



Universidad de
Oviedo



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN
GRADO DE INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES
Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería



**MODELADO BIM-MEP DEL EDIFICIO AULARIO NORTE DE
LA UNIVERSIDAD DE OVIEDO EN EL CAMPUS DE GIJÓN**

JORGE RODRÍGUEZ MORENO

TUTOR: RAFAEL PEDRO GARCÍA DÍAZ

COTUTOR: ANTONIO BELLO GARCÍA

JULIO 2022



Universidad de
Oviedo



MEMORIA

ÍNDICE

1	Motivación.....	8
2	Objetivos	9
3	Metodología de trabajo.....	10
	3.1 Estudios previos	10
	3.2 Desarrollo.....	12
	3.3 Resultados	12
4	Metodología BIM	14
	4.1 Introducción	14
	4.2 Dimensiones.....	16
	4.3 Ventajas del BIM	17
	4.4 Desventajas del BIM.....	18
	4.5 Diferencias entre CAD y BIM	19
	4.6 Proyectos As-Built	20
	4.6.1 Planos.....	21
	4.6.2 Ventajas de proyectos	21
	4.6.3 Metodología As-Built	22
	4.6.4 Proyectos reales	24
	4.7 Situación del BIM en España.....	30
	4.7.1 EN ISO 19650.....	31
	4.8 IFC	32
	4.9 Software BIM	34
	4.9.1 Programas para modelado 3D.....	35
	4.9.2 Programas de renderización y vídeo	37
5	Autodesk Revit	40
	5.1 Historia.....	40
	5.2 Jerarquía.....	41
	5.3 Instalaciones en Revit	43
	5.3.1 Ventajas de Revit MEP	45
	5.3.2 Instalaciones eléctricas	45
	5.3.3 Instalaciones de climatización	46
	5.3.4 Instalaciones sanitarias	47
	5.3.5 Inspector de sistemas	47
6	3ds Max	50
7	Modelado BIM de Instalaciones Aulario Norte	54

7.1	Estudios previos	54
7.1.1	Análisis de la información	59
7.2	Software utilizado	64
7.3	Realización del modelo.....	65
7.3.1	Entorno	65
7.3.2	Modelado Planta Sótano	70
7.3.3	Modelado de sistema de tuberías	72
7.3.4	Familias radiadores	72
7.3.5	Modelado de tuberías.....	76
7.3.6	Sala de Calderas.....	84
7.3.7	Flujos de sistemas	85
7.4	Planos.....	89
7.5	Animaciones	90
7.5.1	3ds Max	91
7.5.2	Enscape	95
7.5.3	Comparativa 3DsMax/Enscape	98
7.6	IFC	100
7.7	Visor Autodesk	101
8	Conclusiones	103
9	Planificación.....	105
10	Presupuesto.....	107
10.1	Material informático	107
10.2	Material Fungible.....	108
10.3	Coste Personal.....	108
10.4	Coste total del proyecto	109
11	Bibliografía.....	110

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3.1. Revit Learning Pathways	11
Ilustración 4.1. Evolución BIM en España.....	15
Ilustración 4.2. Dimensiones del BIM.....	17
Ilustración 4.3. Evolución del CAD al BIM.....	20
Ilustración 4.4. Planos As-Built.....	21
Ilustración 4.5. Escaneo 3D de un edificio.....	23
Ilustración 4.6. Modelo BIM palacio de Justicia.....	25
Ilustración 4.7. Palacio de Justicia Córdoba.....	25
Ilustración 4.8. Modelo BIM Clínica Anglo Americana Perú.....	27
Ilustración 4.9. Clínica Anglo Americana Perú.....	27
Ilustración 4.10. Estadio Wanda Metropolitano.....	28
Ilustración 4.11. Iluminación LED cubierta del Wanda Metropolitano.....	29
Ilustración 4.12. Wanda Metropolitano en BIM.....	30
Ilustración 4.13. Hoja de ruta BIM en España.....	31
Ilustración 4.14. IFC.....	33
Ilustración 4.15 .Logo ArchiCAD.....	35
Ilustración 4.16. Logo Allplan.....	36
Ilustración 4.17. Logo Vico.....	36
Ilustración 4.18. Imagen renderizada Lumion.....	37
Ilustración 4.19. Imagen renderizada con SketchUp.....	38
Ilustración 4.20. Imagen renderizada con 3dsMax.....	39
Ilustración 5.1. Interfaz Autodesk Revit 2022.....	40
Ilustración 5.2. Jerarquías en Revit.....	41
Ilustración 5.3. Herramienta Inspeccionar Revit.....	44
Ilustración 5.4. Instalación Eléctrica con Revit.....	46
Ilustración 5.5. Instalación de calefacción.....	46
Ilustración 5.6. Instalación sanitaria con Revit.....	47
Ilustración 5.7. Inspector de Sistemas con Revit.....	48
Ilustración 5.8: Herramienta opciones de desconexión.....	49
Ilustración 5.9. Desconexiones en Revit.....	49
Ilustración 6.1. Imagen hiperrealistas con 3DsMax.....	50
Ilustración 6.2. Imagen hiperrealista con 3DsMax.....	51
Ilustración 6.3. Herramienta Populate 3dsMax.....	52
Ilustración 6.4. Importancia de la iluminación en la escena.....	52
Ilustración 7.1. Imagen aérea Aulario Norte en el campus.....	54
Ilustración 7.2. Imagen aérea Aulario Norte.....	55
Ilustración 7.3. Fotografía Aulario Norte.....	55
Ilustración 7.4. Plano Instalaciones Planta Baja.....	56
Ilustración 7.5. Plano AutoCAD planta sótano.....	57
Ilustración 7.6. Plano AutoCAD planta baja.....	57
Ilustración 7.7. Modelado en Revit Aulario Norte.....	58
Ilustración 7.8. Línea 1 Sala de calderas.....	58
Ilustración 7.9. Información caudal y presión bombas.....	58
Ilustración 7.10. Plano Instalaciones planta sótano.....	59

Ilustración 7.11. Detalle sala de calderas planta baja	60
Ilustración 7.12. Imagen obtenida con Google Earth de la sala de calderas	61
Ilustración 7.13. Líneas generales planta sótano	61
Ilustración 7.14. Fotografía líneas generales planta sótano	62
Ilustración 7.15. Investigación líneas generales planta sótano	63
Ilustración 7.16. Detalle radiadores planta Baja	63
Ilustración 7.17. Fotografía radiadores planta Baja	64
Ilustración 7.18. Herramientas Masa y Emplazamiento de Revit	65
Ilustración 7.19. Herramienta Superficie topográfica en Revit	65
Ilustración 7.20. Superficie de puntos del edificio	66
Ilustración 7.21. Herramienta Pick Lines en Modo Boceto	66
Ilustración 7.22. Boceto del contorno del edificio	67
Ilustración 7.23. Subregión acera en el entorno	67
Ilustración 7.24. Subregión carretera en el contorno	68
Ilustración 7.25. Material aplicado a una subregión en tabla Propiedades	68
Ilustración 7.26. Explorador de materiales en Revit	69
Ilustración 7.27. Herramientas Componentes Entorno y Aparcamiento	69
Ilustración 7.28. Plano GIS planta sótano	70
Ilustración 7.29. Fotografía Planta Sótano	71
Ilustración 7.30. Muro básico interior	71
Ilustración 7.31. Vinculo de proyecto Revit	72
Ilustración 7.32. Características radiadores Baxi	73
Ilustración 7.33. Conectores MEP en radiadores	74
Ilustración 7.34. Modelo radiador Europa C	74
Ilustración 7.35. Radiador Europa C de 20 elementos	75
Ilustración 7.36. Características del modelo Europa C	75
Ilustración 7.37. Familias de radiadores creadas	76
Ilustración 7.38. Radiadores Aulario Norte Europa C	76
Ilustración 7.39. Tuberías estándar Revit	77
Ilustración 7.40. Diámetros de tuberías creados	78
Ilustración 7.41. Características sistema de tuberías	79
Ilustración 7.42. Gráficos sistemas de tuberías	79
Ilustración 7.43. Visualización líneas generales del edificio	80
Ilustración 7.44. Línea general 1	81
Ilustración 7.45. línea general 2	81
Ilustración 7.46. Línea general 3	82
Ilustración 7.47. Sistemas de tuberías creados	82
Ilustración 7.48. Elevación de tuberías	83
Ilustración 7.49. Vista 3D del sistema de calefacción	84
Ilustración 7.50. Bombas en línea proyecto	84
Ilustración 7.51. Caldera usada en el proyecto	85
Ilustración 7.52. Colocación de bombas y calderas en Sala de Calderas	85
Ilustración 7.53. Herramienta Mostrar Desconexiones	86
Ilustración 7.54. Herramienta Comprobar Sistemas	86
Ilustración 7.55. Herramienta Inspeccionar	86
Ilustración 7.56. Errores habituales al comprobar Sistemas	87
Ilustración 7.57. Error cálculo de carga	87

Ilustración 7.58. Error Valor de flujo	87
Ilustración 7.59. Información Línea 1	88
Ilustración 7.60. Información Línea 2	88
Ilustración 7.61. Información Línea 3	89
Ilustración 7.62. Plano Planta Baja Revit	90
Ilustración 7.63. Interfaz 3dsMax	91
Ilustración 7.64. Ajustes importación 3DsMax	92
Ilustración 7.65. Imagen renderizada exterior	93
Ilustración 7.66. Control de exposición en la escena	93
Ilustración 7.67. Imagen renderizada con una mala exposición.....	94
Ilustración 7.68. Imagen renderizada interior con 3dsMax	94
Ilustración 7.69. Interfaz Enscape	95
Ilustración 7.70. Herramienta Enscape en Revit	95
Ilustración 7.71. Biblioteca de activos Enscape	96
Ilustración 7.72. Imagen exterior con Enscape	97
Ilustración 7.73. Imagen del exterior a las 17:46 horas.....	97
Ilustración 7.74. Imagen del exterior a las 10:05 horas.....	98
Ilustración 7.75. Imagen del interior con Enscape	99
Ilustración 7.76. Imagen del interior con 3DsMax	99
Ilustración 7.77. Exportación a IFC.....	100
Ilustración 7.78. Interfaz BIMvision con proyecto	101
Ilustración 7.79. Interfaz Autodesk Viewer	102
Ilustración 7.80. visualización líneas generales Autodesk Viewer	102
Ilustración 9.1. Tabla de planificación MS Project	105
Ilustración 9.2. Diagrama de Gantt Proyecto	106

1 Motivación

La realización de este proyecto surge del interés, por parte de la unidad Técnica del Vicerrectorado de Infraestructuras de la Universidad de Oviedo, de tener un modelo BIM del edificio Aulario Norte con la finalidad de en un futuro poder ser usado para, tanto el mantenimiento del edificio como futuras reformas que se pudieran ejecutar sobre él.

Este proyecto tiene la base sobre los conocimientos BIM adquiridos durante el grado de Tecnologías Industriales en la asignatura: *Aplicaciones Industriales del CAD*.

Antes de empezar el trabajo, es importante agradecer al Vicerrectorado de Infraestructuras de la Universidad de Oviedo por el interés y por haber facilitado los planos de instalaciones del edificio Aulario Norte del campus de Gijón y especialmente a Daniel Rius Carranza, del servicio de mantenimiento del campus de Gijón por su colaboración durante todo el proyecto, especialmente durante la parte de análisis de la información obtenida sobre el edificio.

2 Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es la creación de la instalación de calefacción a partir de un modelo BIM sobre un edificio existente para mostrar en profundidad la ventaja que supone esta metodología a lo largo del ciclo de vida de un edificio.

Partiendo de un modelo arquitectónico del edificio, en primer lugar, se completará con la planta sótano; luego, se verificará que refleja correctamente el estado actual del aulario, y finalmente se modelarán las instalaciones.

Además de este objetivo principal, a lo largo del proyecto nos hemos familiarizado con la metodología BIM (“Building Information Modeling o Modelado de la Información para la Construcción), que se trata de una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción.

Otro resultado importante del proyecto es la documentación actualizada, (fundamentalmente, planos) que permita una mejor gestión del edificio en el futuro.

Por último, se realizará una animación exterior del edificio y un recorrido por el interior del edificio en los que se proyectarán los resultados obtenidos durante el proyecto.

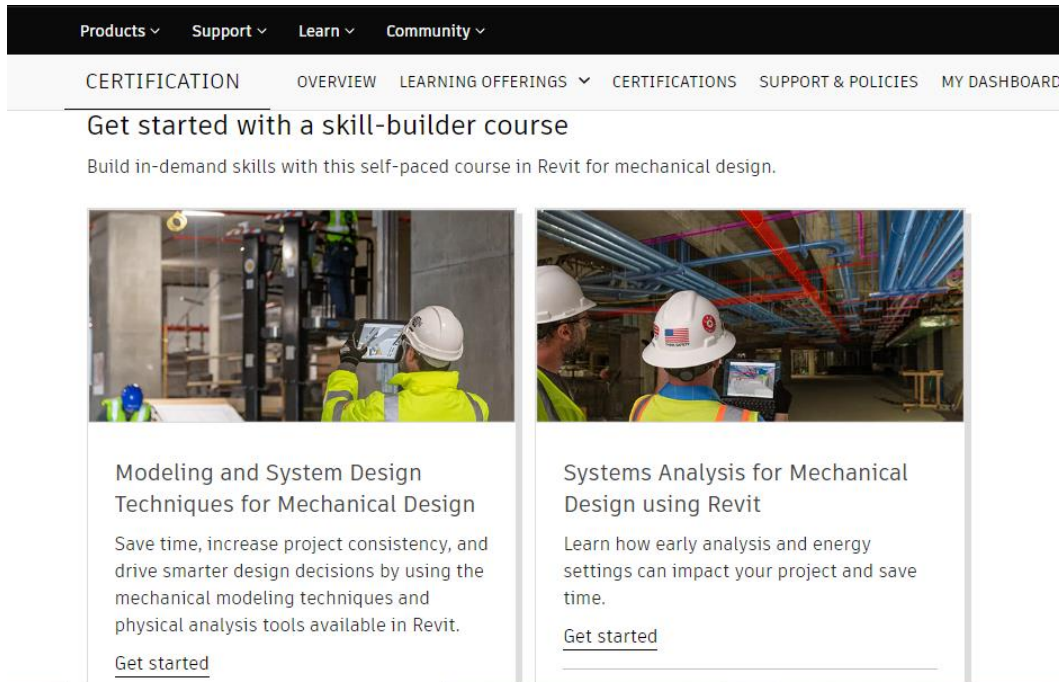
3 Metodología de trabajo

En este apartado se describe todo el procedimiento llevado a cabo a lo largo de nuestro proyecto que se dividirá fundamentalmente en tres partes. Lo primero será realizar unos estudios previos tanto acerca de la tecnología BIM, así como de los programas que serán usados más tarde. Se incluirá un desarrollo BIM de las instalaciones de calefacción hasta la obtención final del modelo. Por último, se presentarán los resultados a través de planos y la renderización de un video.

3.1 Estudios previos

Antes de comenzar con la realización del modelo se requieren ciertos conocimientos previos de la tecnología BIM, de los programas que serán utilizados y de la documentación a utilizar durante el proyecto.

Lo primero ha sido recabar información de la tecnología BIM, así como del programa *Autodesk Revit 2022*. La herramienta más utilizada durante esta parte serán los *Autodesk Learning Pathways*, especialmente los tutoriales acerca del modelado arquitectónico y del modelado de sistemas mecánicos.



The screenshot shows a navigation bar with 'Products', 'Support', 'Learn', and 'Community'. Below it, a menu includes 'CERTIFICATION', 'OVERVIEW', 'LEARNING OFFERINGS', 'CERTIFICATIONS', 'SUPPORT & POLICIES', and 'MY DASHBOARD'. The main content area features the heading 'Get started with a skill-builder course' and a sub-heading 'Build in-demand skills with this self-paced course in Revit for mechanical design.' Two course cards are displayed, each with a photo of workers in a facility and a 'Get started' link.

Ilustración 3.1. Revit Learning Pathways¹

Estos tutoriales proporcionan ejemplos sobre los que poder trabajar con Autodesk Revit además de una prueba final en el que puedes recibir una certificación por eso son tan completos y ayudan a entender mucho mejor el programa y las herramientas que este ofrece.

Más allá de estos tutoriales, durante la realización del proyecto se recurrió en numerosas ocasiones a vídeos de Youtube sobre partes más específicas además de la ayuda que proporciona Autodesk dentro del propio programa con la tecla F1.

En esta parte del trabajo se trata de analizar, comprender y observar la documentación obtenida del edificio, tanto los planos obtenidos por la Universidad como el modelo estructural del edificio en Revit.

En esta parte del proyecto se han observado diferencias significativas con la realidad por lo que se optó por crear un modelo lo más parecido y actualizado a la realidad del edificio hoy en día y para ello hubo que acudir en varias ocasiones a el edificio y realizar fotografías sobre las partes que no concordaban con la realidad.

¹ Autodesk Learning Pathways (<https://www.autodesk.com/certification/learning-pathways>)

3.2 Desarrollo

Una vez acabados todos los estudios sobre la metodología BIM y los programas a utilizar, se empezará con el modelado MEP de las instalaciones. Este aparatado conllevará varias partes.

La primera parte del proyecto fue completar el modelo arquitectónico del edificio ya modelado, así como realizar el entorno que rodea el edificio ya que esto mejorara la parte posterior de la renderización y video creando un modelo más profesional.

Una vez completado el modelo arquitectónico se llevará a cabo la parte más importante del proyecto que es el modelado de la instalación de calefacción del edificio. Se llevará a cabo con la parte de sistemas de Revit, conocida como *Revit MEP*², y siguiendo las indicaciones de los planos obtenidos por la Universidad y con la ayuda del servicio de mantenimiento del campus de Gijón.

3.3 Resultados

La tecnología BIM supone una gran ventaja en la generación automática de documentos, se han realizado algunos planos de la parte arquitectónica modelada, así como todos los planos acerca de las instalaciones de calefacción del edificio con distintas vistas y alzados para entender su distribución. Con estos planos se pretende actualizar los planos originales en papel y que estos puedan ser utilizados en un futuro para tanto tareas de mantenimiento como renovación del edificio.

En esta última parte, lo que se pretende es conseguir imágenes realistas del edificio además de un recorrido virtual del edificio con diferentes programas de renderización de videos para comparar los resultados y las diferencias entre ellos.

² Revit MEP es una herramienta de Autodesk Revit útil para crear instalaciones dentro de un modelo BIM y analizar errores o interferencias.

Estos resultados generan una información visual del modelo que nos ayuda en la presentación de los resultados.

4 Metodología BIM

4.1 Introducción

El *Building Information Modeling* (Modelado de Información en Construcción), BIM, es una metodología de trabajo colaborativa para generar y gestionar proyectos de edificación o infraestructura y que permite recabar toda la información en un mismo modelo digital. En estos proyectos se recorre todo el ciclo de vida del edificio lo que permite un trabajo colaborativo dentro del propio proyecto optimizando el diseño y la gestión permitiendo reducir el coste final del proyecto.

A finales de los años 70 y comienzo de los 80 se comienza el desarrollo de la tecnología de modelado en 3D.

Fue la empresa húngara *Graphisoft* la que implemento bajo el nombre de *Virtual Building* (Edificio Virtual) lo que podríamos considerar el primer modelo BIM, aplicándolo a su programa *ArchiCAD*. Este fue el primer programa para ordenador capaz de crear tanto dibujos en 2D como en 3D en el año 1984.

Autodesk comenzó a utilizar el concepto BIM en el año 2000, cuando compró la compañía *Revit Technology Corporation*. Autodesk ha mejorado la aplicación desde entonces, añadiendo nuevas extensiones con cada actualización.

En la tecnología BIM fue importante el año 2015, ya que en España se implantó la obligatoriedad de esta metodología en infraestructuras públicas.

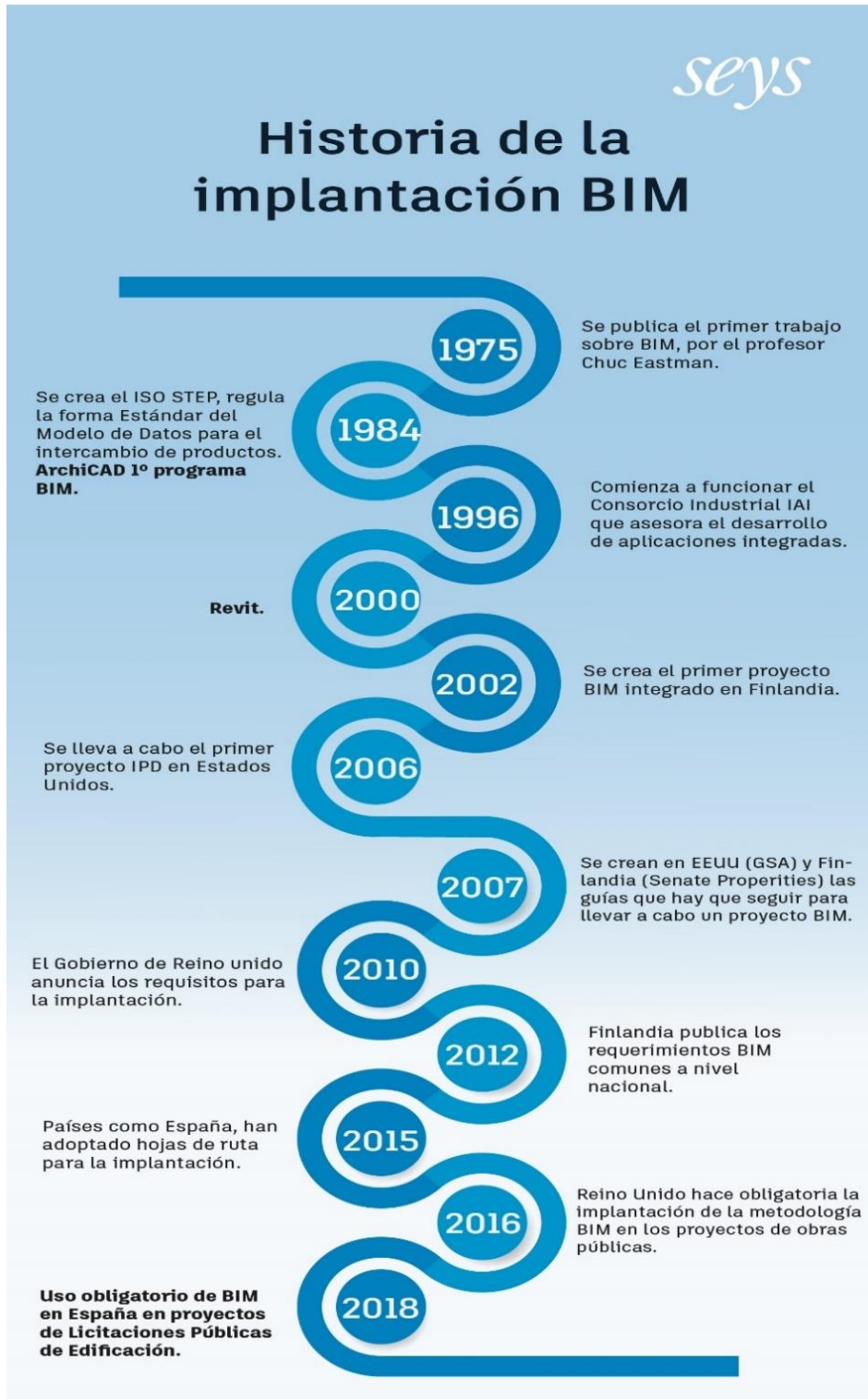


Ilustración 4.1. Evolución BIM en España

4.2 Dimensiones

La metodología BIM es algo que se extiende más allá del modelado 3D y que abarca todas las fases de una edificación, desde el diseño hasta su demolición.

Para sacar todo el rendimiento al BIM no es suficiente con usar las tres dimensiones necesarias para realizar un proyecto y en la actualidad se habla de **7 dimensiones** que son las siguientes:

- 1D Concepto: Establecimiento de bases para proyectos colaborativos.
- 2D Vectorización del Boceto: Consiste en establecer un flujo de trabajo y procedimientos en torno a las diferentes áreas de trabajo
- 3D Modelado: Consiste en la creación del modelo 3D del edificio coordinando las diferentes disciplinas del proyecto.
- 4D Planificación: Se refiere a la dimensión temporal con el objetivo de establecer unos plazos de ejecución y que estos se cumplan. Tiene en cuenta la logística de la obra definiendo cuando se necesitan determinados medios y definiendo el tiempo, duración y fase en los que son utilizados estos. Su principal utilidad es el dinamismo que ofrece y la capacidad para anticiparse a conflictos y que estos puedan ser subsanados en la fase de diseño lo que supone un coste notablemente inferior que en la fase de ejecución.
- 5D Costes: Se refiere a la estimación y control de los costes que afectara a la rentabilidad futura del proyecto. En esta dimensión se generan presupuestos, se realizan estudios de viabilidad económica, se gestionan ofertas y contrataciones, así como todo lo relacionado con inversión y beneficios.
- 6D Sostenibilidad: El también llamado **BIM verde** hace referencia a todo lo relacionado con ecoeficiencia, certificaciones de sostenibilidad, simulaciones energéticas etc.
- 7D Mantenimiento: Define la guía para alargar y mantener la calidad del proyecto una vez construido, desde inspecciones, reparaciones, etc.

Es la herramienta más importante para los propietarios ya que repercute en la utilidad y gestión de los costes de conservación del edificio. Aquí debe estar todo muy bien documentado para una gestión más fácil en el futuro.

Más allá de las dimensiones estándar, en los últimos tiempos hay un debate abierto sobre las tres “nuevas dimensiones del BIM”.

- 8D Seguridad en fase de diseño y proyecto
- 9D Construcción sin pérdidas
- 10D Industrialización de la construcción

DIMENSIONS OF BIM

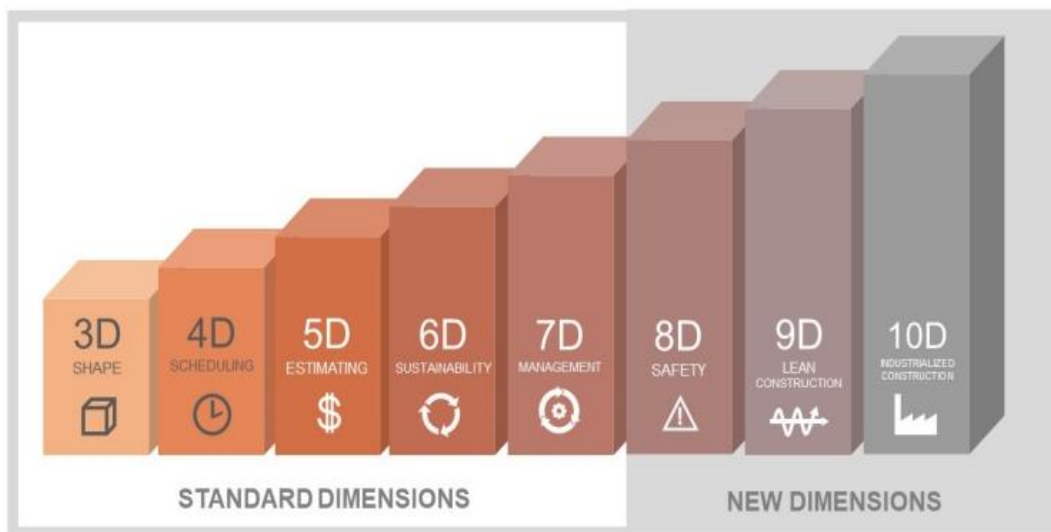


Ilustración 4.2. Dimensiones del BIM³

4.3 Ventajas del BIM

Como toda metodología de trabajo, BIM presenta ventajas e inconvenientes.

