



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

MODELADO BIM DEL EDIFICIO C5 DEL CAMPUS LAS LAGUNILLAS

Alumno: Alberto Carrascosa Morillas

Tutor: Francisco Javier Gallego Álvarez
Dpto: Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

Septiembre, 2018



Universidad de Jaén

Escuela Politécnica Superior de Jaén

Francisco Javier Gallego Álvarez, tutor del Proyecto Fin de Carrera titulado: Modelado BIM del edificio C5 del Campus las Lagunillas, que presenta Alberto Carrascosa Morillas, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, Septiembre de 2018

El alumno:

El tutor:

Alberto Carrascosa Morillas

Francisco Javier Gallego Álvarez

Índice

ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
1. RESUMEN	9
2. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	10
3. ANTECEDENTES	12
3.1. BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM)	12
3.1.1. DIFERENCIAS CAD-BIM	13
3.1.2. GESTIÓN DE TRABAJO	15
3.1.3. DIMENSIONES BIM	18
3.1.4. FASES PROYECTO BIM	21
3.1.5. APLICACIONES BIM	22
3.1.6. MODELO DE MADUREZ	24
3.1.8. VENTAJAS E INCONVENIENTES BIM	28
3.1.9. ESTRATEGIA DE IMPLANTACIÓN EN ESPAÑA	29
3.1.10. SOFTWARE BIM	31
3.2. MODELADO INVERSO	37
3.3. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO C5 DE HUMANIDADES Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN	38
4. MATERIAL Y MÉTODOS	41
4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA	41
4.2. SOFTWARE Y HARDWARE	41
4.3. INFORMACIÓN DE PARTIDA	42
5. MODELO ESTRUCTURAL	46
5.1. PILARES ESTRUCTURALES	49
5.2. ZAPATAS	51
5.3. SUELO ESTRUCTURAL	54
6. MODELO ARQUITECTÓNICO	57
6.1. MUROS	57
6.2. PUERTAS	63
6.3. ESCALERAS, RAMPAS Y BARANDILLAS	67
6.4. CUBIERTAS	70
6.5. TECHOS	74

6.6.	MATERIALES Y PINTURA	77
6.7.	VENTANAS	81
6.8.	FONTANERÍA Y COMPONENTES	86
6.9.	ILUMINACIÓN	88
6.10.	EMPLAZAMIENTO	89
6.11.	UBICACIÓN Y ORIENTACIÓN	91
6.12.	ASIGNACIÓN DE HABITACIONES	93
7.	COMPARACIÓN DEL MODELO CON LA REALIDAD	95
8.	DOCUMENTACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DEL EDIFICIO	102
8.1.	PLANOS DEL EDIFICIO	102
8.2.	TABLAS DE PLANIFICACIÓN/CANTIDADES	105
9.	CONCLUSIONES.....	106
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
	ANEXO I: PLANOS DEL EDIFICIO C5 DEL CAMPUS LAS LAGUNILLAS	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de trabajo del concepto BIM (Fuente: Ditecsa, 2017)	13
Figura 2. Flujos de trabajo de BIM y CAD (Fuente: Ditecsa, 2017)	13
Figura 3. Metodología CAD (Fuente: Coloma Picó, 2008).....	14
Figura 4. Metodología BIM (Fuente: Coloma Picó, 2008).....	15
Figura 5. Coordinación proyectos BIM (Fuente: Muñoz Gómez, 2015).....	16
Figura 6. Esquema del trabajo colaborativo de un proyecto BIM (Fuente: Coordina Bim Consulting, s.f.).....	16
Figura 7. Dimensiones BIM (Fuente: Cuartero, 2018).	19
Figura 8. Secuencia BIM 4D (Fuente: CADBIM3D, 2017).	20
Figura 9. Simulación energética con el plugin Sefaira (Fuente: Sefaira Inc., 2018).	21
Figura 10. Modelo de madurez BIM (Fuente: Muñoz Gómez, 2015).....	25
Figura 11. Nivel de desarrollo de un pilar de acero (Fuente: Coordina Bim Consulting, 2018).....	27
Figura 12. Comisión BIM (Fuente: Ministerio de Fomento).	30
Figura 13. Organismos e instituciones (Fuente: Ministerio de Fomento).	31
Figura 14. Criterio de búsqueda en España (Fuente: Google Trends, 2018).....	32
Figura 15. Iniciación de Revit 2018.	33
Figura 16. Interfaz o ventana de trabajo Revit 2018.	34
Figura 17. Edificio C5 del Campus Las Lagunillas.....	38
Figura 18. Situación del edificio C5 (Fuente: Google Maps, 2018).	39
Figura 19. Parcela catastral del Campus Las Lagunillas de Jaén (Fuente: Ministerio de Hacienda y Fundación Pública, 2018).....	39
Figura 20. Emplazamiento del edificio C5 dentro del Campus Las Lagunillas (Fuente: Google Maps, 2018).....	40
Figura 21. Plano cimentación.	42
Figura 22. Plano planta baja.	43
Figura 23. Plano planta primera.	43
Figura 24. Plano planta segunda.	44
Figura 25. Plano planta cubierta.	44
Figura 26. Plano alzados.....	45
Figura 27. Plano secciones.	45
Figura 28. Plano secciones 2.	45
Figura 29. Plano topográfico.	46
Figura 30. Operaciones sección estructura.....	47
Figura 31. Icono de nivel (superior) y rejilla (inferior).....	47
Figura 32. Niveles del proyecto.	48
Figura 33. Opciones insertar Revit.....	48
Figura 34. Opciones importar CAD.	49
Figura 35. Plano importado en la ventana de trabajo Revit.	49
Figura 36. Propiedades del pilar estructural tipo 2.....	50
Figura 37. Distribución pilares estructurales y rejillas.	50
Figura 38. Plano de cimentación.	53
Figura 39. Conjunto 3D de pilares y zapatas.	54
Figura 40. Boceto contorno suelo exterior planta baja.....	55
Figura 41. Contorno del suelo estructural planta primera.	55
Figura 42. Estructura en capas del suelo interior.....	56
Figura 43. Vista 3D del conjunto.	56
Figura 44. Operaciones grupo arquitectura.....	57
Figura 45. Propiedades del muro exterior.	58
Figura 46. Estructura del muro exterior.....	58
Figura 47. Patrón de muro de cortina entrada.	59
Figura 48. Propiedades de muro cortina entrada.....	60

Figura 49. Muro cortina interior de los seminarios, primera y segunda planta.	60
Figura 50. Cerramientos planta baja.	61
Figura 51. Tabla de edición de muros.	61
Figura 52. Muro con delimitación escalera planta baja.	62
Figura 53. Opciones de muro y telar en la fachada del edificio.	62
Figura 54. Puerta despachos.	64
Figura 55. Propiedades puerta de 2 hojas.	64
Figura 56. Puerta escaleras laterales.	65
Figura 57. Puerta emergencia entrada.	65
Figura 58. Puerta baño corredera, vista en planta y vista 3D.	66
Figura 59. Puerta entrada oeste y este respectivamente.	66
Figura 60. Escalera central del edificio.	67
Figura 61. Escaleras laterales vista en planta y vista 3D.	68
Figura 62. Vista de planta y 3D de la rampa y escalera de la entrada.	69
Figura 63. Propiedades de la rampa.	69
Figura 64. Vista interior de la barandilla de la planta primera y segunda.	70
Figura 65. Vista en planta y 3D de la cubierta patio segunda planta.	71
Figura 66. Herramientas cubiertas.	71
Figura 67. Boceto cubierta por extrusión.	72
Figura 68. Vista 3D de las extrusiones y las cubiertas plana de la cubierta.	72
Figura 69. Vista 3D desde abajo.	73
Figura 70. Cubierta integrada en el conjunto.	73
Figura 71. Cubierta del nivel cumbre.	74
Figura 72. Techo automático en vista de techo planta primera.	75
Figura 73. Contorno del techo exterior de las entradas.	75
Figura 74. Contorno del techo interior planta baja.	76
Figura 75. Contorno techo interior planta primera.	76
Figura 76. Estructura del techo interior.	76
Figura 77. Techo sin cerramiento y con cerramiento.	77
Figura 78. Grupo gestionar.	78
Figura 79. Explorador de materiales.	78
Figura 80. Patrón del material de la fachada.	79
Figura 81. Herramientas de modificación de muros.	79
Figura 82. Herramienta pintar.	80
Figura 83. Herramienta sección del grupo vista.	80
Figura 84. Sección longitudinal de la edificación.	81
Figura 85. Ventanas de dos hojas y ventana de una hoja.	82
Figura 86. Distribución de las ventanas.	82
Figura 87. Propiedades de la ventana de 2 hojas.	83
Figura 88. Ventana baño.	83
Figura 89. Edición y acabado final de la familia deflector de ventilación.	84
Figura 90. Distribución de ventanas lado Este.	84
Figura 91. Perfil del telar.	85
Figura 92. Vista 3D del lateral del edificio.	85
Figura 93. Sección 3D del edificio.	86
Figura 94. Ascensor integrado en el edificio.	87
Figura 95. Vista previa y vista lateral del croquis de la extrusión.	87
Figura 96. Luminaria primera planta.	88
Figura 97. Grupo masa y emplazamiento.	89
Figura 98. Plano topográfico insertado en la vista de emplazamiento.	89
Figura 99. Herramientas de superficie topográfica.	90
Figura 100. Curvas de nivel por puntos en Revit.	90
Figura 101. Plataforma de construcción integrada en el edificio.	91

<i>Figura 102. Herramienta ubicación del proyecto.</i>	91
<i>Figura 103. Ubicación del proyecto.</i>	92
<i>Figura 104. Datos de temperatura del emplazamiento.</i>	92
<i>Figura 105. Camino del sol.</i>	93
<i>Figura 106. Herramienta colocación de habitaciones.</i>	93
<i>Figura 107. Etiqueta sala de juntas.</i>	94
<i>Figura 108. Ejemplo de esquema de colores de la planta baja.</i>	94
<i>Figura 109. Opciones del renderizado.</i>	96
<i>Figura 110. Vista cámara situada en la planta baja.</i>	97
<i>Figura 111. Imagen exterior del edificio.</i>	98
<i>Figura 112. Imagen renderizada de Revit.</i>	98
<i>Figura 113. Imagen entrada oeste.</i>	99
<i>Figura 114. Imagen renderizada entrada oeste Revit.</i>	99
<i>Figura 115. Imagen sala de exposiciones oeste.</i>	100
<i>Figura 116. Imagen renderizada sala de exposiciones oeste.</i>	100
<i>Figura 117. Imagen primera planta oeste.</i>	101
<i>Figura 118. Imagen renderizada primera planta oeste.</i>	101
<i>Figura 119. Nueva familia bloque de título.</i>	102
<i>Figura 120. Bloque de título.</i>	103
<i>Figura 121. Nuevo plano.</i>	103
<i>Figura 122. Ejemplo de plano vista 3D.</i>	104
<i>Figura 123. Opciones exportar.</i>	104
<i>Figura 124. Tabla de planificación y cantidades.</i>	105
<i>Figura 125. Tabla de planificación puertas.</i>	106

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Medidas de los distintos tipos de pilares estructurales.</i>	51
<i>Tabla 2. Distintos tipos de zapata y pilotes.</i>	52

1. RESUMEN

En este proyecto se estudió el modelado BIM, de las siglas en inglés de Building Information Modeling (modelo de información del edificio), que es un proceso de generación y gestión de datos del edificio durante su ciclo de vida empleando un software que modela en 3D y en tiempo real y, además, que permite la colaboración de varios agentes o proyectistas a la hora de trabajar. En concreto, se presenta el modelado del edificio C5 del Campus Las Lagunillas de la Universidad de Jaén, además se explica el software BIM y el procedimiento de trabajo seguido, como también sus ventajas e inconvenientes y la estrategia de implantación en España y otros países.

Para la realización de este modelado se emplearon como base los planos ofrecidos por el Servicio de Obras, Mantenimiento y Vigilancia de las Instalaciones de la Universidad de Jaén, también se realizaron una serie de mediciones y fotografías de los detalles para una mejor comprensión del edificio y, después, se comparó la realidad con el modelo y, como es un modelado inverso, es decir el edificio ya existe, se recopila toda esta información. A partir de los datos obtenidos se pudo iniciar el modelado en BIM, modelando la estructura del edificio sin realizar los cálculos estructurales y ejecutando un modelo arquitectónico, teniendo en cuenta la instalación eléctrica, de saneamiento y de fontanería. Además, el edificio se ubicó con el sentido, orientación y altura según el plano topográfico para tener un modelo lo más completo posible.

Como conclusión, cabe destacar la importancia de este software en la actualidad, ya que el diseño en BIM aumenta la eficiencia en el tiempo y en los recursos del diseño y de la construcción del edificio de una forma más intuitiva y eficaz. Este método recoge mucha información tales como la geometría del edificio, las relaciones espaciales, la información geográfica, los materiales, los costes del proyecto, el mantenimiento del edificio y otras muchas utilidades más como serían la eficiencia energética, el cálculo de estructuras en otro programa, los tiempos de construcción y el mantenimiento del edificio que el propietario debería realizar durante toda su vida útil, siendo la eficiencia y la claridad de esta información su mayor ventaja.

2. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El modelado BIM es el proceso de generación y gestión de datos del edificio durante su ciclo de vida. Es un modelado en tres dimensiones y en tiempo real, lo que significa que pueden intervenir varios agentes en un mismo proyecto. Para conocer BIM hay que entender que no es solamente un software sino una metodología o una forma de trabajo, ya que está compuesto por un amplio abanico de herramientas para recabar toda la información, e igualmente, ser clara y concisa para evitar los duplicados y la pérdida de tiempo.

Existe desde hace más de 20 años, pero no es hasta los últimos años cuando se ha tomado conciencia de que es la manera más efectiva de trabajar en todos los niveles del proceso de construcción a través de su visualización en 3D y de trabajar en un único modelo, ya que en un proyecto el tiempo es un factor muy importante por el alto coste y la dedicación que se estima. Así, el programa Revit genera de manera automática la documentación del proyecto que incluye los planos en 2D, las mediciones, la estructura, la planificación y el mantenimiento, así como también, los planos de las instalaciones. Revit realiza toda la documentación íntegra del proyecto y, además, sincronizado con otros programas permite generar presupuestos, análisis estructurales, análisis energéticos, etc.

La metodología BIM principalmente se realiza para obras de nueva construcción por las ventajas en la ejecución de la obra y el ahorro en costes. Aunque también resultaría muy útil en obras ya edificadas para tener un modelo 3D del edificio y así facilitar la gestión del mantenimiento del edificio y las inspecciones periódicas.

En numerosas instituciones públicas como universidades y colegios profesionales hay una implicación con este modelo muy importante como en la Universidad de Jaén, donde se imparten asignaturas actualmente, como también en empresas y entidades públicas. Poseer conocimientos sobre BIM es un valor añadido que generará muchos puestos de trabajo como BIM manager, modelador BIM, cuistor BIM, técnico BIM, etc. Además, se debería ampliar el conocimiento sobre BIM e invertir en él, para que a las empresas, constructoras, fabricantes e instituciones no les suponga una inversión demasiado grande. Los organismos

deberían tener un mayor compromiso ya que todavía existen algunas barreras y, los fabricantes, deberían facilitar la información de sus productos en familias BIM para que le sea más fácil tener todos los datos en un mismo archivo, que incluya tanto información como coste, mantenimiento y características del producto.

Actualmente en Europa no es obligatoria la implantación del modelado BIM en proyectos de construcción, sin embargo, otros países como Reino Unido, tienen la intención de que en los próximos años se deba emplear en construcción al igual que en otros países nórdicos como Noruega. España tiene una hoja de ruta programada para que, a principio de 2019, sea obligatorio para las licitaciones públicas de infraestructuras.

En este trabajo el objetivo principal ha sido el desarrollo del modelado de la edificación y de las instalaciones existentes en el edificio C5 de la Universidad de Jaén a través de la metodología BIM y el software Revit. Se ha llevado a cabo a partir de los planos recogidos de plantas y alzados teniendo en cuenta las mediciones y fotografías realizadas en el edificio *in situ* y, también, se añadieron más detalles como colores, materiales y diseño. Después del modelado se obtuvo la documentación del proyecto y las pautas del mantenimiento del edificio.

Para alcanzar este objetivo se tuvo que recopilar información, se definió la metodología BIM y todas sus variantes, se analizaron las ventajas e inconvenientes y se evaluó la posible implantación en los distintos países y empresas y, por último, se recopiló la documentación que proporciona Revit del modelo, tales como planos, mantenimiento del edificio e imágenes renderizadas que se compararon con la realidad del edificio. Toda esta documentación se le facilitaría al propietario para su correcto mantenimiento y para consultar cualquier información que necesite tanto el cliente como cualquier técnico competente si se necesitara rediseñar.

3. ANTECEDENTES

3.1. BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM)

BIM proviene de las siglas en inglés de *Building Information Modeling* que muestra una idea general de los ámbitos al que va dedicado que serían la obra civil y los proyectos de construcción, aunque también se puede ampliar a la gestión de infraestructuras. En general, la metodología BIM está aplicada en el sector de la construcción con el uso de un software que permite recopilar toda la información existente del proyecto en un único modelo y así, poder gestionarla para que sea ventajosa y necesaria durante toda la vida útil del edificio, desde el diseño al derribo o remodelación, permitiendo la colaboración de diferentes agentes en un mismo proyecto con la idea de controlar y reducir el tiempo y coste, además de eliminar duplicados innecesarios e incoherencias.

Una de las características principales es la gestión de la información rentable del edificio y la generada por el software como los planos, cálculos, detalles, simulaciones, presupuestos y planificación de obras, entre otras. El modelado es en 3D, esto permite una mejor comprensión para cualquier individuo ya que se puede observar con más detalle y exactitud para evitar la controversia. Una vez hecho el diseño que se llevaría gran parte del tiempo, el modelo en 3D se puede conectar con otros programas más específicos.

Una de las ventajas más competitivas de este modelo es que permite la coordinación en tiempo real de los participantes obteniendo un trabajo colectivo y dinámico, esto significa que los distintos agentes que componen el proyecto pueden tener toda la información al instante y en diferentes lugares. En la figura 1 se muestra la información que se puede incluir y consultar, de tal forma que puede verse la vida útil del edificio y cómo es gestionada por un único modelo BIM, permitiendo que todos los agentes que intervienen tengan toda la información para poder participar y comunicarse al instante.

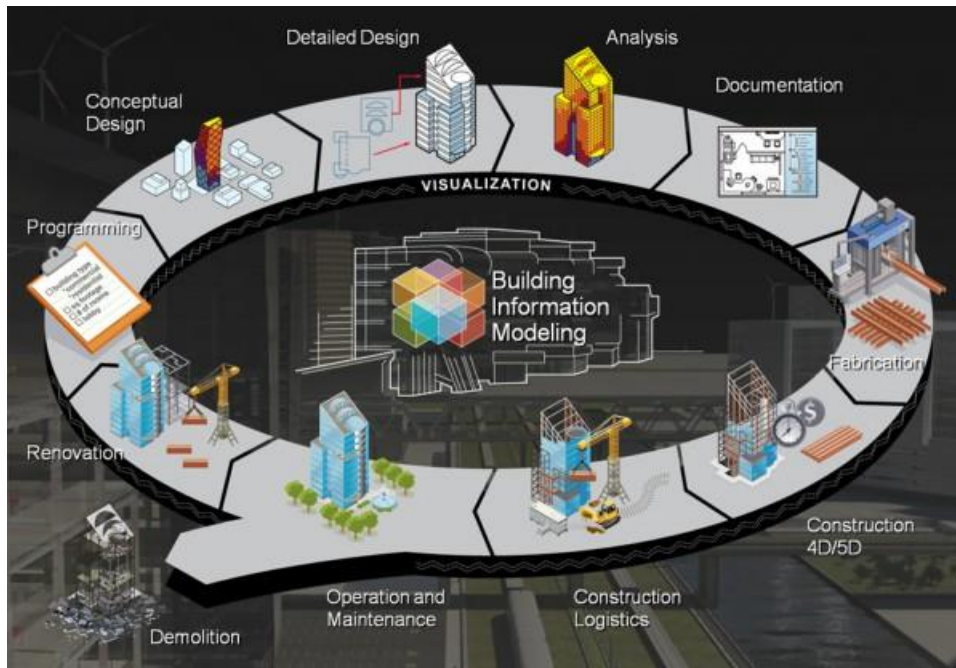


Figura 1. Proceso de trabajo del concepto BIM (Fuente: Ditecsa, 2017)

3.1.1. DIFERENCIAS CAD-BIM

Para exponer las diferencias entre una metodología u otra, se explicarán los flujos de trabajo de cada una de ellas con un sencillo gráfico. En la figura 2 se pueden ver los diferentes flujos de trabajo, en verde la metodología BIM y en gris, CAD, en las diferentes etapas de un proyecto técnico. En el eje de ordenadas se representa el esfuerzo/coste/efecto y en el eje de abscisas se representa el tiempo.

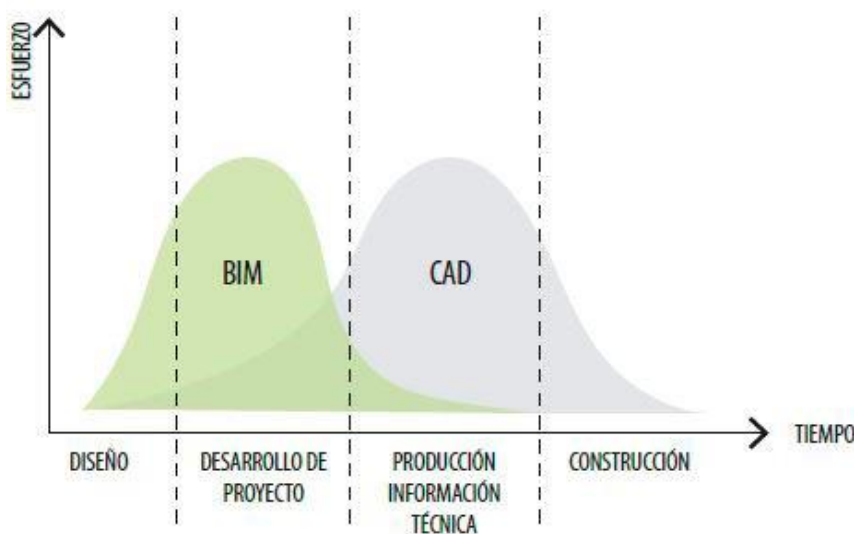


Figura 2. Flujos de trabajo de BIM y CAD (Fuente: Ditecsa, 2017)

En la metodología tradicional se observa que la generación de documentación es la etapa que necesita mucho esfuerzo/coste. En cambio, para el modelado BIM, es en las primeras etapas de diseño y desarrollo de proyecto cuando más esfuerzo/coste necesita y, esto es una ventaja ya que dedicar más tiempo a las primeras etapas permite detectar errores con más antelación y así poder solucionarlos cuanto antes. Todo esto es al contrario en la metodología tradicional porque un cambio en el diseño costaría un mayor esfuerzo/coste ya que todos los planos anteriores se deberían reformar uno a uno.

El método conocido como CAD, que proviene de las siglas en inglés de *Computer Aided Design*, es un diseño asistido por ordenador, es decir, un software informático que utiliza elementos básicos como líneas y trazas obteniendo un dibujo virtual y, al igual que los planos en papel, se deben hacer de forma independiente, lo que puede producir incoherencias y errores al tener numerosos planos de un mismo proyecto. En la figura 3 se puede observar esta metodología tradicional:

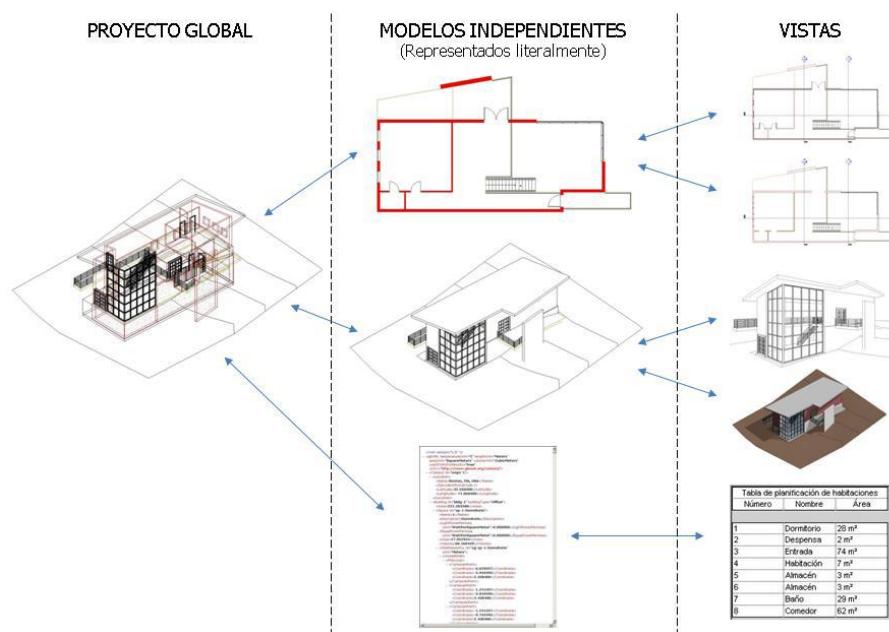


Figura 3. Metodología CAD (Fuente: Coloma Picó, 2008).

Sin embargo, en la metodología BIM el edificio se construye de forma virtual moldeando los elementos como muros, puertas, ventanas, elementos estructurales,

cubiertas, etc. En definitiva, componentes reales de construcción. Además, se emplea un modelo de información paramétrico, esto significa que si se modifica el diseño de algún elemento en concreto se modificarán automáticamente todos los elementos afectados en todas sus vistas, ahorrando mucho tiempo y evitando errores (Coloma Picó, 2008).

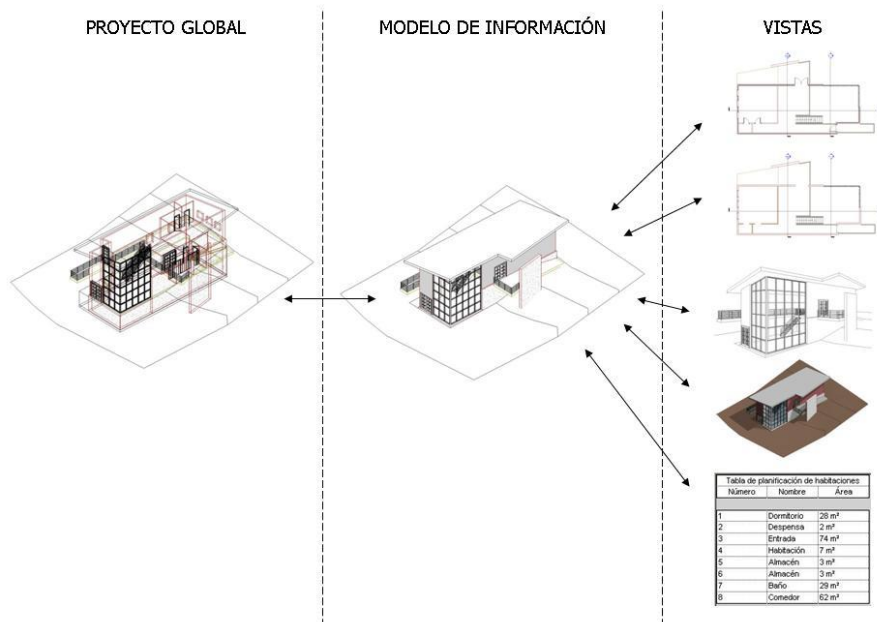


Figura 4. Metodología BIM (Fuente: Coloma Picó, 2008).

3.1.2. GESTIÓN DE TRABAJO

La metodología de trabajo de BIM se centra en el uso de la información de manera coordinada, coherente, computable y continua, en una única base de datos en tiempo real (Coloma Picó, 2008).

Así, trabajar de forma coordinada no es una tarea sencilla ya que implica un buen trabajo en un equipo multidisciplinar y multiusuario, pero con BIM es posible porque se trabaja todo en una misma base de información actualizada permanentemente, con capacidad de trabajar todos los agentes a distancia como se puede ver en la figura 5.

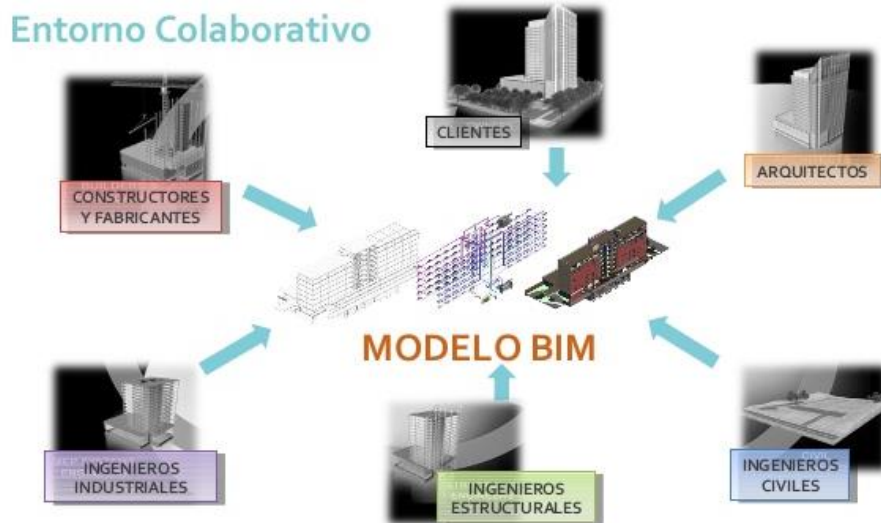


Figura 5. Coordinación proyectos BIM (Fuente: Muñoz Gómez, 2015).

