	2400	2250
39	Puerta de armario simple	Puerta baño	600	1800

Figura 6.6 Tabla de planificación con todas las puertas del proyecto

## **7. CONCLUSIONES**

Finalmente, se evaluará si se han logrado los objetivos propuestos inicialmente analizando brevemente la realización del proyecto.

- El modelo ha sido realizado según lo previsto, dedicando una gran parte del tiempo a la comprensión de los planos y al modelado de la parte arquitectónica. Posteriormente, se realizó también el modelado de los sistemas de climatización y fontanería y, por último, se añadieron los elementos de protección contra incendios a los que se les añadió el parámetro de lectura de la fecha de la última revisión como novedad.
- Se estudió con el tiempo que se disponía esta metodología. Al no conocer en profundidad ninguna de las disciplinas sobre las que se trabajaron (arquitectónica, mecánica, fontanería y protección contra incendios), fue importante la adquisición de nuevos conocimientos en estos campos para su posterior modelado. Para hacer este proyecto se observaron proyectos de ejemplo facilitados por el programa que da una idea aproximada del tiempo que puede llevar completar un proyecto de mayor magnitud y el alcance de esta herramienta.
- Finalmente comparando los datos de partida con los producidos en el proyecto se puede decir que el BIM es una herramienta muy funcional, la creación de planos se realiza a través de las vistas algo que lo hace muy sencillo, y la posibilidad de generar listados da mucha más información a los planos. El propio modelo 3D se puede ver perfectamente con el visor de Autodesk, algo que permite a personas que no trabajen con esta metodología comprender el modelo y utilizarlo en caso de ser necesario.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1 ] <https://arcat.com>
- [2 ] <https://bimobject.com>
- [3 ] <https://revitcity.com>
- [4 ] <https://universovicsan.com/articulo/historia-del-bim/>
- [5 ] <https://www.bimtool.com/Article/12468893/Las-7-dimensiones-BIM-1D-2D-3D-4D-5D-6D-y-7D>
- [6 ] <https://wiggot.com/archivos/sistema-bim-como-funciona-para-que-sirve/>
- [7 ] <https://www.itwocostx.com/company/blog/if-bims-a-mystery-heres-the-history/>
- [8 ] <https://retokommerling.com/disenio-bim-7-dimensiones/>
- [9 ] <https://www.ealde.es/metodologia-bim/>
- [10 ] [https://en.wikipedia.org/wiki/Patrick\\_J.\\_Hanratty](https://en.wikipedia.org/wiki/Patrick_J._Hanratty)
- [11 ] <https://retokommerling.com/disenio-bim-7-dimensiones/>
- [12 ] José García López, TFG, Modelado BIM del Edificio Departamental Oeste, Gijón 2020
- [13 ] Daniel Pablo García Mollaghan, TFG, Modelado BIM de la Facultad de Geología, Oviedo 2020
- [14 ] Saúl Fernández López, TFG, Modelado BIM del Centro de Apoyo a la Integración y Residencia de personas con discapacidad 'Arco Iris'.
- [15 ] White paper Archivos IFC, ACCA software S.p.A.
- [16 ] <https://editeca.com/top-10-de-edificios-con-bim-mas-emblematicos/>
- [17 ] [https://es.wikipedia.org/wiki/Puente\\_Pumarejo](https://es.wikipedia.org/wiki/Puente_Pumarejo)
- [18 ] <https://editeca.com/casos-de-exito-con-metodologia-bim/#:~:text=Otro%20claro%20de%20ejemplo%20de,los%20m%C3%A1s%20grandes%20del%20mundo.>
- [19 ] <https://construsoftbimawards.com/es/remodelacion-estadio-santiago-bernabeu/>
- [20 ] [https://www.youtube.com/watch?v=o30cQCQgU08&ab\\_channel=Enscape%7CPa\\_rtofChaos](https://www.youtube.com/watch?v=o30cQCQgU08&ab_channel=Enscape%7CPa_rtofChaos)