Las ventajas más importantes son:

³ Imagen obtenida en <https://biblus.accasoftware.com/es/que-significa-bim-10/>

- Trabajo multidisciplinar: Permite el trabajo colaborativo donde los distintos agentes (arquitectos, ingenieros...) pueden trabajar en un solo proyecto 3D y actualizando información en tiempo real.
- Detección de errores: La metodología BIM permite conocer si existe algún problema de integración previo a la construcción del edificio, lo que reduce el tiempo de reparación de estos problemas y el coste que estos suponen
- Generación de documentos: Una vez realizado el modelo y casi de forma automática permite crear documentos como presupuestos o planificación lo que genera un ahorro de tiempo y coste.
- Control de información: Durante el proceso de mantenimiento del edificio permite controlar toda la información acerca de materiales, objetos... por lo que si hubiera necesidad de sustituir algo dentro del edificio dispondríamos de todas las propiedades dentro del modelo.
- Aumento de productividad y rendimiento: Permite comparar dentro de diferentes soluciones pudiendo así elegir la más eficiente, rentable y sostenible con un ahorro de tiempo muy grande.
- Reducción de residuos y costes: Este modelo 3D permite conocer las cantidades exactas de mobiliario y elementos que se necesitan.
- Existencia de bibliotecas BIM: En estas bibliotecas se pueden encontrar modelos 3D con toda la información de estos. Esto permite hacer una selección más eficiente y rentable de objetos.
- Relación con el cliente: Este modelo 3D permite al cliente implicarse más durante la creación del proyecto dado que su visualización es más realista que los planos en papel.

4.4 Desventajas del BIM

- Implementación: El coste de este *software* supone una inversión inicial importante que a la larga seguramente sea rentable, pero a la que muchas empresas se resisten. Una licencia de Revit para un año supone

un coste de 2970 euros y para proyectos grandes se requiere un número de licencias mucho mayor.

- Coste de formación: Una vez una empresa se decide a involucrarse en la tecnología BIM necesita de un proceso de formación de sus empleados el cual requiere un gasto de tiempo y dinero y que debe tener en cuenta la misma empresa.

4.5 Diferencias entre CAD y BIM

Hay que destacar que el CAD y el BIM son dos metodologías que no pueden competir entre ellas ya que el BIM es una evolución del CAD.

Los programas CAD conllevan un proceso similar al tradicional de creación de planos con dibujos en dos dimensiones. Los elementos constructivos utilizados no son inteligentes por lo que cualquier cambio implicaría una remodelación del plano.

Por otro lado, el BIM al utilizar objetos paramétricos al ser necesario realizar un cambio en el proyecto este genera automáticamente nuevos planos, listados y presupuestos actualizados por lo que se considera una solución de diseño y documentación para la construcción en el que se encuentran todas las fases y disciplinas involucradas en esa construcción.

La diferencia más grande entre el CAD y el BIM es que el BIM genera un modelo virtual en 3D en el que todas las partes están vinculadas entre sí por lo que si se produce un error detectaría todos los errores vinculados que este conllevaría cosa que no pasaría al utilizar programas CAD.

DEL CAD AL BIM

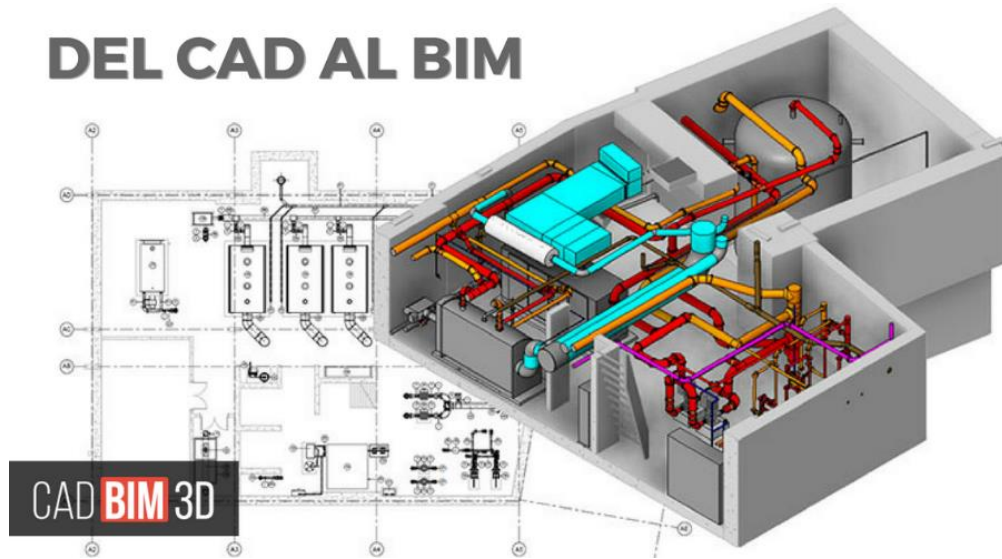


Ilustración 4.3. Evolución del CAD al BIM⁴

4.6 Proyectos As-Built⁵

En la mayoría de los Proyectos de Ejecución no se plasma de manera concreta, precisa y definitiva la ejecución real de la obra. Durante la realización de la obra suelen realizarse modificaciones debidas a diferentes motivos lo que provoca la realización de recálculos de instalaciones, nuevas soluciones constructivas, nuevos sistemas de instalaciones, etc.

Antiguamente, con el uso de los métodos tradicionales de planos a papel esto suponía un problema pues resultaba una tarea muy tediosa volver a realizar todos estos cálculos y soluciones en base a lo ejecutado en la obra lo que suponía que muchas veces los planos no se actualizaban a posteriori lo que suponía un problema para tareas como las de mantenimiento o para reformas a posteriori.

Los proyectos consisten en reflejar modificaciones de planos, cálculos e instalaciones realizadas sobre el Proyecto de Ejecución por lo que se tendrá un proyecto actualizado de cómo se llevó a cabo la obra en cuestión.

⁴ Imagen obtenida en <https://www.cadbim3d.com/2017/11/del-cad-al-bim.html>

⁵ <https://www.globalmediterranea.es/planos-as-built-que-son-y-como-hacerlos/>

Estos proyectos son muy útiles para futuras reformas o tareas de mantenimiento que el edificio en cuestión requiera.

4.6.1 Planos

Son planos creados por el contratista, el arquitecto o el diseñador según el tipo de proyecto y son un registro de la construcción real de la obra. Los cambios realizados sobre la obra se marcan en rojo para ofrecer una visión más detallada y reflejan desde los cambios en las dimensiones o ubicación de sistemas hasta mapas para reflejar los cambios en el paisaje durante el progreso del proyecto.

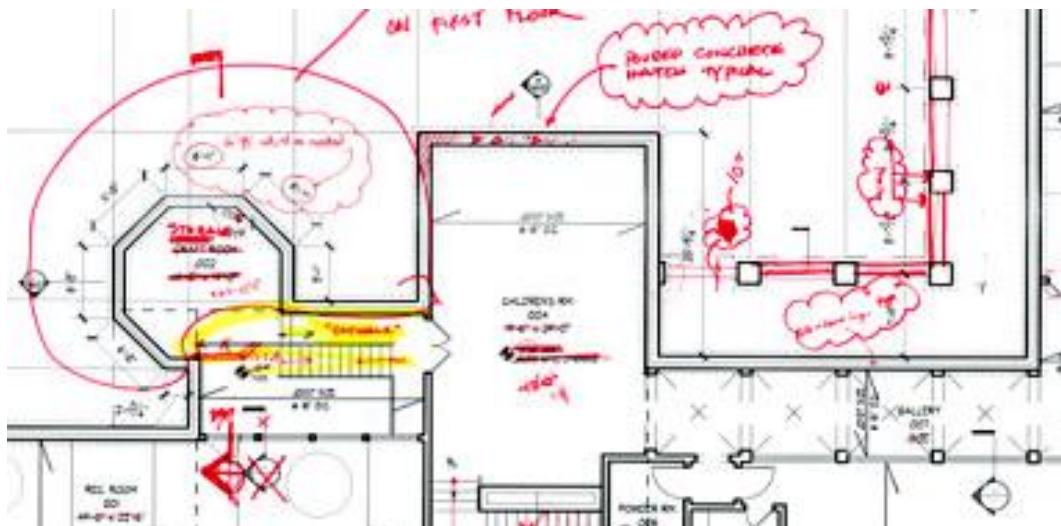


Ilustración 4.4. Planos As-Built⁶

Una vez realizados estos cambios hay que presentarlos al director del proyecto para que este verifique que se cumplen todos los requisitos.

4.6.2 Ventajas de proyectos

Los proyectos no son obligatorios, pero suponen una parte que mejora la imagen y el éxito de una empresa. Las principales razones por las que se realizan son:

- Ahorro de tiempo: Según el proyecto avanza muchas veces son necesarios nuevos subcontratistas. Estos proyectos suponen un acceso

⁶ Imagen obtenida en <https://www.tecnoseguro.com/analisis/pro/planos--tecnica-documentacion-instaladores-pro>

más rápido a la información correcta minimizando retrasos en el proyecto.

- Registro de cambios: Los dibujos muestran los cambios, lo que facilita la resolución de problemas lo que conlleva un ahorro de dinero y mejora la velocidad de construcción
- Facilidad en la concesión de permisos: En algunos casos, los organismos públicos solicitan planos antes de conceder los permisos.
- Mejora en las reformas: Si se quiere llevar a cabo una reforma, no se necesita perder tiempo en las condiciones reales de la obra.
- Mejora la reputación del contratista: Estos proyectos mejora significativamente la calidad de servicios de la empresa lo que supone una ventaja competitiva a la hora de la consecución de futuros trabajos.

4.6.3 Metodología As-Built

Cuando se desea realizar una reforma en edificios existentes estos suelen tener planos de edificios inexactos o incompletos y si la renovación se diseña en base a planos obsoletos o incompletos, los errores se trasladarán al nuevo diseño. Estos errores permanecerán invisibles hasta la fase construcción por lo que su arreglo tendrá un coste alto.

La mejor manera de evitar estos problemas es realizar un proyecto As-Built con escaneo láser y obtener toda la información sobre el espacio a renovar. Este escaneo servirá para crear una nube de puntos por la cual podremos unir todos los datos del edificio.

Si ya existieran unos planos, la nube de puntos deberá orientarse para que coincida con el sistema de coordenadas de los planos y alinear ambos conjuntos de datos. Si no existiesen unos planos creados del edificio, el escaneo podría ser usado como una “plantilla” para crear la nueva documentación.

Escaneo Laser 3D

La mejor alternativa es el escaneo laser 3D. Un escáner laser 3D de largo alcance puede capturar ambientes completos en minutos con solo presionar un botón. Cada escaneo guarda una nube de puntos con una precisión de 4 mm o menor y se puede llegar a capturar una instalación en menos de un día.



Ilustración 4.5. Escaneo 3D de un edificio⁷

A partir de ese escaneo y con el uso de herramientas de diseño del mercado como Revit podemos ofrecer el modelado 3D de los espacios escaneados para la creación de un modelo BIM.

Creación de planos

Una vez creado el modelo lo más importante de estos proyectos es la creación de los llamados planos As-Built y estos se pueden crear de dos maneras:

- Extraer ortoimágenes 2D o cortes de escaneo para visualización directa y volver a dibujar sobre las secciones de escaneo para obtener dibujos lineales 2D *DXF/DWG*⁸ estándar.
- Generar dibujos estándar de software BIM como Revit después de crear el modelo BIM.

⁷ Imagen obtenida en <https://gisasl.es/escaner-3d/>

⁸ DWG: Es un formato de archivo informático de dibujo computarizado

4.6.4 Proyectos reales

Ciudad de la Justicia Córdoba

En el proyecto de construcción de la ciudad de la Justicia de Córdoba, la empresa Miguelangel Gea- Arquitectos es la adjudicataria del concurso público de prestación de servicios BIM convocado por la consejería de Justicia e Interior en el año 2012. El trabajo de la empresa consiste en la auditoria y modelado BIM del Proyecto de Ejecución Definitivo y su posterior actualización, , del modelo para su utilización en la explotación y mantenimiento.

Los objetivos que persigue la Administración con el uso de este modelo son los siguientes:

- Control de ejecución del edificio en fase de proyecto:
 - Coordinación de la documentación
 - Detección de colisiones
 - Modificaciones y aclaraciones
 - Consulta de datos y cálculos
 - Planificación 4D y secuencia de ejecución
- Control, gestión y seguimiento de la construcción
- Explotación en las fases de post-producción
- Reunir toda la información del proyecto en una base de datos, integrada e interoperable
- Visualización del modelo virtual previo a la construcción por parte de la Administración
- Obtener conclusiones de un proyecto piloto para valorar la implantación de esta tecnología en proyectos futuros
- Evaluar la importancia del BIM en la planificación y gestión de infraestructuras.



Ilustración 4.6. Modelo BIM palacio de Justicia⁹



Ilustración 4.7. Palacio de Justicia Córdoba

⁹ Imagen obtenida de <https://aisoutnovation.com/obras-de-referencia-a-nivel-mundial-que-han-utilizado-la-tecnologia-bim/>

Clínica Anglo Americana Lima

En este proyecto el desarrollo del modelo BIM tenía varias finalidades desde un primer momento:

Se quería obtener un modelo BIM que permitiese agilizar la obtención de los planos necesarios para las diferentes fases de redacción de un proyecto de gran superficie y beneficiarse del trabajo colaborativo mediante diferentes modelos dentro de un modelo general, según fases de construcción.

La gestión de los modelos 3D por fases era determinante para dar respuesta al desarrollo del proyecto en sus diferentes etapas de derribo y construcción, sin interrumpir la actividad de los diferentes departamentos de la Clínica.

En la primera fase del proyecto, el modelo 3D permitiría obtener imágenes que ayudaran a comprender y visualizar claramente el mismo.

Posteriormente dicho modelo se utilizó para la coordinación de las distintas disciplinas (arquitectura, estructuras e instalaciones, etc.) y detectar los inevitables conflictos e interferencias entre ellas.

Permitir en un futuro la gestión de obra y gestión de mantenimiento.



Ilustración 4.8. Modelo BIM Clínica Anglo Americana Perú



Ilustración 4.9. Clínica Anglo Americana Perú

Wanda Metropolitano

La renovada sede del Atlético de Madrid inaugurada en el año 2017 se construyó sobre un antiguo estadio con capacidad para 19.000 espectadores. El proyecto buscó respetar la imagen del edificio existente, tomando aspectos de su diseño para las nuevas graderías, proponiendo además una nueva cubierta que da una imagen unificada y actual, fabricada con cables tensados y una membrana. El resultado es una edificación con capacidad para 70.000 espectadores y abarca 194.640m².



Ilustración 4.10. Estadio Wanda Metropolitano¹⁰

¹⁰ Imagen obtenida de https://es.wikipedia.org/wiki/Estadio_Metropolitano_%28Madrid%29



Ilustración 4.11. Iluminación LED cubierta del Wanda Metropolitano¹¹

Entre los aspectos que definieron el proyecto están la visibilidad óptima sobre el terreno de juego desde todos los puntos de las gradas, la iluminación LED automatizada que cumple estándares del consumo energético sostenible y otorga la posibilidad de jugar con llamativos escenarios.

La utilización de BIM ayudó a reducir los costos y tiempos de construcción al facilitar la prefabricación de piezas de la cubierta, que se extrajeron del modelo para enviarlas a fábrica. El trabajo colaborativo automatizado fue indispensable en la fase de obra, al permitir un acceso a información actualizada de parte de los involucrados, agilizando las solicitudes de documentación, las aprobaciones y facilitando la visualización de las fases de construcción para anteponerse a posibles problemas.

¹¹ Imagen obtenida de <https://www.palco23.com/clubes/el-wanda-metropolitano-un-negocio-que-ya-ronda-los-60-millones-de-euros-al-ano>



Ilustración 4.12. Wanda Metropolitano en BIM¹²

4.7 Situación del BIM en España

El Ministerio de Fomento está liderando el proceso de implantación del BIM con la ayuda de la Subsecretaría de Fomento.

Para ello se está promocionando la iniciativa *es.BIM* cuyo fin es facilitar e informar sobre procesos de implantación del BIM. Sus objetivos son los siguientes:

- Promover el uso BIM en el ámbito profesional y docente.
- Posicionar a España como referente a nivel mundial en el uso del BIM.
- Representar a España en los distintos foros internacionales.
- Promoción de la innovación en el sector de las infraestructuras.
- Establecimiento de una estrategia conjunta evitando grandes cambios.
- Análisis de las mejoras prácticas
- Establecimiento de la hoja de ruta y el calendario de implantación

¹² Imagen obtenida de <http://macrotec.com.pe/articulo/futbol-bim-estadios/>

Desde julio de 2019, el BIM es obligatorio para casi todas las licitaciones públicas y en un futuro no muy lejano será obligatorio en cualquier proyecto de construcción por lo que es una tecnología que será más y más importante y a la que será posible sacarle aun un rendimiento mayor por la que la mayoría de los países se verán interesados.

Las fechas más importantes del BIM en España son las siguientes:

- Junio 2015: Estrategia Nacional BIM *esBIM*¹³.
- Noviembre 2017: Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo.
- Marzo 2018: Ley Contratos del Sector Público.
- Diciembre 2018: Obligación de ejecutar en BIM todos los proyectos constructivos de edificación con financiación pública. Norma **EN ISO 19650**.
- Julio 2019: Obligación de ejecutar en BIM todos los proyectos de infraestructuras con financiación pública.



Ilustración 4.13. Hoja de ruta BIM en España¹⁴

4.7.1 EN ISO 19650¹⁵

La serie EN ISO 19650 es un conjunto de normas internacionales que definen el marco, los principios, y los requisitos, para la adquisición, uso y gestión de la

¹³ esBIM (<https://cbim.mitma.es/>)

¹⁴ Imagen obtenida en <http://blog.entornobim.org/senales-significativas-la-implantacion-bim-espana/>

¹⁵ EN ISO 19650 (<https://www.buildingsmart.es/recursos/en-iso-19650/>)

información en proyectos y activos, tanto de edificación como de ingeniería civil, a lo largo de todo el ciclo de vida de los mismos.

La serie EN ISO 19650 está compuesta por un conjunto de normas:

- EN ISO 19650-1 establece los conceptos y principios recomendados para los procesos de desarrollo y gestión de la información a lo largo del ciclo de vida de cualquier activo de construcción.
- EN ISO 19650-2 define los procesos de desarrollo y gestión de la información durante la fase de desarrollo.
- EN ISO 19650-3 define los procesos de uso y gestión de la información durante la fase de operación.
- EN ISO 19650-4 define el intercambio de información en BIM durante las fases de desarrollo y operación. Esta norma está actualmente en elaboración.
- EN ISO 19650-5 establece los requisitos de seguridad de la información.

La serie EN ISO 19650 es de aplicación a proyectos y activos construidos de cualquier tamaño y nivel de complejidad, pero en la misma ISO se recomienda que su uso se realice de manera proporcional y adecuada. Esto debe ser tenido en cuenta especialmente en el caso de proyectos o activos de pequeño tamaño y en el que los agentes involucrados en los mismos son PYMES.

4.8 IFC¹⁶

IFC son las siglas de *Industry Foundation Classes*, un estándar común para el intercambio de datos en la industria de la construcción que permite compartir información independientemente de la aplicación software que se esté utilizando. Los datos utilizados durante todo el ciclo de vida de un edificio permanecen almacenados

¹⁶ <https://www.e-zigurat.com/blog/es/ifc-por-que-ahora/>

y pueden usarse nuevamente para múltiples propósitos, sin necesidad de subirlos otra vez.

El IFC es un formato de archivos basado en objetos, desarrollado por *buildingSMART International*, cuyo objetivo principal es el de facilitar la interoperabilidad dentro del sector de la construcción y se utiliza en proyectos basados en BIM.



Ilustración 4.14. IFC¹⁷

Usos IFC

Hoy en día, el formato IFC se utiliza para el diseño y la fase de construcción. Durante la primera etapa, el equipo de diseño podrá fusionar o referenciar modelos de disciplina independientemente de la aplicación original. Los archivos IFC también se usan para importar datos de una aplicación a otra. Sin embargo, este proceso implica una pérdida de datos e inteligencia del objeto. Tener un edificio virtual en formato abierto permite a los contratistas hacer el primer acercamiento al diseño y organizar el cronograma.

Una vez exportamos, el modelo IFC contiene no sólo la geometría del edificio y los datos del edificio, sino también toda la información contenida en los archivos nativos BIM. Al exportar los datos nativos a un archivo IFC, los datos pueden transferirse entre aplicaciones, esta operación es gratuita y está bien documentada, y permite su uso por cientos de otras herramientas y aplicaciones BIM.

¹⁷ Imagen obtenida en <https://biblus.accasoftware.com/es/bim-la-importancia-del-archivo-ifc/>

Estructura del IFC

Un modelo contiene datos geométricos y no geométricos sobre el proyecto de construcción. Por ejemplo, una ventana se clasifica en el dominio del edificio y el sistema como una ventana. Este elemento contiene atributos y propiedades adjuntos, por ejemplo, instrucciones de mantenimiento, número de modelo, tamaño, etc.

Las propiedades tienen una estructura específica y se reúnen alrededor de los llamados ‘conjunto de propiedades’. Algunos de ellos se definen en el BEP o en el estándar IFC. Sin embargo, IFC también tiene otras formas de agrupar elementos, por ejemplo, los que funcionan juntos como el suministro de agua, la entrada de aire, etc.

Las relaciones entre los elementos del edificio también están definidas por IFC. Algunos de estos enlaces se utilizan para crear conexiones como las comentadas anteriormente, como tipos, conjuntos de propiedades, etc. ... y el resto de ellos se utilizan para describir cómo los componentes de construcción se convierten en el edificio mismo. Normalmente, las conexiones incluyen tanto la estructura espacial como la forma en que los espacios se agrupan en zonas.

4.9 Software BIM

Los programas BIM más utilizados en la actualidad varían entre las siete dimensiones y en el mercado existen muchas opciones para ingenieros y arquitectos que buscan usar esta metodología de trabajo.

La elección del software es una parte importante del trabajo ya que es importante elegir el que mejor se adapte al proyecto a realizar y hay que tener en cuenta bastantes factores como son: disponibilidad de licencias educativas, compatibilidad con sistema operativo, demanda de uso en mercado y rendimiento del programa.

4.9.1 Programas para modelado 3D

Para esta dimensión dentro de la tecnología BIM existen principalmente 3 programas a destacar:

- *Revit*¹⁸
- *ArchiCAD*¹⁹
- *Allplan*²⁰

Revit: Probablemente sea la plataforma más utilizada por los profesionales del área de construcción. Esto se debe a su conectividad con muchos de los productos de Autodesk, lo que permite la flexibilidad y compatibilidad, por ejemplo, al importar archivos de AutoCAD.

Por otro lado, para Autodesk existen muchas plataformas que permiten resolver casi cualquier problema que surja durante su uso.

ArchiCAD: Este es uno de los softwares creadores de la metodología BIM, sin embargo, fue originalmente creado para sistemas operativos de MAC por lo que su uso no fue tan extendido al principio. Hoy en día se puede encontrar para todas las plataformas.



Ilustración 4.15 .Logo ArchiCAD²¹

ArchiCAD ofrece una interfaz intuitiva y constantes innovaciones que permiten un diseño óptimo de estructuras. A pesar de sus facilidades su uso no está muy extendido dentro de los profesionales de la construcción.

¹⁸ Autodesk Revit 2022 (<https://www.autodesk.es/products/revit/overview>)

¹⁹ArchiCAD (Ver más información en: <https://graphisoft.com/es/solutions/archicad>)

²⁰ Allplan (Ver más información en: <https://www.allplan.com/es/>)

²¹Imagen obtenida en <https://deingenierias.com/software/archicad-software-de-diseno-para-arquitectos-e-ingenieros/>

Allplan: Es un software que se posiciona rápidamente en la Unión Europea y el resto del mundo debido a su facilidad de pasar del 2D al 3D sin perder trabajos anteriores. Su uso está principalmente extendido en Alemania.

Debido a su escaso uso, resulta complicado en algunos casos la resolución de problemas o dudas.



Ilustración 4.16. Logo Allplan²²

Tras una comparativa entre los 3 software **Allplan** se puede descartar debido a su uso menos generalizado. Comparando entre **Autodesk Revit** y **ArchiCAD** ambos ofrecen características similares en cuanto a precios de licencias, facilidad de aprendizaje y disponibilidad de tutoriales. La gran diferencia y lo que nos llevó a escoger Revit como el software utilizado en nuestro proyecto es la posibilidad que ofrece Autodesk de licencias gratuitas en todos sus productos para estudiantes.

Si el proyecto abarcara otras dimensiones como pueden ser los Análisis de Costos habría que usar otros softwares más específicos como, por ejemplo, Microsoft Excel o Vico Office.



Ilustración 4.17. Logo Vico²³

²² Imagen obtenida en <https://reviews.financesonline.com/p/allplan-architecture/>

²³ Imagen obtenida en <https://www.bouwbeurs.nl/product/automatisering/software-voor-ontwerp-calculatie-en-planning/vico-office-bouwsoftware-voor-calculeren-begroten-en-plannen>

4.9.2 Programas de renderización y vídeo

Para la presentación de resultados se utilizará un programa de renderización de imágenes 3D del modelo. Para presentar los resultados del proyecto existen distintas formas de hacerlo, desde la presentación de imágenes realistas hasta videos de recorridos virtuales dentro del proyecto.

Para esta parte del proyecto vamos a destacar 3 software diferentes.

- *Lumion*²⁴: La principal ventaja de este software es la velocidad en renders y recorridos virtuales. En Lumion no se realiza el modelado, solo se ambientan las escenas y se renderizan, pero los cambios realizados en el modelado en otros programas como pueden ser, Revit, 3dsMax o SketchUp aparecerán en tiempo real en Lumion.



Ilustración 4.18. Imagen renderizada Lumion²⁵

- *Sketchup*²⁶: Este software es muy bueno en cuanto a velocidad de modelado y su uso es bastante intuitivo, es un programa ligero con

²⁴ Lumion (Ver más información en: <https://www.lumion.es/>)

²⁵ Imagen obtenida en <https://www.renders.com.mx/mejores/programas-para-hacer-renders/>

²⁶ SketchUp (Ver más información en <https://www.sketchup.com/es>)

archivos poco pesados pero su principal desventaja es cuando queremos realizar modelos 3D más complejos.



Ilustración 4.19. Imagen renderizada con SketchUp

- *3dsMax*²⁷: Es el programa más utilizado por profesionales para la visualización por computadora, ya que ofrece muchas herramientas que otros programas no poseen.

Al trabajar con Vray, su calidad fotorrealista es la mejor en cuanto a renders, animaciones y efectos, en velocidad tiene un término medio y en cuanto a dificultad, es un software complejo de aprender pues posee una gran cantidad de herramientas, pero por eso proporciona un mejor control y con mejores resultados.