En la figura 6 se puede observar la coordinación de todos los agentes que intervienen en un proyecto BIM, estos trabajan en una misma fuente de información, donde tanto el cliente como los técnicos o constructores pueden ver la evolución del proyecto. Además, pueden existir inspecciones técnicas a través de la visualización del proyecto.

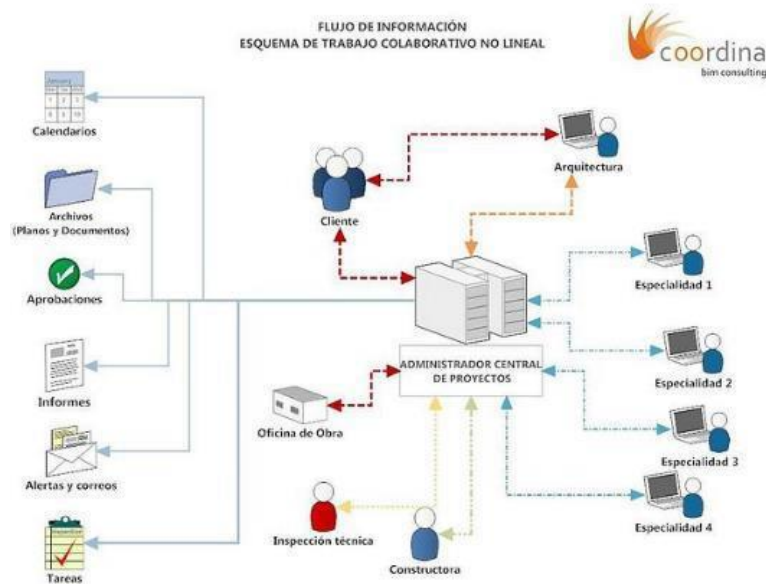


Figura 6. Esquema del trabajo colaborativo de un proyecto BIM (Fuente: Coordina Bim Consulting, s.f.).

La coherencia en los proyectos es una baza importante porque al unir distintos trabajos de diferentes autores se pueden producir errores de interpretación o por descuido y, esto, se puede evitar con el modelo BIM, pues las incoherencias se descubren mucho más fácilmente que en otros programas porque son representaciones tridimensionales en una misma base de información. Por ejemplo, en CAD las vistas son representaciones en 2D que, si no se examinan minuciosamente, pueden contener información errónea en la multitud de planos de un proyecto. Este sistema de representación garantiza tener información de calidad con visualizaciones actualizadas con un modelo paramétrico.

Otro concepto importante es la cuantificación. Así, el software es capaz de realizar mediciones, consumo energético, presupuesto y mucho más, de manera automática gracias a la información de las familias y los bloques.

El concepto de continuidad en el modelo BIM está presente durante todo su ciclo de vida, es decir, el cliente puede ver toda la información de mantenimiento o puede remodelar o rediseñar el proyecto si este lo requiere.

Gracias a BIM y el trabajo multidisciplinar surgen nuevas profesiones que se dedican a organizar y controlar que el trabajo sea lo más compacto y eficiente. Por este motivo la comisión del BIM elaboró y especificó las profesiones en el proceso BIM, teniendo en cuenta la construcción e infraestructuras que se explicará a continuación (Fundación laboral de la construcción, s.f.):

- **Promotor:** persona u organización que financia el proyecto.
- BIM Project Manager (director del proyecto): lidera el proyecto siendo el responsable de alcanzar los objetivos.
- **BIM Information Manager (director de gestión de la información):** responsable de gestionar y controlar la información entre todos los integrantes del proyecto. Gestiona el Common Data Environment (CDE).
- **BIM Manager (director técnico BIM):** lidera la calidad de la metodología dentro del proyecto, sus funciones son facilitar el trabajo colaborativo y fijar el cumplimiento de los requisitos.
- **BIM Lead Designer (director de la gestión del diseño):** dirige el diseño, desarrolla, aprueba la información y resultados, incluido la

documentación. Debe haber una relación entre diseño y ejecución del proyecto.

- **BIM Lead Construction (director de gestión de la construcción):** dirige la ejecución del proyecto, aprueba la documentación para la coordinación de la ejecución. Como en el diseño, debe haber una comunicación fluida con diseño.
- **Task Team Manager (director del equipo de trabajo):** responsable de la producción en todas las disciplinas.
- **Coodinador BIM:** responsable de coordinar el trabajo dentro de una misma disciplina con el fin de cumplir los requerimientos del BIM Manager. En un proyecto habrá tantos coordinadores BIM como especialidades incluya el proyecto.
- **Modelador BIM:** responsable del modelado siguiendo lo establecido en el BIM Execution Plan (BEP).
- **Facility Management (gestor de la propiedad):** responsable de la gestión de inmuebles o servicios, se encarga también del mantenimiento y funcionamiento de las instalaciones del edificio, además de coordinar los servicios de este.

3.1.3. DIMENSIONES BIM

Un modelo BIM está compuesto por varias dimensiones y estas deben interrelacionarse entre sí para una mejor gestión de datos. Estas dimensiones, incluidas en la figura 7, son las siguientes:



Figura 7. Dimensiones BIM (Fuente: Cuartero, 2018).

- **BIM-1D:** la dimensión 1 se centra en la idea del proyecto y se definen las condiciones principales como la localización, las medidas y las propiedades de los materiales.
- **BIM-2D:** aquí se realiza un boceto antes de empezar a modelar en el software, se plantean los materiales, las cargas estructurales y se establecen las bases para la sostenibilidad del proyecto.
- **BIM-3D:** esta dimensión se centra en los objetos que representarán toda la geometría del proyecto. Además, los agentes pueden ver el edificio en tres dimensiones y pueden modificarlo a través de las vistas generadas en 2D. Esta dimensión minimiza las correcciones en el proyecto.
- **BIM-4D:** esta dimensión permite controlar la eficiencia en la duración de las tareas, es decir, el tiempo. El principal uso de la 4D en los proyectos es en la planificación de la ejecución de obra, obteniendo un análisis detallado de la ejecución constructiva dirigida por una línea de tiempo y optimizando los plazos. Además, se puede vincular a otros programas de gestión de proyectos. En la figura 8 se puede ver la simulación animada de BIM que incluye el orden de trabajos y tiempos.

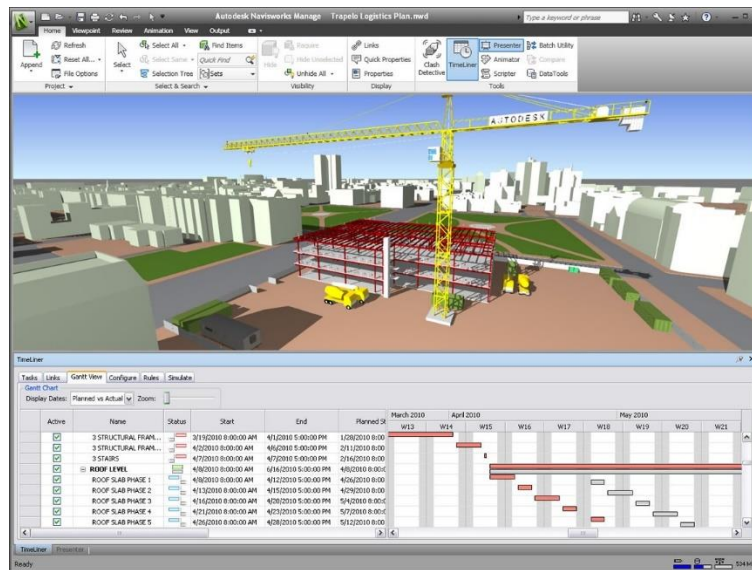


Figura 8. Secuencia BIM 4D (Fuente: CADBIM3D, 2017).

- **BIM-5D:** incluye el control y la estimación del coste, teniendo un mayor control sobre la información contable. El objetivo es mejorar la rentabilidad del proyecto. Todos los materiales y objetos modelados están vinculados a un presupuesto impuesto por el agente o facilitados por las empresas.
- **BIM-6D:** en esta dimensión es posible la simulación energética del proyecto para una eficiencia óptima y rediseñar de acuerdo con estrategias sostenibles. Con este análisis detallado se consigue reducir el consumo energético. Existen plugin de análisis energéticos dentro del software BIM, uno de ellos en Revit se llama Sefaira, para realizar un análisis en tiempo real del proyecto, muy útil para análisis en evoluciones tempranas y, aunque no es un análisis detallado del modelo, puede ser de gran ayuda.

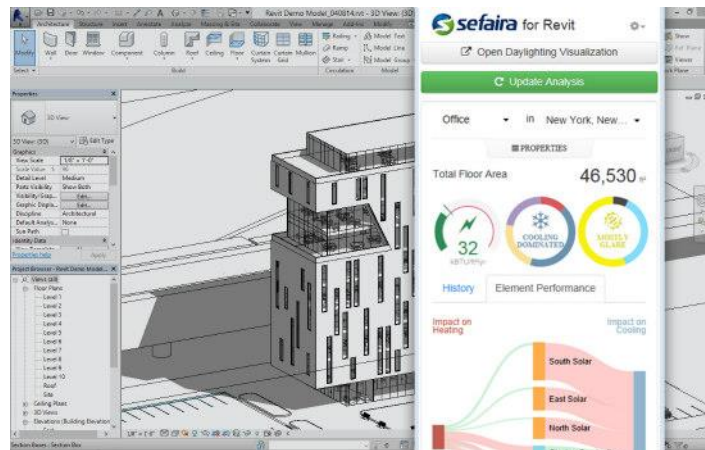


Figura 9. Simulación energética con el plugin Sefaira (Fuente: Sefaira Inc., 2018).

- **BIM-7D:** hace referencia a la gestión y al mantenimiento del proyecto a lo largo del ciclo de vida del edificio una vez ya ejecutado. Se podría decir que es como el manual que se debe seguir durante la vida del proyecto, tanto para inspecciones como para reparaciones. También incluye toda la información del edificio y de las instalaciones para garantizar su correcto funcionamiento. En esta última dimensión surge un nuevo agente llamado Facility Management, descrito anteriormente.

3.1.4. FASES PROYECTO BIM

El proyecto BIM abarca todas las fases del ciclo de vida, donde se pueden diferenciar 3 fases claras. La primera fase es de diseño donde se definen las bases, la segunda fase pertenece a la realización del proyecto físico y, por último, la fase de mantenimiento (González Pérez, 2015).

- La primera fase corresponde a la puesta en marcha del proyecto diseñado desde los primeros bocetos, el proyecto básico y el proyecto de ejecución. Es habitual que la administración entregue documentos en formato CAD, aunque lo ideal es en BIM. En esta fase del proyecto se van a generar al menos dos modelos: Proyecto de Ejecución Base (PEB) y Proyecto de Ejecución Definitivo (PED).

En la primera fase es necesario que el modelo incluya la geometría, las características físicas y los datos de los elementos constructivos. De esta

forma se pasa al proyecto de ejecución definitivo donde los elementos constructivos y las instalaciones están integrados de manera automática y se pueden generar mediciones, valoraciones y certificaciones.

Cada especialidad en estructura, arquitectura o instalaciones se trabaja en modelos independientes, pero siempre se pueden integrar en un modelo único que muestre todo el proyecto y se pueda verificar que no hay errores.

- La fase de ejecución es la segunda etapa y corresponde a la puesta en marcha del proyecto diseñado. Se tienen en cuenta tanto las condiciones exteriores como las modificaciones del cliente, por eso esta fase se debe dedicar a actualizar el modelo del proyecto, esto se conoce como *as built*, actualización conforme a lo ejecutado en obra.
- A la fase de mantenimiento en muchas ocasiones no se le da la importancia necesaria, excepto en instalaciones, pero en la tecnología BIM es muy importante ya que el cliente tiene acceso a la información de todos los elementos tales como los manuales, la empresa fabricante, el modelo instalado y, además, un modelo tridimensional del mismo y de su colocación, que hace que el proceso sea intuitivo. Muchas compañías han desarrollado un software de mantenimiento BIM como Autodesk PLm360 que se centra para que al cliente sin nociones técnicas le sea más fácil de entender y con su Smartphone pueda saber el registro de averías, la empresa instaladora y todo tipo de detalles e información de mantenimiento.

Por ejemplo, el cliente quiere hacer la reforma de un inodoro y tiene que saber por dónde pasa cada tubería para destruir los mínimos elementos, este sistema tridimensional proporcionará por dónde pasa cada tubería, características del modelo y medidas de los elementos destruidos para poder sustituirlo por ese mismo modelo u otro similar.

3.1.5. APLICACIONES BIM

Las aplicaciones pueden ser muy diversas, se describirán de forma esquemática a continuación (Hijano, 2013):

- **Diseño general:** normalmente dado por arquitectos donde representan qué es lo que quieren. Este diseño general está asistido por ingenieros explicando la viabilidad o no de la estructura. Con este primer paso, tenemos el primer conjunto de archivos en 3D.
- **Diseño en detalle:** es llevado a cabo por ingenieros, donde se diseñan todos los elementos, se realizan sketches y se entregan a los técnicos CAD para su reproducción en 3D dentro del archivo grande. En este proceso suele haber cambios del diseño general por razones estructurales o económicas.
- **Agrupación de archivos en 3D:** técnicos de CAD (o BIM) agrupan todos los archivos producidos por los distintos equipos en uno solo para su chequeo en busca de puntos de conflicto.
- **Búsqueda de puntos de conflicto:** este proceso es básico y primordial en la etapa de diseño. Una vez esos archivos han sido agrupados suele haber reuniones de coordinación donde se estudia el detalle y se comprueba que no hay ningún punto donde existan fallos en diseño y/o espacio, evitando así problemas a la hora de la construcción. BIM admite la anotación de esos puntos en tiempo real, lo que permite crear secciones de los puntos de conflicto, enviar esas secciones a ingenieros o arquitectos a cargo de esas zonas y crear una comunicación interna rápida y sencilla por medio de archivos en 3D.
- **Actualización del archivo:** una vez esos conflictos han sido resueltos, se actualiza el archivo estando listo para la entrega al cliente para su análisis y evaluación. Así mismo, este es el punto donde se hace entrega a contratistas y subcontratistas del archivo para coordinar con sus modelos y posibilidades.
- *Coordinación con contratistas y subcontratistas:* las subcontratistas suelen construir sus modelos 3D, y una vez pasado el punto anterior, se revisan ambos para que no existan diferencias o colisiones con los servicios que se instalarán. Las subcontratistas tienen su forma de trabajar a la hora de la construcción y suele haber puntos donde haya que realizar cambio en post de un proceso constructivo más eficaz y seguro.
- **Actualización del archivo:** este archivo se actualiza tras los cambios en coordinación con las subcontratistas y está listo para ser entregado al cliente.

- **Entrega de planos y modelos para la construcción:** tras este punto, el diseño está cerrado y se producen todos los planos y modelos listos para la construcción.

3.1.6. MODELO DE MADUREZ

El camino para llegar a un flujo de trabajo colaborativo es complicado, así para determinar el grado de colaboración se definen cuatro niveles de 0 al 3. Estos niveles indican la capacidad de la cadena constructiva para operar e intercambiar información. La definición de estos niveles ha sido discutida por varios autores.

El modelo desarrollado por Mervyb Richards y Mark Bew es el modelo más utilizado en la industria y está integrada en Reino Unido (Ortega, 2016).

- **Nivel 0:** la característica principal para este nivel es que no existe colaboración y el trabajo se basa en la utilización de planos en 2D. La información es distribuida en documentos en papel o electrónicos.
- **Nivel 1:** este nivel utiliza un diseño conceptual en 3D y en 2D para la documentación del proyecto, aparece el termino CDE “Common Data Environment” (entorno de compartición de datos). No existe trabajo colaborativo entre disciplinas.
- **Nivel 2:** la novedad en este nivel es que el modelado 3D sube un escalón en su evolución, aparece el trabajo colaborativo y cada una de las partes que forman el proyecto tienen su modelo en 3D, de este modo se pueden intercambiar información en un formato común.
- **Nivel 3:** en este nivel el trabajo de todas las partes está integrado como único modelo alojado en el CDE, al trabajar en un mismo modelo eliminan la aparición de conflictos, además, la información del modelo es en tiempo real. Todo este conjunto se denomina Open BIM.

En la figura 10 se pueden ver los diferentes modelos de madurez, se observa que a partir del nivel 3 se necesita un modelo BIM.

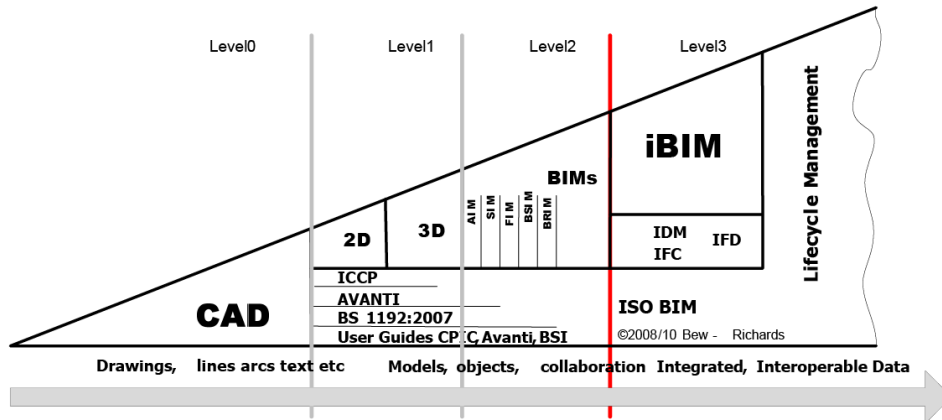


Figura 10. Modelo de madurez BIM (Fuente: Muñoz Gómez, 2015).

Es difícil alcanzar un nivel 3, pero en la actualidad y en otros países como en Reino Unido ya se ha fijado un nivel 2 en la obra pública para conseguir el objetivo de un nivel 3 BIM.

Alcanzar este nivel implica un seguimiento del proceso estandarizado en el que son necesarios tres elementos: protocolo BIM, plan de ejecución BIM-BEP y CDE.

- Protocolo BIM es un acuerdo legal que permite que un proyecto BIM se desarrolle sin problemas. Este documento establece los papeles de cada integrante y las normas a seguir por ellos, también exige a los proveedores dar datos BIM de los productos.
- Plan de ejecución (BIM Execution Plan) BIM-BEP es un documento compartido y admitido por todas las partes del proyecto BIM, es la base de información común para todos en el cual se trabajará de manera conjunta, incluye los agentes y su papel, la realización de la entrega y el tiempo de entrega de cada uno de ellos.
- Common Data Environment (CDE) es el lugar donde se almacena la información del proyecto BIM que suele ser en una nube, en el caso de Autodesk Revit la nube se llama BIM 360 Team. En esta nube todos los participantes tienen acceso a ella para ver, anotar, trabajar y comunicarse en cualquier lugar. El CDE tiene una multitud de ventajas como conectar los equipos de diseño, acelerar la toma de decisiones,

revisar en tiempo real, supervisar el proceso de diseño y todo esto en cualquier lugar.

3.1.7. NIVELES DE DETALLE Y DESARROLLO

En este apartado se explican los niveles de desarrollo (*Levels Of Development*) y los niveles de detalle (*Level Of Detail*). Las siglas LOD corresponden a nivel de desarrollo en inglés (*Levels Of Development*), no confundir con nivel de detalle (*Levels Of Detail*) que tiene las mismas siglas. LOD es un término determinado por el Instituto Americano de Arquitectura (AIA) durante el BIMForum de 2011. Las diferencias entre estos dos términos sería que el nivel de detalle representa la cantidad de información que se obtiene y el nivel de desarrollo, la calidad de la información.

En BIMForum se determinó la definición de LOD para su documento G202-2013 *Building Information Modeling Protocol Form*. Para el desarrollo de dicha especificación se formó un grupo de trabajo constituido por expertos en el campo del diseño y de la construcción. El grupo de trabajo interpretó las definiciones básicas LOD para cada sistema de edificación y, posteriormente, ejemplos para ilustrar las interpretaciones. Las definiciones fueron desarrolladas para elementos geométricos del modelo, con tres principales usos en mente: mediciones, coordinación, control y planificación en 3D. (Ortega, 2016)

LOD podría definirse como una escala que informa hasta qué punto se ha desarrollado un elemento del modelo en cuanto a su geometría y la información relacionada con él. También se podría decir que es una medida de la cantidad de información y la calidad de esta. LOD no debe confundirse con el nivel de detalle que se refiere a la cantidad de detalle incluida en el elemento del modelo. Podría considerarse que el nivel de detalle es un *input* del elemento y LOD es *output* del elemento.

A continuación, se muestran los distintos niveles de LOD, que se pueden observar en la figura 11:

- **LOD 100 (conceptual):** en este nivel no hay datos de geometría ni dimensión, los costes se consiguen en otra fuente externa y es de forma aproximada.
- **LOD 200 (geometría):** en este nivel el elemento tiene dimensiones, cantidad, ubicación y orientación aproximadas. El elemento tiene información asociada a él de manera aproximada.
- **LOD 300 (construcción):** en este nivel aparece una representación específica del objeto donde se pueden tomar medidas, cantidades, tamaño, forma, ubicación y orientación. Para las medidas no hace falta información exterior complementaria. Los objetos pueden ubicarse correctamente y está claramente definido y, además, se tiene información asociada que sirve para su identificación.
- **LOD 350 (coordinación y colisiones):** se cumple con LOD 300 pero además tiene modeladas todas las conexiones que tiene con otros sistemas, este nivel permite el análisis de colisiones y conflictos en el espacio.
- **LOD 400 (fabricación):** en este nivel se puede definir el objeto para producir dibujos y planos de taller, y fabricar o instalar el elemento en su totalidad.
- **LOD 500 (as built):** en este nivel el elemento se encuentra construido, se midió en campo y refleja cualquier cambio respecto a lo indicado por el modelo anterior, el modelo refleja de manera precisa lo construido en la realidad.

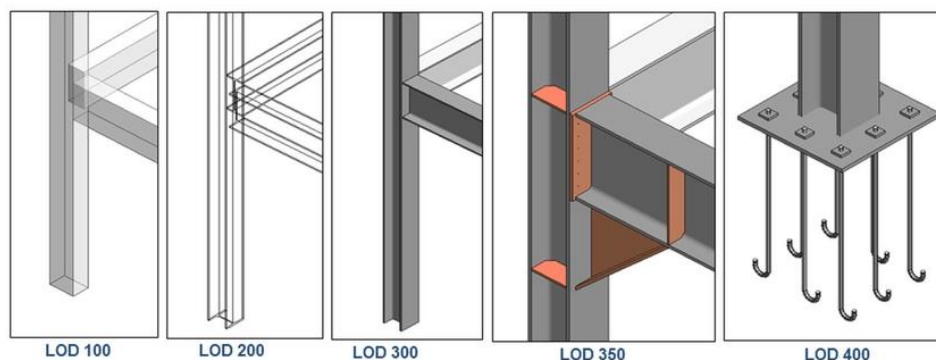


Figura 11. Nivel de desarrollo de un pilar de acero (Fuente: Coordina Bim Consulting, 2018).

Para los modelos que tienen elementos detallados se usa un LOD 300 o 350, son útiles para construcción y presupuestos, normalmente la estructura y los elementos arquitectónicos usan LOD 300 y los detalles arquitectónicos, LOD 350. Algunos sistemas como la red de tuberías necesitan LOD 400 por las transiciones de tubos para que exista precisión y claridad para su fabricación e instalación.

Este proyecto se ha llevado a cabo mediante un nivel de desarrollo LOD 300 ya que es suficiente para la información que se obtuvo del edificio.

3.1.8. VENTAJAS E INCONVENIENTES BIM

Una vez descrita la metodología BIM se pueden numerar las ventajas y limitaciones que presenta el modelo explicado.

A continuación, se describen las principales ventajas:

- La mejor comunicación y compenetración de todos los agentes del proyecto, evitando partes incoherentes o contradicciones, además de un trabajo colaborativo. Toda esta información está disponible en una única base de información y evita tener copias o tener información desactualizada.
- La detección de problemas y solución de estos dentro del modelo digital y encontrarlos antes de ejecutar el proyecto, evitando el retraso y la consecuente pérdida de tiempo. La documentación está disponible al instante, actualizada y con mucha calidad. Todas estas ventajas producen un ahorro de tiempo y de dinero.
- Tener un modelo paramétrico es una ventaja muy competitiva ya que al realizar un cambio se modifica en todas sus vistas, añadiendo claridad y eficacia. El modelo, al ser tridimensional, es más intuitivo y, por tanto, más fácil de entender sin confusión, una ventaja a la hora de realizar la ejecución de la obra.

Por otro lado, la desventaja del BIM es mayoritariamente el obstáculo de cambiar la metodología tradicional CAD a BIM, es un esfuerzo importante en inversión por el coste del software y de la formación de los empleados, además del soporte tecnológico para el software.

Al ser una metodología joven todavía le falta un órgano competente e internacional que determine unas pautas para la mejor coordinación y eficiencia en el trabajo. Hay fóruns o autores que proponen un reglamento, pero se necesita el acuerdo de toda la comunidad técnica que defina y determine los requisitos de BIM.

La incompatibilidad entre software es una desventaja importante porque entre cada desarrollador, al no tener una legislación o reglamento establecido, hay problemas de compatibilidad. En general, todas las desventajas requieren mucho tiempo y dinero para solucionarse, pero en muchos países se ha invertido y se han superado estas barreras.

3.1.9. ESTRATEGIA DE IMPLANTACIÓN EN ESPAÑA

La metodología BIM cada vez está teniendo más importancia en las empresas e instituciones públicas, por eso el gobierno de España tiene una hoja de ruta para implementar esta metodología en los proyectos futuros.

Esta metodología no es obligatoria en Europa, pero el parlamento europeo emitió una directiva 2014/24/UE en la cual se manifiesta a los 28 países de la Unión Europea implementar la metodología BIM en todos aquellos proyectos constructivos de financiación pública (Esarte Esevenri, 2017).

En España, después de esta directiva, el Ministerio de Fomento creó la comisión BIM, la cual establece una hoja de ruta para implementar el uso obligatorio de BIM para toda licitación pública en dos fases, siendo la primera en 2018 para el caso de licitaciones públicas de edificación, ampliándose hasta mediados del año 2019 para licitaciones públicas de infraestructuras (Ministerio de Fomento, s.f.).

Esta comisión tiene su propia página web y es un grupo abierto a todos los agentes implicados cuya misión principal es la implantación BIM en España. Las misiones de este comité son:

- Establecer de la estrategia para alcanzar un determinado nivel de madurez, que se irá incrementando de forma progresiva, evitando grandes cambios que puedan ser un trauma para el sector.
- Promover el uso de BIM en el ámbito profesional y docente.

- Posicionar a España como referente a nivel mundial en el uso de BIM.
- Representar a España en los distintos foros internacionales.
- Promocionar la innovación en el sector de las infraestructuras.
- Analizar las mejores prácticas llevadas a cabo por las iniciativas internacionales más exitosas.
- Establecer la hoja de ruta y el calendario de implantación.

Presentan un comité técnico que es el órgano encargado de coordinar entre sí las labores de los grupos de trabajo y de gestionar su relación con la comisión. El comité se encargará de garantizar la transversalidad entre los diferentes grupos ya que las tareas y cometidos de todos ellos están muy interrelacionados entre sí. Así mismo realizará un seguimiento de la actividad de los grupos para reportar a la comisión.

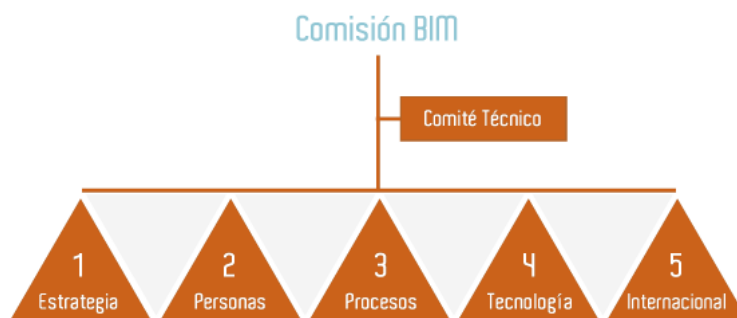


Figura 12. Comisión BIM (Fuente: Ministerio de Fomento).

Este comité cuenta con 5 grupos de trabajo, como se aprecia en la Figura 12 y cada uno tiene un objetivo diferente como sería estrategia, personas, procesos, tecnología e internacional. Estos grupos de trabajo pueden ampliarse si lo requiere la circunstancia o si es un grupo independiente de las temáticas, además puede incorporarse cualquier persona que pueda aportar a las temáticas definidas en cada uno de ellos, siempre con la aceptación del comité.

En la figura 13 se observan los organismos e instituciones públicos y privados colaboradoras que están liderados por el Ministerio de Fomento.