²⁷ 3dsMax (<https://www.autodesk.es/products/3ds-max/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>)

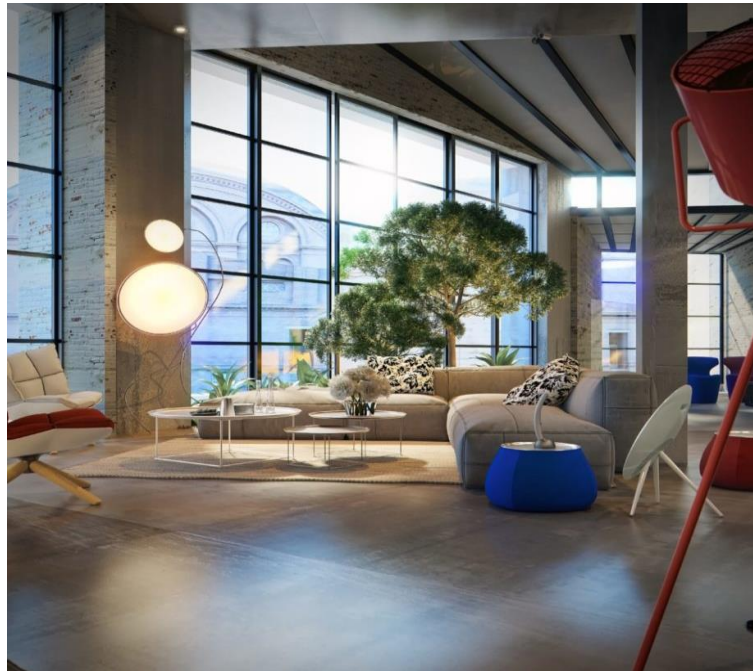


Ilustración 4.20. Imagen renderizada con 3dsMax

Para este proyecto, finalmente se ha decidido utilizar 3dsMax ya que es otro producto de Autodesk que nos ofrece licencias gratuitas y una compatibilidad con los archivos de Revit en los que se va a generar el modelo.

5 Autodesk Revit

Existen diferentes tipos de programas BIM para la realización de proyectos, en este caso y para la realización de este proyecto se escogió la herramienta Autodesk Revit, ya que Autodesk posee licencias gratuitas para estudiantes en todos sus programas.

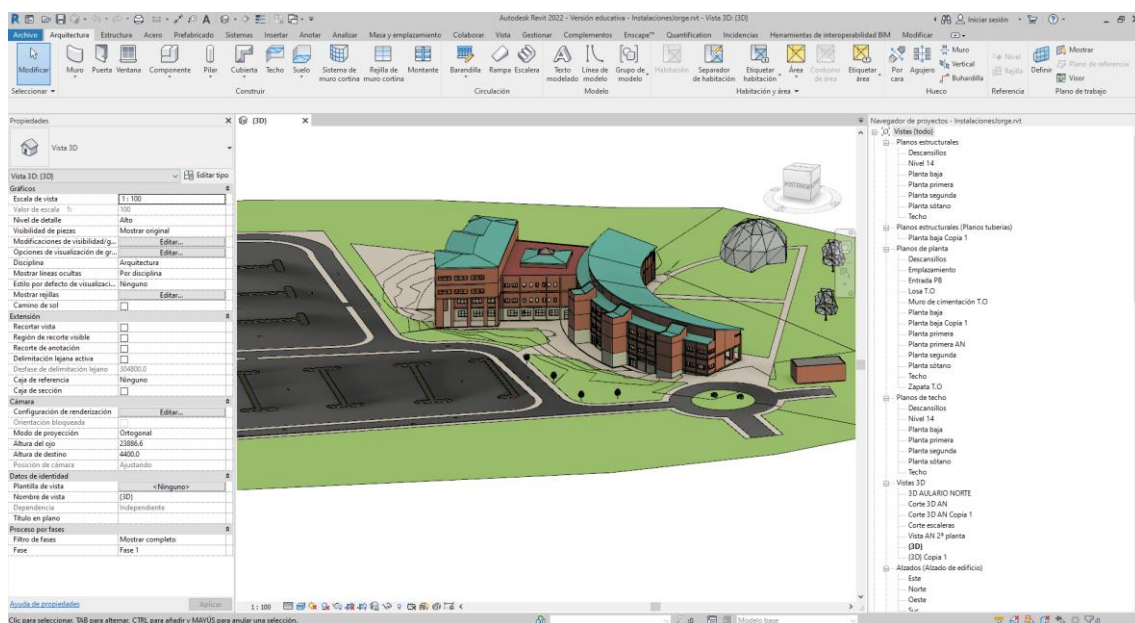


Ilustración 5.1. Interfaz Autodesk Revit 2022

Revit es un software de modelado de información de construcción que permite al usuario el diseño de elementos de modelación que permiten generar un proyecto en tres dimensiones con objetos inteligentes. Esto permite una bi-direccionalidad en el proyecto por la que un cambio sobre cualquier elemento significa un cambio automático en todo el proyecto sin necesidad de volver a cambiar todo manualmente.

5.1 Historia

Revit fue lanzado al mercado en el año 2000 a través de la empresa Revit Technology Corporation. En 2002 Autodesk se hizo con sus servicios y desde entonces han sacado distintas versiones del programa.

Hasta el año 2017 Revit poseía *Revit Architecture*, *Revit MEP* y *Revit Structure* como tres programas diferentes, pero fue en este año cuando decidieron enfocarse en una única versión de Revit que incluyera las tres disciplinas.

5.2 Jerarquía

Toda la información que utiliza Revit esta jerarquizada para que así sea más fácil de transmitir todos sus parámetros de manera clara y organizada.

Dentro de la jerarquía podemos definir 5 elementos:

- Disciplina
- Categoría
- Familia
- Tipo
- Ejemplar

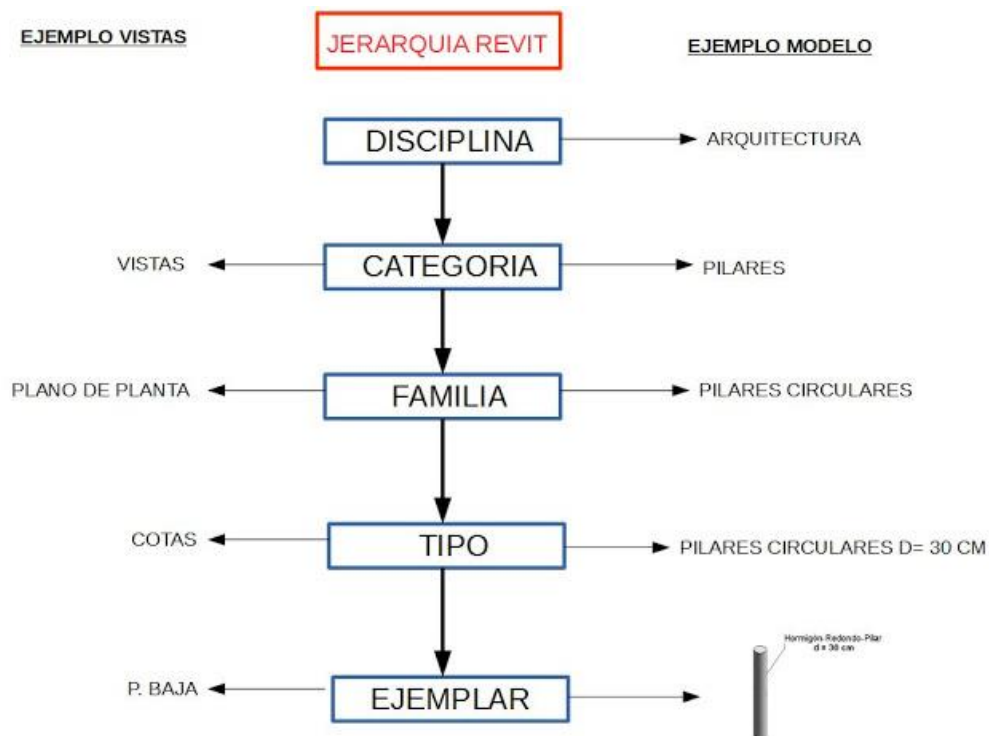


Ilustración 5.2. Jerarquías en Revit28

²⁸ Imagen obtenida en <https://muralit.es/jerarquia-elementos-revit/>

Disciplinas

Revit posee 6 disciplinas diferentes las cuales son Arquitectura, Estructura, Mecánica, Tuberías, Electricidad y Coordinación.

Estas disciplinas determinan como se ven los elementos específicos de una disciplina en una vista y controlan los elementos siguientes.

- Las categorías de elemento que se muestran en la vista, según las disciplinas relacionadas
- Las etiquetas de vista que se muestran en la vista
- Si el rango de vista y su plano de corte controlan la visualización de los elementos en las vistas de plano
- Si las líneas ocultas automáticas se aplican a la vista

Categorías

De las disciplinas nacen las categorías que están ya incluidas en el programa y no se pueden crear ni eliminar. Estas categorías incluyen elementos con características comunes como pueden ser ventanas, puertas, pilares, etc...

Familias

Las familias se agrupan dentro de una disciplina y categoría y a diferencia de las anteriores se pueden crear tantas como necesitemos con características más específicas.

Dentro de las familias podemos encontrar 3 tipos:

- Familias cargables: son las que se crean y modifican con mayor frecuencia en Revit, porque contienen parámetros diseñados a partir de las necesidades del usuario.
- Familias «In situ»: son componentes que pueden pertenecer a la Categoría que se necesite y comportarse según parámetros creados. Sin embargo, las Familias In Situ son componentes modelados exclusivos

de un Archivo abierto; por lo general, se utilizan para modelar un elemento muy particular que no se repite en el proyecto.

- Familias de Sistema: son elementos internos y predefinidos del sistema. Por lo tanto, para poder crear otra configuración, siempre va a ser necesario Duplicar, ya que no existen Familias de Sistemas “cargables” desde un Archivo.Rfa. De esta manera, siempre se comenzará a gestionar una Familia de Sistema a partir de una configuración previa disponible.

Serán las más utilizados a lo largo de todo nuestro proyecto

Tipos

Los tipos se encuentran dentro de una familia y nos sirven para especificar parámetros más específicos como pueden ser el tamaño, el material o alguna propiedad similar.

5.3 Instalaciones en Revit

Revit MEP es la parte del software de Revit para las instalaciones. Las siglas MEP se refieren a ‘*Mechanical, Electrical and Plumbing*’.

- Mecánico (Sistemas de ventilación y climatización, protección contra incendios)
- Eléctrico (Iluminación, Alta-Baja Tensión,)
- Plomería (suministro de agua y drenaje)

Este software esta creado para el diseño de instalaciones y sistemas complejos que envuelven varias disciplinas y permite un modelado rápido y eficiente. Este mismo software ofrece herramientas para optimizar la productividad, analizar el rendimiento, calcular la presión y flujo dentro de las instalaciones.

El modelado de instalaciones conlleva demasiados problemas debido a la aparición de interferencias con la estructura del edificio o incluso entre las mismas instalaciones. El uso de métodos tradicionales o en su defecto el CAD no es capaz de

detectar las interferencias entre elementos hasta la instalación por lo que lleva un duro trabajo de revisión e inspección.

Revit posee una herramienta muy útil en su software para inspeccionar estos sistemas de una manera rápida y eficaz, además esta herramienta 'Inspeccionar' también permite ver tanto los sentidos de los flujos en las tuberías como la presión estática y las pérdidas de presión.

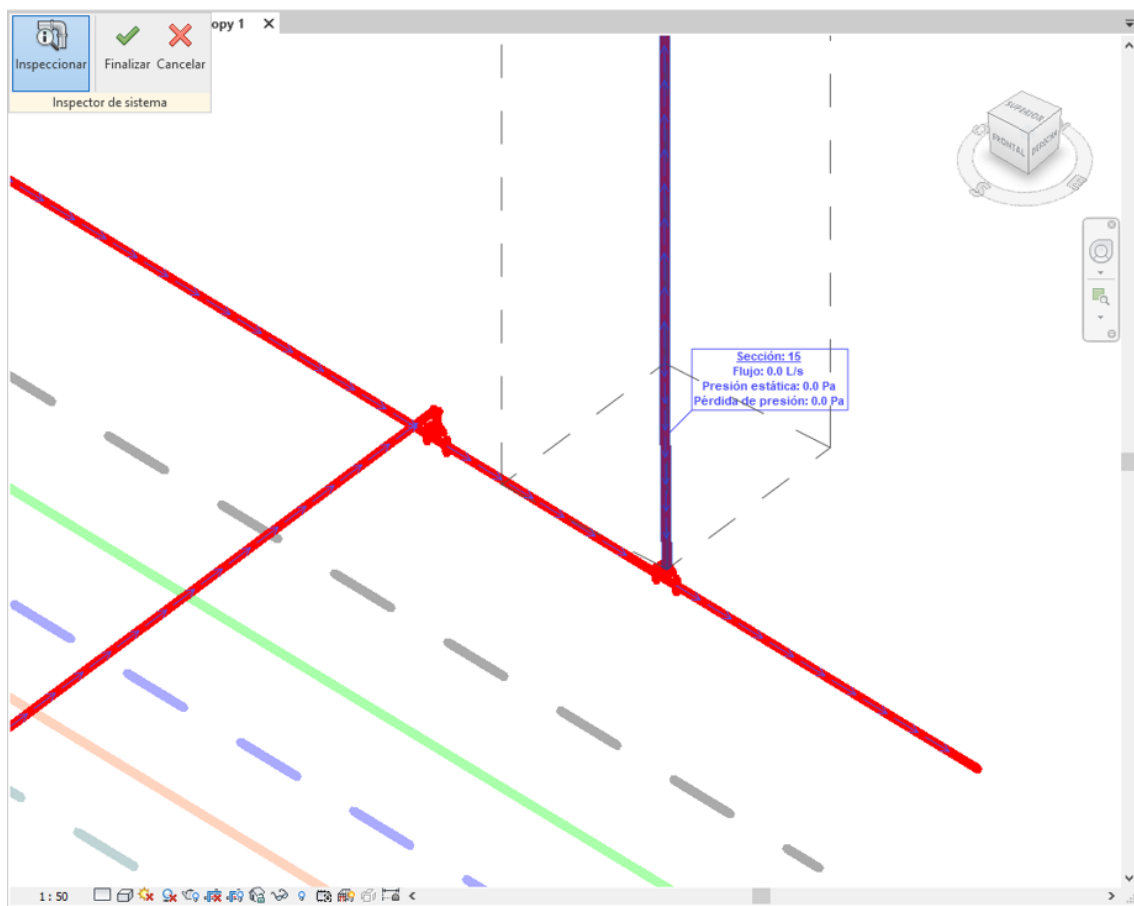


Ilustración 5.3. Herramienta Inspeccionar Revit

Gracias a la metodología BIM, este software permite la colaboración y coordinación en tiempo real entre los agentes del proyecto de manera rápida y eficaz.

5.3.1 Ventajas de Revit MEP

Como se comentó antes Revit MEP es un software muy utilizado por particulares y empresas para implementar y desarrollar proyectos BIM. Sus principales características son las siguientes:

- Mitigar los errores o conflictos de diseño
- Diseñar y revisar los sistemas MEP del edificio
- Entregar los proyectos a tiempo
- Reducir los costos del proyecto
- Simplificar el proceso de diseño con un diseño integrado
- Realizar análisis de energía mediante la detección y simulación de interferencias
- Preparar modelos listos para fabricar
- Prototipos de sistemas MEP basados en diseño generativo y modelado paramétrico
- Optimizar los flujos de trabajo de MEP
- Documenta y etiqueta todos los elementos con un alto nivel de detalle

5.3.2 Instalaciones eléctricas

Para estas instalaciones, Revit MEP permite el diseño mediante la definición de voltajes y creación de sistemas de distribución. Lo primero que habrá que realizar es el posicionamiento correcto de los equipos eléctricos sobre un anfitrión para a continuación conectarlos entre sí mediante cables. Por último, se pueden modificar los parámetros de estos equipos eléctricos para adecuarlos a nuestras necesidades.

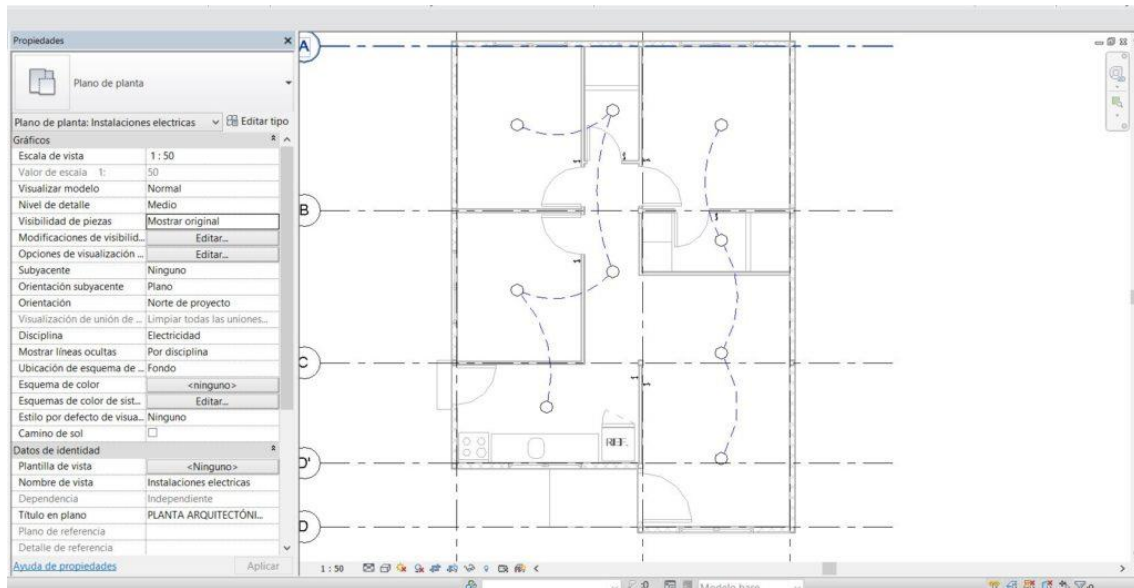


Ilustración 5.4. Instalación Eléctrica con Revit²⁹

5.3.3 Instalaciones de climatización

Revit permite la creación de sistemas tanto de tuberías como conductos para el diseño de instalaciones de refrigeración o calefacción. Mediante el uso de elementos mecánicos colocados previamente como radiadores o terminales de aire se crearán los sistemas de tuberías o tubos sobre los que se pueden realizar cálculos de cargas y caídas de presión.



Ilustración 5.5. Instalación de calefacción³⁰

²⁹ Imagen obtenida en <https://arquitecturahb.com/revit-crear-circuito-iluminacion/>

³⁰ Imagen obtenida en <https://forums.autodesk.com/t5/revit-navisworks-bim-360-espanol/instalacion-calefaccion-por-radiadores-y-piso-radiante/td-p/9474301>

5.3.4 Instalaciones sanitarias

Para la creación y diseño de instalaciones sanitarias, Revit permite la creación de tuberías de diferentes diámetros a los que se le puede aplicar cierta pendiente, además permite la creación de sistemas de captación de aguas.

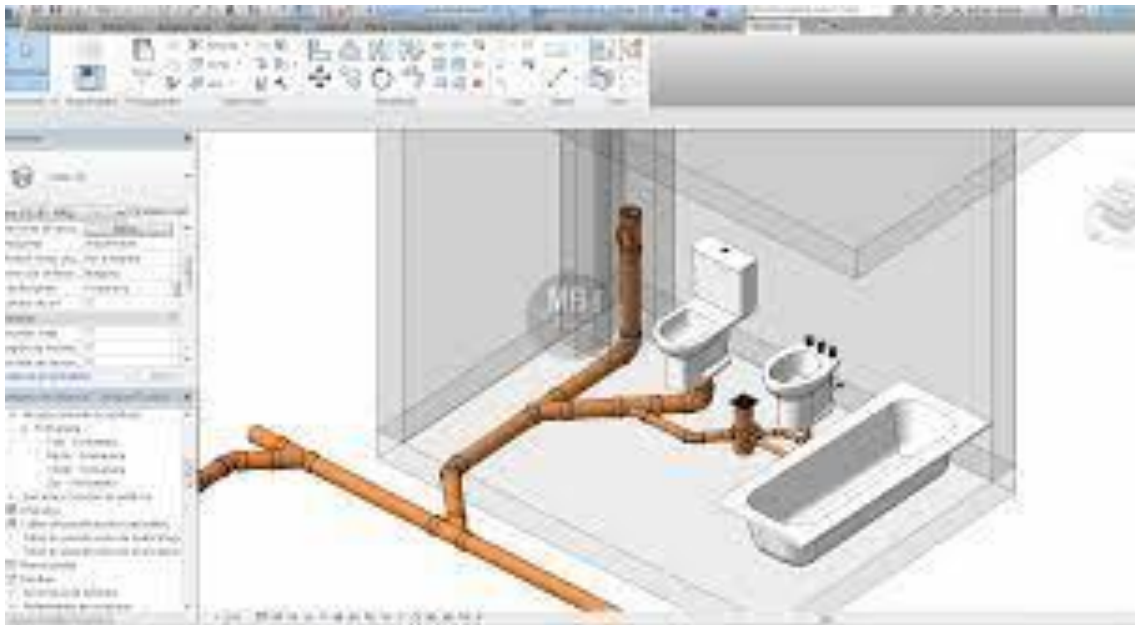


Ilustración 5.6. Instalación sanitaria con Revit³¹

5.3.5 Inspector de sistemas

Una de las herramientas más interesantes dentro de Revit MEP en cuanto a sistemas de tuberías y conductos es, sin duda, el **Inspector de sistemas**.

Una vez tienes modelada toda la instalación de tu proyecto, puedes seleccionar cualquier tubería y desde Análisis -> Inspector de sistema -> Inspeccionar, ver cómo ha configurado el sistema viendo de donde viene el agua y cuál es la dirección de flujo que va a seguir por toda la instalación.

³¹ Imagen obtenida en <https://www.facebook.com/1496745403744739/posts/2189788174440455/>

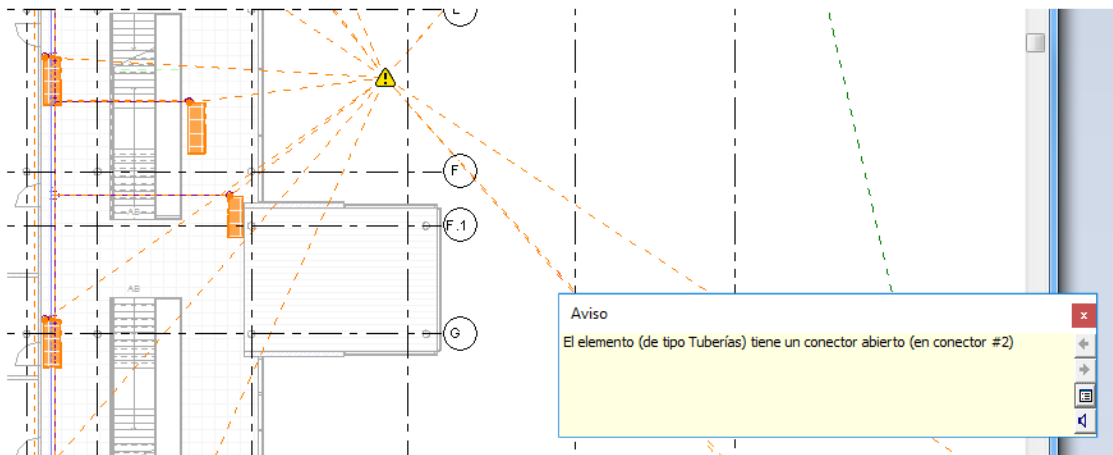


Ilustración 5.7. Inspector de Sistemas con Revit

La presencia de la herramienta Inspector de sistema es prueba de una instalación bastante bien lograda: un mal modelado ni siquiera muestra la herramienta.

Si alguna parte aparece en blanco, sin flechas de dirección de flujo, es que hay algún fallo en la instalación: pulsando Inspeccionar, podrás acercarte a una tubería y Revit te dirá cuál es el flujo y las unidades de aparatos de ese tramo; así es posible revisar todas las secciones de la instalación.

Una herramienta muy importante dentro del Inspector de sistemas es la de **Mostrar desconexiones** ya que, durante la creación de un sistema, tanto de tuberías como de conductos y especialmente si son edificios muy grandes, puede ser una tarea repetitiva y tediosa por lo que puede llevar a errores en las conexiones entre elementos. Esta herramienta se encuentra en la parte de Analizar -> Mostrar desconexiones y permite seleccionar las desconexiones en los siguientes elementos:

- Conducto
- Tubería
- Bandeja de cables y tubo
- Eléctrico
- Portante de fabricación

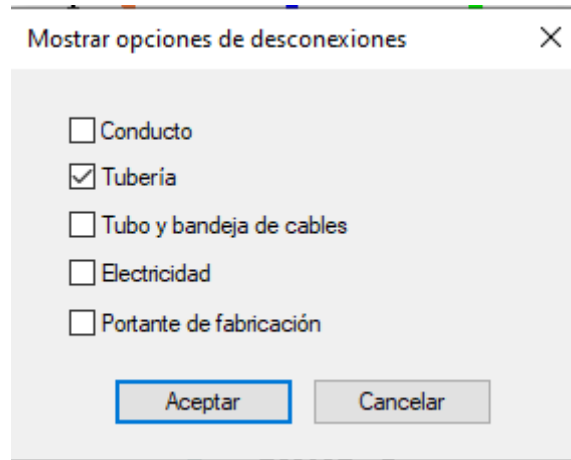


Ilustración 5.8: Herramienta opciones de desconexión

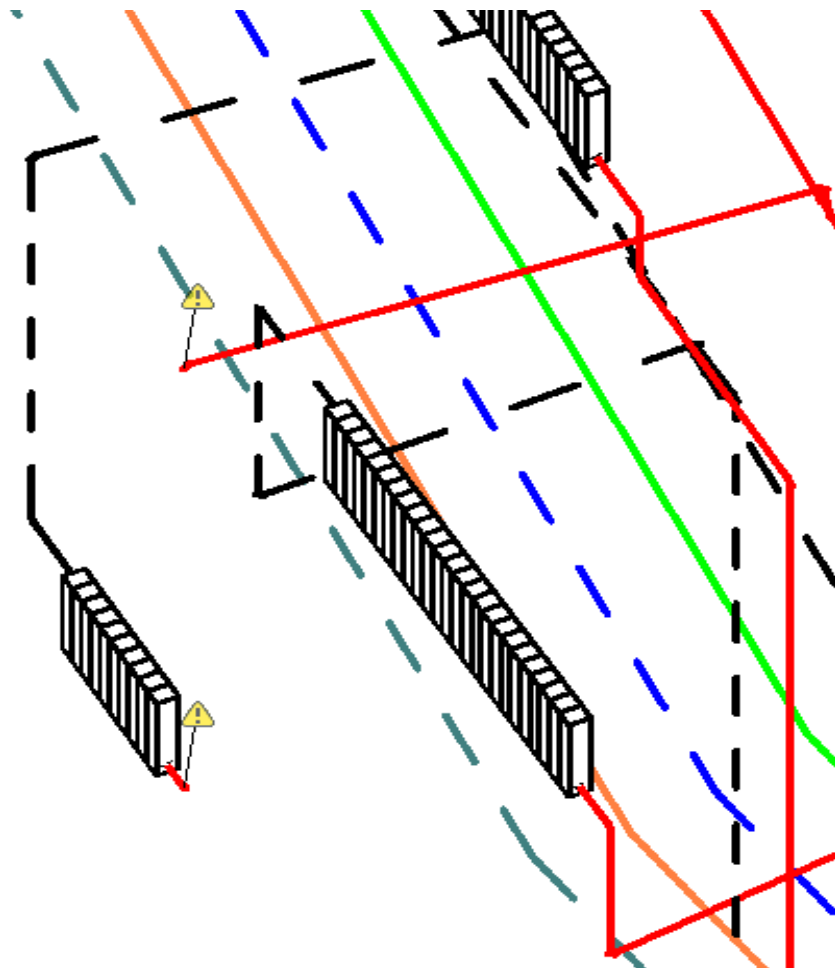


Ilustración 5.9. Desconexiones en Revit

6 3ds Max

3ds Max es un programa de computación gráfica para crear modelos 3D, animaciones e imágenes digitales. Es uno de los programas más populares en la industria de la computación gráfica y es conocido por tener un conjunto amplio de herramientas 3D. Es capaz de crear contenido real virtual y ayuda a mostrar al cliente el aspecto final de la edificación con imágenes realistas.

Además de para la representación de imágenes fotorrealistas de edificios y objetos es muy usado para desarrollos de juegos, estudios comerciales de televisión y arquitectos y pertenece a **Autodesk**.



Ilustración 6.1. Imagen hiperrealistas con 3DsMax

El software puede manejar varias etapas del proceso de animación, tales como visualización previa, diseño, cámaras, modelado, texturizado, animación, efectos visuales, iluminación y renderizado.

Cada parte del modelo 3D puede tener una textura asignada y con el uso del mapeo plano y otros flujos de trabajo de texturas, se pueden crear un número ilimitado de texturas. Los modelos 3D con detalles y texturas ofrecen muy buenos renderizados.



Ilustración 6.2. Imagen hiperrealista con 3DsMax

Otra de las ventajas de este software es su compatibilidad con otros programas, facilitando la transferencia de archivos con Revit. La transferencia se realiza de forma sencilla y sin pérdida de información.

El programa posee *plugins* como puede ser el “*populate*” que le dan un mayor realismo a las imágenes y videos exportados. Todo esto resulta en unos resultados más dinámicos que permiten mostrar al cliente unos resultados más realistas que le ayudan a hacerse una idea mejor de los resultados.



Ilustración 6.3. Herramienta Populate 3dsMax³²

La iluminación es uno de los aspectos más importantes, el programa tiene una gran variedad de herramientas y luces, desde luces libres hasta el propio sol. La iluminación es una variable crítica a la hora de realizar imágenes hiperrealistas, ya que es complejo crear una iluminación realista a la escena.



Ilustración 6.4. Importancia de la iluminación en la escena³³

³² Imagen obtenida en <https://forums.autodesk.com/t5/3ds-max-forum/populate-textures/td-p/5568204>

³³ Imagen obtenida en <https://irendering.net/gpu-accelerated-cloud-rendering-service-for-3ds-max-with-v-ray-render/>

A la hora de usar cámaras para crear recorridos o generar imágenes una de la parte más importante es la exposición generada en la cámara ya que la iluminación depende en gran medida de esto.

7 Modelado BIM de Instalaciones

Aulario Norte

Este apartado recoge la información acerca de las etapas que se han seguido para llevar a cabo la modelización BIM de las instalaciones de calefacción del Aulario Norte de la Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón. El proyecto ha seguido las fases siguientes:

- Obtención de información
- Estudios previos
- Realización del modelo
- Presentación de resultados

7.1 Estudios previos

Para nuestro proyecto, se han decidido modelar los sistemas del edificio Aulario Norte de la Escuela Politécnica de Ingenieros situado en el campus de Gijón de la Universidad de Oviedo.



Ilustración 7.1. Imagen aérea Aulario Norte en el campus

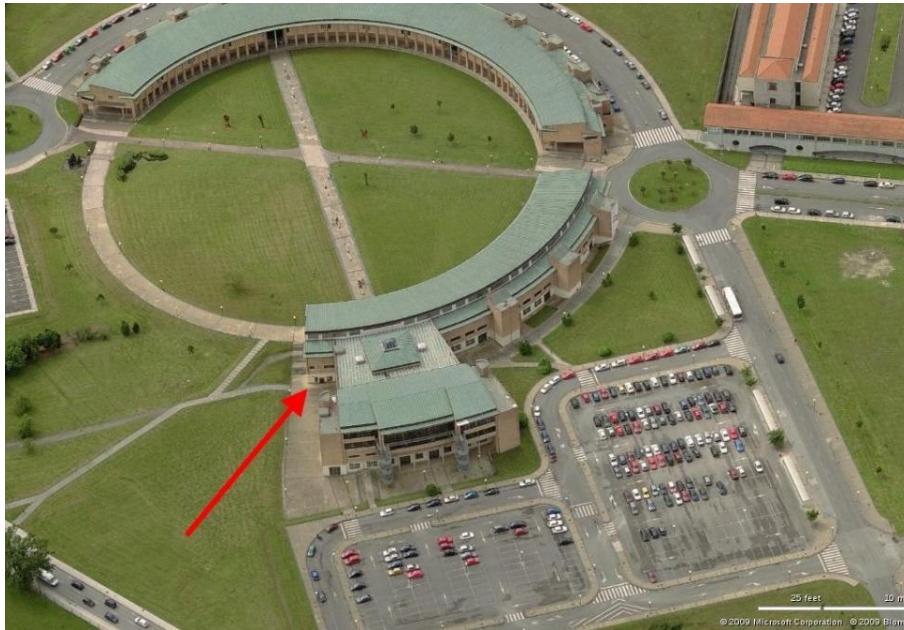


Ilustración 7.2. Imagen aérea Aulario Norte



Ilustración 7.3. Fotografía Aulario Norte

El edificio está compuesto por 8 salas de ordenadores y un aula de exámenes en la planta sótano, un comedor salas de prácticas y fotocopiadora en la planta baja y aulas de teoría, biblioteca, 4 salas de ordenadores y una sala de grados en la primera planta.

Datos de partida

Para la ejecución del proyecto se disponía de diferentes materiales proporcionados tanto por el registro histórico de la Universidad de Oviedo como por el servicio de mantenimiento del propio campus en Gijón.

- Planos de Instalaciones: Estos planos fueron proporcionados por el servicio de gestión de patrimonio de la Universidad Oviedo, pero tras una labor de investigación se determinó que estos planos no estaban actualizados y por lo tanto hizo falta recurrir al personal de mantenimiento del campus que poseía unos planos más actualizados de la instalación de calefacción del edificio.

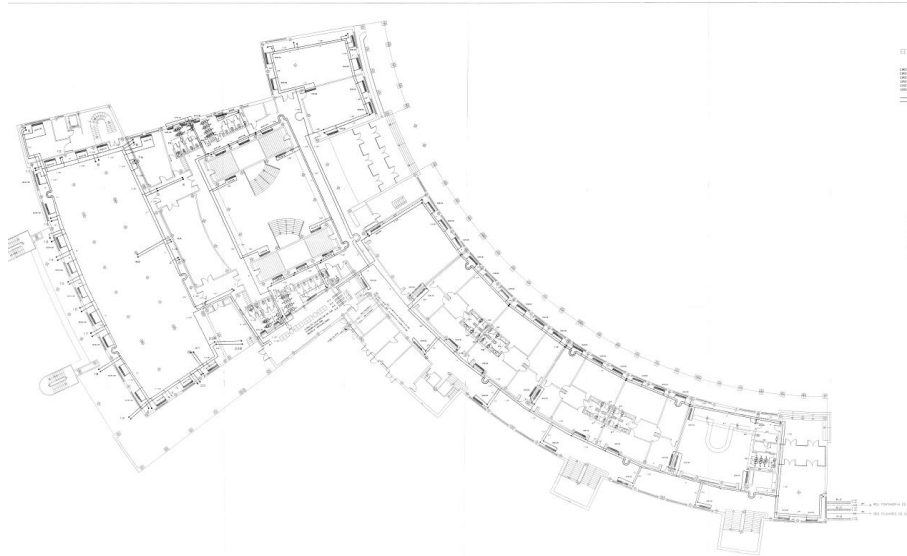


Ilustración 7.4. Plano Instalaciones Planta Baja

- Planos AutoCAD: Estos planos proporcionados por la Universidad sirvieron tanto para la realización de medidas como para la creación de cualquier parte arquitectónica requerida del edificio.

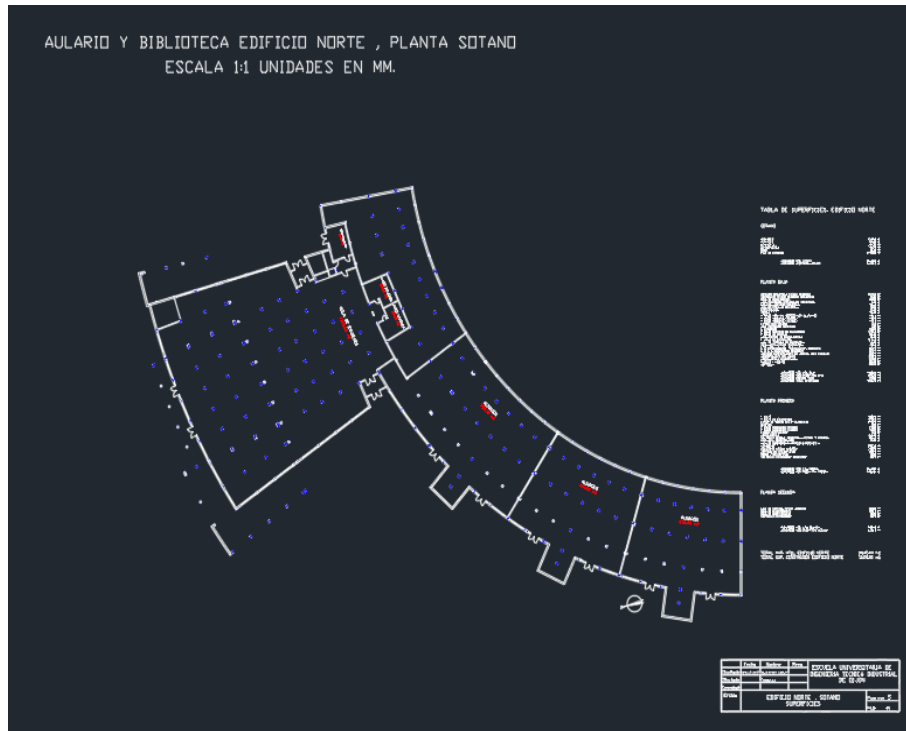


Ilustración 7.5. Plano AutoCAD planta sótano

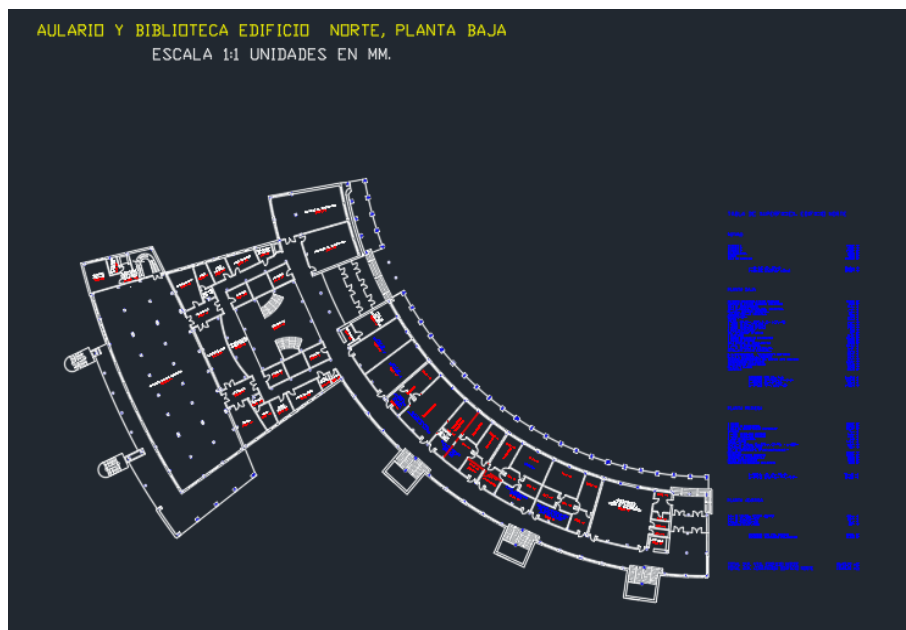


Ilustración 7.6. Plano AutoCAD planta baja

- Modelado del edificio en Revit: A parte de la información referida a los planos también se poseía un modelo arquitectónico del edificio realizado por otro alumno para su Trabajo Fin de Grado.

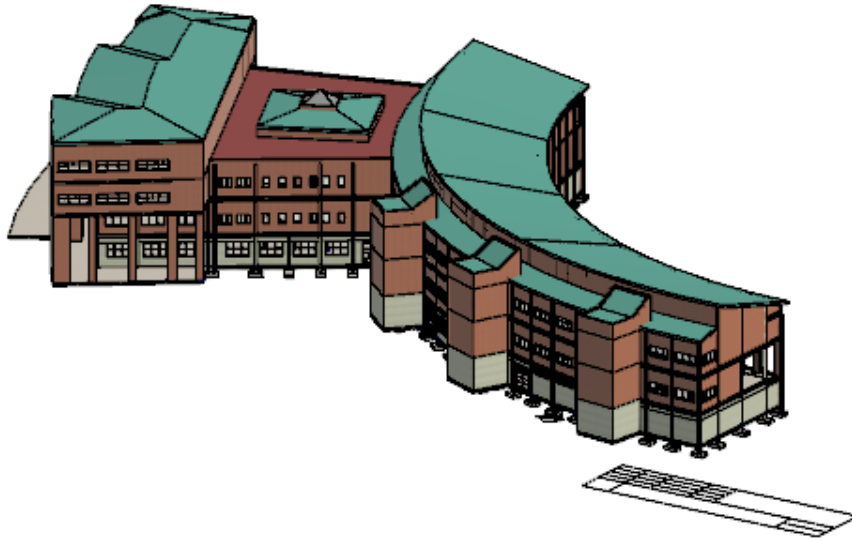


Ilustración 7.7. Modelado en Revit Aulaio Norte

- Informe de la sala de calderas: En la información proporcionada por el registro histórico provenía también información acerca de las líneas que se encuentran en la sala de calderas, así como información acerca de los caudales y presiones de estas líneas.

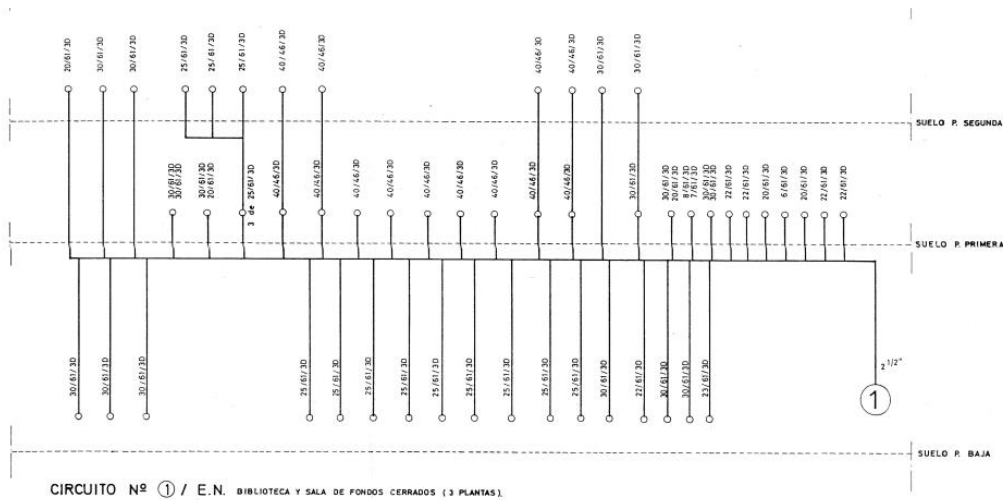


Ilustración 7.8. Línea 1 Sala de calderas

$$W = 1139 / 61 / 30 = 107.180 \text{ Kcal/h.}$$

$$520 / 46 / 30 = 37.596 \text{ Kcal/h.}$$

$$144.776 \text{ Kcal/h.}$$

57 RADIADORES

BOMBA = CAUDAL = 12.000 L/h.
PRESION = 5.500 m/m.c.a.
WILO = DOS. 65 / 125 r.

Ilustración 7.9. Información caudal y presión bombas

Durante el desarrollo del proyecto se han ido encontrando grandes diferencias entre la realidad y la información aportada por los planos debido probablemente a cambios que se realizaron durante la construcción del edificio y que no fueron plasmados en los planos a posteriori.

7.1.1 Análisis de la información

A partir de la información se realizó un análisis de los datos comparándolos con la realidad en los que se observó que el modelo arquitectónico de Revit no estaba completo, especialmente en la planta sótano.

Para la planta sótano hubo que realizar el modelo arquitectónico de la planta realizando todas las aulas, incluida el aula de exámenes ya que estas eran necesarias para la colocación de los radiadores de esta planta.

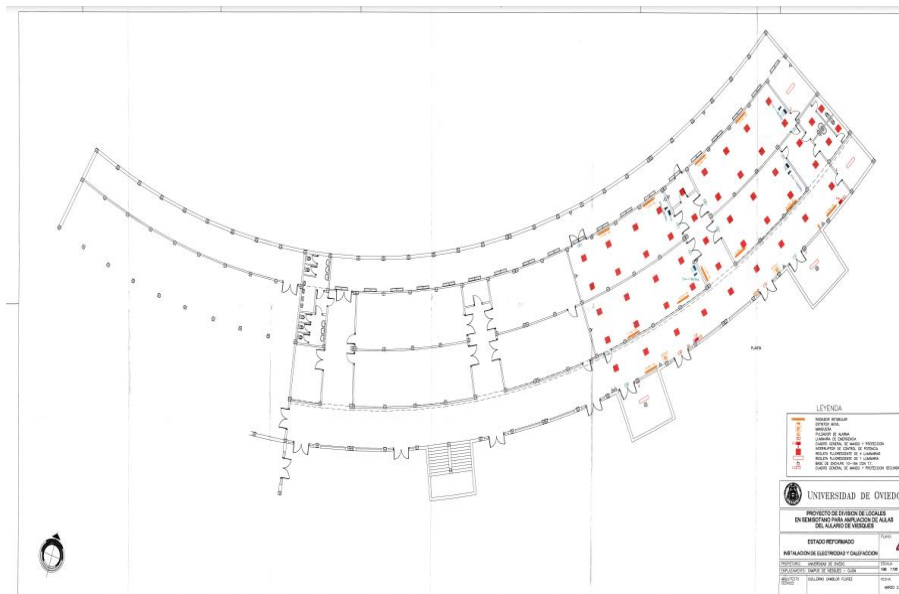


Ilustración 7.10. Plano Instalaciones planta sótano

En este análisis de la información y dado que faltaban los planos de la planta sótano procedimos a realizar un croquis de la planta con todos sus radiadores de forma manual que nos ayudara a incluir esta información posteriormente en el Revit.

Una herramienta muy utilizada durante este proceso de análisis fue el GIS Uniovi³⁴ (Sistema de Información Geográfica de la Universidad de Oviedo) en la que están los planos arquitectónicos más actualizados de la universidad.

También en este análisis se vio que la ubicación de la sala de calderas en los planos no se correspondía con la ubicación real en el edificio ya que esta sala se encontraba en otro edificio adyacente.

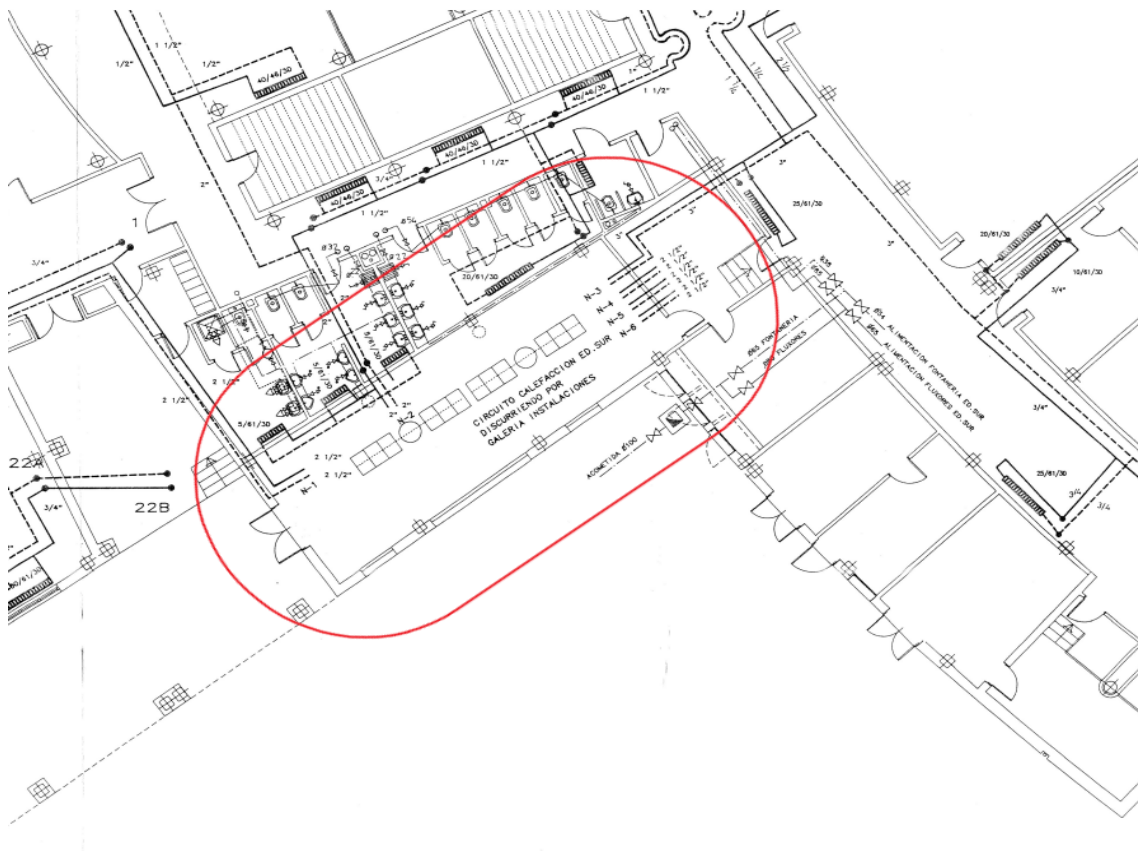


Ilustración 7.11. Detalle sala de calderas planta baja

³⁴ Gis.uniovi(<http://gis.uniovi.es/>)



Ilustración 7.12. Imagen obtenida con Google Earth de la sala de calderas

Otra diferencia hallada en los planos fue sobre las líneas generales en la instalación de calefacción las cuales tras una labor de investigación con el servicio de mantenimiento de la universidad se determinó que estas iban por los pasillos generales y no como estaban reflejadas en los planos.

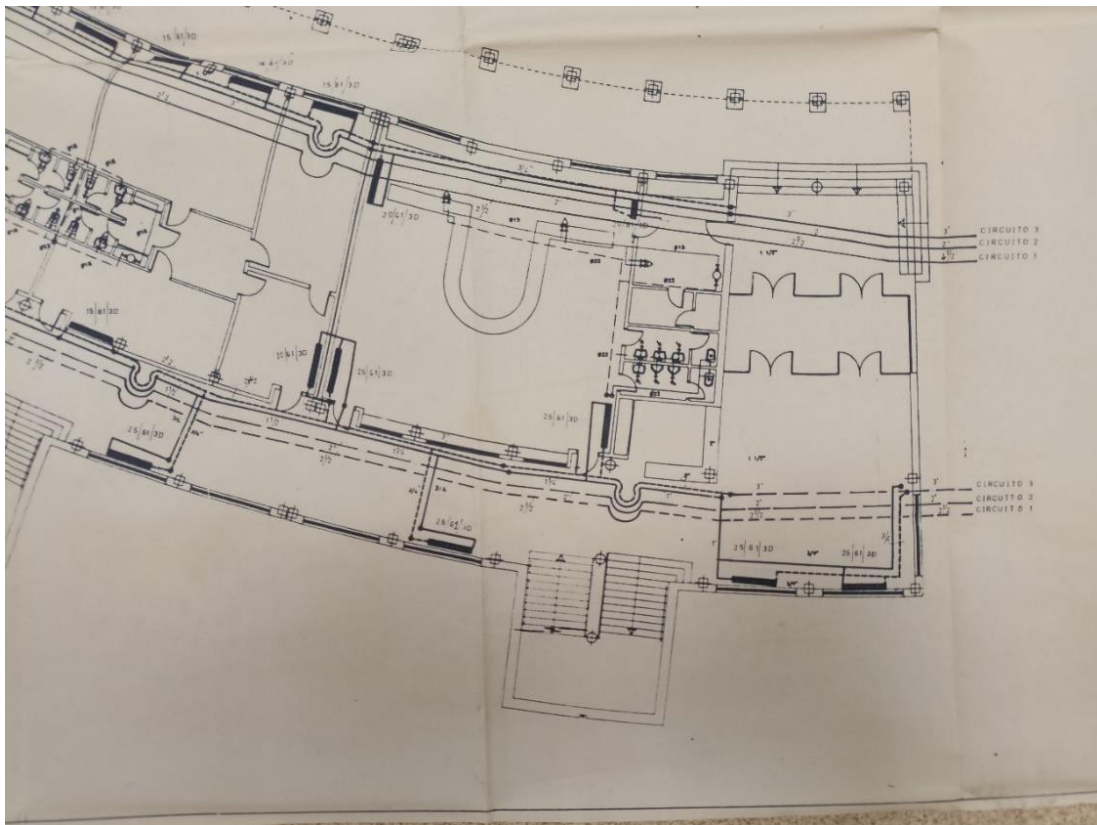


Ilustración 7.13. Líneas generales planta sótano



Ilustración 7.14. Fotografía líneas generales planta sótano



Ilustración 7.15. Investigación líneas generales planta sótano

Algunos elementos como la colocación de radiadores tampoco coincidían fielmente los planos con la realidad del edificio.

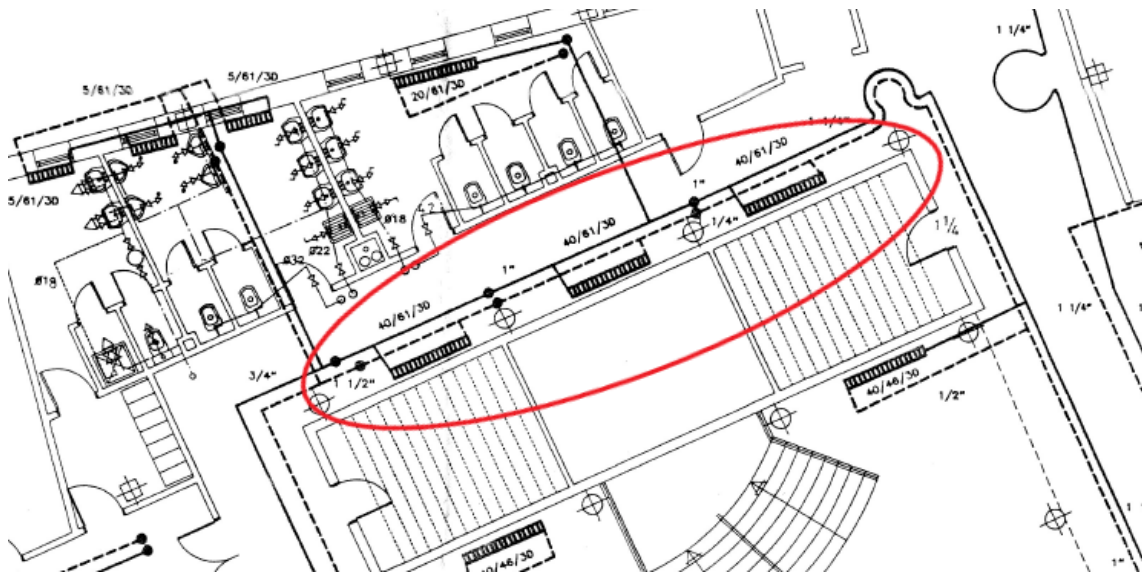


Ilustración 7.16. Detalle radiadores planta Baja



Ilustración 7.17. Fotografía radiadores planta Baja

7.2 Software utilizado

Para este proyecto se han utilizado tres aplicaciones de Autodesk las cuales tienen una licencia gratuita para estudiantes.