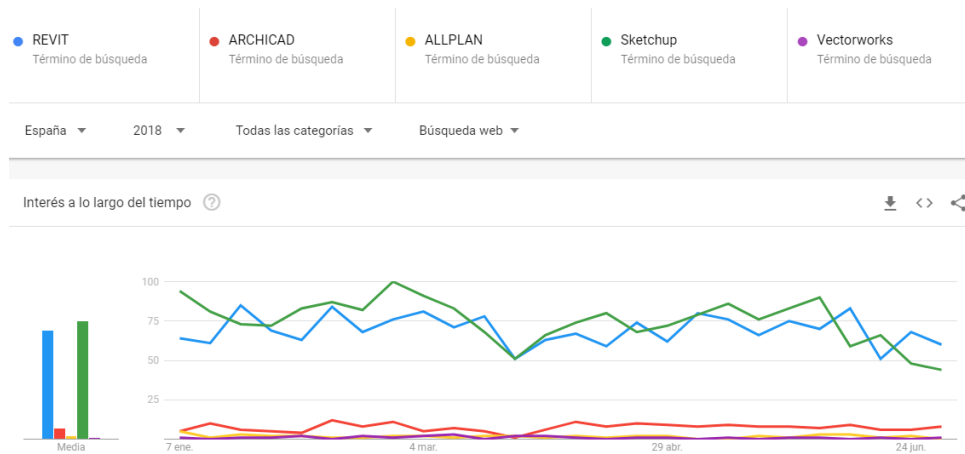


Figura 14. Criterio de búsqueda en España (Fuente: Google Trends, 2018).

A continuación, se describirán algunos de los programas más destacados en el modelado BIM:

- **Autodesk Revit:** desarrollado por la empresa Autodesk, una compañía de prestigio, el programa es muy joven pero muy extendido y demandado por las empresas y usuarios actualmente.
- **Sketchup:** programa de diseño gráfico y modelado en tres dimensiones basado en caras, muy popular y con muchas utilidades. Desarrollado por Trimble Navigation.
- **ArchiCAD:** fue el primer software BIM hace 30 años y es desarrollado por la empresa Graphisoft, muy empleado para la visualización de sistema de tuberías.
- **Bentley Architecture:** es una aplicación de alto nivel, fácil de usar e intuitiva, orientada a dar solución a proyectos BIM. La plataforma de computo ofrece a los diseñadores libertad de diseño y está desarrollado por la empresa Bentley Systems.
- **Edificius:** programa relativamente joven y libre, desarrollado por la empresa italiana ACCA Software, sus novedades son el renderizado en tiempo real
- **AllPlan:** programa muy extendido en Alemania con muy buenas conexiones con otros programas de cálculo, además cuenta con

asistencia técnica. Está desarrollado por la empresa AllPlan del grupo Nemetschek.

- **Vectorworks:** programa disponible para Mac y Windows, extendido en EE. UU. y en continua evolución. Está desarrollado por la empresa Nemetschek.

El software que se eligió para este trabajo fin de grado es **Autodesk Revit en la versión de 2018**. Autodesk ofrece una licencia de estudiante gratuita que permitió obtener el programa durante 3 años. Sin embargo, la licencia para las empresas es ligeramente más cara con respecto a sus competidores, pero sus suscripciones son flexibles para empresas de cualquier tamaño.



Figura 15. Iniciación de Revit 2018.

De todos los programas descritos anteriormente, Revit tiene un gran soporte técnico y un prestigio internacional, además de las facilidades para el aprendizaje y extensión de su software. A continuación, se describirán las características del programa y la interfaz o la ventana de trabajo.

En la siguiente figura 16, se puede ver que la interfaz de Revit es muy intuitiva y ordenada. A continuación, se describirá la ventana de trabajo y los distintos elementos que componen el programa.

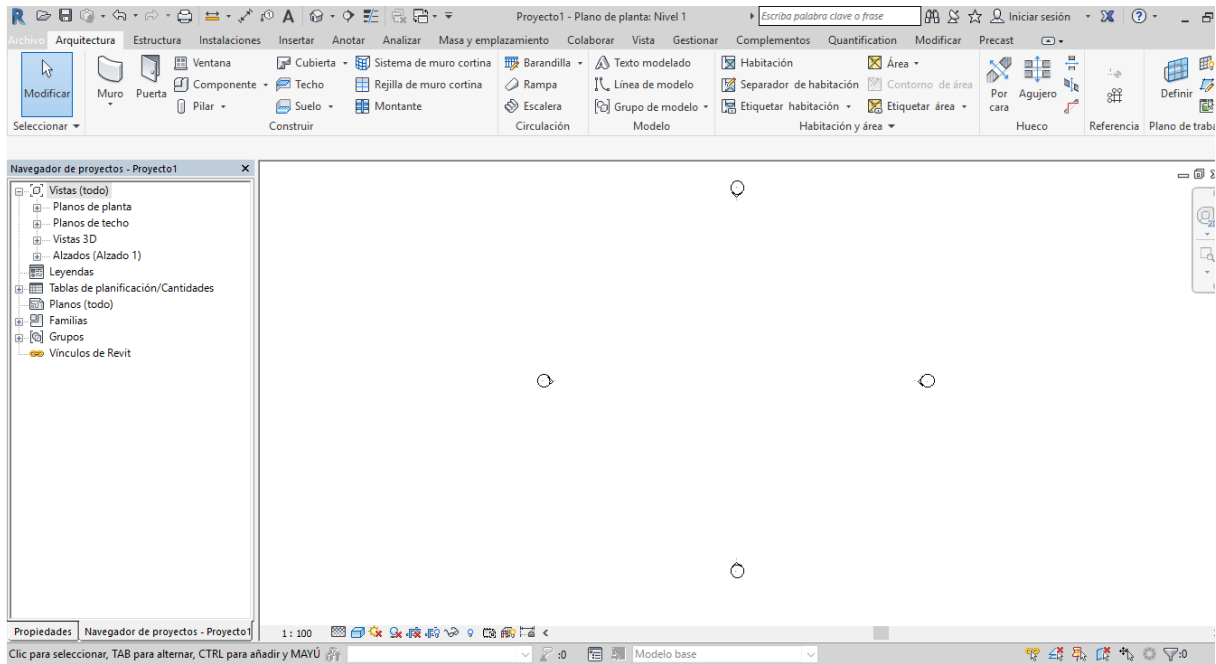


Figura 16. Interfaz o ventana de trabajo Revit 2018.

En el menú principal hay un desplegable que se encuentra en la esquina superior izquierda, debajo del símbolo “R” en el grupo “archivo”, ese desplegable es donde se puede guardar el proyecto, abrir un nuevo proyecto o modificar las opciones generales.

En la parte superior a la derecha del símbolo “R” se encuentra la barra de herramientas, es un acceso rápido, esta barra puede modificarse al gusto del usuario según las utilidades de este. En la barra se puede encontrar las vistas 3D, abrir nuevos proyectos o la regla para medir.

En la esquina superior derecha se encuentra Autodesk 360, en donde se puede subir archivos a la nube, con un previo registro, se puede controlar, editar y trabajar desde la nube y compartir con otros usuarios. Una de las novedades es que a través de una aplicación podemos ver los documentos desde el smartphone, Tablet y otros dispositivos. Al lado está la herramienta de ayuda e información de Autodesk.

Debajo de las herramientas anteriores se encuentra las cintas de fichas/grupos que se compone de arquitectura, estructura, masa, emplazamiento ...etc. Esta barra se ajusta al tamaño de pantalla y se puede personalizar.

A la izquierda de la figura se puede ver el navegador de proyecto y de propiedades, una de las ventanas de más importancia por la información que contiene. En el navegador de proyectos se observan todas las vistas del proyecto: planos creados, familias y tablas de planificación creadas. En la ventana de propiedades se observan todas las propiedades de las familias/vistas y de los niveles, no es solo informativa, sino que se puede editar.

En el centro se encuentra el visor donde se puede controlar el progreso del trabajo, debajo de este se encuentran unas de las herramientas más importantes de Revit que en cada vista tendrán una configuración particular. Por ejemplo, el símbolo de unas gafas es la herramienta de aislar los elementos o categorías y poder verlos separados de los demás para editarlos más fácilmente, esta herramienta es muy útil para dibujar el patrón de los muros de cortina.

Al lado también están las herramientas de mostrar las restricciones, la escala, el nivel de detalle de los elementos y el estilo visual, además del zoom y rotación para moverse por el proyecto, aunque muchas veces se reemplaza por el ratón que es más cómodo.

Abajo se encuentra la barra de estado que también es de gran importancia ya que, al hacer alguna acción, describe los pasos siguientes o los requerimientos para utilizar esa herramienta seleccionada.

El software Autodesk Revit es el más usado en comparación con otros programas BIM que existen en el mercado porque obtiene los mejores resultados en cuanto a diseño, rapidez y trabajabilidad. Las principales propiedades en las que destaca el software las enumeraremos a continuación: (Romagnoli, 2016)

- **Flujos de trabajo:** Revit posee un flujo de trabajo potente y bien diseñado, esto implica que es compatible con numerosos programas destacados en el mercado, esto beneficia a todos los agentes implicados en el proyecto ya que pueden reutilizar información de manera eficiente. Esta información hace que Revit dé el máximo de rendimiento y se descarten errores de importación.
- **Ciclo del proyecto:** la herramienta permite trabajar con el proyecto desde las etapas más tempranas y tomar decisiones más importantes

de diseño cuando es más simple y económico hacerlo. Luego nos permite crear la documentación de construcción desde sus planos, fachadas y cortes, hasta cómputos métricos o detalles constructivos, para finalmente imprimir los planos de obra.

- **Asociatividad bidireccional:** una diferencia del resto del software BIM, Revit ofrece una asociación bidireccional entre su modelo y sus agentes. Puede cambiar el diseño directamente desde cualquier elemento que, al realizar un cálculo con respecto a los requisitos, puede cambiar los parámetros y este se actualizará instantáneamente en el modelo 3D. Esta asociación bidireccional facilita y simplifica al extremo la modificación de los proyectos al cambio que hace un cambio al modelo.
- **Materiales físicos:** Revit ofrece una amplia biblioteca de materiales con sus respectivas propiedades físicas (térmicas, acústicas y mecánicas), no solo se utiliza para crear ya que se utilizará además esa información para análisis energéticos, estructurales, etc. También se puede conocer muchos detalles del interior del edificio como por ejemplo las temperaturas.
- **Entorno intuitivo:** es muy intuitiva y fácil de manejar. La plataforma BIM es la más aceptada entre los usuarios de este tema, ya que además de ser clara su lectura, también es muy lógica en distribución de su pantalla. También se puede personalizar la interfaz de usuario, cambiando la disposición de las herramientas en pantalla. Autodesk invierte mucho dinero y esfuerzo en agregar nuevos recursos a sus aplicaciones para mejorar la experiencia con el usuario y mejorar la productividad.
- **Tablas de cómputos y presupuestos:** con la información dada de los elementos podemos obtener los volúmenes y presupuestos de todos los elementos del modelo, muy cercanos a la realidad de la obra, además si hay algún cambio se actualizarán automáticamente.
- **Renderizado:** Revit incorpora Cray como motor de Render para el renderizado. Esta incorporación se utiliza para dar realismo a las imágenes y figuras representadas.

- **Conectividad:** como se ha mencionado antes, Revit puede conectarse a multitud de programas y, además, hay programas que interactúan con BIM pudiendo crear análisis energéticos, estructurales o gestión de proyectos a partir del modelo BIM como Autodesk Green Building Studio o Navisworks entre otros.

3.2. MODELADO INVERSO

Este proyecto es el modelado BIM en una edificación que ya existe, es decir, se tiene información del proyecto que ya está construido físicamente, a esto se le denomina modelado inverso.

El objetivo fue aplicar las ventajas que proporciona un modelo BIM al edificio ahorrando costes y tiempo. Si en un futuro se desea realizar alguna reforma o ver el resultado de algún cambio en el edificio se puede observar y discutir realizándolo en BIM y se puede obtener un presupuesto en un corto espacio de tiempo, además de saber toda la información de cada instalación del edificio.

Un caso de éxito de BIM en modelado inverso es el hospital Meilahti Tower en Helsinki. Este hospital fue construido en 1965 y presentaba varios problemas como la baja eficiencia energética, cargas de viento y baja calidad del aire acondicionado. La empresa Granlund hizo el modelado del edificio y las simulaciones de eficiencia energética al detalle (LOD 350-400) para solucionar este problema. Con estas simulaciones, se llevó a cabo la mejora de las ventanas y una capa protectora en las paredes del edificio, estas mejoras estaban estudiadas y eran la mejor solución al problema. Así, se redujo un 25% en calefacción y un 5% en electricidad y se mejoró la calidad de aire, además, cuenta con sistemas automatizados de ahorro de energía (Ministerio de Fomento, s.f.).

3.3. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO C5 DE HUMANIDADES Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

En este apartado se detalla la localización del proyecto y se incluye una descripción general para conocer mejor el edificio. En la siguiente figura se observa la fachada del edificio en cuestión.



Figura 17. Edificio C5 del Campus Las Lagunillas.

La edificación se encuentra en el Campus Las Lagunillas de la Universidad de Jaén s/n con código postal 23071 Jaén. La clase de la edificación es urbana y el principal uso de la edificación es para educación o cultural como se denomina en el catastro ya que sus plantas están compuestas por despachos y seminarios de la rama de humanidades y ciencias de la educación.

La distribución de las plantas está constituida por los siguientes departamentos y laboratorios: en la planta baja están los departamentos de pedagogía y patrimonio histórico además de conserjería y sala de juntas, en la primera planta el departamento de psicología y en la segunda planta están los laboratorios de psicología y pedagogía.

El año de la finalización de las obras de construcción fue en 2009, los datos técnicos relativos al proyecto inicial son de una superficie útil de 4.666,17 m² y de superficie construida de 5.431,83 m². (Ministerio de Hacienda y Función Pública, 2018).

Latitud: 37.787678639486515 GMS: Norte 37° 47' 15.643"

Longitud: -3.7749838829040527 GMS: Oeste 3° 46' 29.941"

Referencia catastral: 1528401VG3812N0001JQ

En las figuras 18, 19 y 20 se muestran la situación, parcela catastral y el emplazamiento del edificio respectivamente.



Figura 18. Situación del edificio C5 (Fuente: Google Maps, 2018).

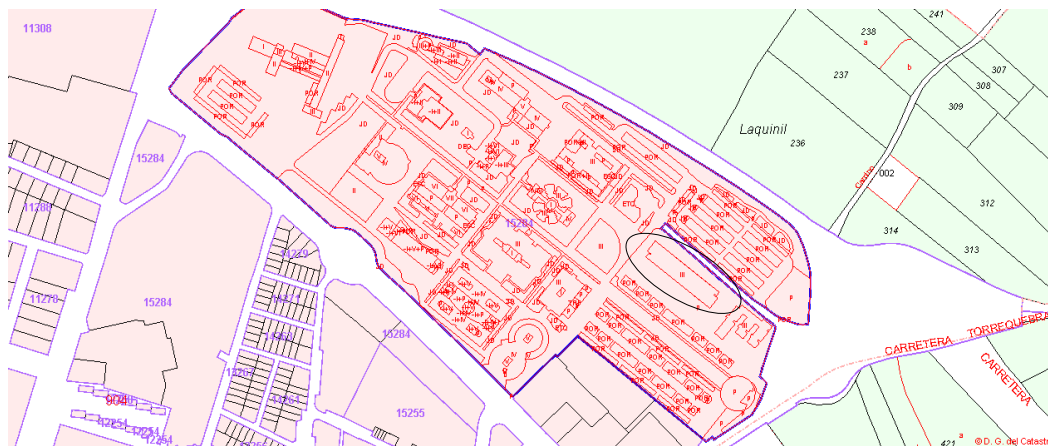


Figura 19. Parcela catastral del Campus Las Lagunillas de Jaén (Fuente: Ministerio de Hacienda y
Fundación Pública, 2018).

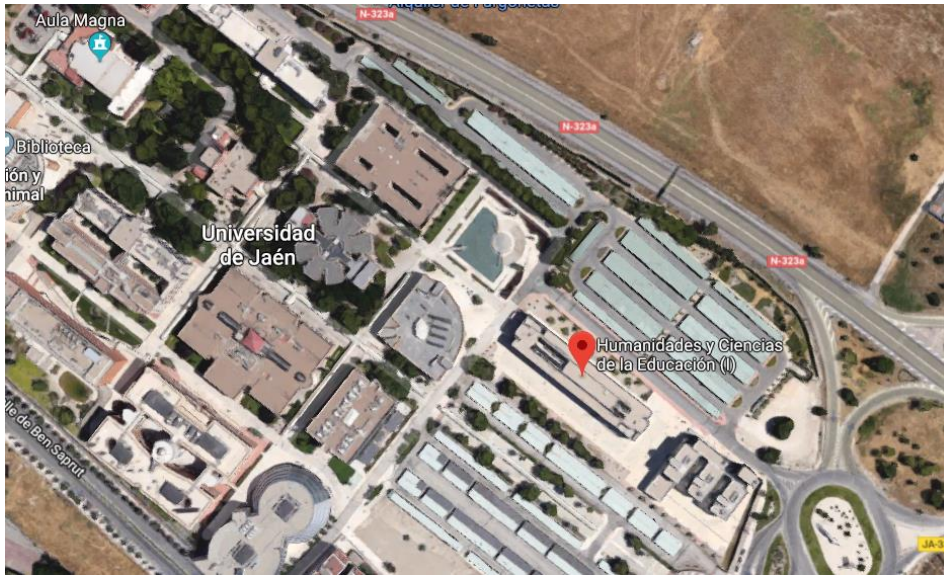


Figura 20. Emplazamiento del edificio C5 dentro del Campus Las Lagunillas (Fuente: Google Maps, 2018).

El edificio tiene unas dimensiones de 96 m de largo y 20.80 metros de ancho, está compuesto de tres plantas y tiene dos entradas principales al edificio a través de unas rampas y escaleras. Las entradas están en el centro del edificio donde hay una pequeña entrada, allí se ubican las escaleras principales y la conserjería. Además de las escaleras principales hay otras 2 escaleras más, una a cada lado del edificio.

En el centro, a ambos lados de la entrada, hay 2 ascensores y 2 salas de exposiciones en la planta baja. Como se ha descrito antes, el edificio está compuesto mayoritariamente por despachos de profesores y laboratorios.

La primera y la segunda planta son muy similares, albergando despachos y salas de seminarios, en cada parte del edificio tiene un patio interior o hueco rectangular donde se pueden ver las salas de exposición de la planta baja descritas anteriormente. Hay dos baños en cada planta y se sitúan al final de la parte derecha e izquierda del edificio.

La principal diferencia de las dos plantas superiores es que en la segunda planta tiene dos patios exteriores. En los apartados posteriores se definirán el nombre de todas las habitaciones y se mostrarán en el modelo y, posteriormente, en los planos.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA

Para la realización de este trabajo fin de grado se siguieron los siguientes pasos para la obtención de los materiales y del modelo.

- Obtención de los planos cedidos por el servicio de obras y servicio de mantenimiento y vigilancia de las instalaciones.
- Fotografías y mediciones de puertas, ventanas y detalles no apreciados por los planos, además de los materiales de los elementos.
- Desarrollo del modelado estructural del edificio.
- Desarrollo del modelado arquitectónico del modelo con un LOD 200 para posteriormente definir un LOD 300 con material y geometría definidos.
- Desarrollo de las instalaciones reflejadas en los planos.
- Obtención de los planos y renderizados a partir del modelo del edificio en BIM.

4.2. SOFTWARE Y HARDWARE

Como ya se describió anteriormente, para el programa Autodesk Revit versión 2018 se necesita un ordenador con prestaciones altas para su mejor funcionamiento. Se eligió este programa con respecto a sus competidores por ser líder entre las empresas y usuarios, además de ser libre para los estudiantes porque tiene una licencia gratuita durante 3 años.

La ventaja de escoger este programa es que Revit es el más extendido por las empresas y por mucha parte los usuarios BIM, está desarrollada por una compañía de prestigio internacional que tiene otros programas CAD pioneros internacionalmente que da un soporte y seguridad al software, y al tener varios programas de la misma marca la conectividad es óptima.

Además, tiene muchas herramientas y plugins que nos ayudan como ApliCAD, BIMobject, CADTOEARTH, VRAY, avance Steel y Dynamo entre otros.

Otra ventaja es la amplia información y recursos que hay en la red sobre Revit como libros, cursos o foros donde se puede encontrar familias y bibliotecas en la web de fabricantes de sus propios productos puede ser de gran ayuda para los usuarios autodidactas. También se utilizó el programa AutoCAD 2018 para la visualización de los planos cedidos.

En este proyecto el hardware que se empleó es un ordenador portátil con Windows 10 Pro a 64 bits, procesador Intel® Core™ i5-3210M a 2.50GHz y 6GB de memoria RAM, además con una tarjeta gráfica dedicada Nvidia Geforce 610M 2GB. Todos estos requisitos son suficientes para hacer el modelo BIM del edificio.

4.3. INFORMACIÓN DE PARTIDA

Como se trata de una edificación ya existente de la que se tenían los planos en CAD que sirvieron para obtener las medidas del edificio y, para algunos detalles que no vienen reflejados, se realizaron una serie de medidas y fotografías.

Los planos fueron facilitados por el Servicio de Obras y el Servicio de Mantenimiento y Vigilancia de las Instalaciones de la Universidad de Jaén, se obtuvieron en formato CAD (DWG) de las plantas, secciones y alzados. En las figuras desde la 21 a la 28 se muestran la cimentación, las plantas, las secciones y alzados del edificio.

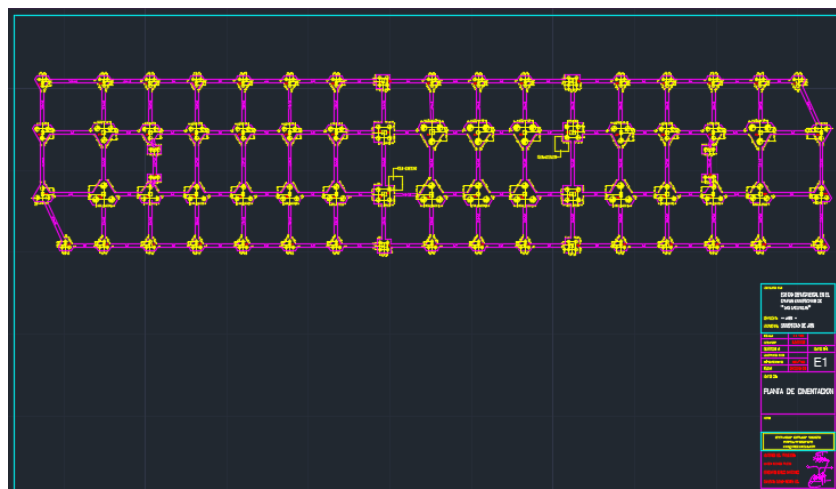


Figura 21. Plano cimentación.

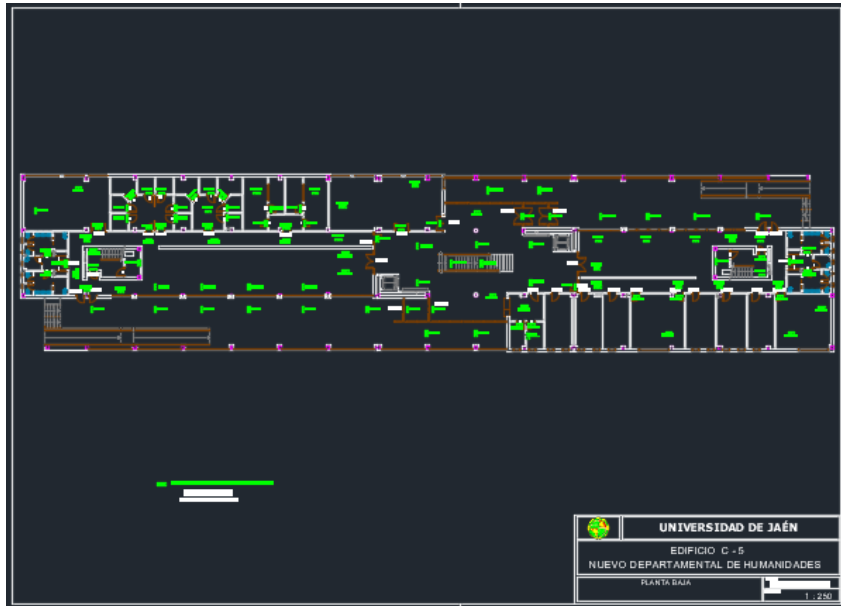


Figura 22. Plano planta baja.



Figura 23. Plano planta primera.

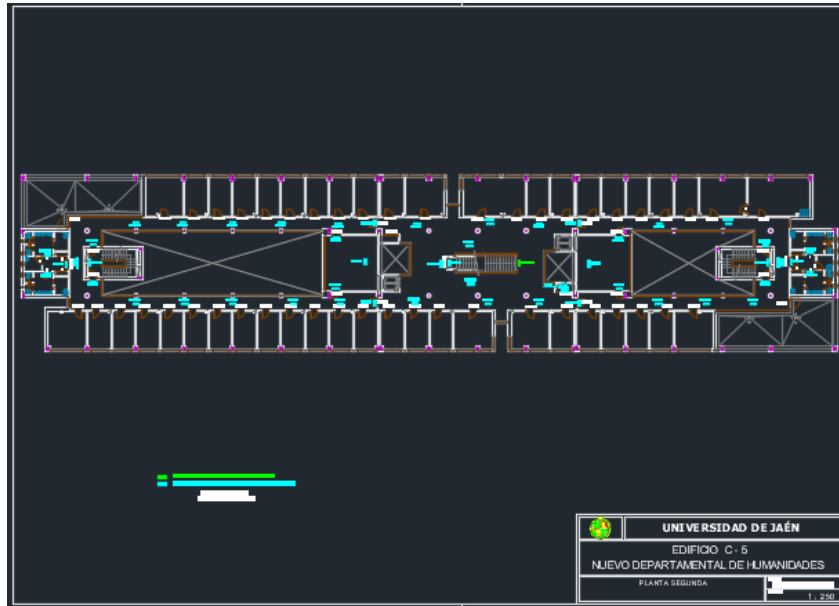


Figura 24. Plano planta segunda.

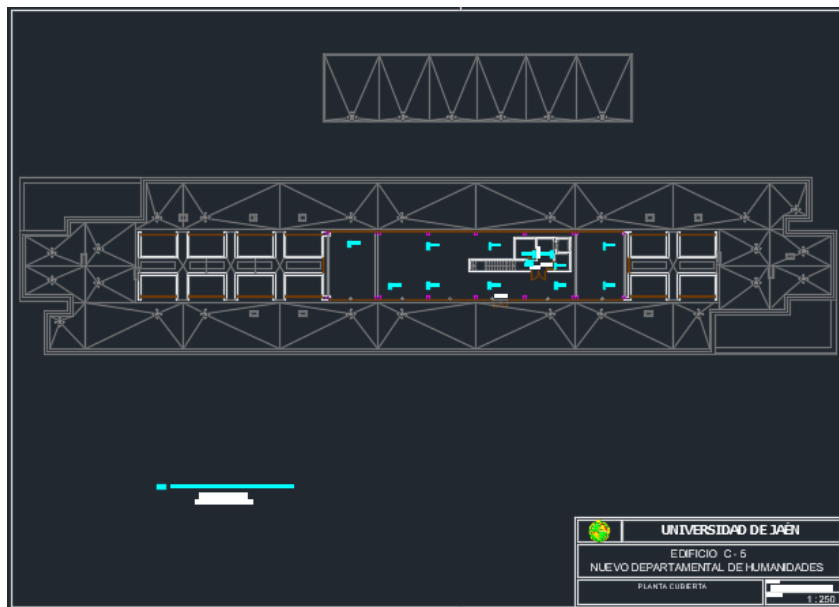


Figura 25. Plano planta cubierta.

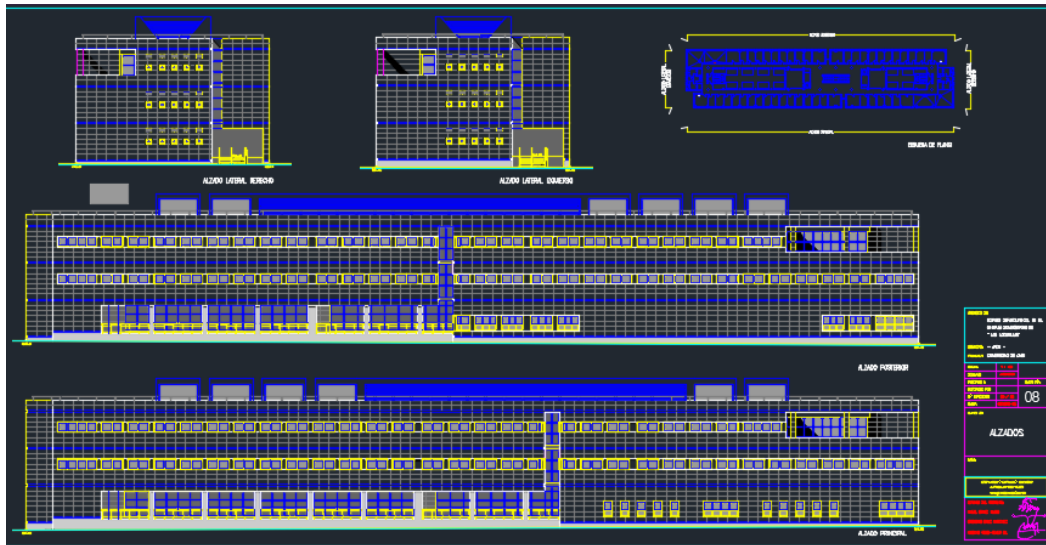


Figura 26. Plano alzados.