- AutoCAD: Herramienta usada para la lectura de planos de partida y para la realización de las medidas necesarias.
- Revit: Este programa ha sido utilizado para el modelado de la información, la creación de los sistemas de tuberías y la creación de planos.
- 3ds Max: Este software fue utilizado para la creación de una animación tanto exterior como interior del edificio.
- Enscape: El software de Enscape se utilizó para crear otra animación del modelo y compararla con la generada con 3dsMax.

7.3 Realización del modelo

Una vez realizados los estudios previos con el análisis de la información de los datos de partida se comenzará con la realización del modelo en el programa Autodesk Revit.

7.3.1 Entorno

Para la creación del entorno se utilizó la disciplina **Masa y emplazamiento** en la que se buscaba modelar un emplazamiento de acuerdo con la realidad topográfica del terreno.

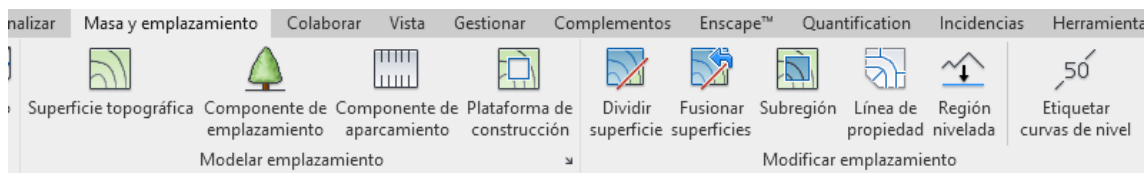


Ilustración 7.18. Herramientas Masa y Emplazamiento de Revit

7.3.1.1 Superficie topográfica

La primera herramienta utilizada fue la creación de una superficie topográfica mediante la creación de puntos de nivel.

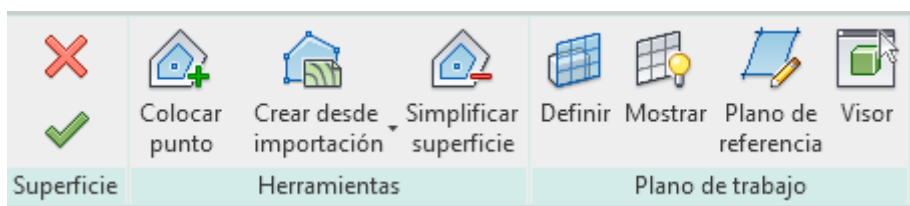


Ilustración 7.19. Herramienta Superficie topográfica en Revit

Una vez colocados los puntos se crean unas líneas de nivel en las que se pueden ver las diferentes alturas del terreno.

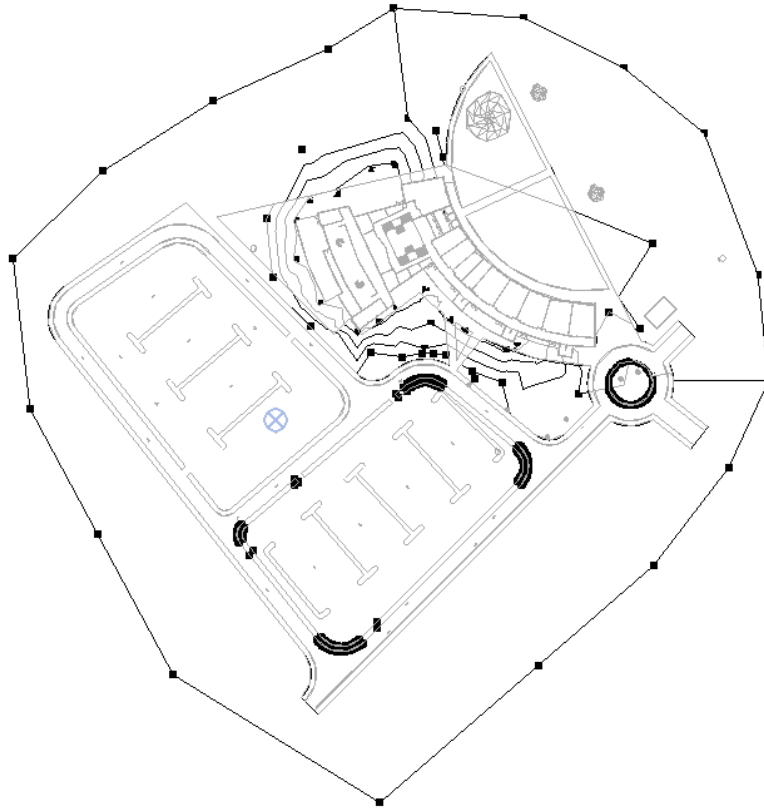


Ilustración 7.20. Superficie de puntos del edificio

7.3.1.2 Plataforma de construcción

Una vez creada la superficie topográfica y con la herramienta plataforma de construcción se creará un vacío sobre el edificio. Una vez seleccionada la herramienta se abrirá un boceto y con la herramienta “Pick lines” se escogerán las líneas de contorno del edificio.

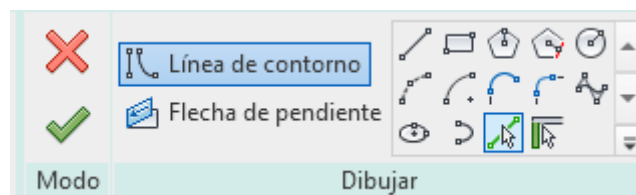


Ilustración 7.21. Herramienta Pick Lines en Modo Boceto



Ilustración 7.22. Boceto del contorno del edificio

7.3.1.3 Subregiones

Una vez creado el entorno se dará un material principal que en nuestro caso será hierba y a partir de ahí mediante el uso de la herramienta **Subregión** se irán modelando las aceras y carreteras que hay en el entorno.

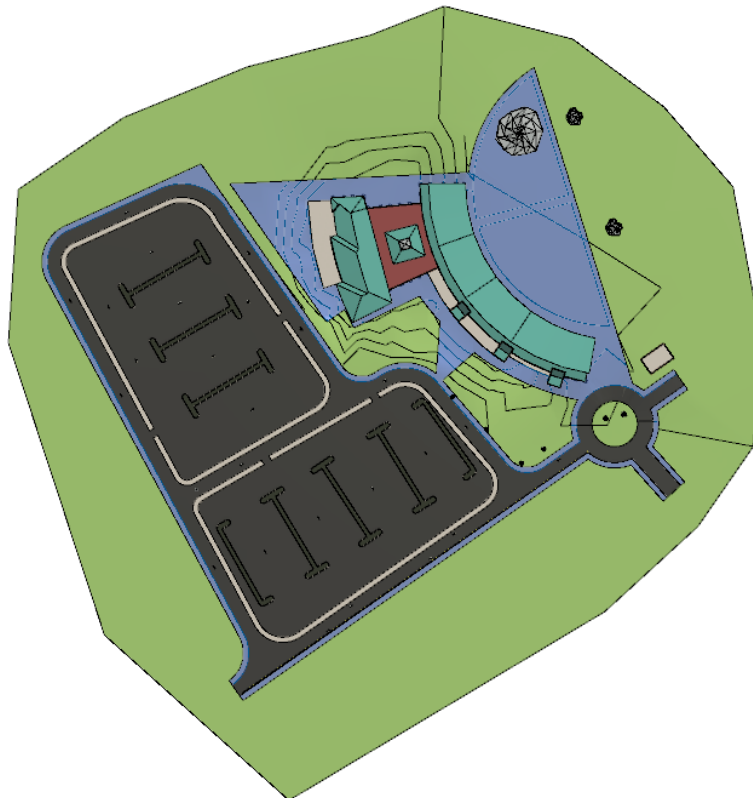


Ilustración 7.23. Subregión acera en el entorno

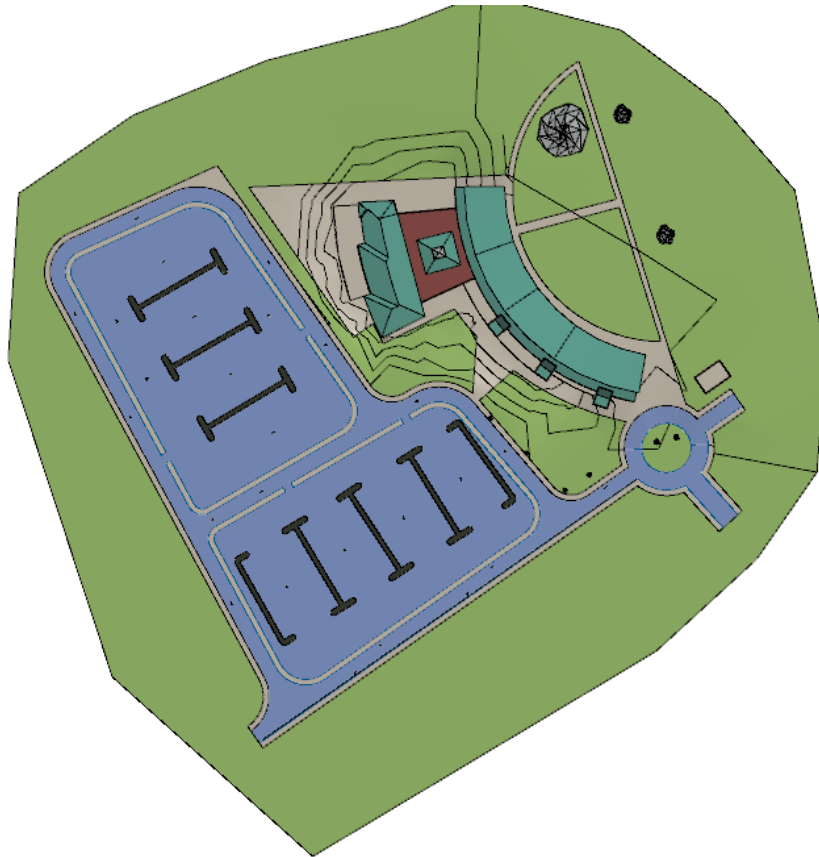


Ilustración 7.24. Subregión carretera en el contorno

Una vez creadas estas subregiones en la ventana de propiedades se puede cambiar el material para adecuarlo a nuestro proyecto y a la realidad.

Propiedades	
R	
Topografía (1)	▼ Editar tipo
Materiales y acabados	
Material	Hormigón, moldeado in situ
Cotas	
Área proyectada	5402.822 m ²
Área de superficie	5436.881 m ²
Datos de identidad	
Imagen	
Comentarios	
Nombre	
Marca	
Proceso por fases	
Fase de creación	Fase 1
Fase de derribo	Ninguno

Ilustración 7.25. Material aplicado a una subregión en tabla Propiedades

Para el uso de materiales Revit tiene unas bibliotecas de materiales en las que se pueden añadir imágenes sobre un material al duplicarlo y es lo que se hizo en este proyecto para la creación de la hierba alrededor del edificio.

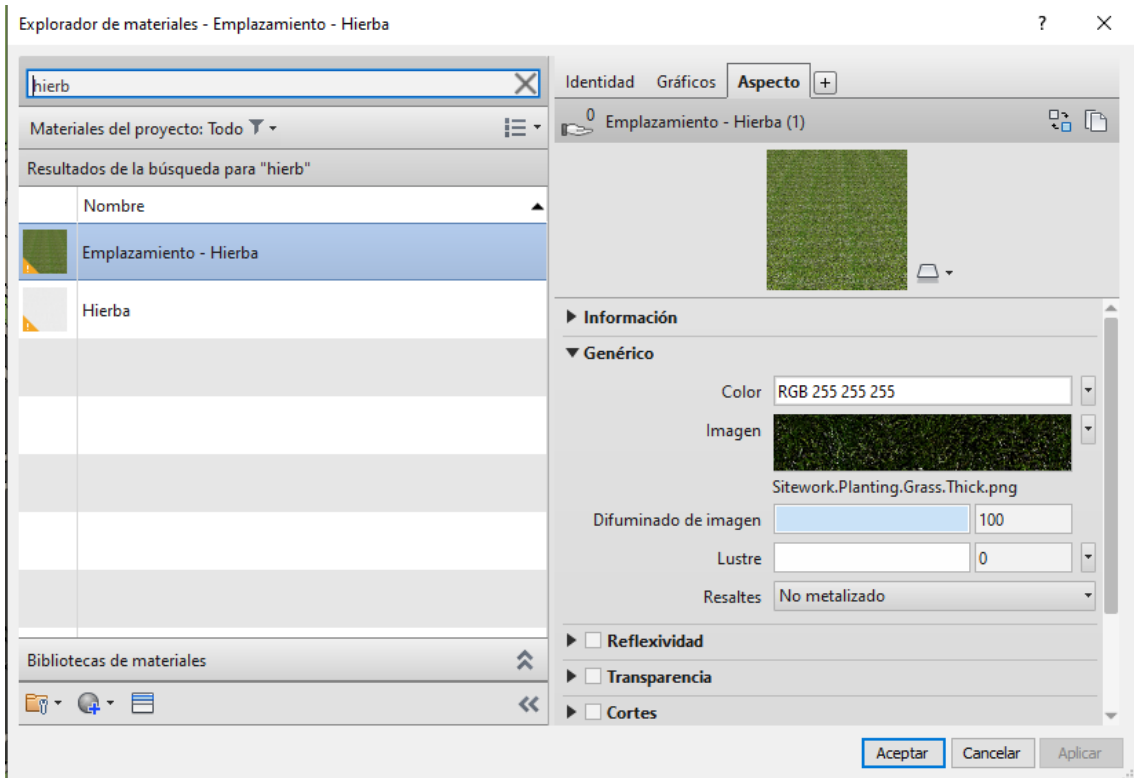


Ilustración 7.26. Explorador de materiales en Revit

Una vez creados los materiales de las subregiones Revit ofrece dos herramientas que dan más realismo al entorno en las que te permiten colocar Componentes de Entorno y Componentes de Aparcamiento.

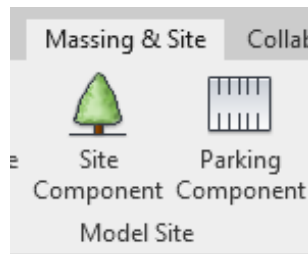


Ilustración 7.27. Herramientas Componentes Entorno y Aparcamiento

Estas herramientas te permiten cargar familias de elementos de las bibliotecas de Revit que crean un entorno más parecido a la realidad.

7.3.2 Modelado Planta Sótano

El primer paso que realizamos en nuestro proyecto fue completar la parte arquitectónica de nuestro edificio en el cual no estaban modeladas las habitaciones de la planta sótano para ello utilizamos como referencia los planos del GIS en los que a través de los pilares referenciados en estos planos pudimos modelar las habitaciones.

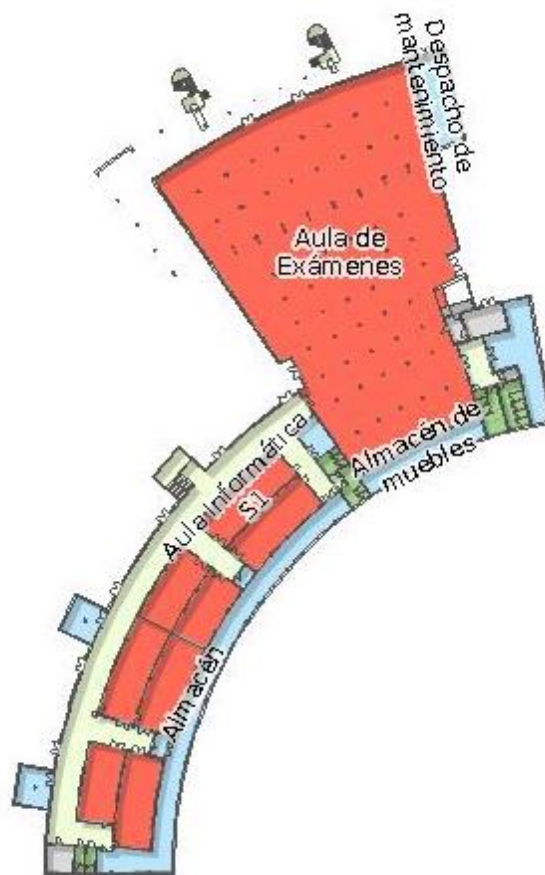


Ilustración 7.28. Plano GIS planta sótano

Para la creación de los muros se utilizaron unos muros básicos de interior con una restricción de base de planta sótano hasta la entrada de la planta baja.



Ilustración 7.29. Fotografía Planta Sótano

Propiedades

Muro básico
Interior - bloques 160 mm

Muros (1) Editar tipo

Restricciones

Línea de ubicación	Cara de acabado: Exterior
Restricción de base	Planta sótano
Desfase de base	0.0
La base está enlazada	<input type="checkbox"/>
Distancia de extensión de base	0.0
Restricción superior	Hasta nivel: Entrada PB
Altura desconectada	4000.0
Desfase superior	0.0
La parte superior está enlazada	<input type="checkbox"/>
Distancia de extensión superior	0.0
Delimitación de habitación	<input checked="" type="checkbox"/>
Relacionado con masa	<input type="checkbox"/>
Sección transversal	Vertical

Gráficos

Ilustración 7.30. Muro básico interior

7.3.3 Modelado de sistema de tuberías

Una vez finalizada la parte arquitectónica y con el fin de sacarle el máximo partido a las herramientas que te ofrece Revit para el trabajo colaborativo, abrimos una nueva plantilla en este caso de disciplina mecánica a la que vinculamos el proyecto arquitectónico para así no modificar los elementos de otra disciplina cuando estamos trabajando en la creación de tuberías.

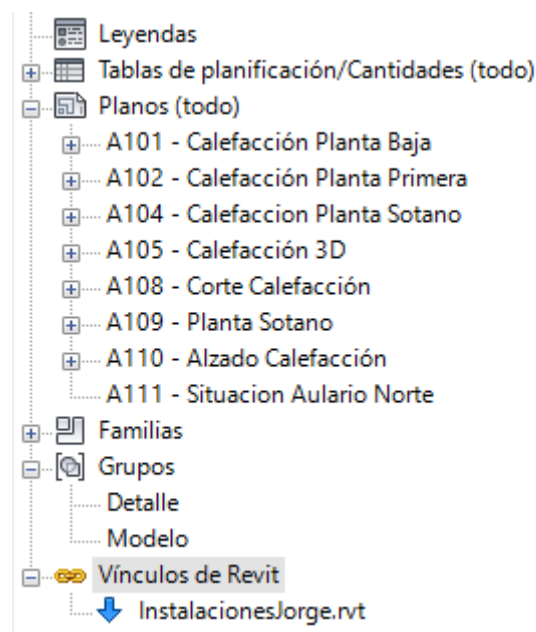


Ilustración 7.31. Vinculo de proyecto Revit

7.3.4 Familias radiadores

Para la creación de los radiadores se disponía de la información recogida en los planos acerca de los modelos de radiador usados en todo el edificio que son unos radiadores de acero inoxidable **N/46/3D** y **N/61/3D**.

A partir de esta información recogida en los planos se procedió a la búsqueda de información acerca de estos radiadores de los cuales se encontró que pertenecían a la marca **Baxi** y de los cuales se pudo obtener más información a través de su página web.

	46-3D	61-3D
Entrecentros (mm)	350	500
Presión máx. de trabajo (bar)	7	7
Temperatura máx. de trabajo (°C)	110	110
Potencia por elemento para $\Delta T = 40^\circ$ (W)	45.8	60.5
Potencia por elemento para $\Delta T = 50^\circ$ (W)	61.4	81
Exponente "n" de la curva característica	1.31	1.31

Ilustración 7.32. Características radiadores Baxi³⁵

A partir de esta información se procedió a buscar una familia MEP ya modelada en internet que se asemejase a los radiadores usados en el edificio y se encontró una familia de radiadores **Europa C/46 y Europa C/61** con características similares y en los cuales se podían cambiar las características como por ejemplo el número de elementos.

Para saber si es un elemento MEP hay que fijarse que los radiadores poseen un elemento para conectar tuberías de entrada y salida automáticamente.

Si el objeto fuera un objeto arquitectónico y no un objeto MEP estos objetos solo son decorativos y no se podrían calcular flujos y potencias una vez creados los sistemas de tuberías.

³⁵ Radiadores(https://www.baxi.es/productos/radiadores/hierro-fundido/duba#section__datos-tecnicos__tabber2)

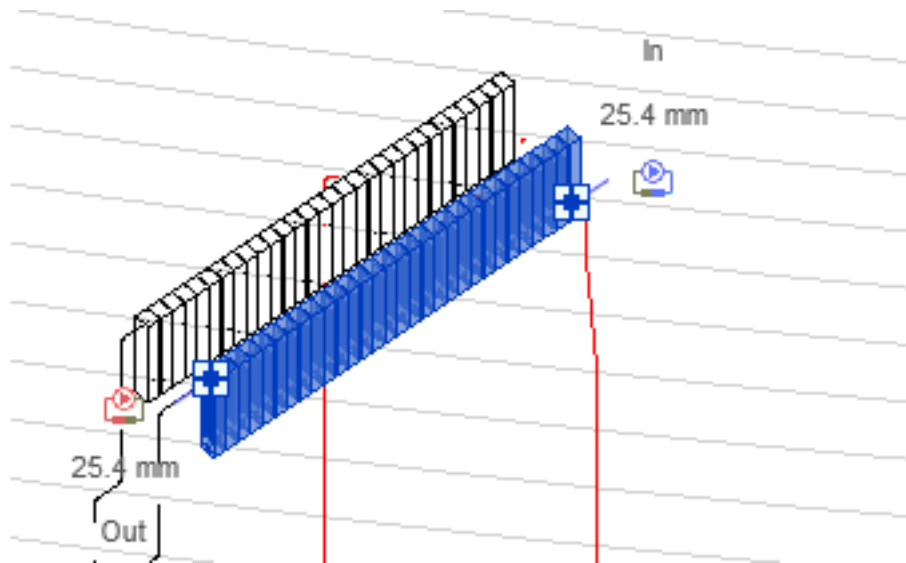


Ilustración 7.33. Conectores MEP en radiadores

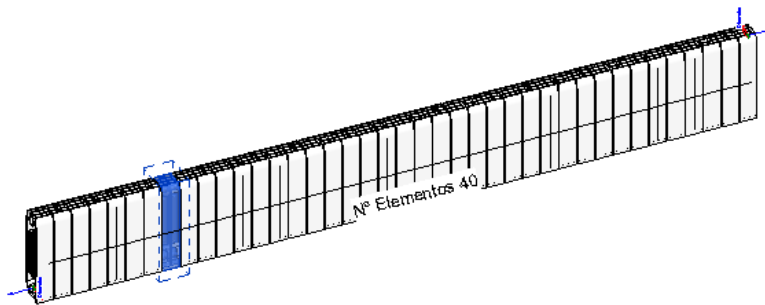


Ilustración 7.34. Modelo radiador Europa C³⁶

Dentro de estas familias de radiadores el número de elementos es variable dentro de cada familia de radiadores por lo que para poder cambiar el número de elementos dentro de las familias de radiadores usaremos las herramientas de Revit **Editar Tipo y Duplicar** y una vez creada una nueva familia le cambiaremos el número de elementos en las propiedades del radiador.

³⁶ <https://www.bimandco.com/es/objetos-bim/5397-radiador-europa-c/details>

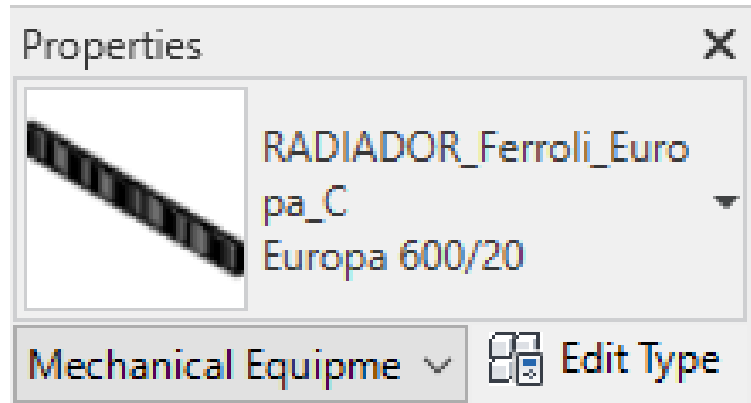


Ilustración 7.35. Radiador Europa C de 20 elementos

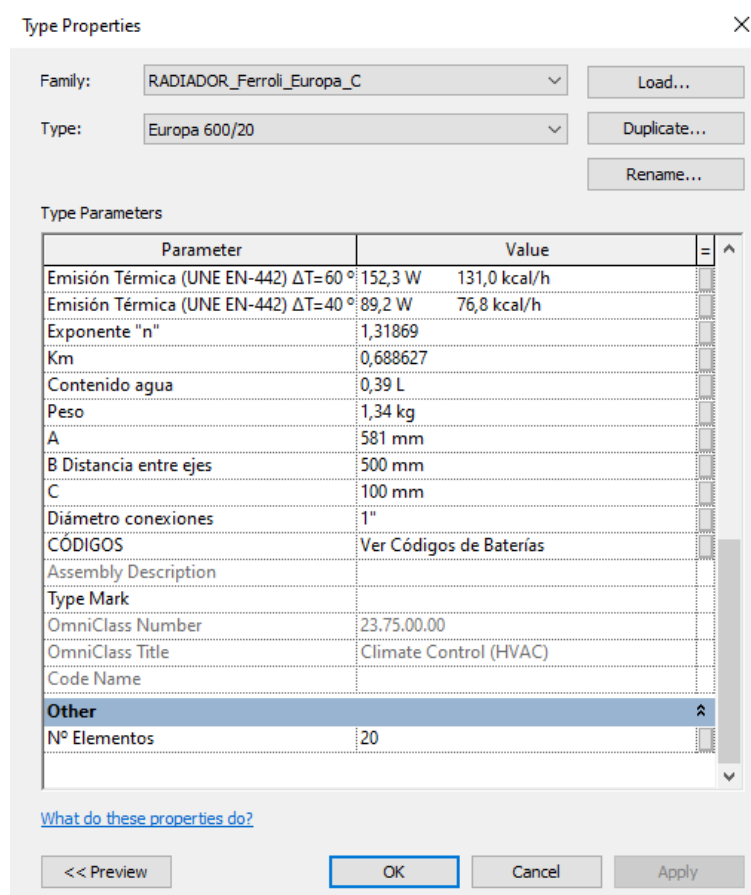


Ilustración 7.36. Características del modelo Europa C

Al final tendremos una familia para cada radiador con un número de elementos diferentes a la que podremos editar las características.

- ☐ RADIADOR_Ferrolj_Europa_C
- Europa 450 C
- Europa 600 C
- Europa 600 C 10
- Europa 600 C/5
- Europa 600 C/22
- Europa 600 C/30
- Europa 600 C/40
- Europa 600 C/45
- Europa 600/20
- Europa 600/25
- Europa 600/35

Ilustración 7.37. Familias de radiadores creadas



Ilustración 7.38. Radiadores Aulario Norte Europa C

7.3.5 Modelado de tuberías

Una vez creados todos los radiadores y colocados en el modelo del edificio comenzamos con la creación de tuberías.

7.3.5.1 Diámetros de tuberías

Para el proyecto vamos a usar las tuberías por defecto del Revit las cuales tienen unos diámetros normalizados en milímetros por lo que será necesario crear nuevos valores de diámetros en pulgadas ya que son las medidas usadas para las tuberías en el edificio.

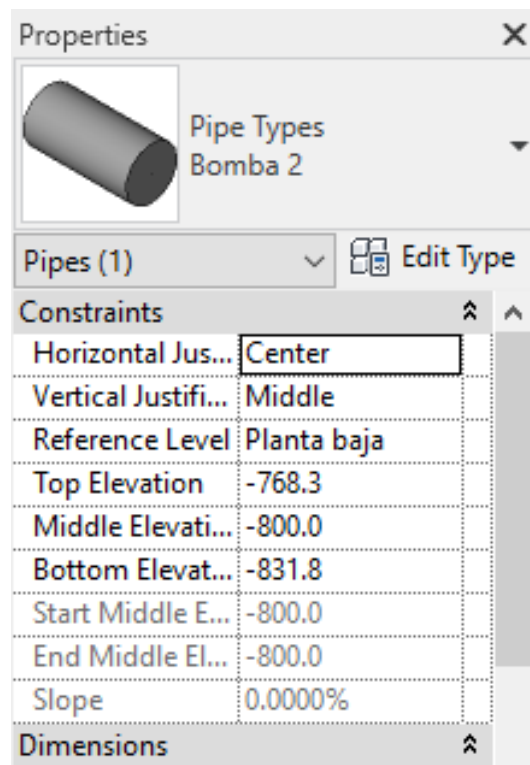
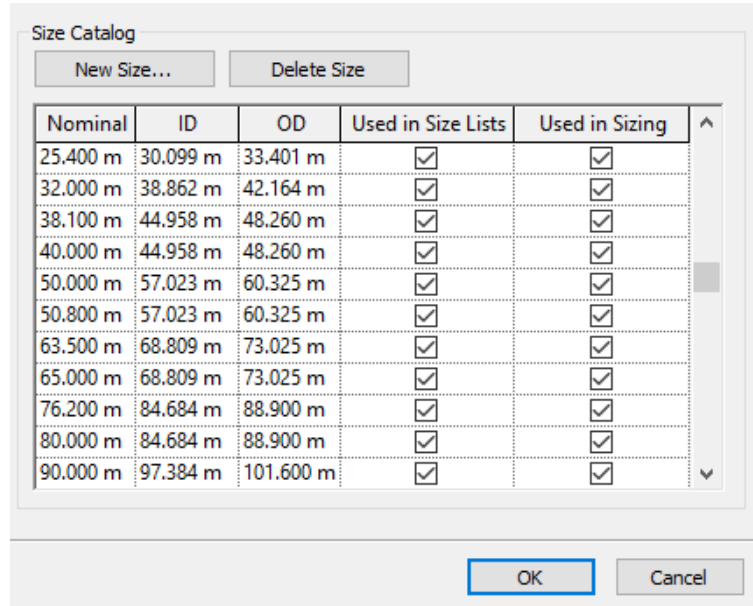


Ilustración 7.39. Tuberías estándar Revit

Al igual que con los radiadores y con la herramienta Editar Tipo y ‘Routing Preferences’ nos permite crear nuevos diámetros para este tipo de tuberías sin necesidad aquí de crear un nuevo tipo de familias.



Nominal	ID	OD	Used in Size Lists	Used in Sizing
25.400 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"/>
38.100 m	44.958 m	48.260 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"/>
50.800 m	57.023 m	60.325 m	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
63.500 m	68.809 m	73.025 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"/>
76.200 m	84.684 m	88.900 m	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
80.000 m	84.684 m	88.900 m	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
90.000 m	97.384 m	101.600 m	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Ilustración 7.40. Diámetros de tuberías creados

7.3.5.2 Sistemas de tuberías

Una vez creados los diámetros de tuberías que serán usados en todo el proyecto vamos a editar los sistemas de tuberías que vamos a utilizar, **Suministro Hidronico** y **Retorno Hidronico** para la entrada y salida dentro de los radiadores.

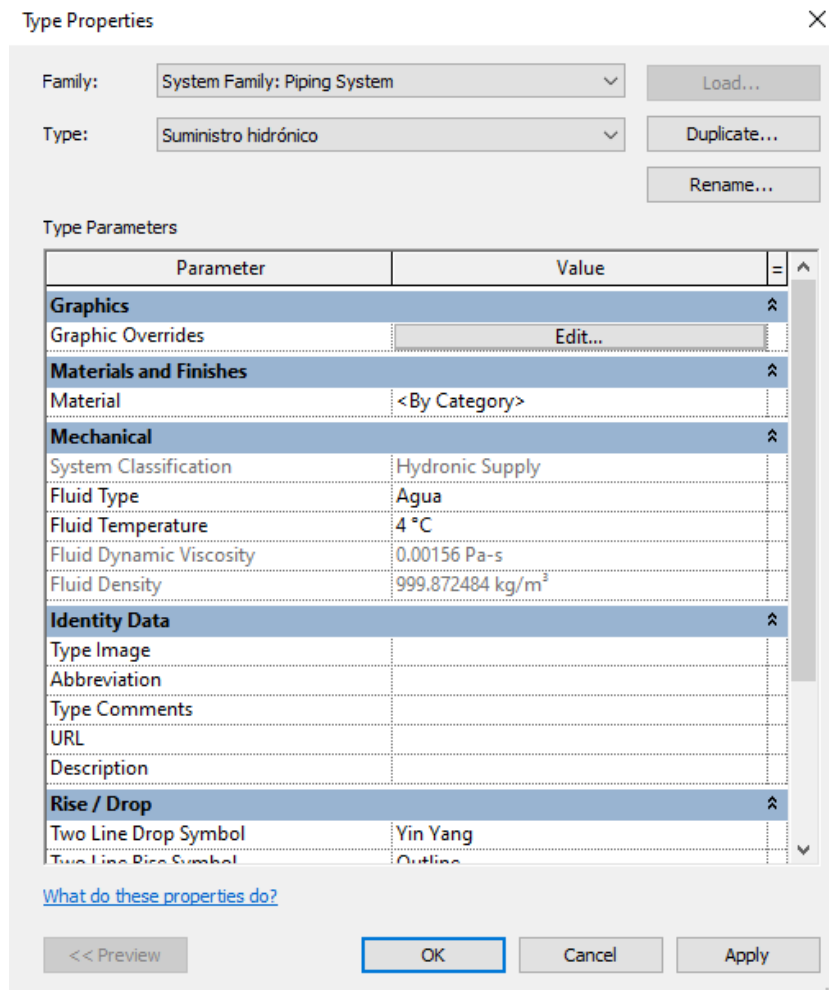


Ilustración 7.41. Características sistema de tuberías

Dentro de las familias de sistemas de suministro hidronico y retorno hidronico editaremos los gráficos de visualización de estas familias para tener una visualización más fluida dentro del proyecto y diferenciar las diferentes líneas.

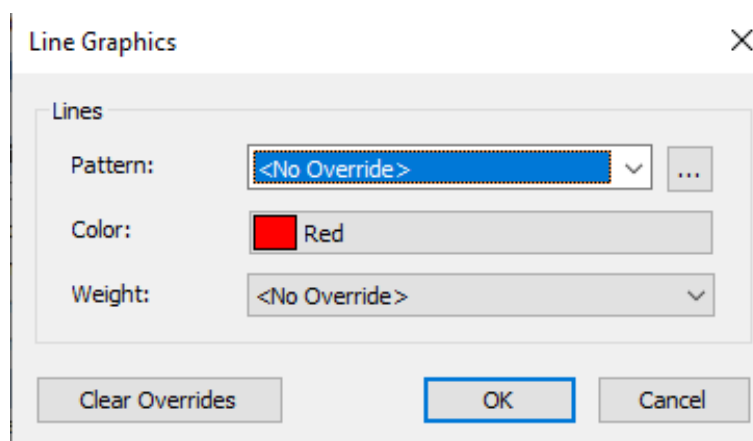


Ilustración 7.42. Gráficos sistemas de tuberías

En el edificio el sistema de calefacción consta de 3 líneas principales de Suministro Hidronico y otras 3 líneas de Retorno Hidronico. Las líneas de suministro estarán representadas con los colores rojo, verde y naranja y de trazo continuo. Las líneas de retorno se representarán de color negro, azul y verde oscuro y de trazo discontinuo.



Ilustración 7.43. Visualización líneas generales del edificio

El suministro y retorno hidronico de la línea 1 (roja y negra), será el que alimente a los radiadores tanto de las aulas de las 4 plantas como los del pasillo principal.

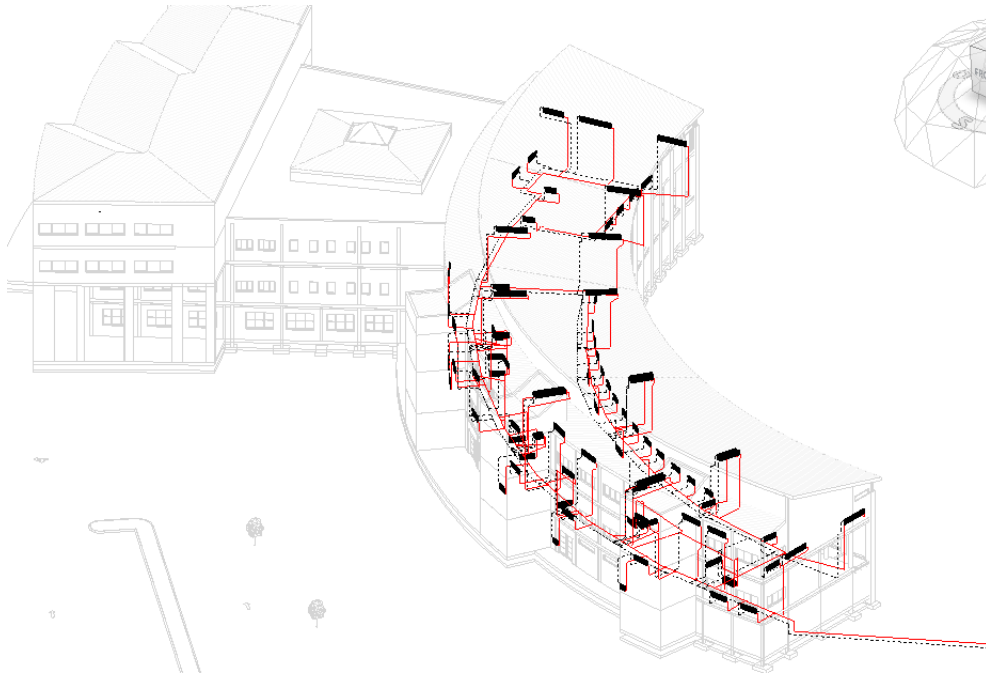


Ilustración 7.44. Línea general 1

La línea 2 (verde y azul) alimentara los radiadores del vestíbulo general, los aseos y los vestuarios.

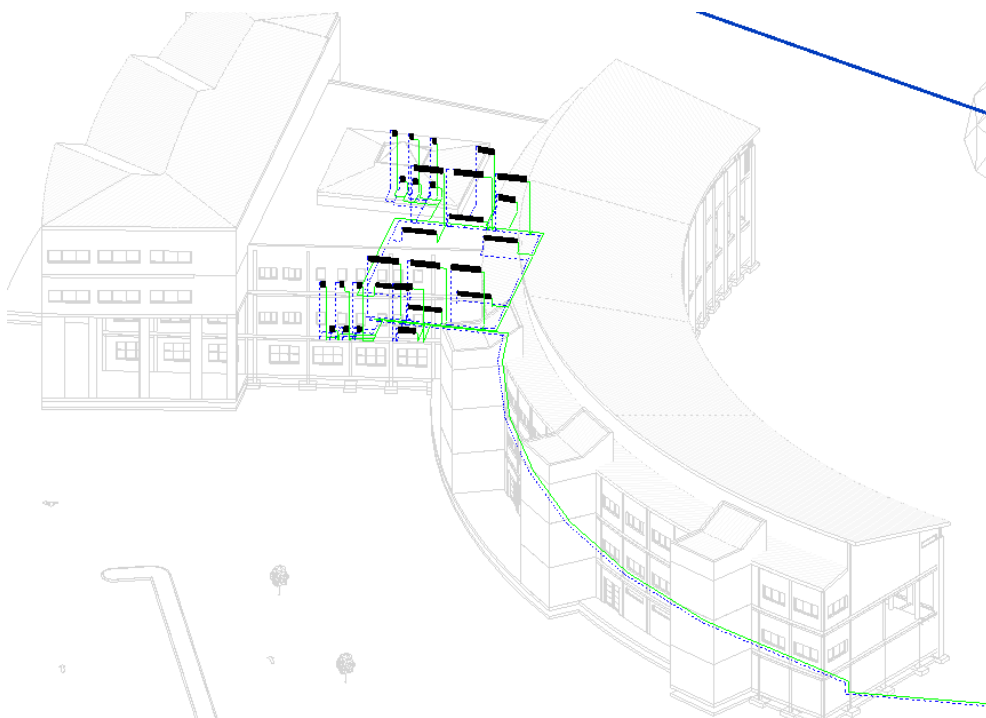


Ilustración 7.45. línea general 2

La última línea (naranja y verde oscuro) estará alimentando los radiadores de la biblioteca y la sala de fondos cerrados.

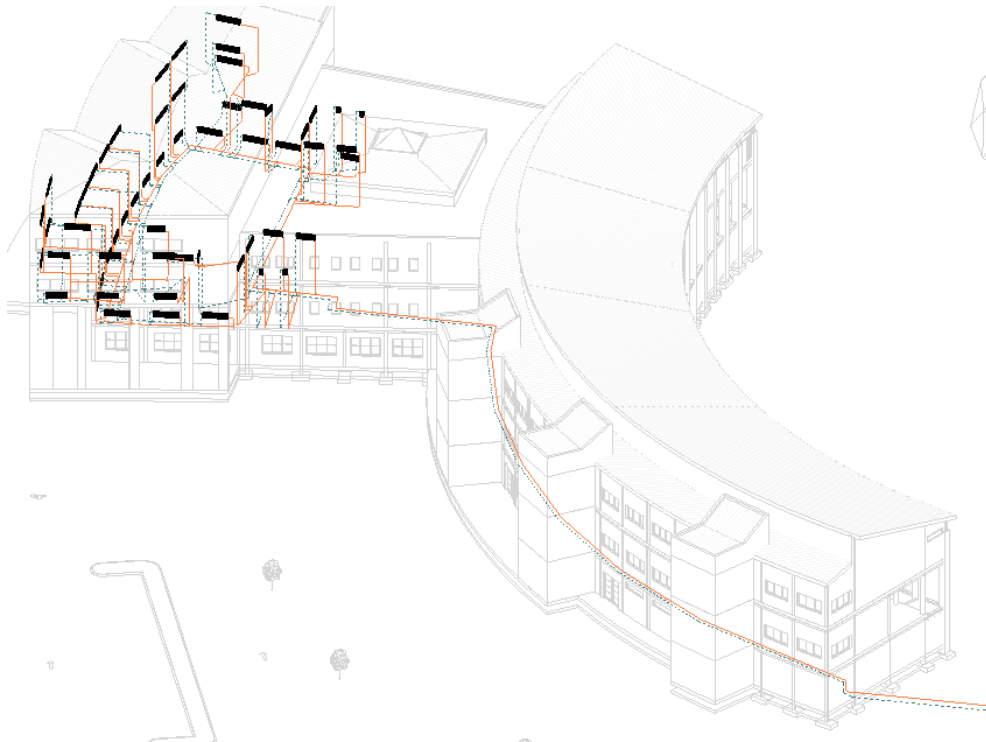


Ilustración 7.46. Línea general 3

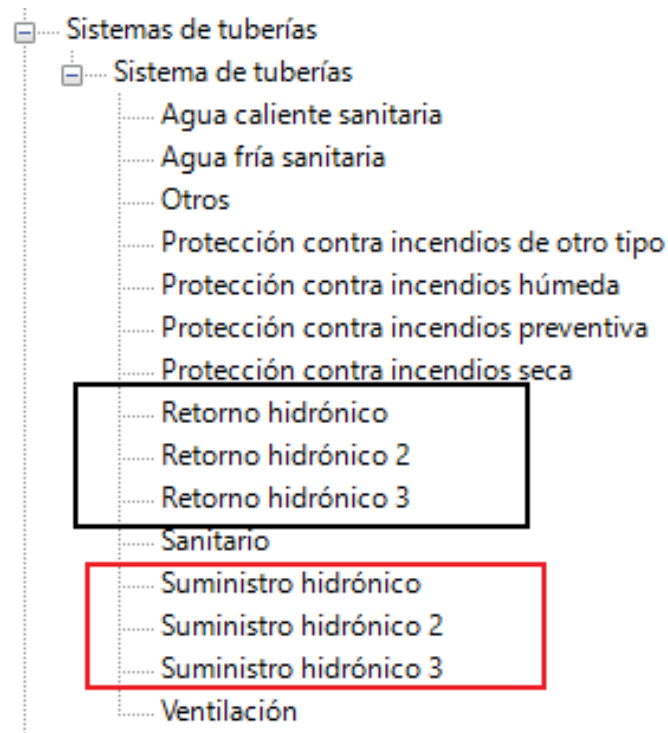


Ilustración 7.47. Sistemas de tuberías creados

7.3.5.3 Colocación de tuberías

Para la colocación de tuberías creamos las líneas generales por el falso techo de la planta sótano a una elevación -800mm de la planta baja.

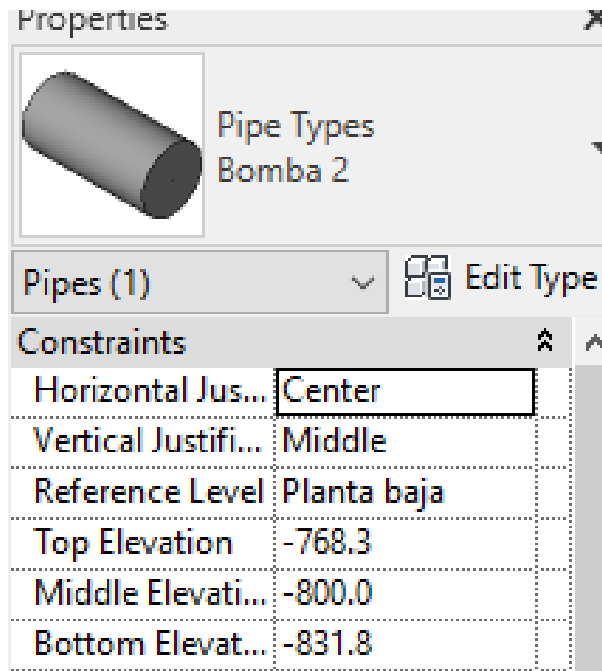


Ilustración 7.48. Elevación de tuberías

Una vez colocadas las líneas generales, llevaremos las tuberías desde los radiadores directamente hasta las líneas generales a través de los suelos y tuberías bajantes de 1 pulgada.

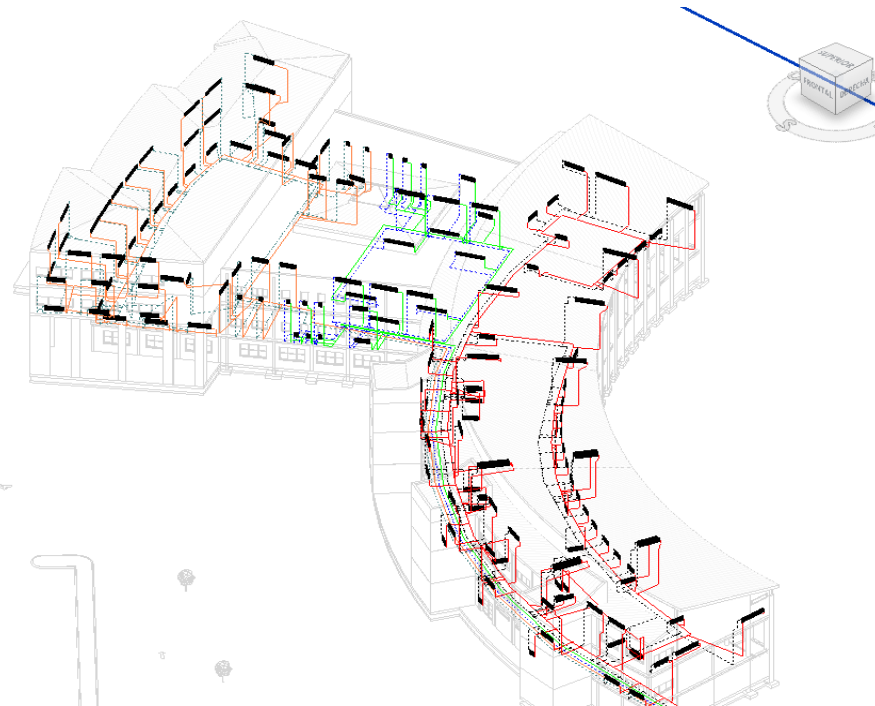


Ilustración 7.49. Vista 3D del sistema de calefacción

Como se puede ver en la vista 3D cada sistema de tuberías alimenta a los radiadores de una zona del edificio.

7.3.6 Sala de Calderas

Una vez creados todos los sistemas de tuberías para completar estos sistemas se colocarán las bombas de Suministro y de Retorno, así como las calderas de cada una de las líneas en la sala de calderas que se encuentra en el edificio Aulario Sur del campus de Gijón.

Las bombas elegidas vienen predeterminadas en Revit y tienen un caudal 4,6 l/s y 2,9 metros de carga.

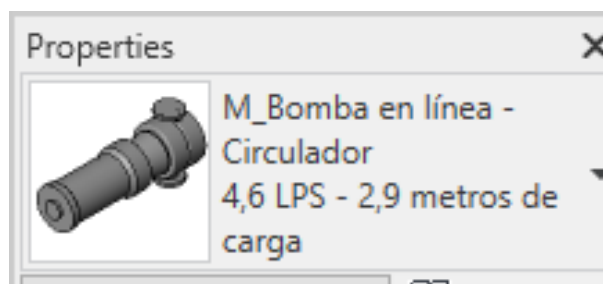


Ilustración 7.50. Bombas en línea proyecto

Para el calentamiento de agua de cada línea se escogieron calderas estándar del Revit.

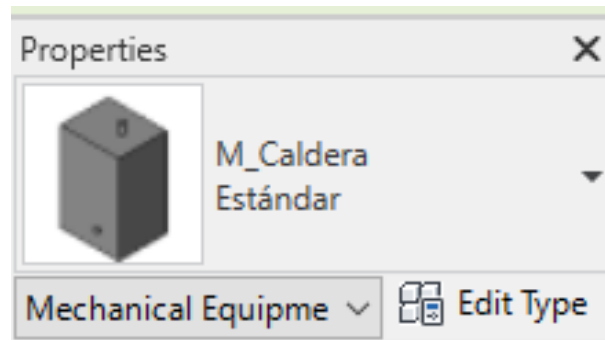


Ilustración 7.51. Caldera usada en el proyecto

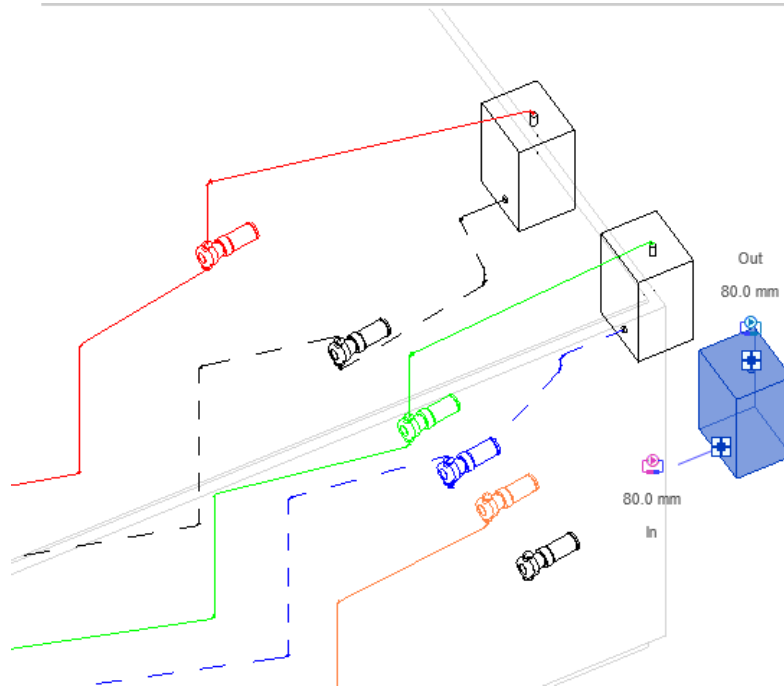


Ilustración 7.52. Colocación de bombas y calderas en Sala de Calderas

7.3.7 Flujos de sistemas

Una vez creados los sistemas de tuberías procederemos a crear los flujos de los sistemas de calefacción. Para ello, lo primero que hay que comprobar es que no existan desconexiones en los sistemas.

La tecnología BIM es tan potente ya que permite detectar errores y colisiones de forma automática en el modelo y Revit posee una herramienta en la parte de **Analizar->Comprobar Sistemas->Mostrar Desconexiones**.

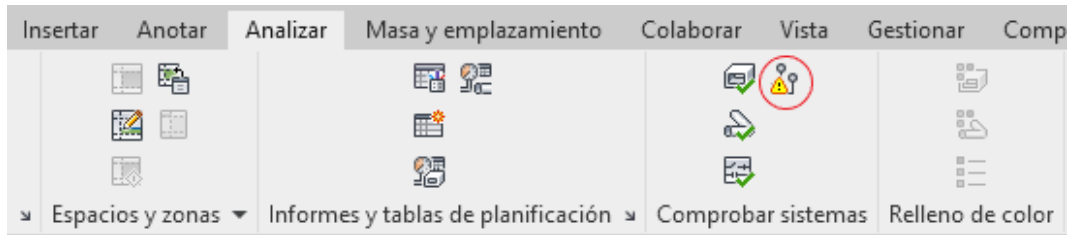


Ilustración 7.53. Herramienta Mostrar Desconexiones

Una vez los sistemas estén completamente conectados se procederá a comprobar los sistemas que está es otra de las opciones que nos proporciona la herramienta Analizar.

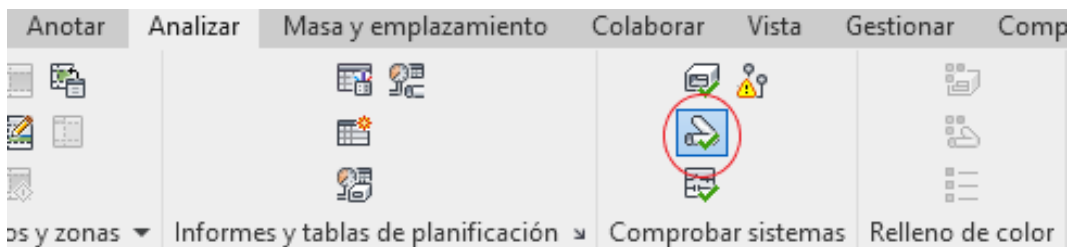


Ilustración 7.54. Herramienta Comprobar Sistemas

En el modelo creado el programa sugería algunos errores tanto en las bombas como en algunos de los radiadores.

Otra herramienta usada para comprobar las pérdidas de carga y flujos de las líneas fue la herramienta **Inspeccionar**.

Al seleccionar una tubería el programa proporciona una herramienta llamada Inspeccionar y comprueba tanto flujos como perdidas de carga del sistema de tuberías seleccionado.