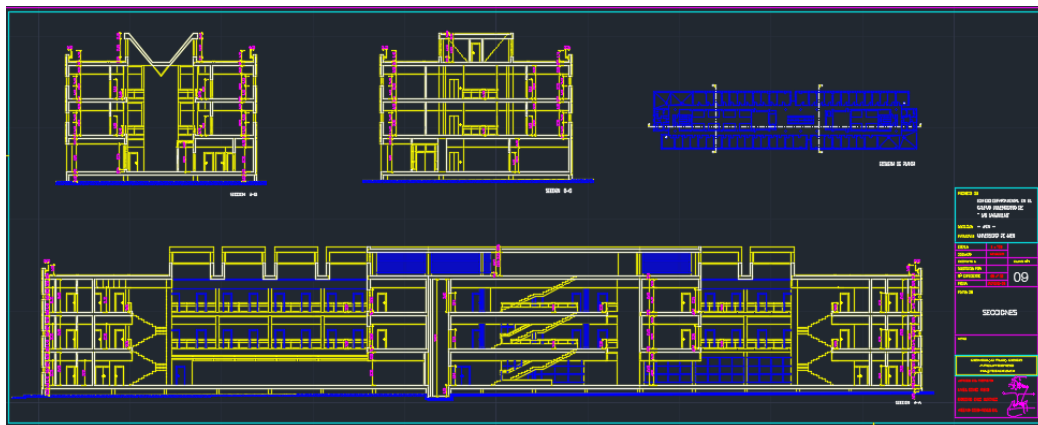


Figura 27. Plano secciones.

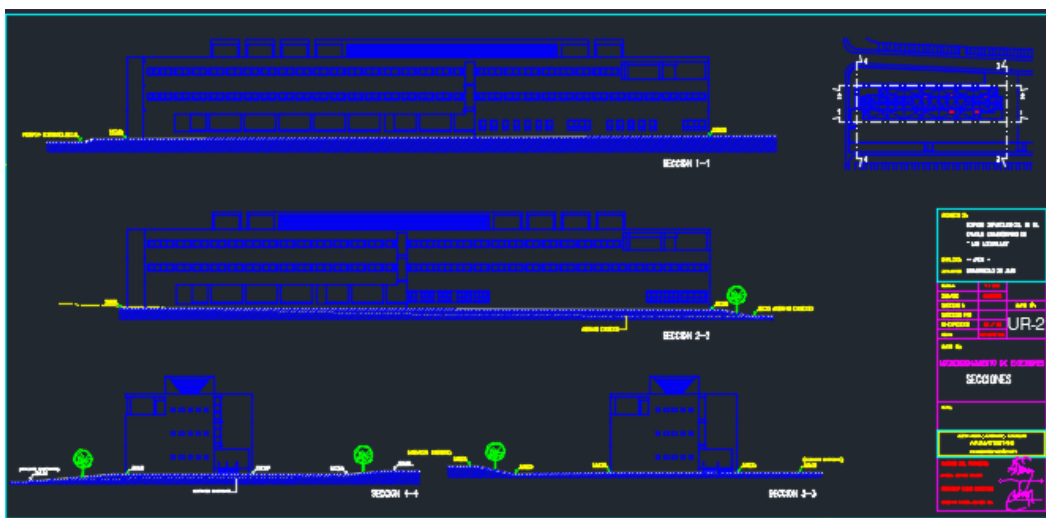


Figura 28. Plano secciones 2.

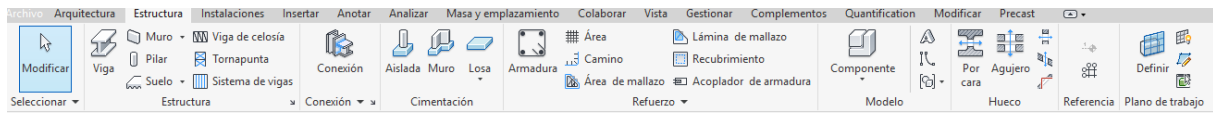


Figura 30. Operaciones sección estructura.

En la parte superior en la sección de estructuras hay dos iconos de nivel y rejilla, como se muestra en la figura 31. El nivel se creó para dar altura a las distintas plantas del edificio y las rejillas son una guía para la colocación de los pilares.

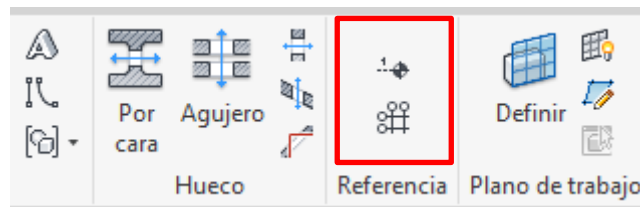


Figura 31. Icono de nivel (superior) y rejilla (inferior).

A continuación, se indicaron las distintas plantas o distintos niveles que se necesitan para la estructura, teniendo en cuenta que también es una referencia para los distintos componentes del modelo como pilares, muros, suelos, etc. Para insertar los distintos niveles desde el navegador de proyectos, se debía situar en una vista lateral y se definieron.

En la siguiente figura 32 se observan los niveles del edificio C5, se definió el nivel de las zapatas a -1.25 m, planta baja a 0 m, planta primera a 3.99 m, la planta segunda a 7.98 m, la planta cubierta a 11.97 m y la cumbre a 15.12 m. Todos los niveles están definidos desde la superficie superior del suelo de las distintas plantas en los planos CAD.

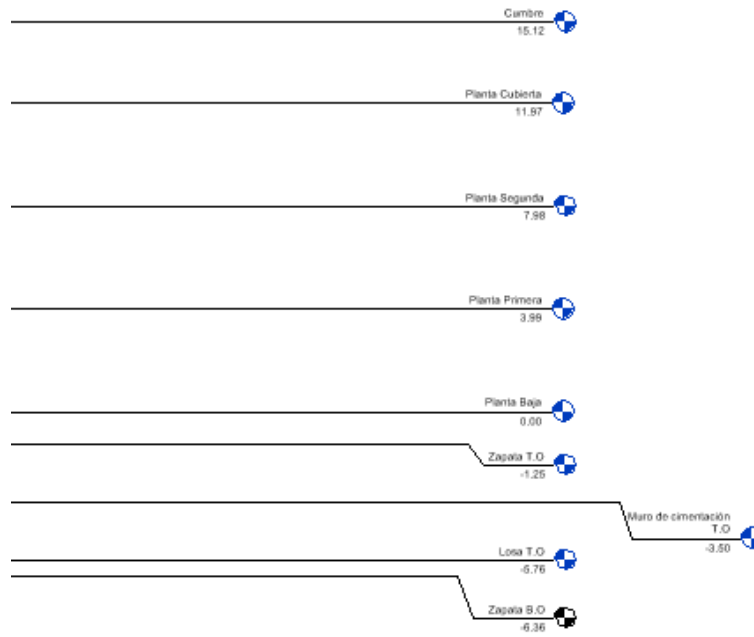


Figura 32. Niveles del proyecto.

A continuación, se insertaron los planos en CAD recopilados de los pilares y de las distintas plantas en sus respectivos niveles, para así tener una referencia y colocar más fácilmente las rejillas. Para insertar hay dos opciones: importar o vincular.

Importar es recomendable para un plano ya definido como es este trabajo, pero si fuera un plano que está todavía en proceso de diseño y va a ser modificado es recomendable vincular porque si se modifica el plano en AutoCAD automáticamente se modificará en Revit (figura 33).

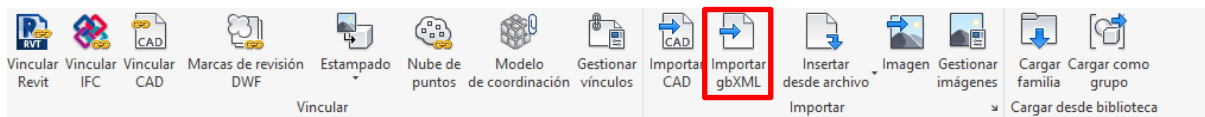


Figura 33. Opciones insertar Revit.

Para importar CAD se introdujeron las opciones del plano, como se muestra en la siguiente figura 34, las unidades en metros, la colocación del plano de referencia y la posición.

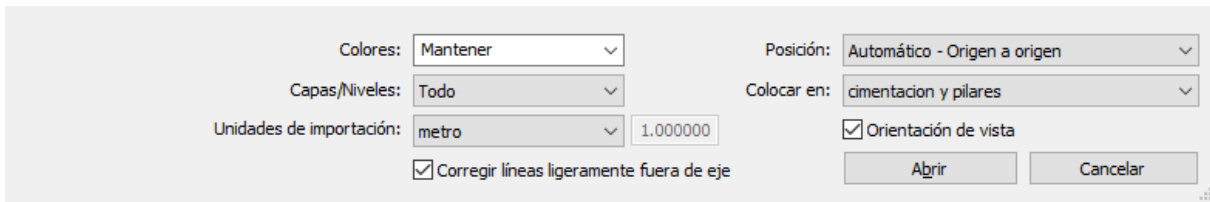


Figura 34. Opciones importar CAD.

En la figura 35 se muestra el plano ya importado. En este plano se puede ver el norte del proyecto que está situado en la parte superior. Este norte no significa que sea el norte real es solo el norte del proyecto actual.

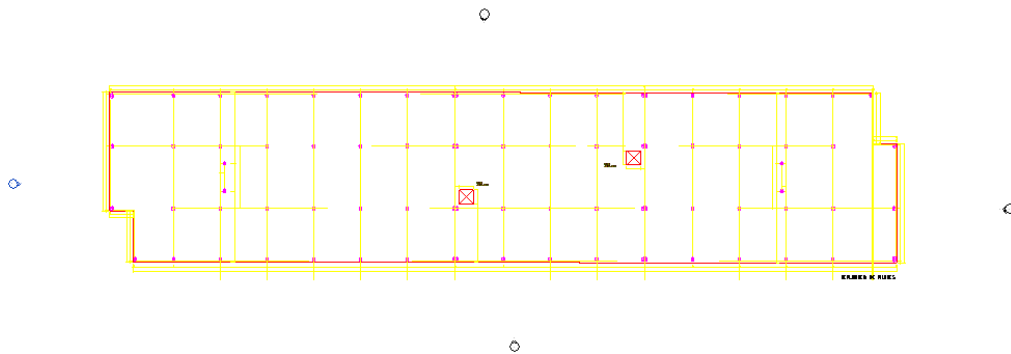


Figura 35. Plano importado en la ventana de trabajo Revit.

5.1. PILARES ESTRUCTURALES

Una vez importado el plano de referencia se insertaron las rejillas que son la guía para colocar los distintos elementos de cimentación.

El edificio tiene 6 tipos de pilares estructurales, Revit por defecto tiene unas familias de pilares ya definidas que, para este caso, se tienen que modificar las medidas y editar las familias. Siempre que se inserte una familia se tiene que cargar en el proyecto antes, para ello se tuvo que seleccionar el grupo insertar y cargar familia como se puede apreciar en la figura 33.

Una vez cargada la familia, en la pestaña estructural se insertaron los pilares estructurales del proyecto, se duplico la familia para cambiar el nombre y las medidas de cada tipo de pilar estructural. Los distintos colores de los pilares no significan que estén contruidos de distinto material, sino que en la vista simple sin

renderizar se le asignan distintos colores de apariencia para diferenciar mejor cada uno de ellos, por tanto, todos los pilares son de hormigón modelado *in situ* como muestra en la siguiente figura 36.

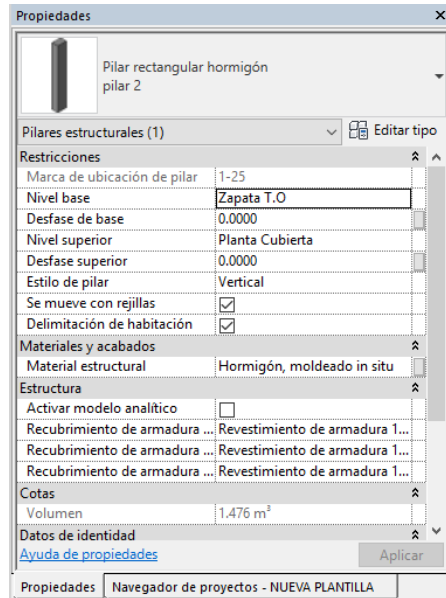


Figura 36. Propiedades del pilar estructural tipo 2.

La altura de cada uno de ellos se define por niveles, desde el nivel de la zapata hasta la planta cubierta o los centrales que van hasta la cumbre. En la figura 37 se pueden observar las rejillas colocadas y los pilares colocados en la intersección de cada una de las rejillas.

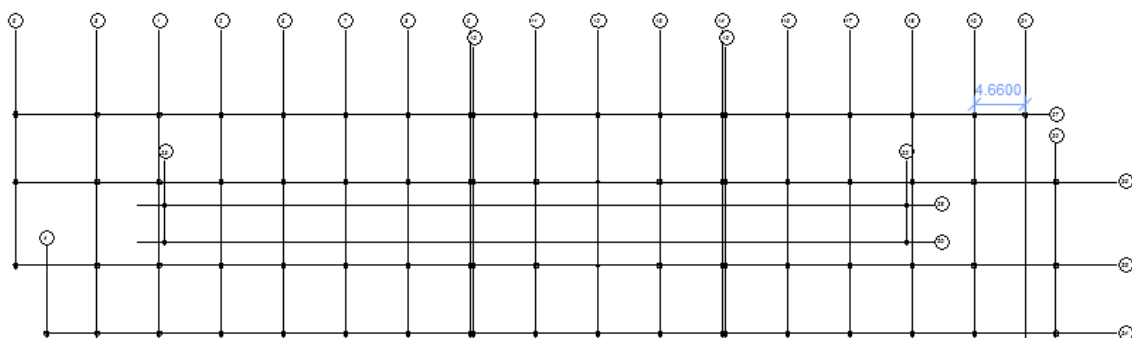


Figura 37. Distribución pilares estructurales y rejillas.

En la siguiente tabla se definen las medidas en metros de los pilares insertados en Revit, así como una vista preliminar de cada uno de ellos.

TIPOS DE PILARES ESTRUCTURALES

TIPOS DE PILARES	Medidas	Vista preliminar
TIPO 1	0.5 x 0.3	
TIPO 2	0.4 x 0.3	
TIPO 3	0.4 x 0.4	
TIPO 4	0.3 x 0.3	
TIPO 5	D=0.4	
TIPO 6	0.45 x 0.3	

Tabla 1. Medidas de los distintos tipos de pilares estructurales.

5.2. ZAPATAS

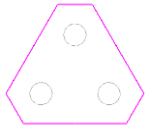

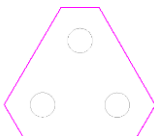

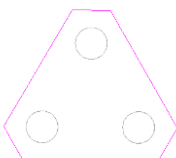

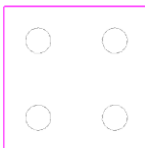

A continuación, se insertaron las zapatas con los pilotes, estos tienen una profundidad de 18 metros. El edificio tiene 8 tipos de zapatas con sus respectivos

pilotes, como consecuencia, se tuvieron que redefinir algunos tipos modificando las familias radicalmente en Revit. Para modificar las familias se alteraron los bocetos, las extrusiones y restricciones de las familias para obtener el tipo de zapata que se desea.

Las medidas de cada tipo de zapata se obtuvieron de los planos CAD recogidos anteriormente. Todas las zapatas tienen un espesor de 90 cm excepto tipo 3 que tiene 115 cm y el tipo 7 que tiene 135 cm de profundidad.

En la siguiente figura se describen los tipos de zapatas además de una vista en planta de cada familia de zapata y su vista preliminar de 3D.

TIPO DE ZAPATA

TIPOS DE ZAPATA	Vista de planta	Vista preliminar
TIPO 1		
TIPO 2		
TIPO 3		
TIPO 4		

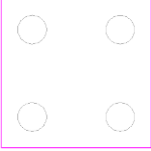

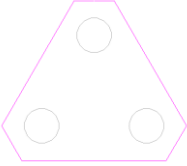

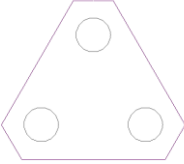

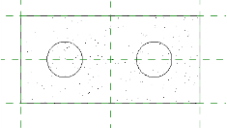

TIPO 5		
TIPO 6		
TIPO 7		
TIPO 8		

Tabla 2. Distintos tipos de zapata y pilotes.

Para las vigas de atado, el edificio cuenta con 3 tipos, dos de ellas cuadradas, con medidas de 40x40 cm, 30x30 cm y una rectangular de 60x40 cm. Siguiendo el plano se insertaron las distintas vigas de atado. En la siguiente figura 38 se observa el plano de cimentación.

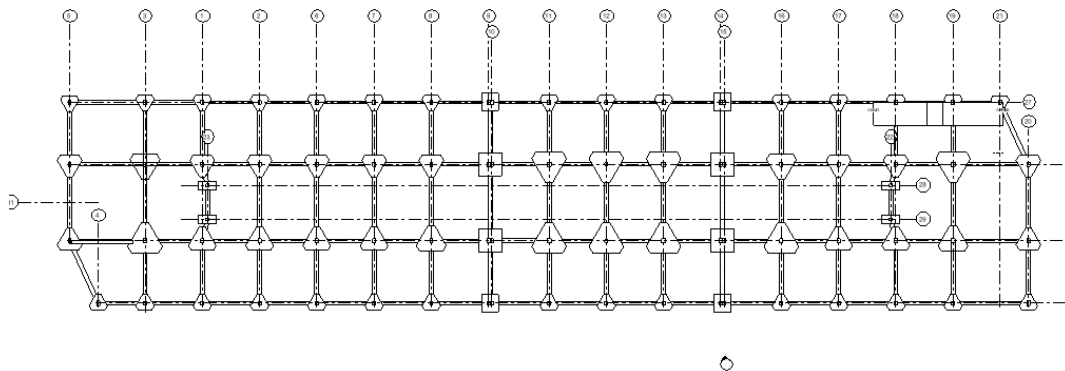


Figura 38. Plano de cimentación.

Una vez terminadas las vigas y las zapatas, se empezó a insertar el suelo estructural. En la figura 39 se puede observar el conjunto en la vista 3D para corregir posibles errores.

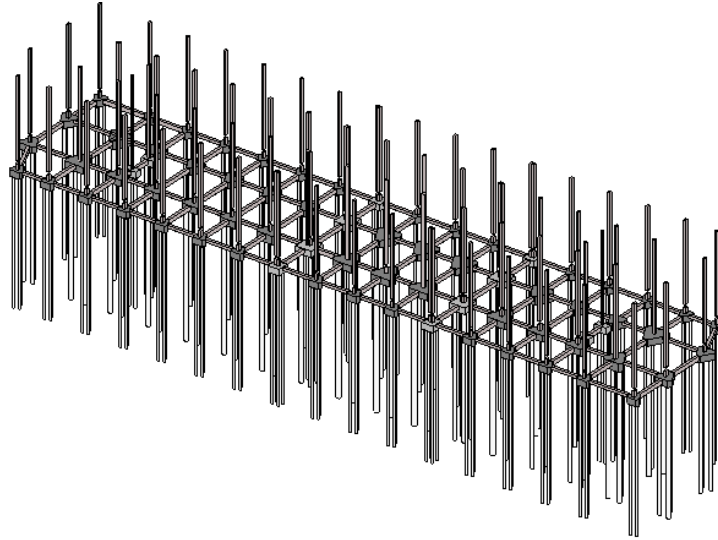


Figura 39. Conjunto 3D de pilares y zapatas.

5.3. SUELO ESTRUCTURAL

Una vez definida la cimentación estructural se definió el suelo de las distintas plantas. Para ello se debía tener en cuenta los huecos de ascensor, los patios interiores y los huecos de escaleras. El material fue el mismo en todas las plantas excepto en la planta baja que se diferencia entre el interior y el exterior.

Para crear el suelo estructural se realizó en el grupo de estructura en el icono de suelo estructural. Una vez dentro se creó el contorno del suelo y se insertó en cada una de las plantas. El suelo tiene 39 cm de grosor, por defecto, Revit crea el suelo como una extrusión hacia abajo y la parte superior del suelo está al nivel de la planta. En la figura 40 se puede apreciar el contorno del suelo estructural exterior de la planta baja, se tuvo en cuenta el hueco de la rampa, de las escaleras y del ascensor.

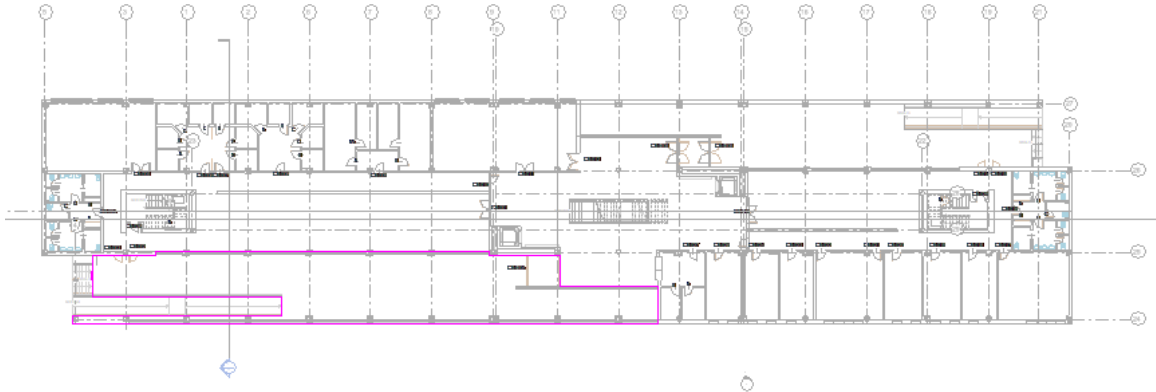


Figura 40. Boceto contorno suelo exterior planta baja.

Para la planta primera y las sucesivas se debió tener en cuenta los patios interiores a ambos lados del edificio y al lado de los ascensores, además de los huecos de ascensor como se observa en la figura 41.

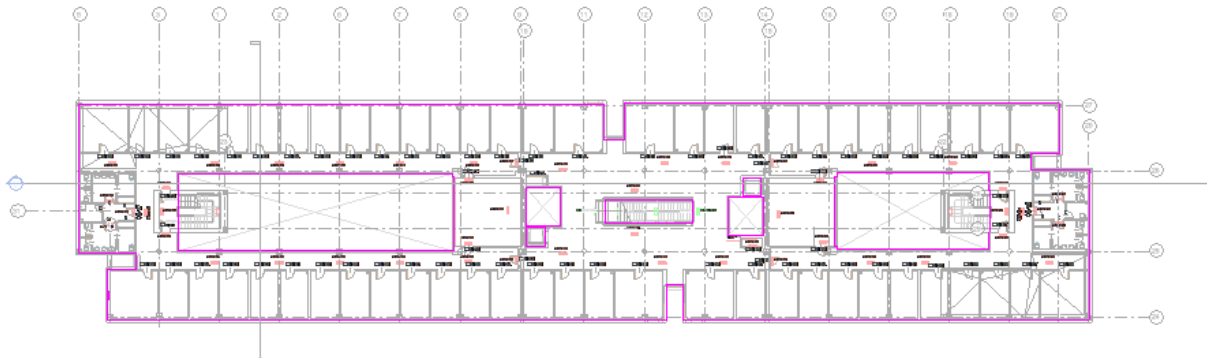


Figura 41. Contorno del suelo estructural planta primera.

Una vez insertado el suelo se les asignó el material a los distintos suelos. No se pudo obtener información exacta de los materiales del edificio, pero se sabía que el suelo interior del edificio está compuesto mayoritariamente de una capa de hormigón *in situ* y una capa intermedia de aislamiento y, por último, una capa de acabado en granito rosa. Para modificar ese material se modificó la estructura de la familia del suelo en el panel de propiedades como se observa en la figura 42.

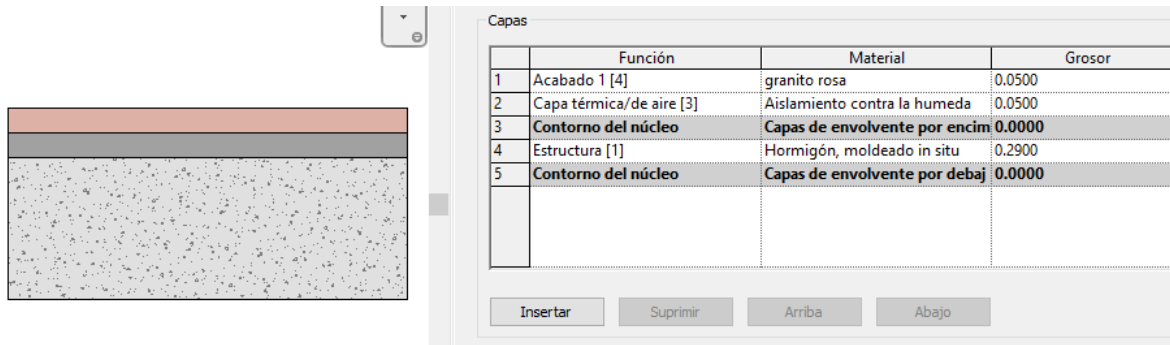


Figura 42. Estructura en capas del suelo interior.

El suelo exterior de ambos lados de la planta baja está compuesto igual que el interior, pero con un acabado de losas grises. Esta operación se realizó con las distintas plantas. En la figura 43 se puede ver el conjunto terminado en 3D.

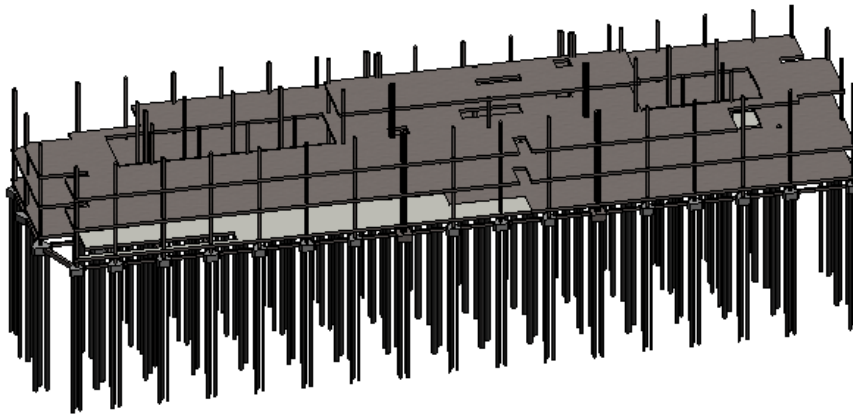


Figura 43. Vista 3D del conjunto.

Para completar el modelo estructural se podría hacer el armado de los pilares y zapatas, pero no se obtuvo la información necesaria para modelarlo.

Una vez realizado el modelo estructural, se creó un modelo arquitectónico en donde se realizaron los detalles como los muros, puertas, ventanas, escaleras, cubiertas y rampas, también los detalles como materiales y aspectos. Con el fin de realizar el modelo lo más exacto posible a la realidad.

6. MODELO ARQUITECTÓNICO

Para comenzar el modelo arquitectónico se debió realizar en una plantilla adecuada, en este caso se vinculó Revit realizado en una plantilla estructural a una plantilla arquitectónica utilizando la herramienta ilustrada en la figura 44. Para ello simplemente se abrió la plantilla nueva y vinculada con la anterior.

Al vincular, si se modifica la plantilla estructural, se modificará en la plantilla arquitectónica automáticamente, esto permite trabajar, a varios agentes en un mismo modelo. Estos vínculos se pueden gestionar para modificar algunos parámetros.

Otra opción sería realizar el modelo en una plantilla muy completa como la plantilla de construcción. En este proyecto se utilizó esta plantilla ya que no se necesitaban cálculos estructurales y no había varios agentes implicados. Estos vínculos son muy útiles porque al vincular desaparecerán las ayudas o referencias del otro agente para que el modelador actual coloque las suyas como mejor le interese.

En la figura 44 se observan las distintas operaciones en el grupo arquitectónico.

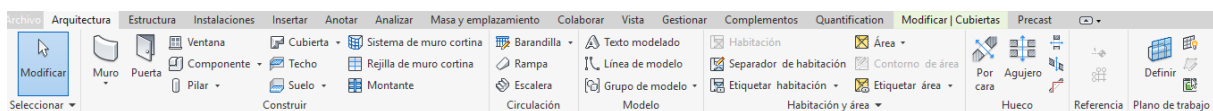


Figura 44. Operaciones grupo arquitectura.

6.1. MUROS

Una vez realizado el paso anterior, se comenzó con los cerramientos del edificio. Se insertaron los muros sabiendo la geometría de cada uno de ellos para después asignarle un material.

Para facilitar la colocación de los muros se usó como referencia el plano CAD insertado del edificio. El edificio mayoritariamente tiene muros de 35 cm de grosor en

los exteriores, de 16 cm en las limitaciones de las habitaciones y de 10 cm en el interior del baño.

Para crear las distintas familias se duplicó una familia genérica de Revit y se modificó el nombre y estructura del muro, en este caso tiene 5 capas como se puede ver en la figura 46 y, además, se debía indicar si es exterior o interior. Una vez se ha creado una familia con el grosor indicado, se le proporcionó al muro unas delimitaciones superiores e inferiores como en el muro exterior que empieza en el nivel primera planta hasta la segunda planta como en la figura 45, también se le pueden poner restricciones de altura y base.

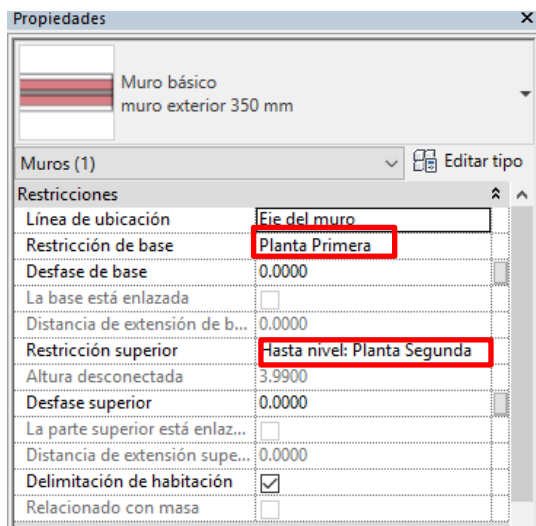


Figura 45. Propiedades del muro exterior.

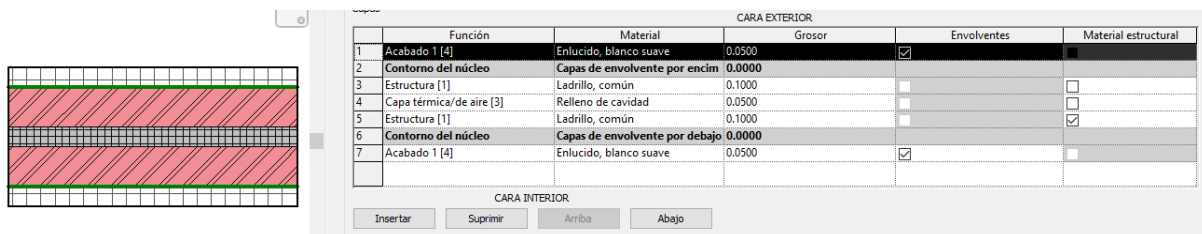


Figura 46. Estructura del muro exterior.

En otras zonas del edificio hay cristalerías o escaparates para aprovechar la luz natural o dar unas vistas del exterior e interior como en la planta baja, los patios de la primera planta, en los tejados de la cumbre y en el interior del edificio en las salas de los seminarios. En Revit se denominan muros cortina y se crearon en el grupo de arquitectura en la opción muros de cortina.

En la entrada de la planta baja se crearon muros de cortina del tipo escaparate ya que tiene la montura metálica de aluminio, se definió el patrón correspondiente como se indica en la figura 47. Para realizar el patrón con comodidad se utilizó la vista 3D y la herramienta de aislar el elemento para editar sin tener objetos delante. El patrón se obtuvo del alzado de los planos y mediciones.

El muro cortina se modificó añadiendo montante o rejilla en el icono del grupo de arquitectura, al insertar la rejilla se modifica la separación concreta y la altura correspondiente en el escaparate de la planta baja que tienen un espaciado de 1.20 m de longitudinal y de 0.92 m de transversal. En la figura 47 se observa el patrón del muro cortina de la entrada de la planta baja.

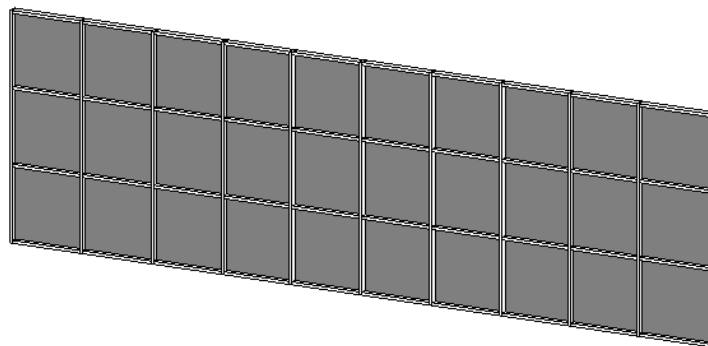


Figura 47. Patrón de muro de cortina entrada.

Los muros cortina tienen restricción de base y altura, ya que no empiezan desde el nivel de la planta baja, sino que tiene 30 cm de muro y, en la parte superior están delimitados por el falso techo, por ello tiene un desfase negativo de 94 cm. Por tanto, el muro cortina tendrá 2.75 m de altura como se observa en la figura 48.

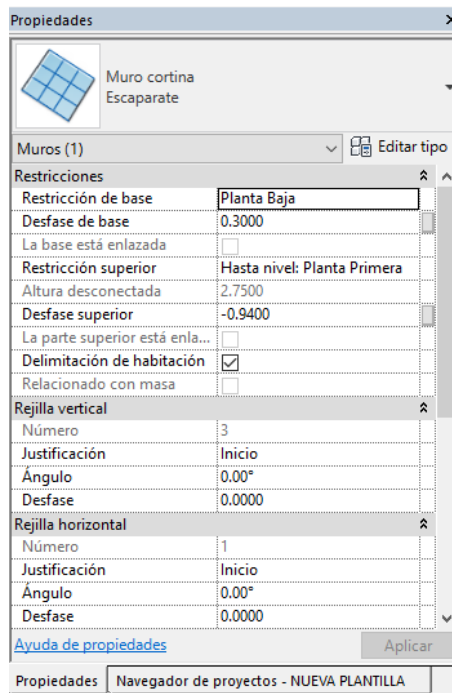


Figura 48. Propiedades de muro cortina entrada.

El escaparate de los seminarios también tiene restricciones de base y altura como en el escaparate de la entrada, para ello se debe crear primero el muro y después el muro cortina con las restricciones de altura y base, además de diseñar las rejillas y montantes. En la siguiente figura 49 se puede apreciar el muro cortina en la vista en planta y los dos escaparates de los seminarios una vez terminados.

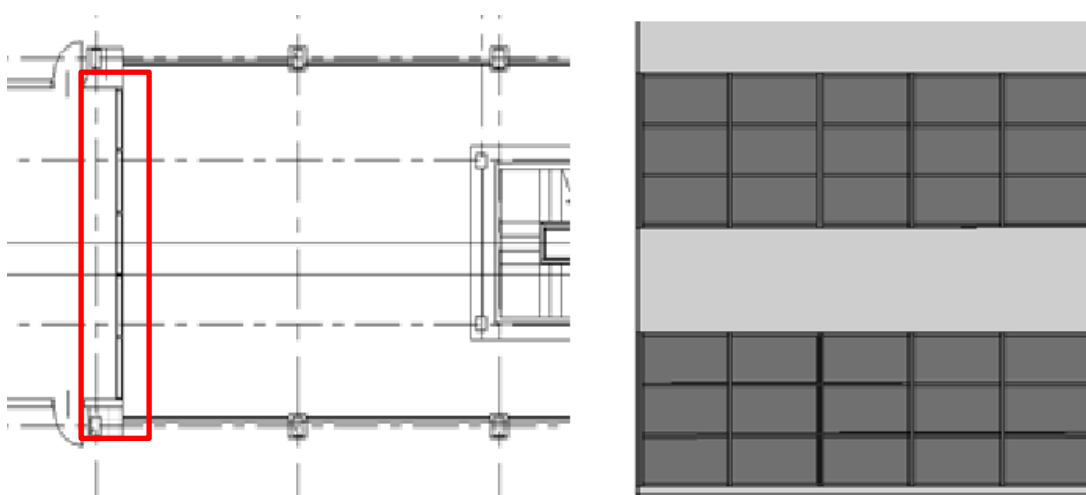


Figura 49. Muro cortina interior de los seminarios, primera y segunda planta.

Para visualizar mejor las modificaciones interiores se puede hacer una vista de sección, en el grupo de vista se puede crear una vista de sección plana o sección 3D y colocarla como se quiera. La vista de sección solo se podrá colocar en una vista de planta. En la figura 50 se pueden ver los cerramientos de la planta baja.

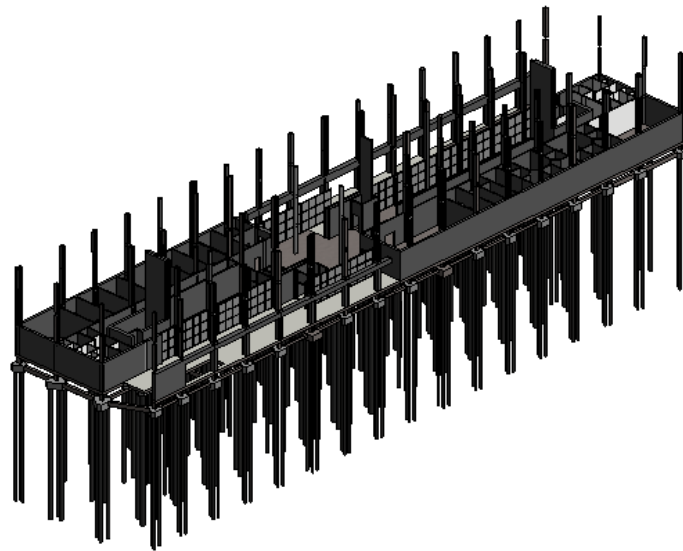


Figura 50. Cerramientos planta baja.

Hay muros como los de la entrada y el mostrador de la recepción que necesitan un hueco. Para ello se seleccionó un muro y se editó con las herramientas de edición de muros como se puede observar la figura 51. Se realizó el contorno y las medidas del hueco. Para visualizar mejor esta herramienta es necesario una vista 3D.

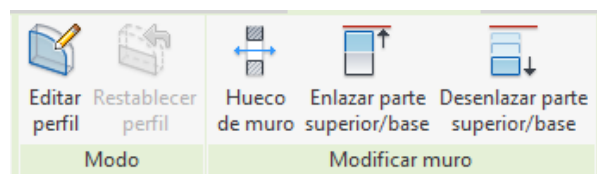


Figura 51. Tabla de edición de muros.

Para finalizar, se realizaron los muros más complicados como el cerramiento de las escaleras y los muros de la cubierta, para estos que no tienen una altura definida se debía de enlazar o editar su perfil para que se conectasen con las escaleras o con la cubierta superior, para ello se necesitaron las herramientas mostradas en la anterior figura 51.

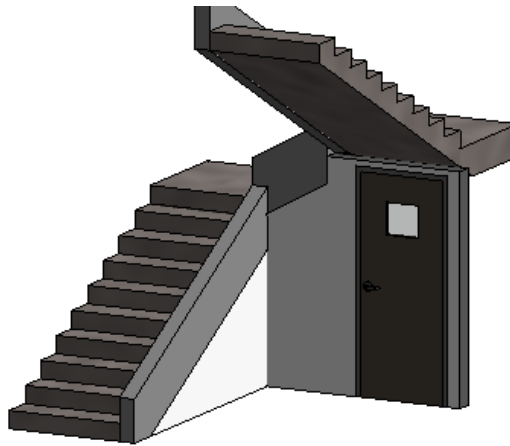


Figura 52. Muro con delimitación escalera planta baja.

Una vez terminados todos los cerramientos de cada planta se indicó el material a cada una de las distintas familias y una estructura que ya se especificó antes. Pero como algunos muros tenían un aspecto diferente para ello se utilizó la herramienta pintar.

Esta herramienta le asigna el aspecto de un material a la superficie seleccionada. Esta fue empleada para la fachada exterior que se explicará más adelante.

Por último, se creó un telar alrededor del edificio. En la sección arquitectura en las distintas opciones de muro se seleccionó el icono de telar como se indica en figura 53. Para insertar el telar más cómodamente se utilizó la vista 3D modificando la altura deseada y en la superficie del muro que corresponda. El primer telar está a 3.6 m del nivel de la planta baja y los siguientes a 3.99 m de altura entre telares.



Figura 53. Opciones de muro y telar en la fachada del edificio.

Una vez terminados todos los cerramientos en las distintas plantas ya se pudieron colocar las puertas de todas las habitaciones.

6.2. PUERTAS

Para las puertas del edificio se realizaron las mediciones en el edificio además de las fotografías para incluirlas en el modelo. Para crear las puertas se seleccionó el icono de puerta en el grupo de arquitectura. El edificio tiene diferentes tipos de puertas tales como, la puerta de los despachos, la puerta de emergencia con una ventana circular, la puerta de entrada a las escaleras, las puertas de los baños y las puertas de las entradas al edificio.

Las puertas de los despachos son de madera negra lisa con una manivela metálica que se encontró dentro de las familias por defecto de Revit, y se modificó la geometría y el material de la puerta. Las dimensiones de la puerta son 0.96 m de ancho y 2.1 m de altura, en cambio en el baño hay dos variantes más con distinta anchura de 0.86 m y 0.76 m. En algunas habitaciones esta puerta tiene una variante de dos hojas para ello necesitaremos otra familia del mismo estilo, pero de dos hojas.

Para crear una puerta se seleccionó el icono de puertas en la sección de arquitectura. Una vez dentro se cargó la puerta y se insertó la puerta en un muro.

Para modificar una familia de Revit se duplicó la original y se modificó el nombre y la geometría. El material de la puerta es de madera con un acabado negro mate en toda la puerta excepto la manivela que es de acero brillante. En la figura 54 se puede observar la puerta 3D en Revit.

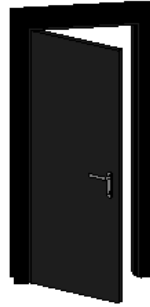


Figura 54. Puerta despachos.

La puerta de dos hojas tiene una anchura de 1.64 m y 2.1 m de altura como se puede observar en las propiedades de la familia en la figura 55.

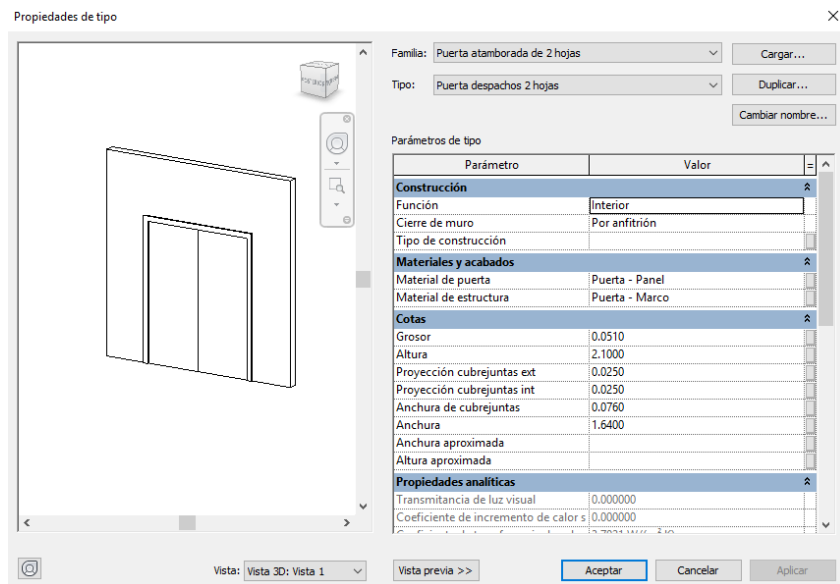


Figura 55. Propiedades puerta de 2 hojas.

A continuación, se insertó la puerta de las escaleras que tiene un cristal rectangular en el medio de la puerta (figura 56). Todas estas puertas están dentro de la biblioteca por defecto de Revit, y se modificó la geometría y se editaron algunos detalles de la familia.



Figura 56. Puerta escaleras laterales.

Al lado de las escaleras de la entrada al edificio se observaron en los planos dos puertas de emergencia metálicas con una ventana redonda, en las familias de puertas de Revit no había ninguna puerta parecida. Para esta familia se decidió adquirir una puerta de un fabricante denominado Gismo en una página web externa (BIMobject, s.f.).

Para ello se descargó el archivo y se cargó la familia en el proyecto. Se duplicó y se modificaron las medidas, por último, se insertó en el proyecto y se le asignó el material.



Figura 57. Puerta emergencia entrada.

En las familias de Revit se encontraron las puertas del baño de minusválidos, que se tratan de unas puertas correderas que se deslizan dentro de la pared. Para

esta puerta solo se modificó la geometría y se le asignó un material de madera negra lisa idéntica a las anteriores puertas. En la figura 58 se puede observar la puerta en el plano de planta y una vista 3D.

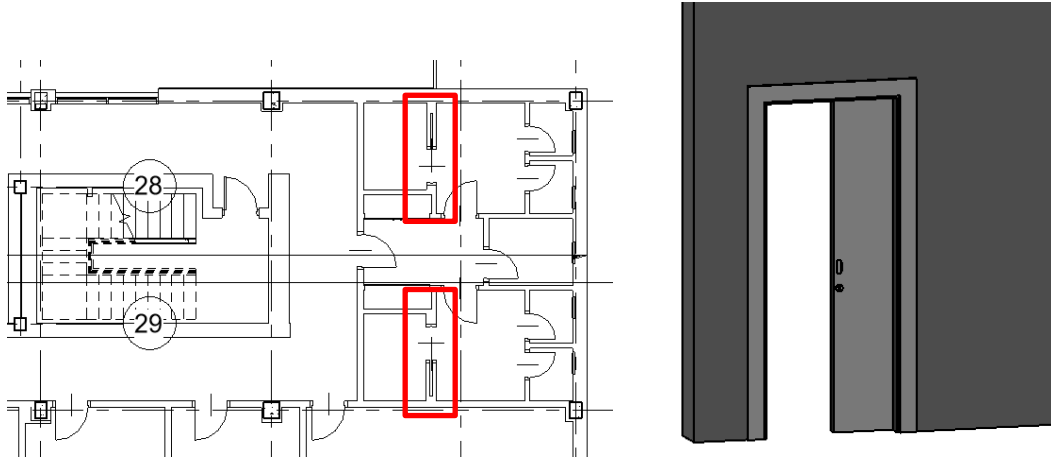


Figura 58. Puerta baño corredera, vista en planta y vista 3D.

Para las puertas de las habitaciones de las instalaciones se encontró una puerta en la biblioteca de Revit. Es una puerta metálica de color blanco con medidas 1.60 m de ancho y 2.00 m de altura. Además, se introdujeron las puertas automáticas de la entrada oeste del proyecto. Estas puertas son de cristal con cierre automático. Las puertas no se pudieron encontrar en la biblioteca, pero si en la página web (BIMobject, s.f.). Para la entrada este se añadió una puerta normal de cristal al muro de cortina como se puede ver en la figura 59.

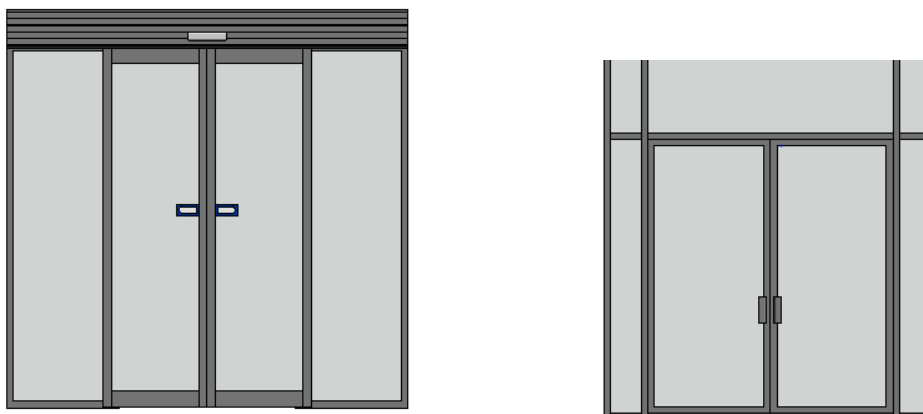


Figura 59. Puerta entrada oeste y este respectivamente.

6.3. ESCALERAS, RAMPAS Y BARANDILLAS

Para la realización de las escaleras se seleccionó el icono de escaleras en el grupo de arquitectura. Para crearlas se puede realizar de dos formas, según la forma o por el contorno.

En este trabajo se escogió por contorno, así en la ventana de propiedades se le indicó la altura de la contrahuella y la profundidad, de 0.1535 m y 0.3 m respectivamente. A partir de los datos dados, Revit calculó los distintos parámetros como el número de contrahuellas. Hay varios tipos de escaleras en el edificio, las escaleras principales en el centro del edificio que recorren desde la planta baja hasta la planta de cubierta y en los extremos del edificio hay 2 escaleras iguales que recorren desde la planta baja hasta la planta segunda.

Las escaleras laterales son de forma cuadrada que tienen dos descansillos y barandilla en el lado contrario a la pared. Las escaleras centrales del edificio son continuas con dos descansillos en medio y, además, con zanca y barandillas a ambos lados. Las barandillas se crearon automáticamente, pero se pueden modificar o eliminar en las propiedades de la escalera.

Con la referencia del plano CAD y la medida de la contrahuella se dibujo el contorno de la escalera y se le asignó la altura final de la escalera. En la figura 60 se puede apreciar el contorno de la escalera central con 26 contrahuellas y dos descansillos y el 3D del conjunto en todos los niveles.

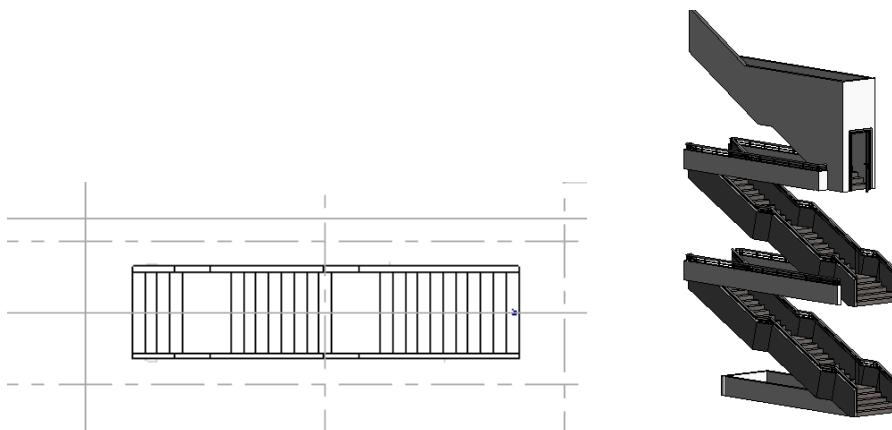


Figura 60. Escalera central del edificio.

En cada planta hay un muro uniendo escalera de cada planta con una barandilla en la parte superior, excepto en la escalera de la planta segunda hacia la planta cubierta que esta no tiene barandillas y está delimitada a ambos lados por una pared que recorre toda la escalera, además de una puerta de entrada.

Para las escaleras laterales se dibujó el contorno que es en forma de U con dos descansillos en las esquinas. La escalera tiene 24 contrahuellas a una altura de 0.1663 m y una profundidad de 0.3 m. En la figura 61 se puede observar el contorno de la escalera entre la planta baja y la primera, y el conjunto en 3D.

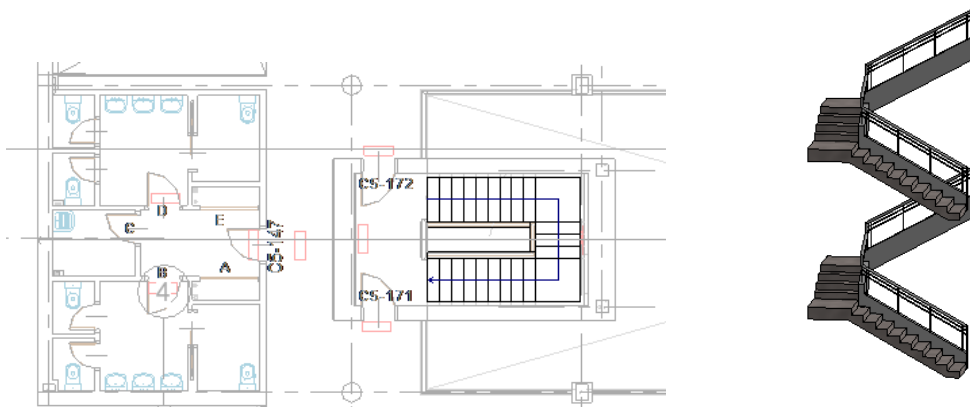


Figura 61. Escaleras laterales vista en planta y vista 3D.

En la entrada del edificio hay una rampa y una escalera. Para crearla se utilizó el mismo procedimiento que el caso de las escaleras. En el grupo de arquitectura se seleccionó el icono de la rampa y se modificó en las propiedades la base y la altura de la rampa, se podría asignar una pendiente, pero Revit calculó la pendiente automáticamente según la longitud de la rampa y la altura dada. En este caso la base de la rampa es el suelo de la calle y la delimitación de altura es la planta baja.

Para la rampa se le asignó una barandilla a cada lado y, además, en las escaleras, un pasamanos en mitad de ellas como lo indica el plano de la figura 62 y las fotografías tomadas.

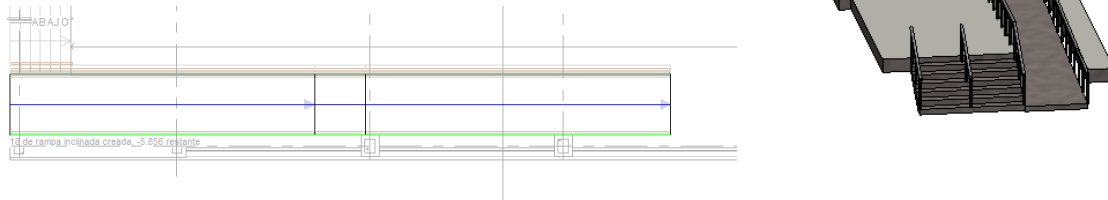


Figura 62. Vista de planta y 3D de la rampa y escalera de la entrada.

Con la ayuda de la sección del edificio se pudo saber que el desfase del suelo del edificio con el acerado es de 1.012 metros y, cuando se insertó el plano topográfico, se le delimitó la base con el acerado para que fuese más exacto. La escalera contraria se creó de igual forma, pero con un recorrido menor y una altura de 0.73 m por debajo de la planta baja como muestra en la figura 63.

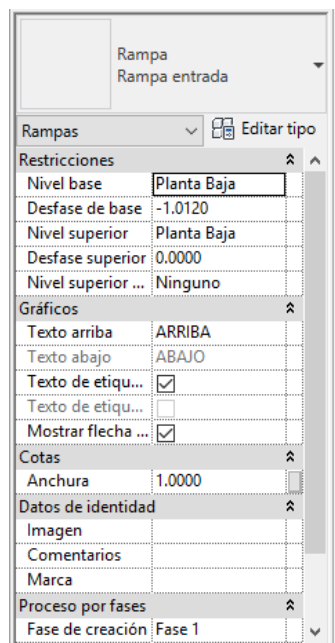


Figura 63. Propiedades de la rampa.

Una vez terminadas las escaleras y las rampas se crearon las barandillas en los patios interiores de las plantas primera y segunda. La barandilla es de metal con un cristal recorriendo la parte baja, para crear la barandilla se seleccionó el icono de la barandilla en la sección de arquitectura.

A continuación, se realizó el camino de la barandilla y se cambió el tipo de barandilla en las propiedades. En la figura 64 se puede observar la barandilla en la planta primera.

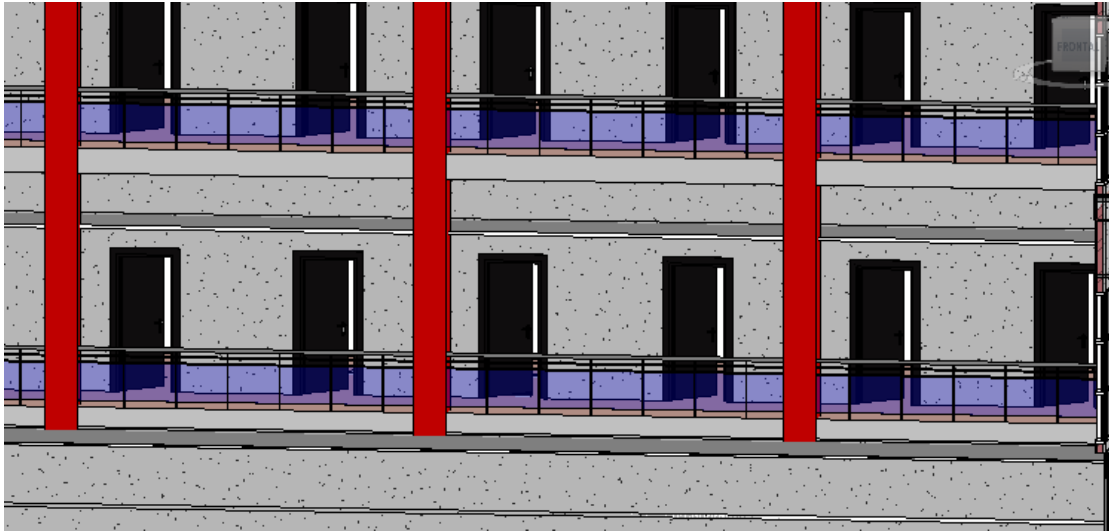


Figura 64. Vista interior de la barandilla de la planta primera y segunda.

6.4. CUBIERTAS

Posteriormente, en la edificación, se realizaron las cubiertas del edificio que consta con 3 cubiertas principales, dos patios en la segunda planta, las cubiertas en la planta de cubierta y una cubierta plana en la cumbre. Las cubiertas son planas con una inclinación en los puntos centrales.