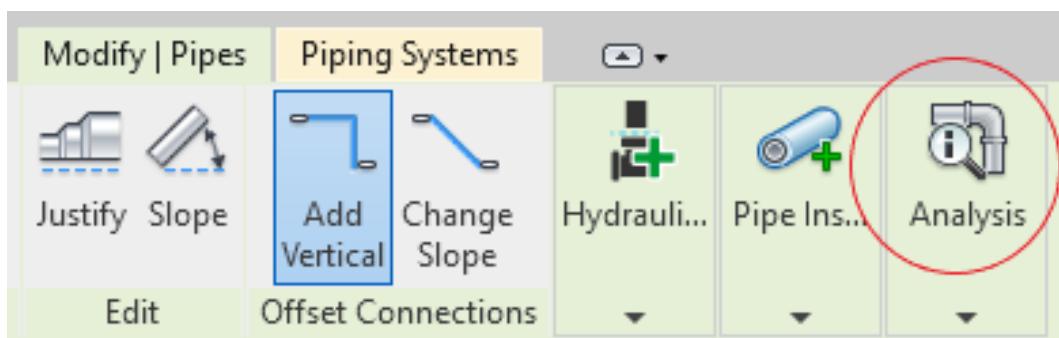


Ilustración 7.55. Herramienta Inspeccionar

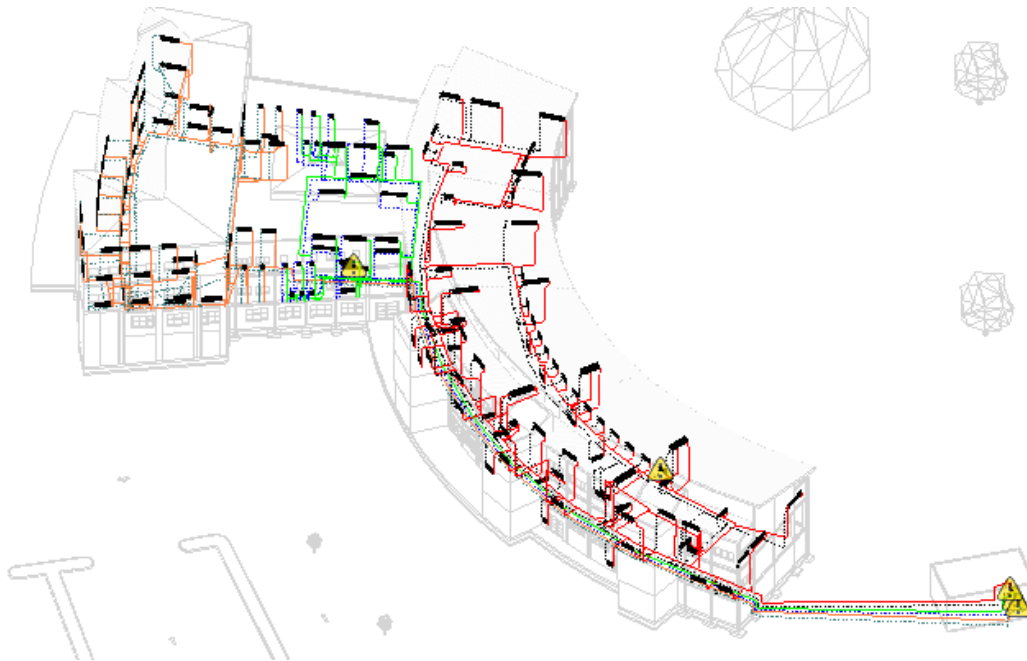


Ilustración 7.56. Errores habituales al comprobar Sistemas

Los mensajes de error más frecuentes que te permitían leer estas advertencias eran los siguientes.

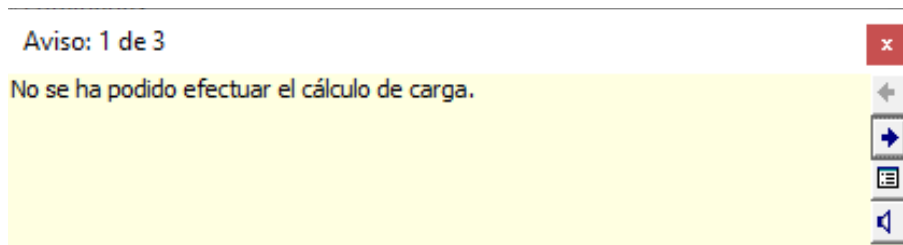


Ilustración 7.57. Error cálculo de carga

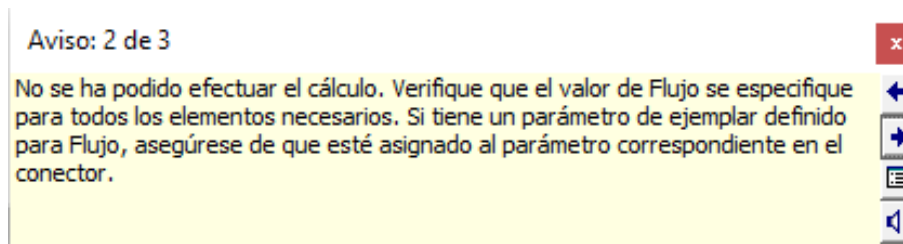


Ilustración 7.58. Error Valor de flujo

La mayoría de los errores se deben a que los sistemas de tuberías no están bien conectados y el programa no entiende la red como un circuito cerrado. Una vez colocadas las bombas y la caldera de los sistemas y comprobadas las conexiones de los radiadores los sistemas generan flujos y pérdidas de carga sin generar errores.

Una vez solucionados los errores, los flujos y pérdidas de carga de las líneas se calculan automáticamente a partir de la demanda de los radiadores por lo que cada línea dependiendo del número de radiadores la bomba proporcionara un flujo diferente.

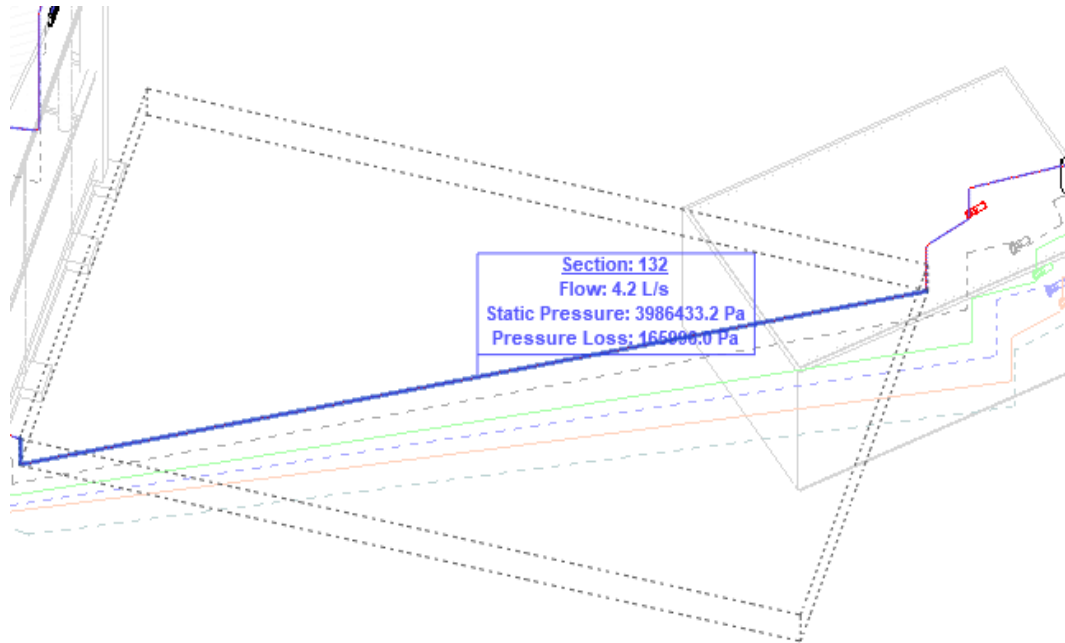


Ilustración 7.59. Información Línea 1

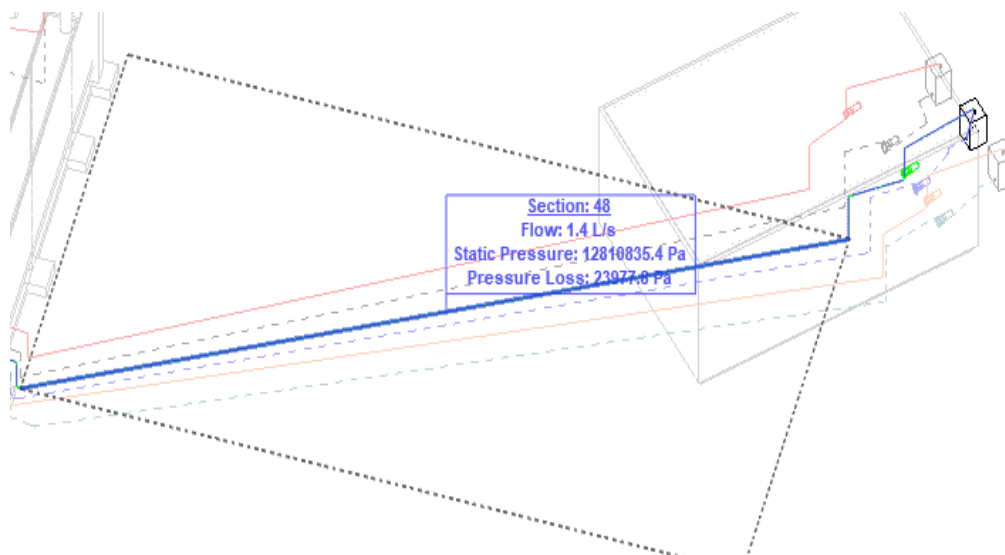


Ilustración 7.60. Información Línea 2

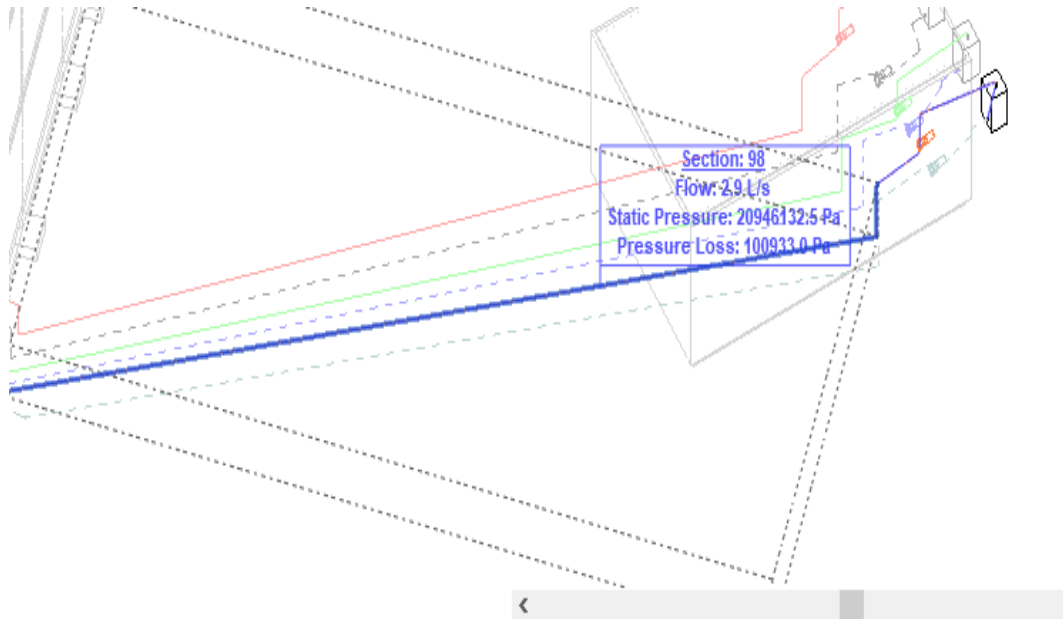


Ilustración 7.61. Información Línea 3

7.4 Planos

Una vez finalizado el proyecto con Revit procederemos a la creación de planos. Usaremos un tamaño de hojas A1 debido a el tamaño del edificio.

En este proyecto dispondremos de un plano de la planta sótano acotado ya que es la única parte del edificio en la que hemos modelado la parte arquitectónica.

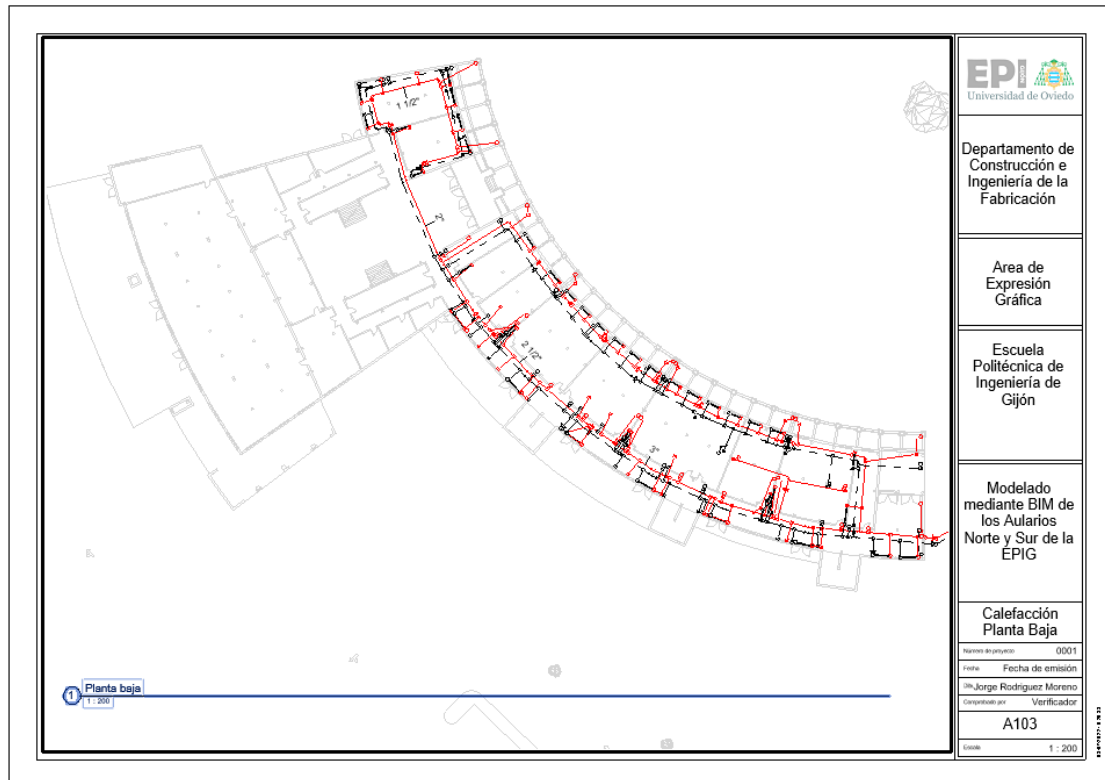


Ilustración 7.62. Plano Planta Baja Revit

Dispondremos también de los planos de planta con todo el modelado de las tuberías en los que incluiremos anotaciones de los diámetros de tubería en cada sección del edificio.

Por últimos dispondremos de una serie de alzados y vistas en perspectiva que nos ayudara a hacernos una idea de la disposición de las tuberías a lo largo del edificio y de los distintos niveles a los que se encuentran.

7.5 Animaciones

En este apartado se explorarán las diferentes opciones para la creación de un recorrido virtual por el edificio en el que se presentarán los resultados obtenidos del proyecto.

7.5.1 3ds Max

Una vez finalizado el modelado en Revit para la creación de animaciones utilizaremos el 3ds Max de Autodesk donde crearemos animaciones para luego renderizarlas.

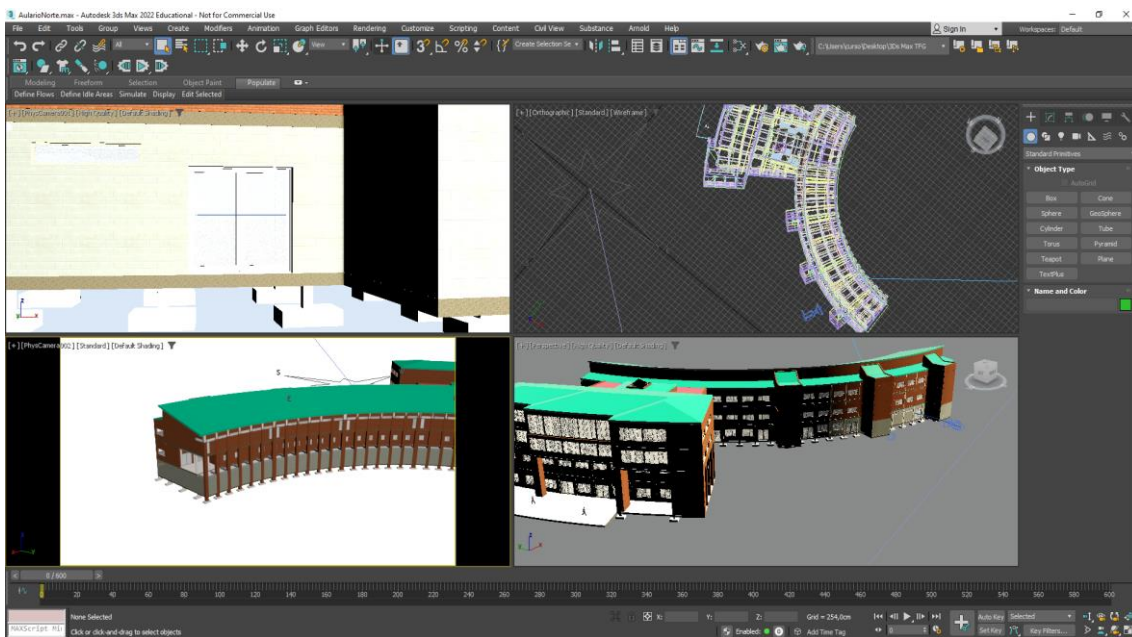


Ilustración 7.63. Interfaz 3dsMax

Lo primero que haremos será importar el proyecto desde el 3ds Max con la herramienta 'Import'. Al importar en el programa nos pregunta por una serie de ajustes en los que nosotros seleccionamos que importara el archivo combinando los objetos por categoría y con el material Revit de partida.

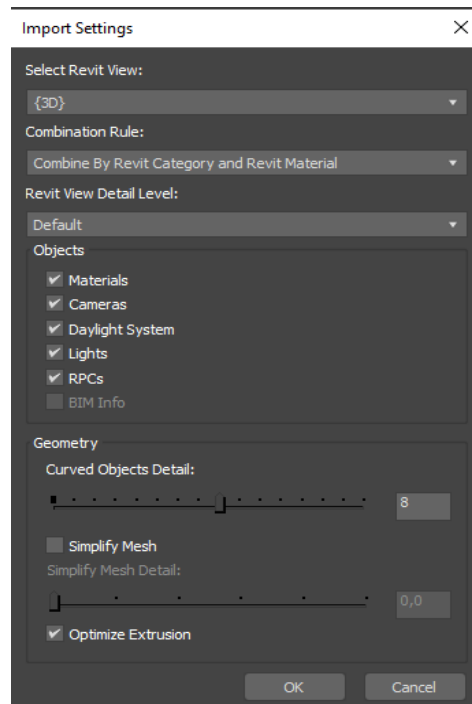


Ilustración 7.64. Ajustes importación 3DsMax

Una vez cargado todo el proyecto se vio que algunos materiales no eran leídos por el programa por lo que se procedió a asignar materiales a estas partes que se quedaron sin el material procedente de Revit.

Una vez asignados los materiales, comenzamos con la realización de un recorrido tanto exterior como interior del edificio.

Para el recorrido exterior lo que se hizo fue crear una cámara física y a través de la creación de claves se creó un recorrido exterior.

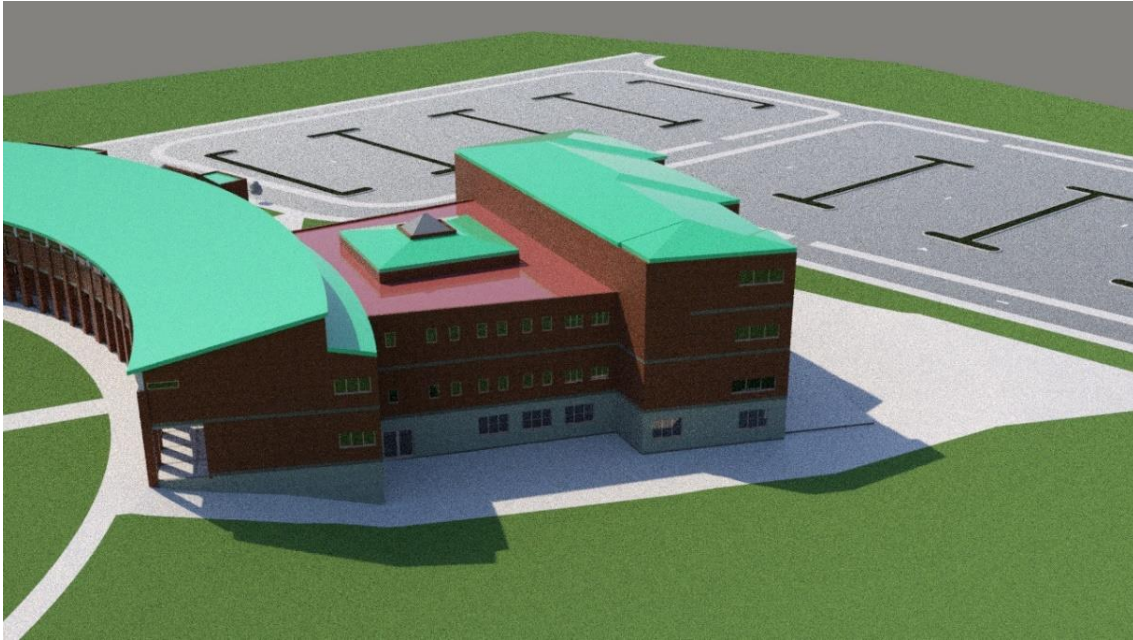


Ilustración 7.65. Imagen renderizada exterior

Una parte muy importante a la hora de configurar la cámara es la exposición de esta ya que cambia radicalmente la iluminación de la escena.

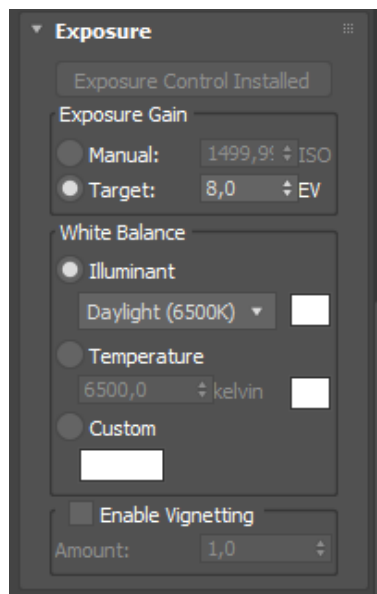


Ilustración 7.66. Control de exposición en la escena

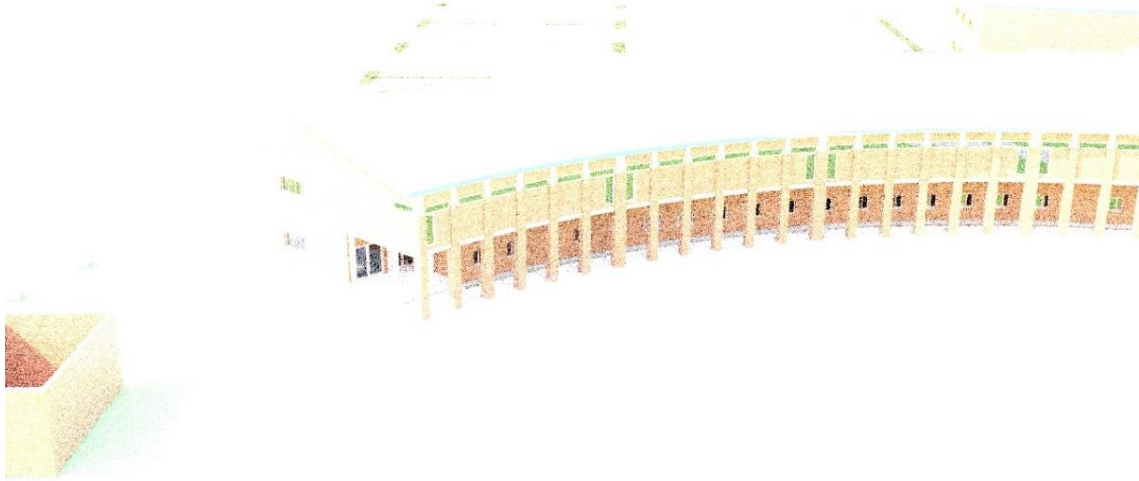


Ilustración 7.67. Imagen renderizada con una mala exposición

Para la animación interior usamos la herramienta “Walkthrough Assistant” que posee el 3ds Max en la que creamos una línea y una cámara. Esta línea sirve como trayectoria para la cámara y hay que ponerla a cierta altura con la herramienta “Pick to eye level”.



Ilustración 7.68. Imagen renderizada interior con 3dsMax

Una vez creada la animación se procede a renderizar con ART Renderer con una calidad 1080x720, para la animación se renderizaron 560 frames.

7.5.2 Enscape

Una vez creada la animación con 3ds Max usaremos el programa Enscape para comparar las animaciones obtenidas ya que este programa tiene una licencia gratuita para estudiantes además de un módulo que te permite trabajar con archivos de Revit y traspasar información entre uno y otro.



Ilustración 7.69. Interfaz Enscape

Una vez instalado el programa y metidas nuestras licencias en el ordenador en el propio Revit nos sale una pestaña desde la que podemos entrar directamente a la interfaz de Enscape para trabajar sobre el modelo de Revit que tenemos abierto.

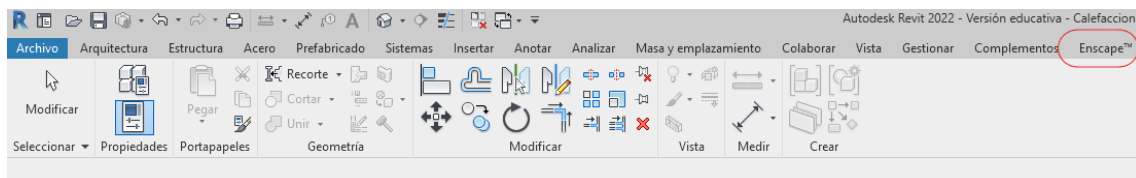


Ilustración 7.70. Herramienta Enscape en Revit

Ya con el Enscape abierto se pueden añadir objetos en la **biblioteca de activos** que le den mayor realismo a la escena como pueden ser árboles, coches, etc.

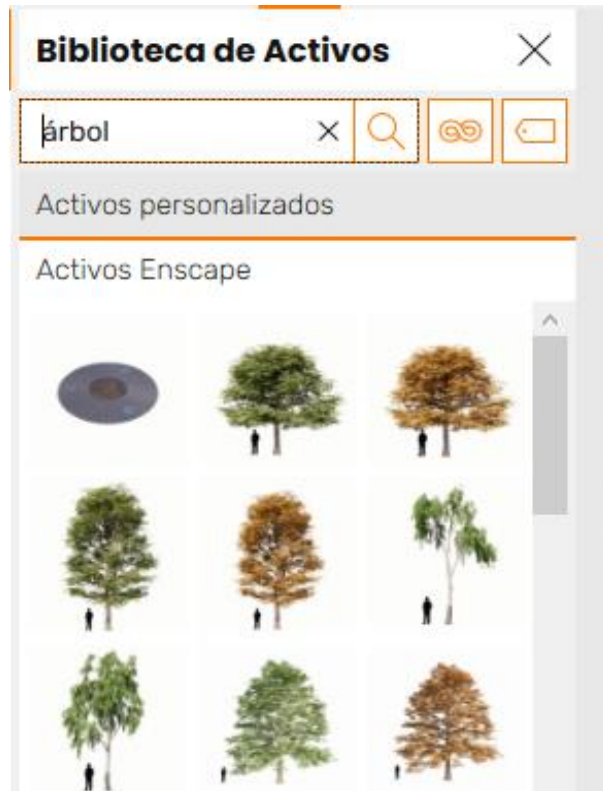


Ilustración 7.71. Biblioteca de activos Enscape

Una vez incluidos todos los elementos de la escena Enscape tiene un módulo para crear claves que permiten la creación de un video para su posterior postproducción.