A continuación, hubo que dirigirse al grupo arquitectónico en el icono de cubiertas y se realizaron dos cubiertas en la planta segunda con contorno iguales a ambos lados, además se añadieron los puntos con menor altura para la evacuación de aguas pluviales. Todas las cubiertas tienen un grosor de 39 cm excepto la cubierta que se realizó por extrusión que tiene un grosor de 30 cm.

Además, las cubiertas están compuestas por 4 capas: una capa superior de hormigón con pintura gris, una capa de hormigón *in situ*, una cámara térmica/de aire y una capa de acabado de enlucido blanco suave.

En la figura 65 se incluye la cubierta de la segunda planta y, como se puede observar, tiene 10 puntos a nivel del segundo piso y el punto central a una cota -0.06 m, esta medida se obtuvo de los planos de las secciones del edificio.

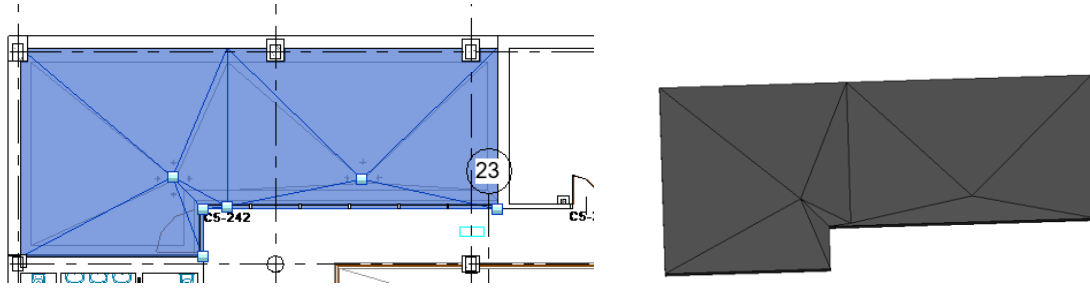


Figura 65. Vista en planta y 3D de la cubierta patio segunda planta.

Después de hacer el contorno se añadieron los puntos centrales con la herramienta de cubierta que se muestra en la figura 66. A continuación, se le asignó la altura o el desnivel correspondiente.

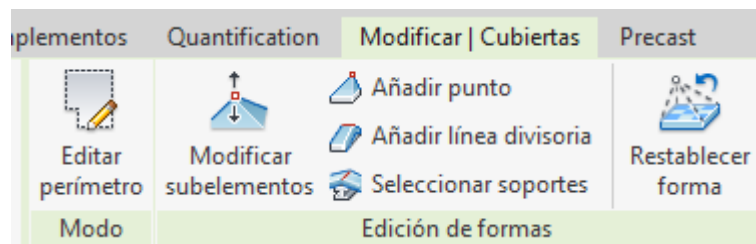


Figura 66. Herramientas cubiertas.

En la segunda planta hay dos cubiertas, una plana que se realizó como la anterior y una cubierta central más peculiar, ya que tiene una forma más específica en forma de V. Para ello se realizó una cubierta por extrusión que es otro tipo de cubierta, pero consiste en dibujar un boceto en un plano lateral del edificio y se extruye hacia la dirección indicada. La cubierta está realizada para aprovechar la luz solar para que el edificio sea más luminoso.

La primera operación en forma de V se realizó en el muro lateral del edificio, en la figura 67 se muestra el perfil de la extrusión que tiene un recorrido intermitente. Para terminar la cubierta se hicieron las otras extrusiones que son iguales a la

anterior a una corta distancia, para ello se empleó la herramienta espejo que copia una operación según un eje indicado. Así, se realizó la operación 4 veces en un lado del edificio y 2 en el lado contrario.

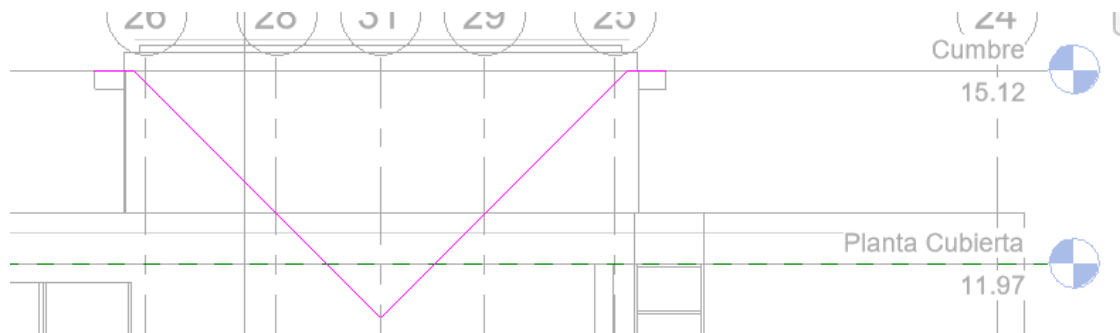


Figura 67. Boceto cubierta por extrusión-

Por último, se insertó una cubierta plana a lo largo de las extrusiones como se muestra en la figura 68, donde se puede ver la cubierta final en 3D que es plana y se obtuvo realizando un boceto rectangular en la planta cubierta. La cubierta está apoyada sobre los muros que delimitan sobre ella y, como está dividida en dos partes, se tuvo que hacer la misma operación 2 veces a ambos lados del edificio.

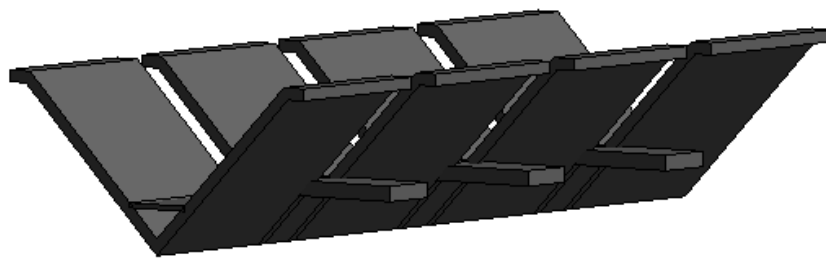


Figura 68. Vista 3D de las extrusiones y las cubiertas plana de la cubierta.

El conjunto de la cubierta con muros y con las cubiertas planas en el interior de la extrusión y en los huecos se pueden observar en la figura 69 desde una perspectiva inferior como se vería desde dentro del edificio así y se confirmó que

todas las partes están bien unidas. En la figura 70 se muestra como está integrada en el edificio.

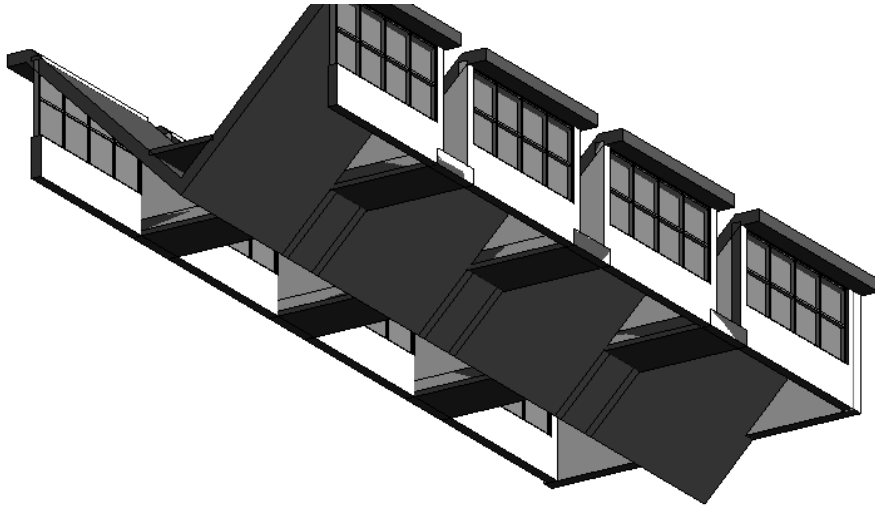


Figura 69. Vista 3D desde abajo

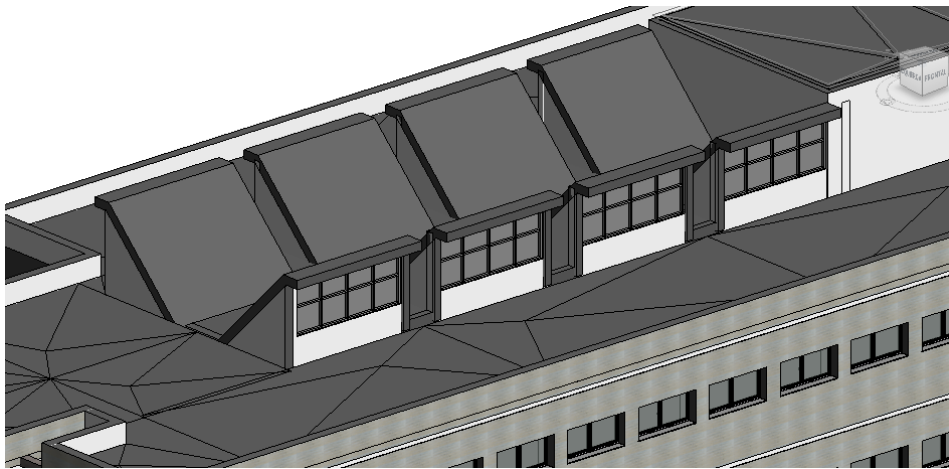


Figura 70. Cubierta integrada en el conjunto.

Por último, se insertó la cubierta más alta que es muy similar a las de las plantas segunda y cubierta, esta plana y en el punto central, presenta un desnivel de -0.06 m. Se insertó la cubierta por contorno dibujando el perímetro y añadiendo los puntos centrales donde se recogen las aguas pluviales, todo esto con ayuda de los planos de referencia recogidos previamente.

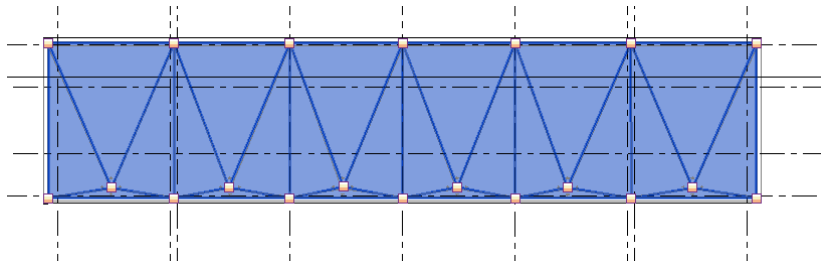


Figura 71. Cubierta del nivel cumbre.

6.5. TECHOS

Para el modelado de los techos interiores del edificio se creó en el grupo de arquitectura, y se seleccionó el icono de techos. El techo se puede insertar de dos formas, automáticamente o por contorno.

Si se selecciona el techo automático, Revit selecciona una región que esté delimitada por muros como en los despachos o baños, pero para las zonas del centro, en las cuales no se tiene muros delimitando las habitaciones, se debe hacer por contorno. Esta ayuda automática facilita y agiliza el trabajo en esas zonas.

Para que la selección automática sea más fácil se debe ir a una vista de techo en el navegador de proyectos y así, tener una visión con un nivel más alto donde no intervengan puertas ni objetos que no se necesiten.

En la siguiente figura se observa como Revit seleccionó automáticamente en rojo el despacho y, con aceptar la operación se insertó el techo, pero antes, se debió especificar la altura deseada de la base del techo y las propiedades como se muestran en la figura 72.

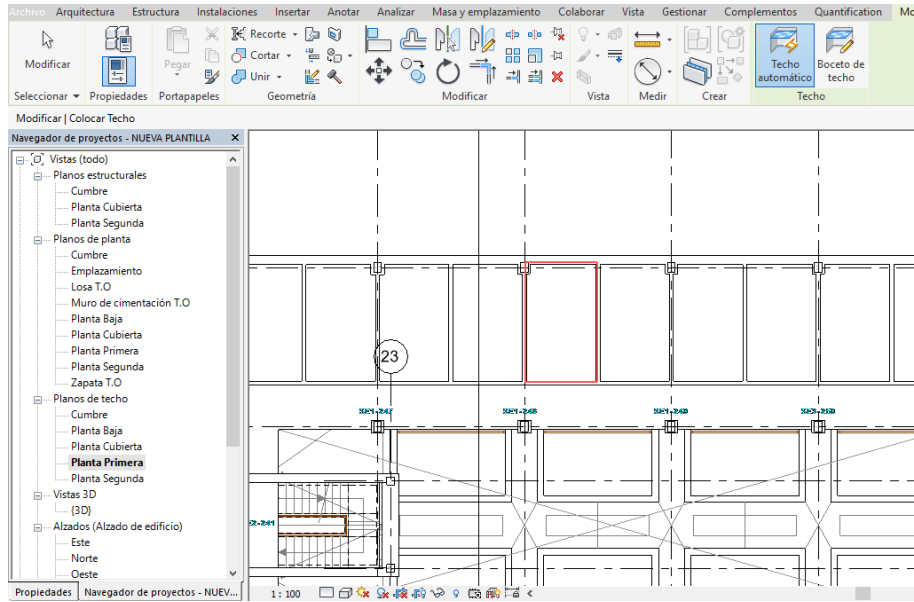


Figura 72. Techo automático en vista de techo planta primera.

Para los pasillos y las entradas se realizó un techo por contorno en las distintas plantas, teniendo en cuenta los huecos de las escaleras y del ascensor. El techo tiene un grosor de 0.06 m obtenido de los planos CAD y está a una altura de 2.7 m y el techo de la entrada está a una altura de 3.05 m como se muestra en las siguientes figuras.

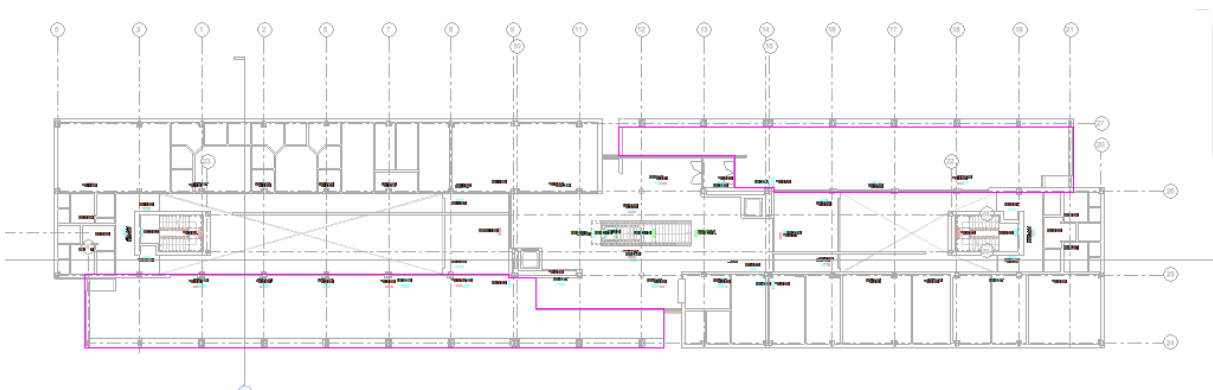


Figura 73. Contorno del techo exterior de las entradas.

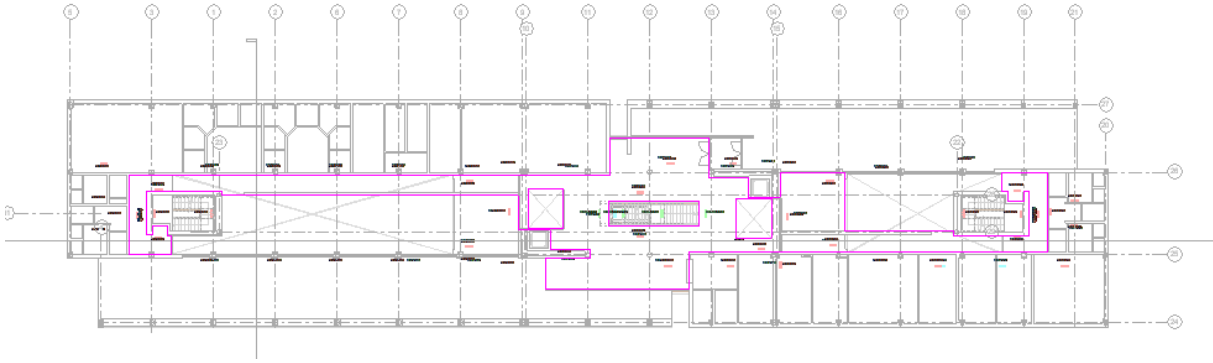


Figura 74. Contorno del techo interior planta baja.

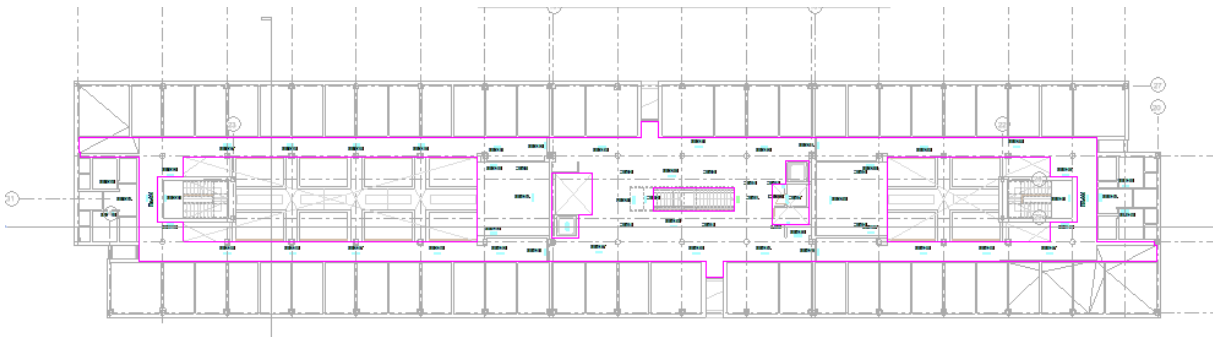


Figura 75. Contorno techo interior planta primera.

El techo está compuesto por un entramado metálico y una capa de yeso blanco (figura 76), entre este techo y el suelo superior en el interior hay una separación de 0.9 m.

Familia: Techo compuesto
 Tipo: Simple
 Grosor total: 0.0600
 Resistencia (R): 1.8231 (m²K)/W
 Masa térmica: 1.29 kJ/K

Capas			
Función	Material	Grosor	Envoltentes
1 Contorno del núcleo	Capas de envoltente	0.0000	
2 Estructura [1]	Capa de entramado	0.0450	
3 Contorno del núcleo	Capas de envoltente	0.0000	
4 Acabado 2 [5]	Tablero de muro de	0.0150	

Figura 76. Estructura del techo interior.

Se pudo observar que faltaban los cerramientos entre el techo y el suelo superior porque se había realizado por contorno y no había muros alrededor como

en el patio interior. Por ejemplo, en el techo de la primera y de la segunda planta en el patio interior como se puede observar en la figura 77.

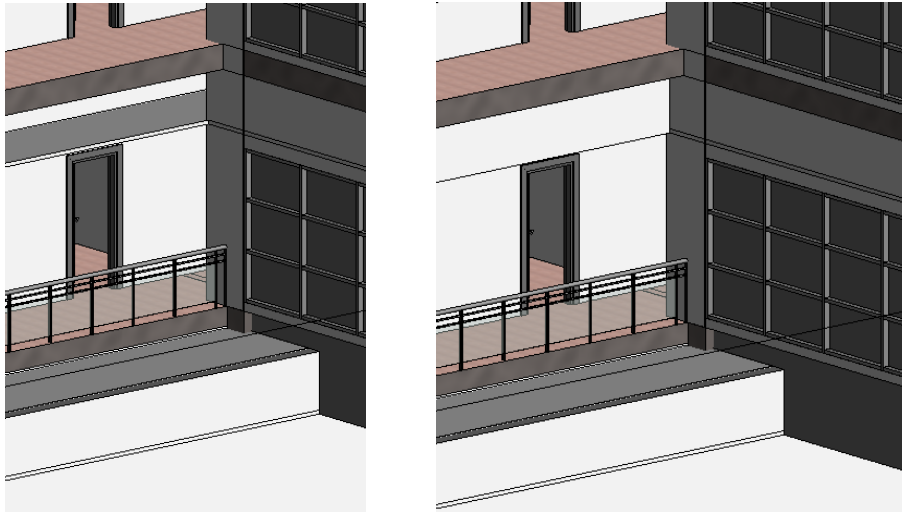


Figura 77. Techo sin cerramiento y con cerramiento.

Para realizar los cerramientos se crearon muros con la restricción de altura y base para que coincidieran entre el techo y el suelo de la planta superior. Estas operaciones pueden ser un poco tediosas y fue conveniente ayudarse con la vista sección.

Una vez finalizados todos los cerramientos ya se pudieron asignar los colores en el interior y el exterior del edificio. Antes de asignar los colores se tuvieron que crear los materiales que se precisaban y, luego, asignarlos al elemento que es explicado en el siguiente apartado.

6.6. MATERIALES Y PINTURA

Una vez finalizado el techo y los cerramientos ya se pudo dar el aspecto y el color a los muros y a los elementos insertados en el edificio. Además, con esta herramienta se pudo asignar un material a una superficie.

Primero se creó la fachada que está compuesta por losas de 550x1100 mm con aspecto rugoso y de color grisáceo. Lo ideal para insertar este tipo de material

es que el fabricante cediera el archivo de la familia en BIM, pero como no se tiene información sobre el fabricante se reprodujo el material en Revit.

Primero se obtuvo una foto de una losa del edificio para introducirla en un nuevo material, en el grupo gestionar se selecciona el icono de materiales. En este desplegable se pueden editar, crear o informar de cualquier material del proyecto.

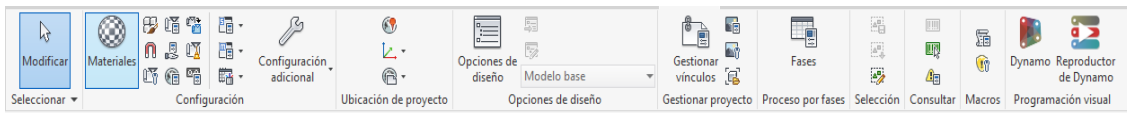


Figura 78. Grupo gestionar.

Se creó un material nuevo con el aspecto de la foto elegida y se le asignó un patrón con las medidas seleccionadas. También se le puede dar rugosidad, reflexividad, transparencia, cortes, relieve y autoiluminación al material, además de poder asignar características físicas y térmicas al material, pero no se tienen más datos de la fachada. En las siguientes figuras se puede observar el patrón y las propiedades del material de la fachada.

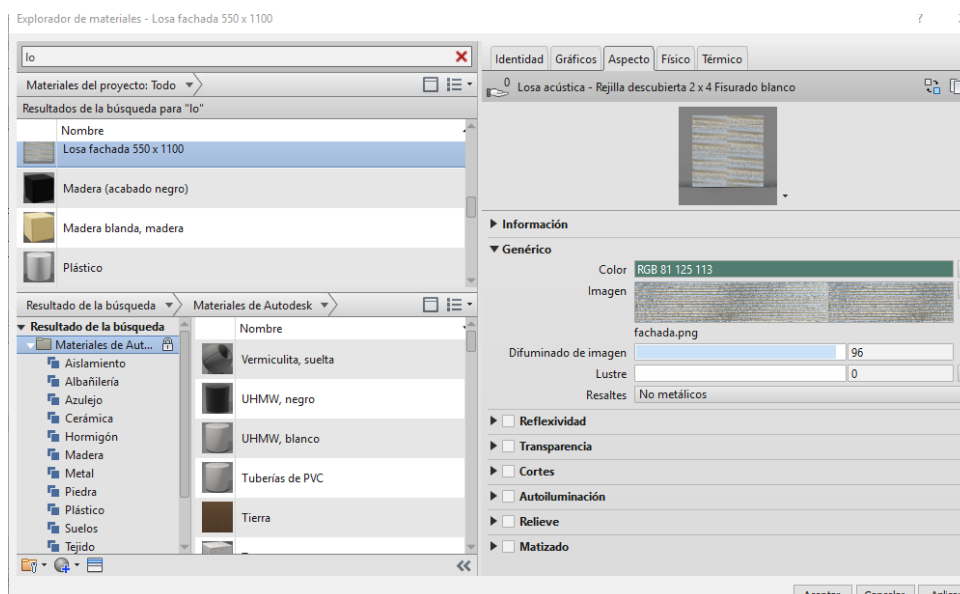


Figura 79. Explorador de materiales.

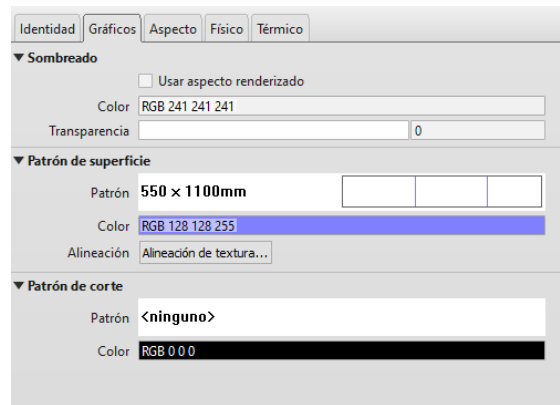


Figura 80. Patrón del material de la fachada.

Una vez se creó el material ya se pudo asignar a la fachada, como se ha hecho anteriormente que seleccionar la superficie indicada, se despliega las opciones para modificar muros y se utilizó la herramienta pintura como se muestra en la figura 81. Una vez dentro se seleccionó el material antes creado y se les asignó ese material a las superficies de la fachada. Además de la fachada también se pintó el interior del edificio como por ejemplo los pilares y paredes que están pintadas en rojo.

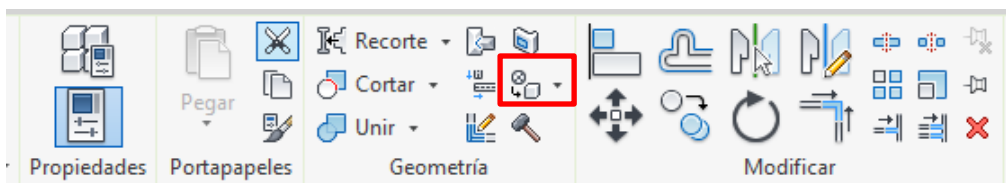


Figura 81. Herramientas de modificación de muros.

Se realizó el mismo procedimiento anterior, se observó que la pintura roja estaba por defecto entre los materiales de Revit y, si no estaba, podía crearse. A continuación, se utilizó la herramienta pintar y se seleccionó la superficie que había que asignarle el material, como se puede observar en la figura 81. Si se deseaba eliminar la pintura a alguna superficie se debía seleccionar en el desplegable de la pintura y en el icono eliminar pintura, después se seleccionaba la superficie.

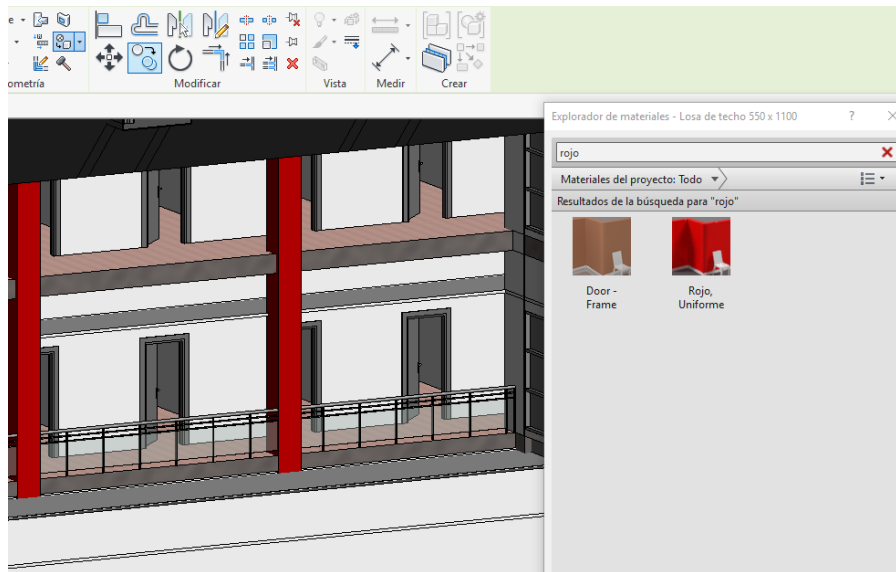


Figura 82. Herramienta pintar.

Para asignar mejor los materiales se utilizó la sección 3D para poder ver el interior de edificio. Para crear una sección se seleccionó en vistas y se cróa una sección longitudinalmente al edificio.

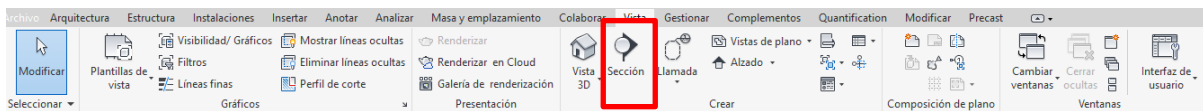


Figura 83. Herramienta sección del grupo vista.

Se creó una sección longitudinal y una sección transversal del edificio para poder ver todos los espacios del edificio, las secciones también nos sirvieron para crear los planos del edificio. En la siguiente imagen se observa la sección longitudinal en 3D.