En el programa, al igual que en el 3dsMax, se realizará un recorrido tanto exterior como interior.



Ilustración 7.72. Imagen exterior con Enscape

El Enscape tiene una herramienta muy interesante llamada *Hora del día* que te permite cambiar la iluminación del proyecto según te interese a la hora del día que desees.

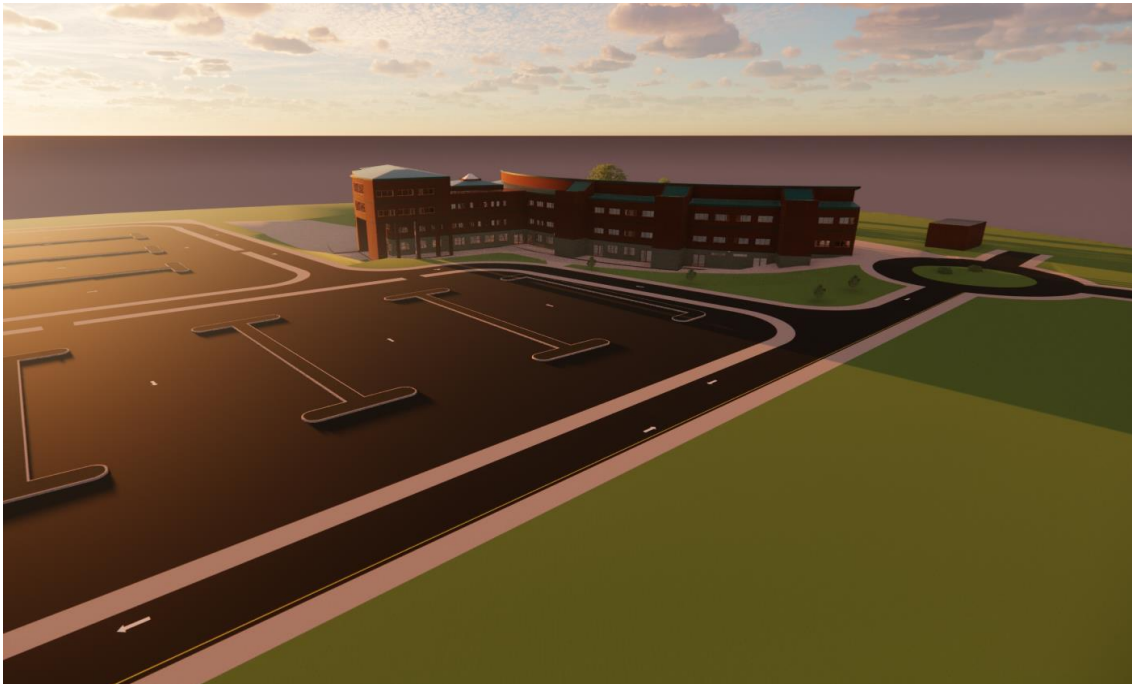


Ilustración 7.73. Imagen del exterior a las 17:46 horas



Ilustración 7.74. Imagen del exterior a las 10:05 horas

7.5.3 Comparativa 3DsMax/Enscape

El 3dsMax es una herramienta mucho más potente que el Enscape que te permite renderizar imágenes mucho más realistas, pero a su vez conlleva una necesidad mayor de aprendizaje para sacar el máximo potencial a la herramienta lo que puede suponer un problema si dispones de un tiempo limitado y las dos herramientas te dan resultados similares.

Durante la renderización del recorrido interior en 3dsMax supuso un problema que había algún objeto que el programa no detectaba bien y costaba mucho renderizando lo que suponía que cada “frame” necesitaba casi al menos 6 horas para renderizar y de aquí surgió la idea de usar el Enscape y comparar los resultados.



Ilustración 7.75. Imagen del interior con Enscape



Ilustración 7.76. Imagen del interior con 3DsMax

Como se puede observar en las imágenes la iluminación que nos ofrece Enscape es mejor que la que llegamos a conseguir con 3dsMax, y con un proceso

mucho más sencillo por lo que finalmente se optó por usar la animación de Enscape para presentar los resultados.

7.6 IFC

Para poder entregar el modelo a la universidad se ha exportado el modelo a formato IFC, que es el formato estándar de intercambio de datos para la construcción.

A partir del modelo en Revit el programa permite exportar a diferentes tipos de formato uno de ellos es el IFC.

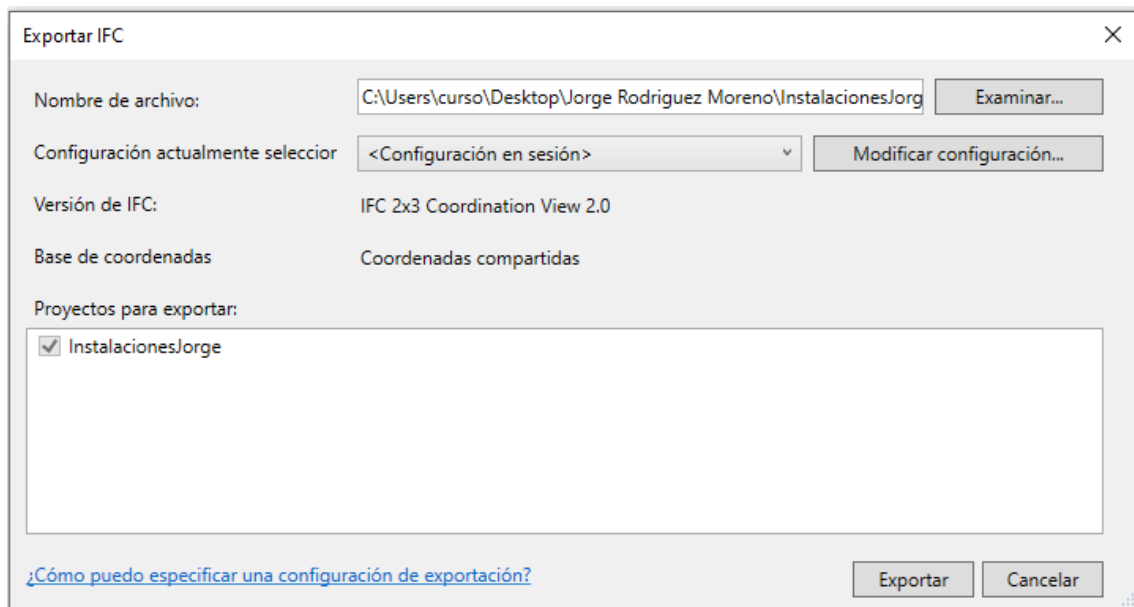


Ilustración 7.77. Exportación a IFC

Una vez exportado el modelo a IFC, se necesita un visor de archivos IFC como es el *BIMvision*³⁷ que permite visualizar modelos virtuales procedentes de sistemas de CAD como Revit.

³⁷ <https://bimvision.eu/es/>

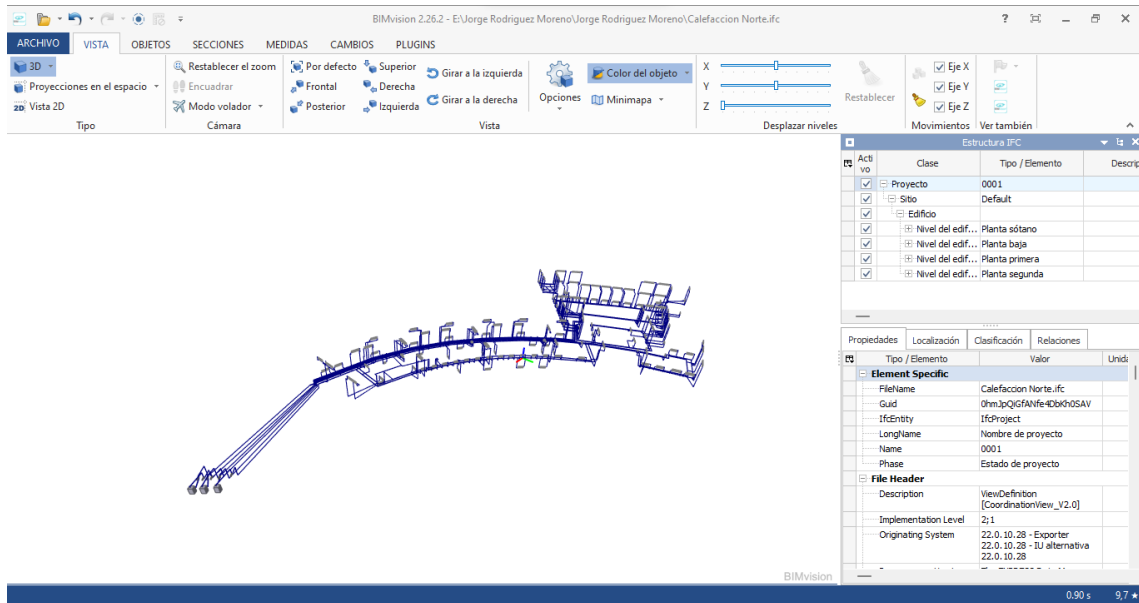


Ilustración 7.78. Interfaz BIMvision con proyecto

7.7 Visor Autodesk

Un elemento muy útil que posee la familia de Autodesk es su *visor gratuito*³⁸ en línea, un visor de modelos BIM en línea y gratuito que Autodesk pone a disposición de todo el que tenga una cuenta de Autodesk.

El visor es compatible con la mayoría de formatos tanto 2D como 3D del mercado (DWG, RVT, IFC, etc.).

³⁸ <https://www.rfaeco.com/autodesk-viewer-el-visor-en-linea-gratuito-de-autodesk/>

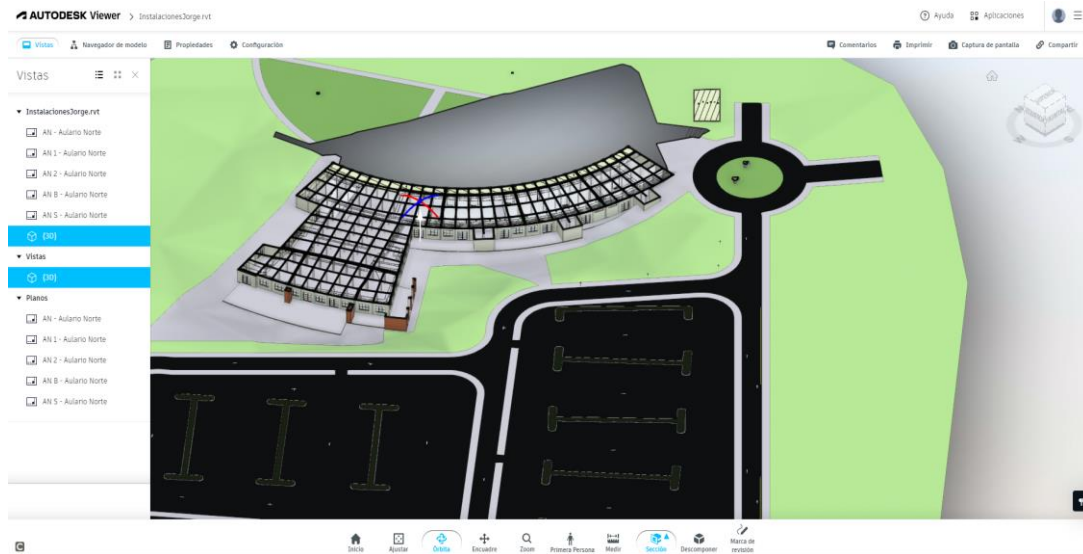


Ilustración 7.79. Interfaz Autodesk Viewer

Hay que tener en cuenta a la hora de subir el modelo al visor que todas las opciones de visibilidad y gráficos que tengamos configuradas en la vista 3D por defecto. Además, se importarán al visor todos los planos que tengamos creados en el proyecto por lo que tendremos todo lo necesario para transmitir las intenciones del proyecto tanto a clientes como a colaboradores de la obra.

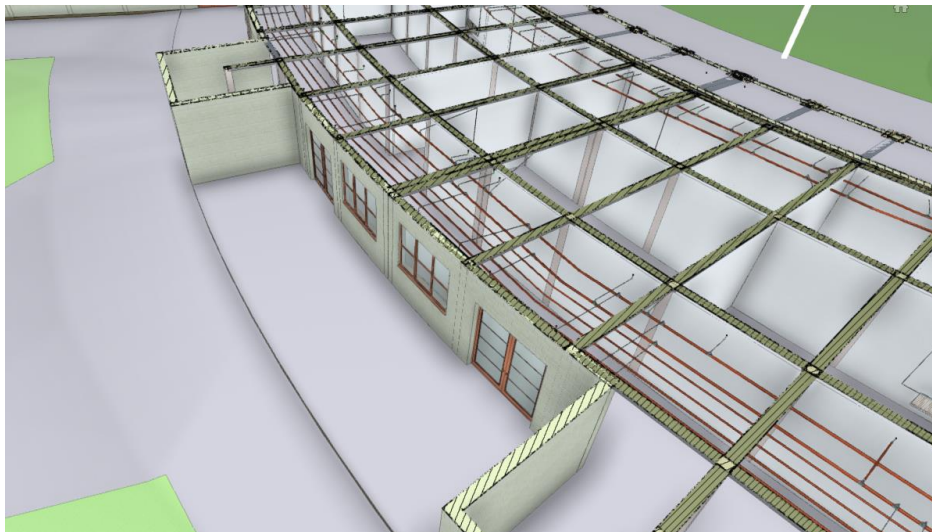


Ilustración 7.80. visualización líneas generales Autodesk Viewer³⁹

³⁹ <https://autode.sk/3uJeHN9>

8 Conclusiones

Se han llevado a cabo los objetivos principales del proyecto:

- Modelado de instalación de calefacción del edificio Aulario Norte del campus de Gijón de la Universidad de Oviedo.
- Creación de documentación actualizada referente al edificio.
- Generación de documentos para la posterior visualización y presentación al cliente.

Tener el modelo BIM arquitectónico supuso una gran ayuda y se tradujo en un ahorro de tiempo considerable al no tener que empezar desde cero el modelo arquitectónico actualizado. Se completó el modelo arquitectónico con la planta sótano, imprescindible para la posterior colocación de todas instalaciones. Refleja lo que es un proyecto BIM, en el que trabajan varios agentes en una metodología colaborativa.

Uno de los principales inconvenientes es que, al tratarse de un Trabajo Fin de Grado, el tiempo es limitado y una sola persona difícilmente puedo completar al 100% el modelo digital del edificio estudiado. En un futuro, se podría seguir con el proyecto y completar, por ejemplo, el resto de instalaciones del edificio (eléctricas, agua sanitaria, contraincendios, etc.) ya que en este trabajo nos centramos en la instalación de calefacción.

Otro de los objetivos era conocer la metodología de trabajo de modelos BIM de edificio ya existentes. Esta metodología, llamada As-Built, trata de actualizar todo el modelo, especialmente los planos. Esto permite disponer de una documentación que concuerde con la realidad y que suponga una ayuda en la gestión y mantenimiento del edificio en un futuro.

En cuanto a la generación de planos, el programa permite añadir tanto vistas 3D, como alzados y secciones de manera sencilla lo que es muy útil para entender la

distribución de las instalaciones, ya que es algo que en su mayoría no está a la vista en el edificio.

Para la renderización de imágenes se ha utilizado 3dsMax, lo que ha permitido conocer cómo funciona la transferencia de información entre diferentes programas. También se ha utilizado otro programa de renderizado en tiempo real, Enscape, más sencillo de utilizar pero que acelera enormemente la visualización arquitectónica, sin llegar a la complejidad de 3ds max.

Otras líneas de trabajo que podrían completar el modelo serían:

- Modelado de todas las instalaciones del edificio (eléctricas, de aguas residuales, ventilación...)
- Se podrían controlar otras dimensiones del BIM, como la dimensión temporal (4D), los costes (5D) e incluso podría servir como modelo para un mejor mantenimiento (7D).
- Se podrían incluir otros edificios y generar un entorno en el que se podría realizar un recorrido virtual por el campus.

A lo largo de este proyecto hemos comprobado cómo se trabaja con la metodología BIM a través de la herramienta Revit de Autodesk, cómo se obtiene un modelo digital en 3D actualizable en cualquier momento de la vida del edificio y cómo es posible utilizar este modelo en otros programas vinculados de Autodesk para realizar animaciones sobre él.

La elección de este proyecto se ha llevado a cabo en base al crecimiento que está suponiendo la tecnología BIM en proyectos de construcción y a su inminente obligatoriedad en todo tipo de proyectos.

El interés de este proyecto viene dado también porque este año se iba a cursar la asignatura en el Grado de Tecnologías Industriales Aplicaciones Industriales del CAD que abordaba algunos aspectos generales del BIM y la realización de este proyecto supondría una ampliación clara de estos conocimientos de base de la asignatura.

9 Planificación

Para la planificación temporal de este proyecto se ha empleado la herramienta Microsoft Project, ya que este programa posee una licencia educativa y se tenían conocimientos previos del programa adquiridos en la asignatura *Proyectos y Oficina Técnica*.

Para la realización del proyecto se aplicó un orden lógico y se han tenido en cuenta las tareas principales.

	Modo de	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras EDT	Predecesoras
DIAGRAMA DE GANTT	4	2	Modelado Edificio	32,5 días	lun 02/05/22	mié 15/06/22	1	1
	5	2.1	Modelado Aruitectonico	80 horas	lun 02/05/22	vie 13/05/22		
	6	2.2	Modelado de instalaciones	180 horas	lun 16/05/22	mié 15/06/22	2.1	5
	7	3	Generación de documentación	12,5 días	mié 15/06/22	vie 01/07/22		
	8	3.1	Memoria	100 horas	mié 15/06/22	vie 01/07/22	2	4
	9	3.2	Planos	10 horas	mié 15/06/22	jue 16/06/22	2.2	6
	10	4	Resultados	4,25 días	mié 15/06/22	mar 21/06/22		
	11	4.1	Renderización de imágenes	24 horas	mié 15/06/22	lun 20/06/22	2.2	6
	12	4.2	Generación de videos	10 horas	lun 20/06/22	mar 21/06/22	4.1	11

Ilustración 9.1. Tabla de planificación MS Project

Algunas de las tareas pueden solaparse en el tiempo como pueden ser la generación de documentación y el renderizado de imágenes sin embargo otras no se pueden realizar hasta que no esté realizado el modelo. Se presenta un diagrama de Gantt donde se pueden ver las relaciones entre las tareas que conforman el proyecto.

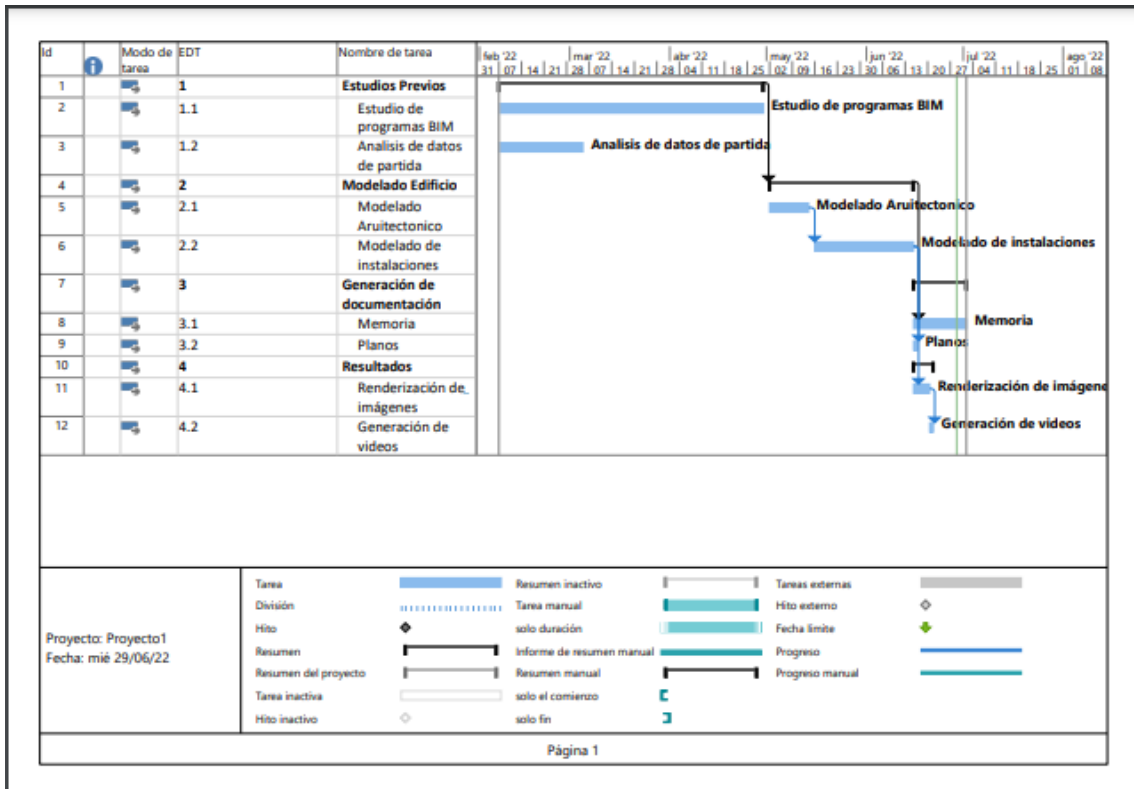


Ilustración 9.2. Diagrama de Gantt Proyecto

10 Presupuesto

En este último apartado del proyecto se realizará una estimación y cálculo del coste de este. Hay que hacer referencia que este presupuesto no se trata del presupuesto de ejecución del edificio sino únicamente a la parte relacionada con la generación de las instalaciones del modelo BIM y los costes derivados de la elaboración del proyecto.

Para la realización del proyecto los gastos principales son el material informático, software y hardware utilizado, material fungible y coste de personal.

10.1 Material informático

En este apartado se recogen los costes de todo el equipo utilizado en el proyecto y sistema informático, los softwares de BIM empleados y sus respectivas licencias, ya que en nuestro proyecto se disponía de unas licencias por el hecho de ser estudiantes, pero durante de este proyecto de carácter profesional estas licencias tendrían un coste.

Se asumirá un tiempo de duración del proyecto de 6 meses y los equipos informáticos un periodo de amortización de 3 años.

Para la obtención de softwares BIM, Autodesk permite la obtención de licencias mensuales, anuales y durante 3 años. Tras un periodo de investigación la mejor opción para las licencias de Revit y 3DsMax es la obtención de licencias mensuales. Para la obtención del software de Enscape la mejor opción es la obtención de una licencia que te permite vincular solo a un equipo con un precio de 39,90.

Concepto	Coste (€)	Tu ⁴⁰ (meses)	Ta ⁴¹ (meses)	Coste Total (€)
Equipo Informático	580,00	6	36	96,66
Sistema Operativo	140,00	6	36	23,33
Revit	418,00	6	-	2508,00
3DsMax	279,00	1	-	279,00
Enscape	39,90	1	-	39,90
			TOTAL	2946,89 €

Tabla 1. Coste del material informático utilizado

10.2 Material Fungible

Se ha tenido en cuenta la compra de una escalera necesaria para la visión dentro de los falsos techos de la colocación de las tuberías.

Concepto	Cu ⁴²	Cantidad	Coste
Escalera	63,99€	1	63,99 €

10.3 Coste Personal

El coste de personal engloba los costes de mano de obra de la realización del proyecto, es decir la generación del modelo BIM de las instalaciones, la generación de planos y presentaciones y la generación de un presupuesto y una planificación.

Tarea	Duración (h)	Ch (€/h)	Coste (€)
Estudios Previos	150	20	3000,00
Modelado Arquitectónico	80	30	2400,00
Modelado de instalaciones	180	30	5400,00
Planos y renderización de videos	40	30	1200,00
Memoria	100	15	1500,00
Presupuesto y planificación	10	15	150,00
		TOTAL	13650,00 €

⁴⁰ Tu: tiempo de uso estimado (meses)

⁴¹ Ta: tiempo de amortización estimado (meses)

⁴² Cu: Coste unitario

10.4 Coste total del proyecto

En el coste total de un proyecto, además de tener en cuenta los costes de ejecución antes comentados también se deben incluir los gastos generales, el beneficio industrial y el IVA.

Los gastos generales son aquellos costes debidos al hecho de está realizando una actividad que engloban desde gastos de electricidad, limpiezas gas o alquiler de local. El porcentaje de estos gastos está fijado del 13 al 17%.

A parte de estos gastos hay que tener en cuenta el beneficio industrial marcado en un 6%. Además, se incluirá el IVA del 21%.

Concepto	Coste (€)
Material informático	2946,89
Material fungible	63,99
Coste de personal	13650
TOTAL EJECUCIÓN	16660,88
Gastos generales (17%)	2832,35
Beneficio industrial (6%)	999,65
TOTAL PARCIAL	20492,88
IVA (21%)	4303,50
TOTAL PROYECTO	24796,38€

11 Bibliografía

En este apartado se recogerán los lugares de los que se ha obtenido información para la realización del proyecto.

Bimandco. “Modelo de radiadores Europa C” Obtenido el 12 de mayo de 2022. <https://www.bimandco.com/es/objetos-bim/5397-radiador-europa-c/details>

seystic “Que es el BIM” Obtenido el 20 de mayo de 2022 <https://seystic.com/bim-la-historia-del-building-information-modelling/>

Baxi “Producto de radiadores Baxi” Obtenido el 12 de mayo de 2022 https://www.baxi.es/productos/radiadores/hierro-fundido/duba#section_datos_tecnicos_tabber2

Autodesk “Ventajas del BIM” Obtenido el 21 de mayo de 2022 <https://www.autodesk.es/solutions/bim/benefits-of-bim>

Bimnd “Dimensiones del BIM” Obtenido el 24 de mayo de 2022. <https://www.bimnd.es/7dimensionesbim/>

econova-institute “Programas BIM más utilizados” Obtenido el 15 de junio de 2022. <https://econova-institute.com/blog/programas-bim-mas-usados/>

renders “Mejores programas de renderización” Obtenido el 15 de junio de 2022. <https://www.renders.com.mx/mejores/programas-para-hacer-renders/>

e-zigurat “Que es el IFC” Obtenido el 18 de junio de 2022. <https://www.e-zigurat.com/blog/es/ifc-por-que-ahora/>

muralit “Jerarquias en Revit” Obtenido el 18 de junio de 2022. <https://muralit.es/jerarquia-elementos-revit/>

arcux “Funciones de Revit MEP” Obtenido el 18 de junio de 2022. <https://arcux.net/blog/que-es-revit-mep-y-cuales-son-sus-principales-funciones/>

proest “Proyectos” Obtenido el 20 de junio de 2022.

<https://proest.com/es/construccion/proceso/-drawings/>

Además de las paginas para buscar información acerca de la tecnología BIM, durante la realización del proyecto su recurrió a algunos tutoriales de las siguientes páginas:

<https://www.autodesk.com/certification/learning-pathways>

<https://www.youtube.com/c/720Studio>

Además de estas páginas de internet se disponía de unos TFG proporcionados por los tutores:

MODELADO CON TECNOLOGÍA BIM DE LOS AULARIOS NORTE Y SUR DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN, Autor: Daniel Álvarez Naveda, febrero de 2019

MODELIZACIÓN DE LA CUBIERTA DEL EDIFICIO DE LA ESCUELA SUPERIOR DE LA MARINA CIVIL MEDIANTE EL USO DE TECNOLOGÍA BIM, Autor: Paula Fernández González junio de 2018