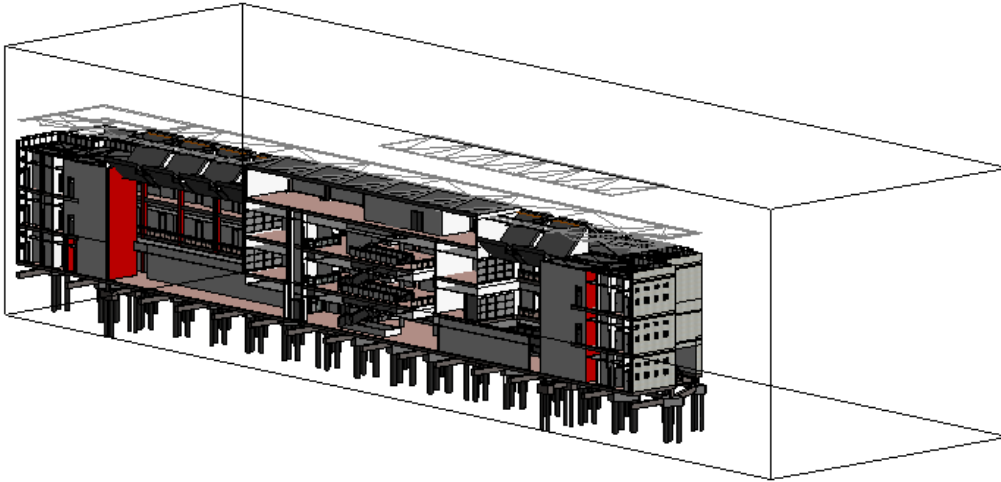


Figura 84. Sección longitudinal de la edificación.

Esta sección se puede modificar fácilmente en todo momento y se puede acceder a ella en el navegador de proyectos.

6.7. VENTANAS

Una vez se definieron los materiales y todos los detalles exteriores se colocaron las ventanas del edificio. Hay varios tipos de ventanas en el edificio, en la parte lateral hay ventanas de 2 hojas en las plantas primera y segunda que son ventanas cuadradas practicables y oscilobatientes. En el baño hay ventanas cuadradas basculante de una hoja y en la planta baja hay ventanas practicables de una hoja con un cristal fijo en la parte inferior. Todas estas ventanas están construidas en aluminio con un acabado blanco.

Para empezar a colocar las ventanas se cargó la familia en Revit de las ventanas existentes en el edificio. En Revit hay un amplio abanico de ventanas, pero había que modificar algunos datos geométricos y estéticos de las familias. En la figura 85 a la derecha se puede ver ventana de dos hojas y la ventana de una hoja de la planta baja.

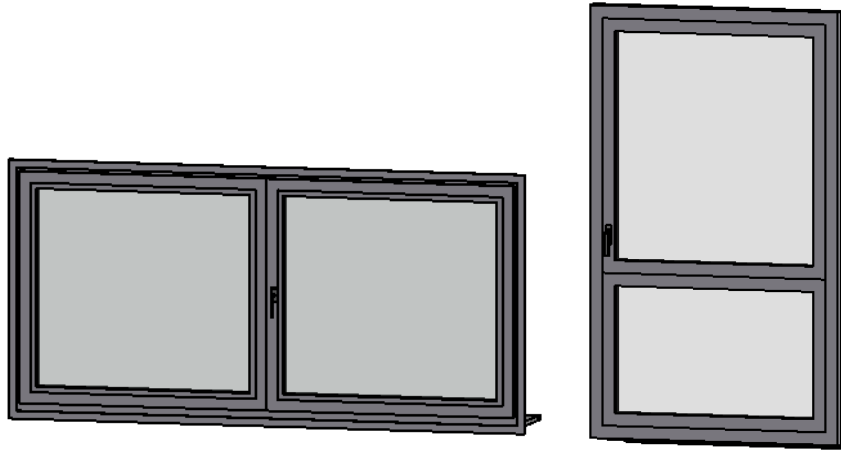


Figura 85. Ventanas de dos hojas y ventana de una hoja.

Seguidamente, se obtuvieron las medidas de las ventanas en los planos, la separación entre ellas y la altura. Se seleccionó el icono de ventanas en el grupo de arquitectura, después se modifican los materiales y las propiedades para tener las medidas de las ventanas que son 2.31 m de anchura y 1.10 m de altura en la planta primera y segunda como se muestra en la figura 87 y, en la planta baja, 1.65 m de altura y 0.77 m de ancho.

En la figura 86 se muestra la distribución de las ventanas en la cara sur del proyecto, y como las ventanas adyacentes a los laterales tienen una anchura reducida, se debió duplicar la familia y editar la anchura en las propiedades.

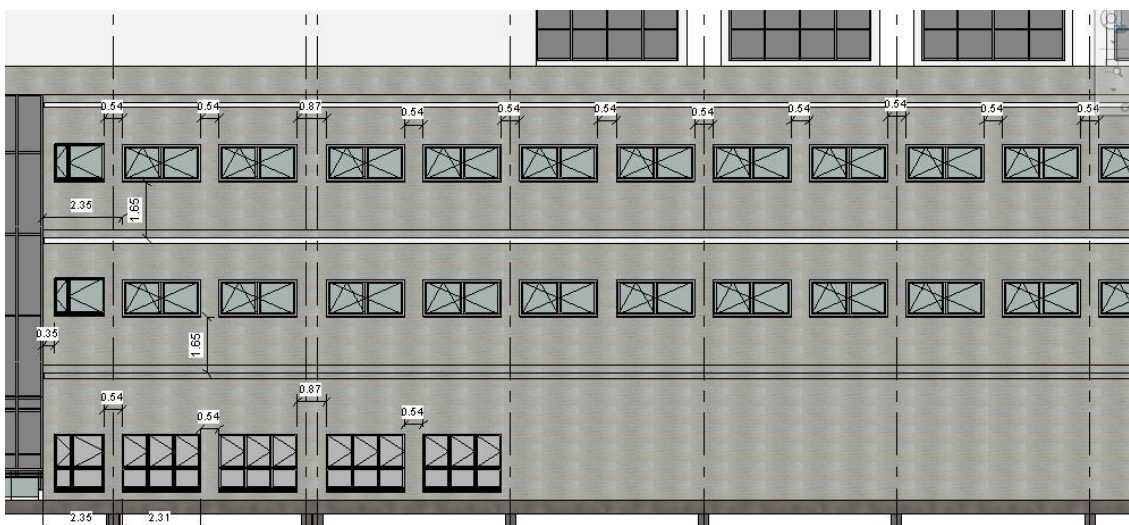


Figura 86. Distribución de las ventanas.

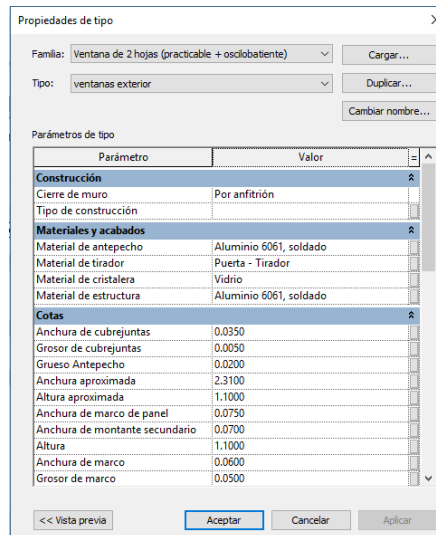


Figura 87. Propiedades de la ventana de 2 hojas.

En las partes laterales del edificio están distribuidas las ventanas y rejillas del baño, para ello se cargó la familia de la ventana cuadrada de una hoja y se modificó la geometría para las medidas 0.55 m de lado.

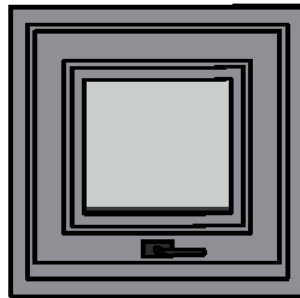


Figura 88. Ventana baño.

Además, en la parte superior de la ventana hay unas rejillas de ventilación. Para la creación de las rejillas se cargó la familia que están ubicadas dentro de la carpeta de ventanas con el nombre de deflector de ventilación. Esta familia no permite modificar sus medidas dentro de las propiedades, así que se debió de hacer modificando la familia. La distancia entre ventanas es de 0.81 m y 0.8 m entre la ventana y las rejillas. En este caso se modificaron las extrusiones con las medidas como se muestra en la figura 89.

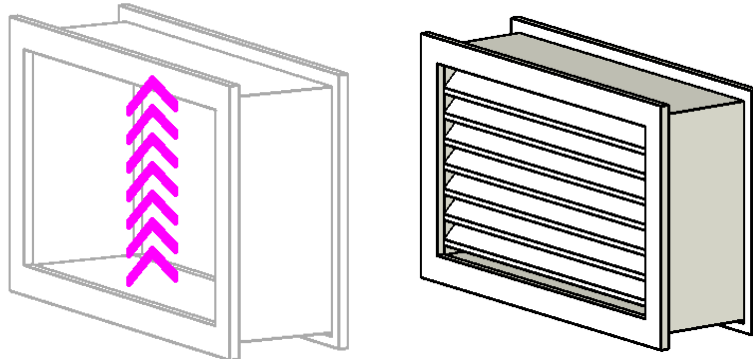


Figura 89. Edición y acabado final de la familia deflector de ventilación.

Una vez terminada la familia se colocaron las rejillas de ventilación en el edificio con una separación entre los dos elementos de 0.8 m. En la figura 90 se muestra la distribución final de un lado del edificio, siendo igual en el lado contrario.



Figura 90. Distribución de ventanas lado Este.

Para finalizar, como se puede ver en los alzados del edificio, entre las ventanas hay un hueco de 10 mm a lo largo del edificio, o lo que es lo mismo, un telar. Como ese perfil no estaba por defecto en Revit se creó un perfil cuadrado que tenía 10 mm de profundidad y 110 mm de altura.

Para crear esa familia se seleccionó el desplegable del grupo archivo y se creó una familia nueva del tipo perfil. Una vez dentro se realizó el perfil, se guardó la familia y se cargó en el proyecto. En la figura 91 se observa el perfil del telar.

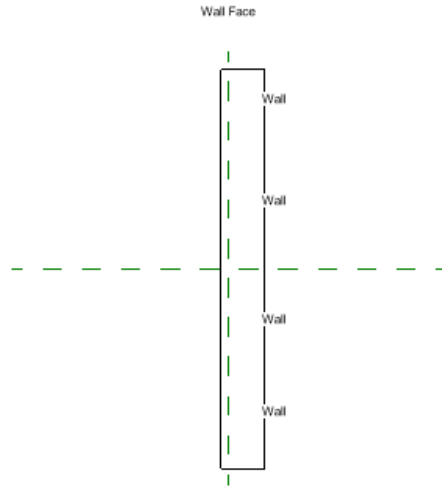


Figura 91. Perfil del telar.

Una vez realizado el perfil, se insertó el telar que como se hizo al terminar los cerramientos, se seleccionó el icono del telar en el grupo arquitectónico en el desplegable de muros. Se eligió el telar creado en la ventana de propiedades y después la superficie y la altura donde se ubicó el telar. En la figura 92 se puede ver el telar integrado en el edificio.

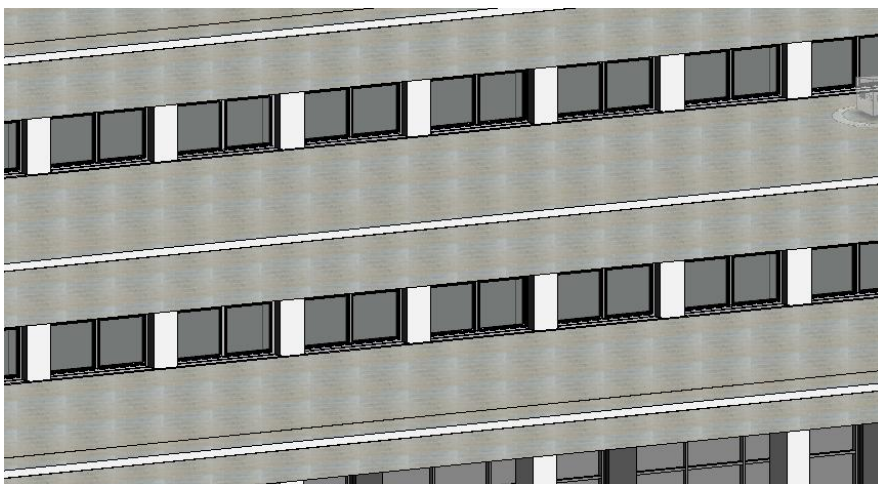


Figura 92. Vista 3D del lateral del edificio.

6.8. FONTANERÍA Y COMPONENTES

Una vez insertadas las ventanas se pasó a realizar los saneamientos y los componentes del edificio. Para ello se cargó la familia del sanitario y los lavabos que se encuentra en la carpeta fontanería y, una vez cargada, se seleccionó el icono de componentes en el grupo de arquitectura y se insertaron los componentes con la ayuda del plano CAD.

En la figura 93 aparece en la vista de una sección en 3D donde se pueden observar los lavabos suspendidos y los sanitarios. Se escogieron estos lavabos y sanitarios porque son los que más se asemejan con la realidad.

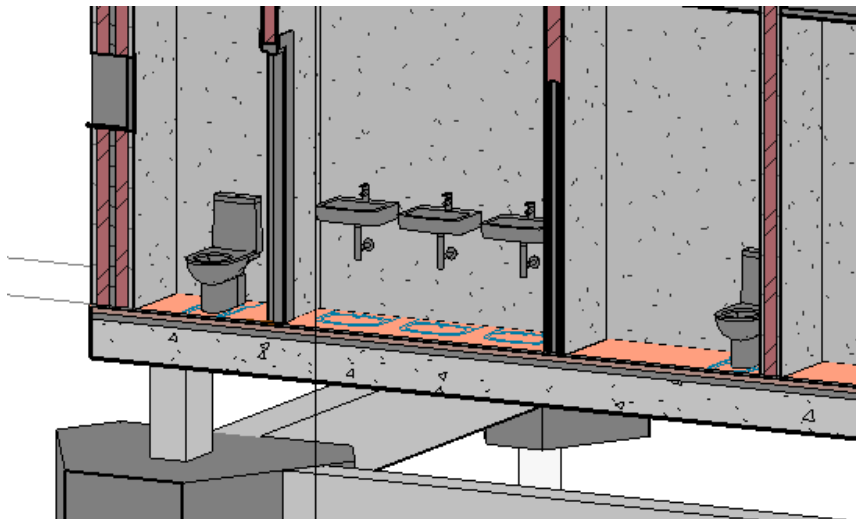


Figura 93. Sección 3D del edificio.

Otros componentes importantes en el edificio son los ascensores, que se colocaron a ambos lados del edificio. Para ello primero se cargó la familia del ascensor que se encuentra en la carpeta de equipos especiales, y se insertó el ascensor en el hueco. En la ventana de propiedades se le modificó la geometría del ascensor elegido y los niveles que recorrerá que, en este caso, será desde la planta baja hasta la planta segunda para el ascensor de la parte oeste, y el contrario recorrerá hasta la planta cubierta. En la figura 94 se recoge la sección donde se observa el ascensor colocado e integrado.

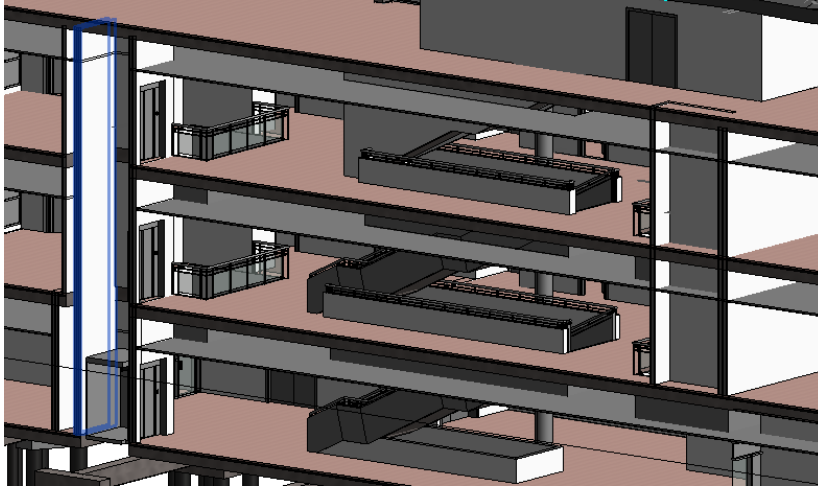


Figura 94. Ascensor integrado en el edificio.

Otros componentes que se realizaron son las rejillas superiores en la cubierta, estas se pueden observar en los alzados del edificio. Primero se creó la familia con extrusiones con las medidas que se indican en los planos, que se trata de una rejilla cuadrada con marco y una rejilla oblicua entre medias del marco como se puede ver en la figura 95. Esta rejilla está situada a lo largo del edificio en la planta cubierta a 55 cm de altura desde la superficie del suelo.

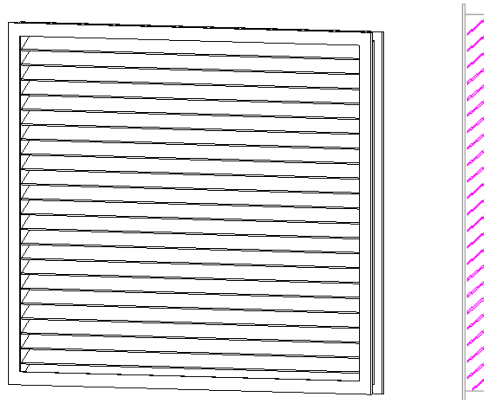


Figura 95. Vista previa y vista lateral del croquis de la extrusión.

Por último, se crearon algunos componentes de detalle como los sumideros de la cubierta o la barandilla de los patios de la cubierta y de la segunda planta.

6.9. ILUMINACIÓN

En los planos recopilados solo están reflejadas las luces de emergencia, que son del tipo luminaria Legrand 661609, pero con las fotografías que fueron recopiladas se observó que las luces interiores están colocadas en el techo y de forma cilíndricas.

Primero se cargó la familia de la luminaria que se ubica dentro de la carpeta iluminación, después se seleccionó el icono de componentes en el grupo de arquitectura y se insertó con la ayuda del plano CAD.

Para la luminaria del interior no se encontró en la luminaria por defecto de Revit así que se obtuvo de la página web (BIMobject, s.f.), como no hay información de la colocación se colocó aproximadamente con la información de las fotografías tomadas del edificio. En los pasillos de la planta primera y segunda se colocaron la luminaria y luces de emergencia como se muestra en la figura 96 y, en la planta baja, además, se colocaron unos apliques en la entrada a las salas de exposición.

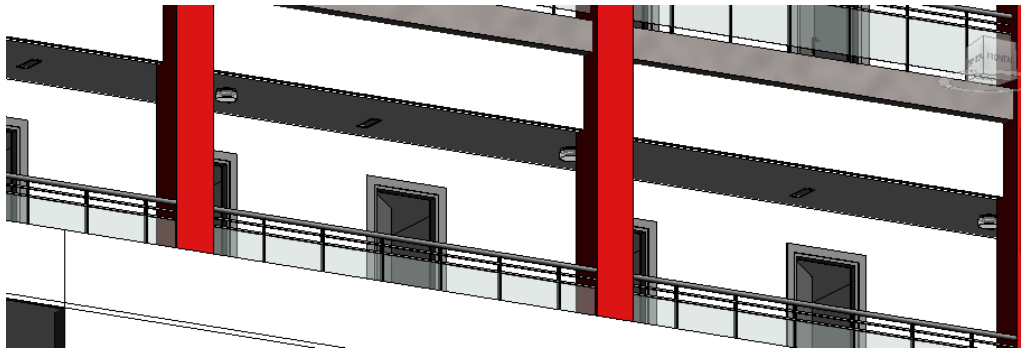


Figura 96. Luminaria primera planta.

Una vez se colocó la iluminaria se procedió a crear el emplazamiento del edificio.

6.10. EMPLAZAMIENTO

En este apartado se explica cómo se realizó el modelado del terreno a partir del mapa topográfico de la zona. Con las curvas de nivel en CAD se hizo el modelado del terreno rápidamente. Para crear el terreno se desplegó el grupo masa y emplazamiento en el icono superficie topográfica como se observa en la imagen 97.

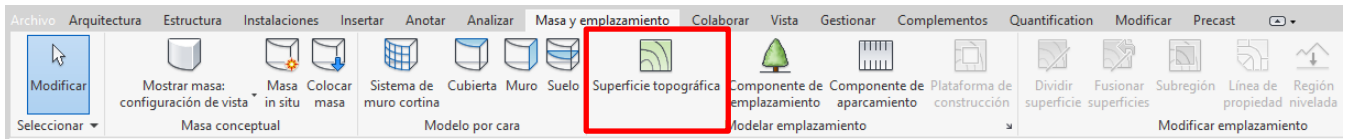


Figura 97. Grupo masa y emplazamiento.

El modelado se puede hacer de dos formas diferentes según el formato del mapa topográfico, si el mapa topográfico está en imagen habría que insertar la imagen y luego insertar la curva en Revit punto por punto. En cambio, como estaba el mapa en CAD solo se tuvo que dar una elevación a las curvas de nivel en AutoCAD e insertarlas como se hizo anteriormente con los planos de las plantas. En la figura 98 se muestra el plano del edificio y el plano CAD insertado.

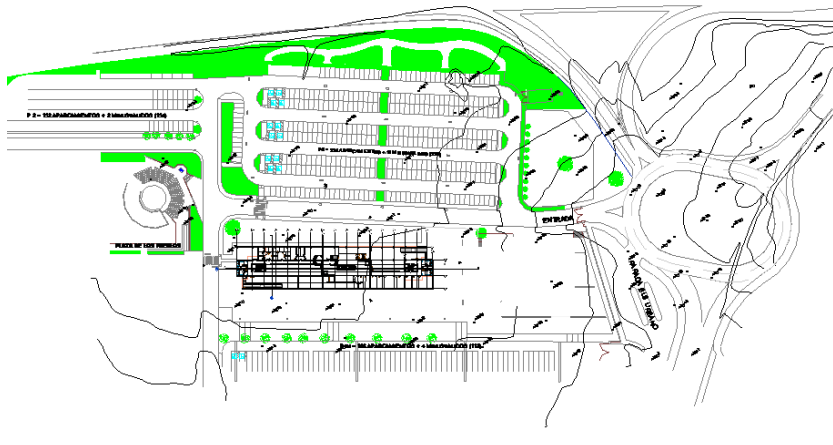


Figura 98. Plano topográfico insertado en la vista de emplazamiento.

Posteriormente, en la herramienta crear, desde importación se seleccionó el plano topográfico como se muestra en la figura 99 y a continuación, se seleccionó la capa que pertenecen las curvas de nivel y se obtuvieron las curvas del terreno.

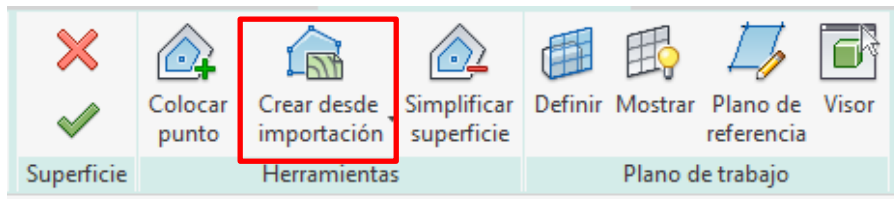


Figura 99. Herramientas de superficie topográfica

Con las curvas de nivel ya definidas (figura 100) se creó una plataforma de construcción. Para crear la plataforma de construcción se seleccionó el icono de plataforma en masa y emplazamiento.

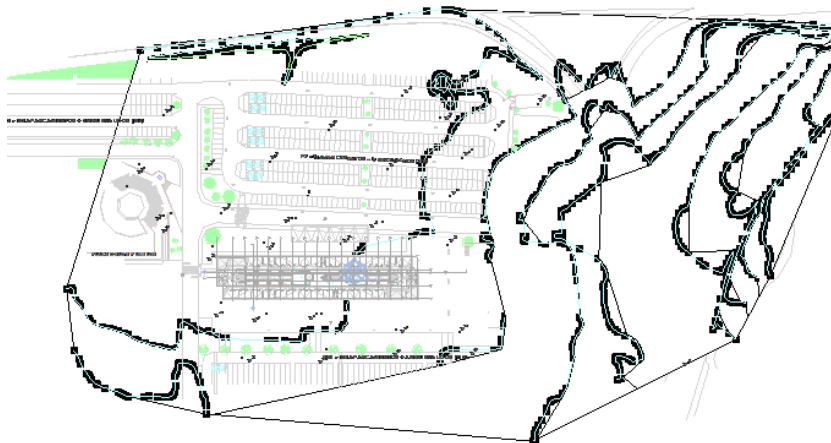


Figura 100. Curvas de nivel por puntos en Revit.

Se creó el contorno de la plataforma, para ello se ayudó con el mapa topográfico y, además, se apreciaba en el plano de alzados del edificio que la plataforma tiene una inclinación. Después de crear la plataforma se le indicó el desfase de la altura en un extremo y en el otro para obtener la pendiente deseada. En la figura 101 se puede ver el conjunto del edificio con la plataforma creada.

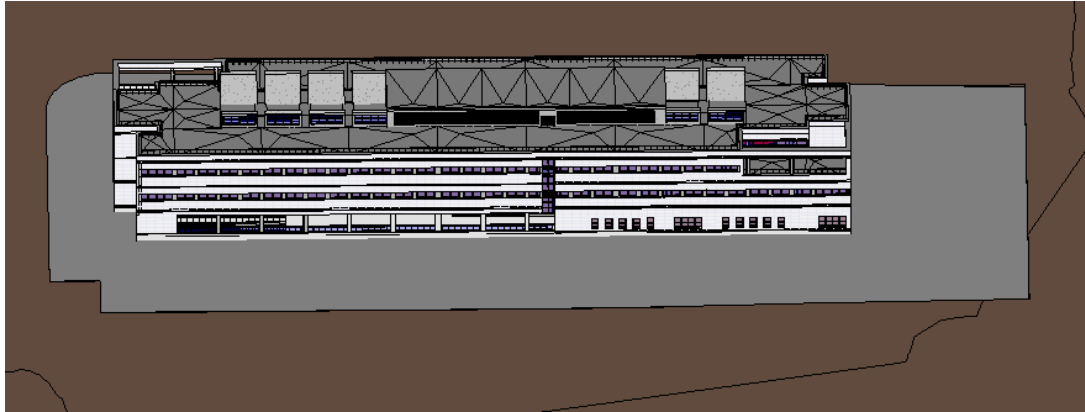


Figura 101. Plataforma de construcción integrada en el edificio.

6.11. UBICACIÓN Y ORIENTACIÓN

En este apartado se ubicó el proyecto en la Universidad de Jaén introduciendo las coordenadas geográficas del proyecto. Esta herramienta se utiliza para los posteriores análisis energéticos y para la obtención de datos necesarios como el clima del lugar o los cálculos necesarios para las instalaciones de calefacción y refrigeración.

Para indicar la ubicación se seleccionó el icono de ubicación dentro del grupo gestionar como se puede ver en la figura 102.

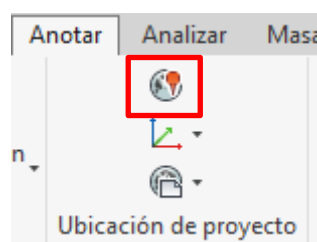


Figura 102. Herramienta ubicación del proyecto.

A continuación, se definió la ubicación con las coordenadas geográficas, aunque también se podrían guiar por el mapa. En las figuras 103 y 104 se muestra la ubicación del proyecto y los datos internos de temperatura del emplazamiento.

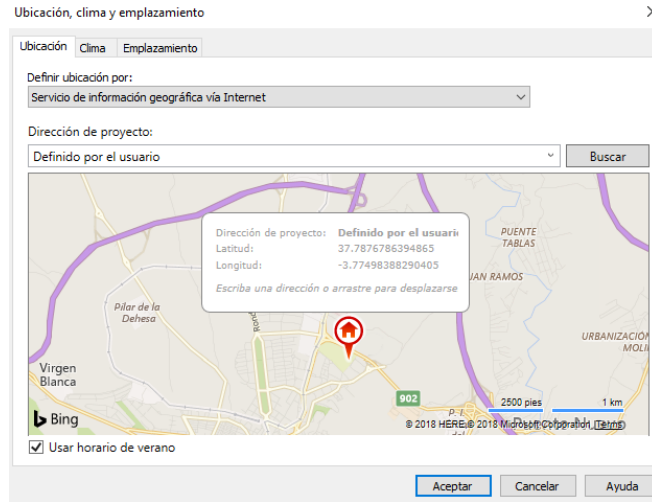


Figura 103. Ubicación del proyecto.

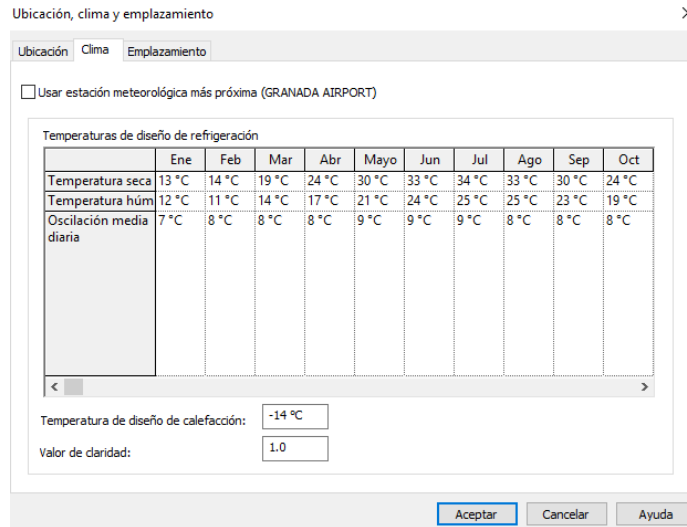


Figura 104. Datos de temperatura del emplazamiento.

Para finalizar se indicó el norte real del proyecto realizado. Primero se debía de activar el recorrido del sol para poder modificarlo, después en la vista de cualquier planta en la ventana de propiedades se seleccionó que mostrase el norte real. A continuación, se seleccionó en el icono girar el norte real que está ubicado en el grupo gestionar debajo de la herramienta de ubicación (figura 102).

En la figura 105 se puede ver el camino del sol que seguiría el 1 de agosto de 2018 y el norte real que está girado en sentido antihorario 30 grados.

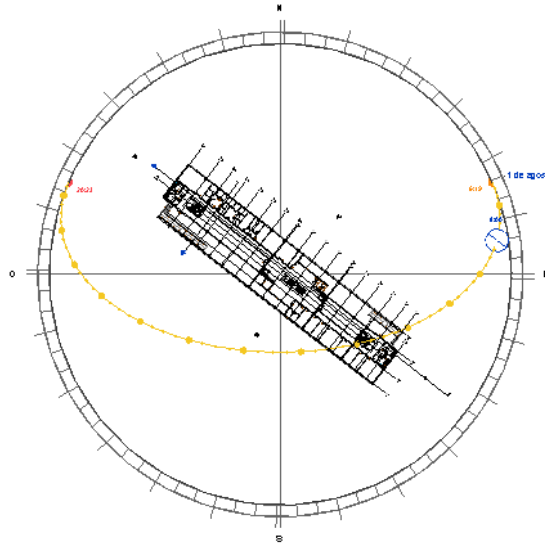


Figura 105. Camino del sol.

6.12. ASIGNACIÓN DE HABITACIONES

Para finalizar este modelado, se asignó una etiqueta a cada habitación para identificar fácilmente las zonas en el plano. Primero se crearon las habitaciones en el icono de habitación en el grupo de arquitectura como condición se debe estar en una vista de planta.

Al seleccionar el icono, Revit identificó automáticamente una habitación que estuviera delimitada por muros. Para crear una habitación se puede hacer de forma manual o Revit puede asignar la etiqueta a las habitaciones automáticamente, ya descrito antes, como se puede ver en la figura 106.

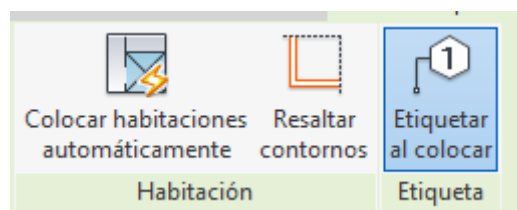


Figura 106. Herramienta colocación de habitaciones.

Una vez etiquetada la habitación se cambió el nombre y se denominó como se quería, además, proporcionó datos como el área. Esta información se puede cambiar modificando la familia.



Figura 107. Etiqueta sala de juntas.

Estas etiquetas son muy útiles para los planos en 2D, también pueden etiquetarse pilares, puertas y demás elementos para una mejor comprensión. En este caso hay un número indicativo de las habitaciones y, debajo, el nombre de la habitación y los metros cuadrados de esta.

Otra herramienta interesante es el esquema de colores. Este esquema colorea las zonas o áreas que se seleccionen para identificar rápidamente áreas de habitaciones, tuberías, zonas de climatización, etc. Para crear este esquema se seleccionó el icono de esquema de colores en el desplegable de la sección de habitaciones situado en el grupo de arquitectura. Una vez dentro se eligió la categoría habitaciones y se les asignó a los nombres de las habitaciones el color que se deseaba como se puede ver en la leyenda de la figura 108. En este proyecto se realizó un plano para la identificación de todas las habitaciones del edificio por colores.



Figura 108. Ejemplo de esquema de colores de la planta baja.

Con la colocación del etiquetado concluye el modelado del edificio C5 del Campus Las Lagunillas, una vez concluido el modelo se pueden obtener los planos y las imágenes renderizadas del proyecto.

En este modelo se podría aumentar más la información como la armadura de las zapatas para el cálculo estructural o la instalación eléctrica o de saneamiento, pero este trabajo fin de grado no tenía como objetivo el cálculo estructural y no se disponía de información suficiente de las instalaciones existentes. También sería interesante introducir el mobiliario para posibles presupuestos en una obra nueva, pero al ser una obra ya construida insertar el mobiliario en los despachos y detalles del emplazamiento como árboles o bancos sería meramente estético.

7. COMPARACIÓN DEL MODELO CON LA REALIDAD

El proceso de renderizado consiste en crear una imagen a partir de un modelo 3D simulando el comportamiento de iluminación, texturas y materiales para una similitud máxima con la realidad. El motor de renderizado del programa es capaz de simular la radiación, reflexión, refracción, iluminación global entre otras, que en muchas ocasiones será difícil de diferenciar entre el renderizado y una fotografía.

Este renderizado puede ser en tiempo real (para el que se necesita un ordenador con unas características especiales) o no. Revit tiene una herramienta de renderizado que crea una imagen del modelo de construcción con un realismo fotográfico.

Para realizar el renderizado primero se debe colocar una imagen 3D del edificio que deseamos renderizar, a continuación, seleccionó renderizar en el grupo de vista o el icono en las herramientas inferiores a la ventana de trabajo. En el cuadro de dialogo se modificó las opciones según interese como la luminosidad el tiempo o la calidad de imagen, esta opción se tendrá que regular según las características del ordenador.

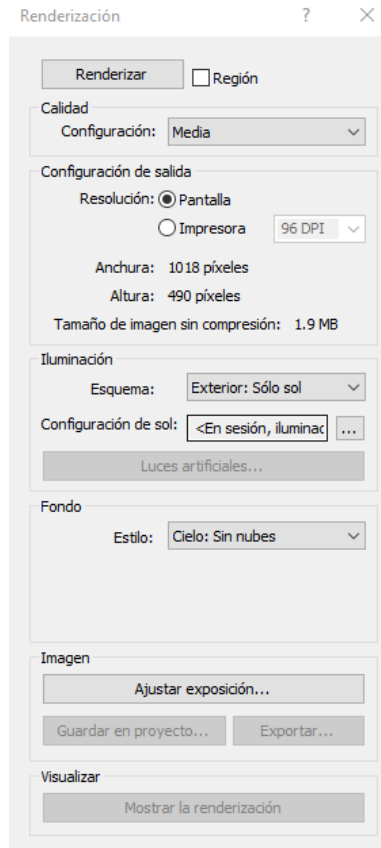


Figura 109. Opciones del renderizado.

Una vez finalizadas las características se puede renderizar y, pasado un tiempo, se muestra la imagen renderizada del proyecto que se puede guardar o exportar como se muestra en la figura 109.

Para imágenes interiores o para vistas desde un punto exacto del plano se utilizó la herramienta de cámara, esta herramienta está ubicada en el grupo vista en el desplegable de vista 3D. Al pulsar el icono cámara, en el cursor, apareció una cámara que se podía ser colocada en cualquier punto del plano como se muestra en la figura 110 y, después, se realizó una imagen del modelo y ya se realizó la renderización de la imagen captada por la cámara. En esta vista de cámara se pueden modificar propiedades tales como distancias y altura del ojo para conseguir la captura deseada.

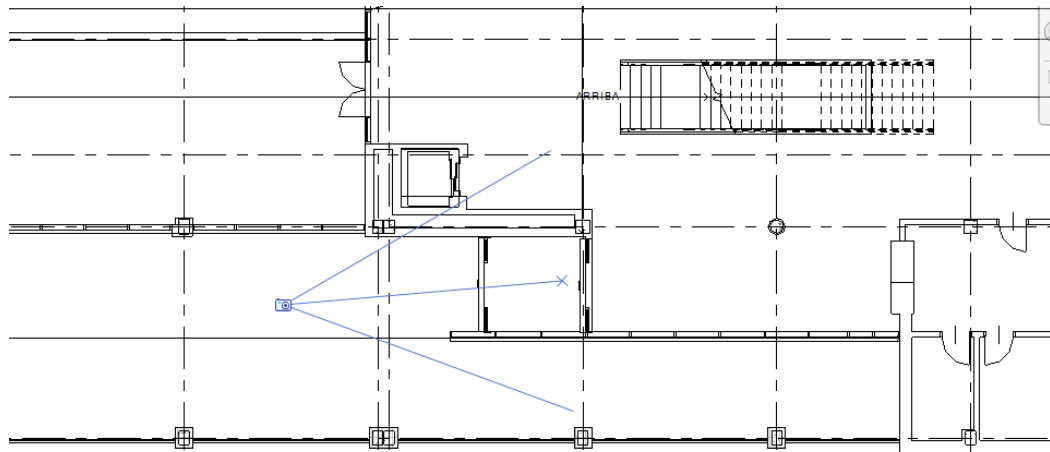


Figura 110. Vista cámara situada en la planta baja.

Para finalizar se muestran unas imágenes renderizadas comparadas con imágenes reales que han sido realizadas similarmente como en la colocación de la cámara de renderizado. Estas imágenes renderizadas tienen una calidad óptima.

Una vez insertadas todas las cámaras en el modelo y realizadas las fotografías reales al edificio ya se podía renderizar como se ha descrito anteriormente. Para ello, hubo que configurar algunos parámetros como la luz y la situación de la cámara, ya sea si se está en el interior o exterior del edificio.

Todas las imágenes renderizadas tardaron en renderizarse unos 30 minutos, esto depende del ordenador y las características de este y, sobre todo, de la calidad optada por cada imagen. Todas las imágenes fueron renderizadas con una calidad óptima.



Figura 111. Imagen exterior del edificio.



Figura 112. Imagen renderizada de Revit.



Figura 113. Imagen entrada oeste.



Figura 114. Imagen renderizada entrada oeste Revit.



Figura 115. Imagen sala de exposiciones oeste.



Figura 116. Imagen renderizada sala de exposiciones oeste.



Figura 117. Imagen primera planta oeste.



Figura 118. Imagen renderizada primera planta oeste.

8. DOCUMENTACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DEL EDIFICIO

Siguiendo los objetivos de este proyecto, una parte importante es la gestión y el mantenimiento del edificio durante toda su vida útil. En los siguientes apartados se describirá la documentación que se adjunta en el proyecto y que hacer después del modelado en BIM.

8.1. PLANOS DEL EDIFICIO

Para la obtención de planos se tuvo que realizar una familia nueva en donde se creó el cajetín y las dimensiones del plano, en este caso un plano A3. Para crear una nueva familia se dirigió al grupo archivo y, a continuación, se eligió una familia de bloque de título con un tamaño nuevo como se observa en la figura 119.

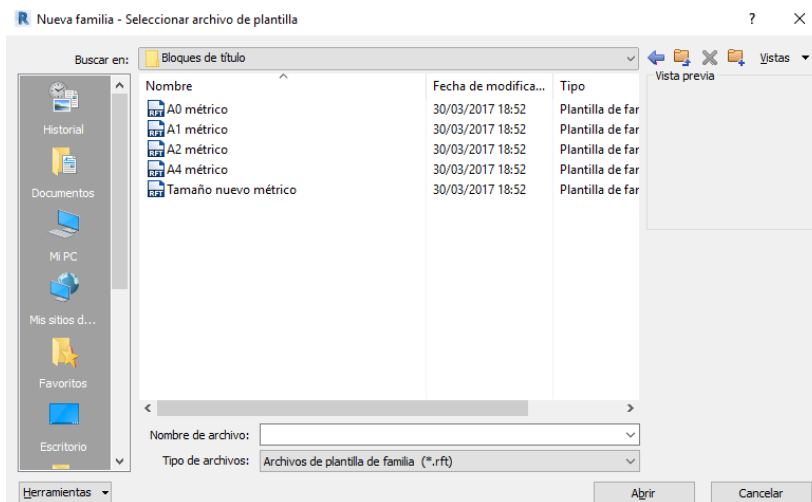


Figura 119. Nueva familia bloque de título.

Seguidamente, dentro del editado de la familia se vieron varias herramientas para añadir texto, líneas y etiquetas, entre otras. Así, se introdujeron las medidas de un plano A3 (420 x 297 mm) y se diseñó un cajetín apropiado. Una vez creada la estructura del cajetín se insertaron los títulos de las secciones y se crearon las etiquetas correspondientes como la fecha, la escala, la identificación y el nombre del plano, estas etiquetas son textos editables en cada proyecto en concreto. Por último, se insertó el logo de la Universidad de Jaén y se guardó como familia para luego utilizarlo en presentes y futuros proyectos.



Figura 120. Bloque de título.

Con el edificio ya terminado se pueden crear los planos con la familia creada, para ello se accedió al navegador de proyectos en el apartado con el nombre de planos y se creó un plano nuevo.

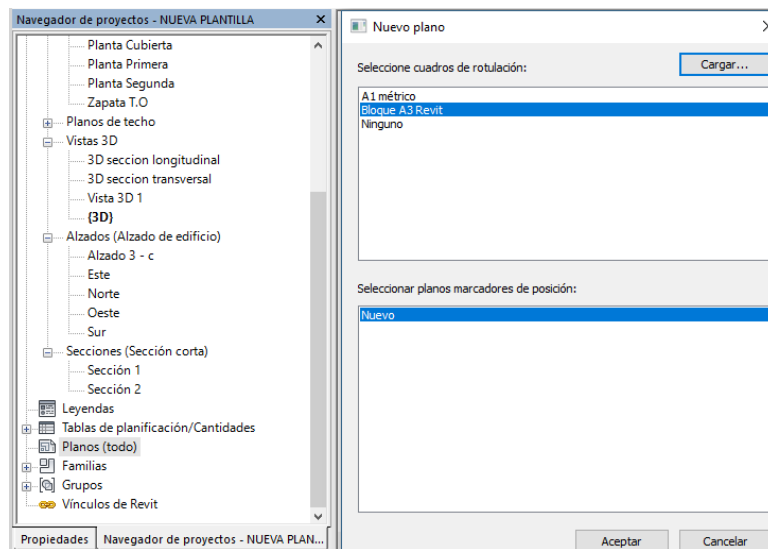


Figura 121. Nuevo plano.

Se seleccionó la familia creada y, para insertar una vista, se arrastró el plano que se deseaba mostrar, ya sea un plano de planta, o una sección en 3D o una vista de cámara. Además, se le ajusta la escala y se le introdujeron los nombres de las etiquetas. En la figura 122 se adjunta un ejemplo del plano terminado. En el Anexo I se mostrarán los planos del edificio con más calidad.

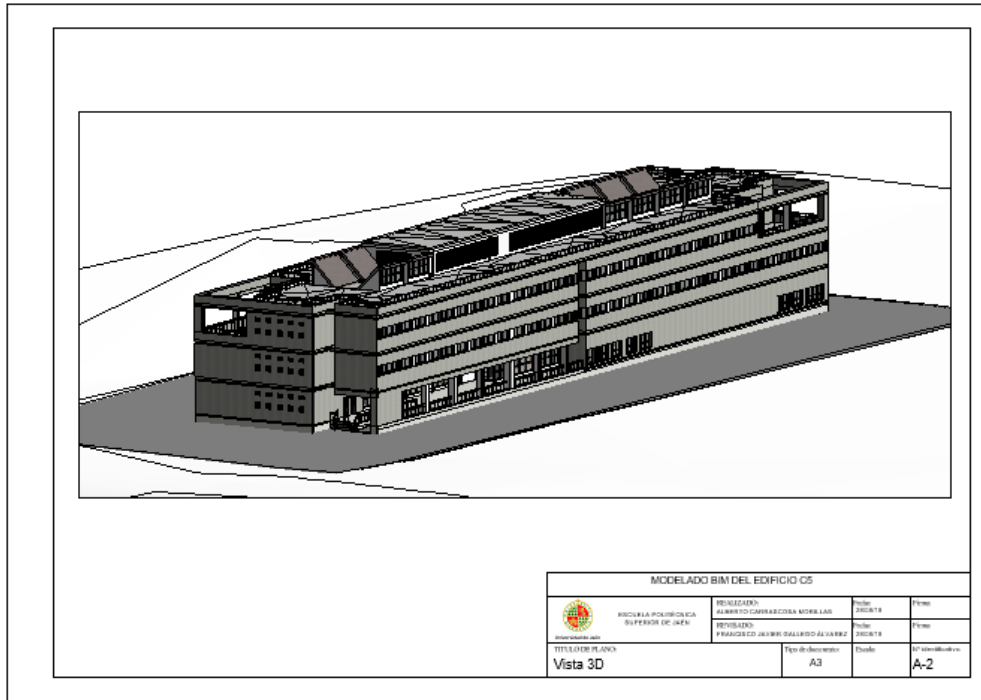


Figura 122. Ejemplo de plano vista 3D.

Los planos se podían imprimir directamente o exportar en el grupo archivo, seleccionando el icono exportar (figura 123). En esta pestaña había varias opciones de calidad como DWG, DXF, DGN y SAT para tener una calidad óptima para los proyectos que necesitan estar bien definidos y con un nivel de detalle alto.

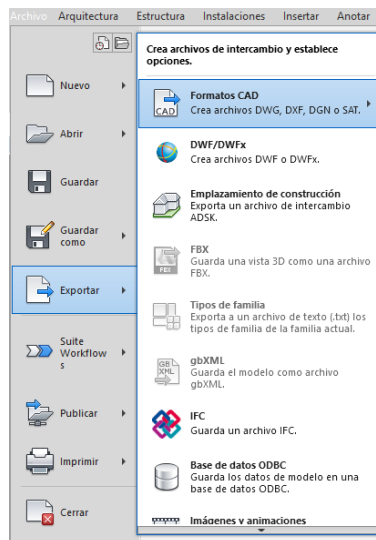


Figura 123. Opciones exportar.

Para este trabajo fin de grado se crearon los planos de cada planta, así como las secciones y alzados del edificio.

8.2. TABLAS DE PLANIFICACIÓN/CANTIDADES

Una de las utilidades más interesantes del programa y la metodología BIM es el ahorro de tiempo y el poder eliminar errores. En Revit, en el navegador de proyectos, se encuentran las tablas de planificación/cantidades y, en esta sección, se pueden saber todos los elementos insertados en el proyecto y las cantidades de cada uno además de toda la información disponible de cada familia.

Para obtener esta tabla de planificación se seleccionó el nombre de la tabla de las que se deseaba conocer las cantidades o la medida (figura 124) y, con solo un *click*, se pudo obtener la información necesaria. Esta herramienta es de gran ayuda en los presupuestos o para hacer el inventario de los materiales.

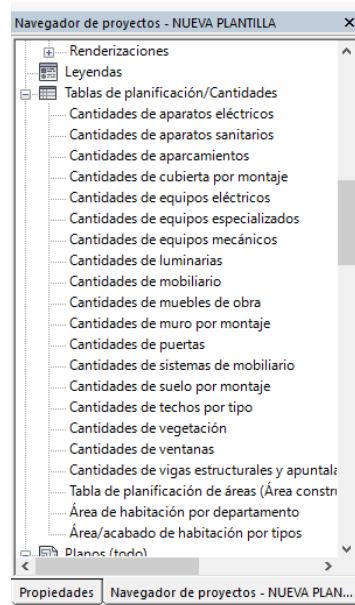


Figura 124. Tabla de planificación y cantidades.

Una vez seleccionada la tabla se puede exportar o introducir más información como una imagen ilustrativa de un montaje o insertar alguna fila si fuese necesario. En la figura 125 se puede ver un ejemplo de la tabla de planificación de las puertas. Como este edificio ya está construido resultaría interesante esta herramienta si se quisieran cambiar todas las puertas para un presupuesto o para consultar la información de estas. Las puertas que vienen por defecto de Revit tienen poca información ya que no viene incluido ni el fabricante, código de montaje, modelo, tipo de construcción, etc.

<Cantidades de puertas>							
A	B	C	D	E	F	G	H
Código de montaje	Descripción de montaje	Recuento	Descripción de puerta	Tipo	Clasificación para incendio	Descripción	Tipo de construcción
		2	Doble cristal de muro cortina	Doble cristal de muro c			
		174	Puerta abatible 2	puerta interior despac			
		2	Puerta atambrada de 2 hoj	Puerta de 2 hojas des			
		2	Puerta atambrada de 2 hoj	puerta doble pB			
		2	Muro cortina-Fachada de tie	puertas entrada lado d			
		6	Puerta abatible 2	puerta baño 86			
		24	Puerta abatible 2	puerta baño 76			
		12	Corredera - Simple	corredera baño			
		1	Puerta abatible con cristal	puertas escaleras			
		11	Puerta cristal cuadrado	puerta escalera cristal			
		4	Puerta de cristal abatible	Puerta de cristal abatib			
		16	Puerta baño máf	baño longitudinal			
		4	Puerta emergencia	Puerta emergencia	60 to 90	Single Swinging De	
		1	Puerta atambrada de 2 hoj	puerta doble cumbre			
C1020100	Interior Doors	2	Puerta corredera cristal aut	puerta entrada		The AL 401 is the	Bi-parting Aluminium Fra
Total general							

Figura 125. Tabla de planificación puertas.

9. CONCLUSIONES

En este proyecto se han descrito multitud de ventajas y utilidades sobre Revit, el software utilizado en la realización de proyectos constructivos, una de ellas es el ahorro de tiempo ya que, si este proyecto se hubiera realizado en CAD, tendría un coste mucho mayor, que es una parte importante en las empresas.

Para posibles trabajos en un futuro una herramienta muy útil es la simulación de construcción en Navisworks que permite simular la construcción del edificio además de planificar los tiempos de construcción. En este proyecto, al ser una obra existente, no se ha simulado.

Este proyecto no acaba después de realizar el modelo BIM del edificio como ya se ha comentado antes en la dimensión 7, sino que habrá, además, un mantenimiento y unas utilidades en el proyecto. Los materiales modelados en el proyecto se deteriorarán, ya sea por el uso o por condiciones externas y, en este caso, Revit tiene tanto el estudio de cada material como la vida útil de este, el mantenimiento o la eficiencia energética, entre otra información. Al cliente se le entregaría la siguiente documentación: modelo del edificio en Revit en RVT, los planos en PDF, las familias existentes en el proyecto, los materiales que por defecto no estuvieran en Revit y las imágenes renderizadas del proyecto. Con esta documentación el cliente tiene toda la información relevante del proyecto.

En el caso de que algún componente deje de estar operativo, Revit puede dar la información necesaria para reemplazarlo o para hacer la reforma del proyecto y con

ello se cambiaría en el modelo 3D. Es necesario que siempre esté actualizado al momento ya que puede ser una herramienta útil para rediseñar o reformar un sistema de climatización nuevo que mejore el anterior.

Otra cualidad comentada en la dimensión 4 es la generación de presupuestos. Por ejemplo, si se reforma el edificio, al modificar el modelado BIM proporciona el coste de esa reforma ya que los materiales están asociados a un precio por metro o metros cuadrados según el material.

La documentación e información obtenida en Revit es más precisa y coherente que si se hiciera en CAD. Cuando ocurre un error en el modelado, Revit lo encuentra, da un aviso y lo muestra en amarillo para que se identifique. Los avisos pueden ser ignorados cuando Revit lo soluciona automáticamente ahorrando mucho tiempo sino no se pueden ignorar.

El objetivo principal fue crear el modelo BIM del edificio C5, un modelado muy extenso con un nivel de detalle alto, aunque se podría ampliar añadiendo el armado de los pilares y zapata. Además, se generaron con bastante calidad los planos y documentos del edificio.

Esta metodología todavía tiene mucho camino por recorrer por eso se está implementado lentamente en las empresas porque todavía presentan algunas limitaciones. Además, se necesita una gran inversión ya que necesita unas equipos informáticos y software bastante potentes para soportar toda la información y el potencial del programa. La formación es necesaria para los ingenieros y arquitectos para aprender íntegramente esta metodología. Toda esta inversión sigue siendo una barrera que se superará con el paso del tiempo y se procederá a la mejora del método.

La dificultad que se observó durante la realización de este trabajo fue la creación de nuevas familias y materiales, aunque sea fácil crear una familia simple hay que completar toda la información y las restricciones para que no salgan avisos. En este aspecto sería bueno una numeración de las restricciones e información necesaria para poder editar o crear fácilmente. La biblioteca por defecto de Revit es muy amplia y se asemeja mucho a las necesidades reales de los proyectos, pero no contiene información de montaje, coste, etc. Otra dificultad fue modelar algunos

elementos interiores que no se veían en un plano y era necesario verlo en una vista sección 3D.

Otra limitación es la falta de normas globales para los proyectos BIM, por ejemplo, que LOD se debería hacer en cada proyecto e implantar el reparto de responsabilidades de cada agente, así el Ministerio de Fomento tendría que intervenir en este aspecto.

Para este proyecto se encontró mucho material en la red que forma y explica el programa a profesionales, esto es una ventaja ya que se pudo ver que está extendido y demandado. La inclusión de Revit es cada vez mayor en empresas y organismos públicos esto causará la exclusión de otros programas como CAD, ya que Revit es mucho más completo. Además, Autodesk tiene un soporte excelente a través de la web como preguntas de los usuarios y guías de herramientas del programa además de foros y temas sobre BIM.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

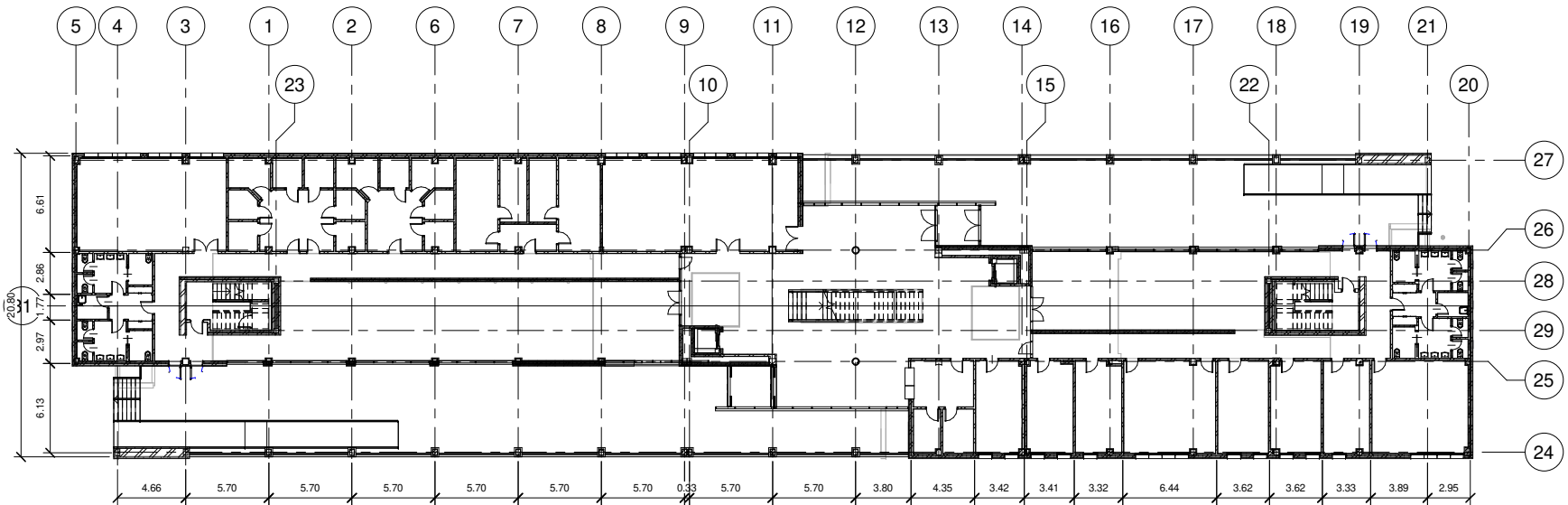
- Abascal, N. (2017). Grupo Ditecsa. [En línea] Obtenido de <http://www.grupoditecsa.com/es/metodologia-bim-renovarse-o-morir/>
- BIMobject. (s.d.). [Fecha de consulta: julio 2018] Obtenido del sitio web <https://bimobject.com/es>
- CADBIM3D. (2017). [En línea] Obtenido de <https://www.cadbim3d.com/2017/03/simulacion-de-proyectos-bim-4d-navisworks-timeliner.html>
- Coloma Picó, E. (2008). Introducción a la tecnología BIM. barcelona: departament d'expressió Gráfica Arquitectónica.
- Coordina Bim Consulting. (2018). [En línea] Obtenido de https://www.bimconsulting.cl/planificacin_bim
- Cuartero, Juan A. (2018). Viconsas S.A. [En línea] Obtenido de <http://viconsas.es/las-siete-dimensiones-bim/>
- Ditecsa. (2017). grupo ditecsa. [En línea] Obtenido de <http://www.grupoditecsa.com/en/metodologia-bim-renovarse-o-morir/>
- Esarte Esevenri, A. (2017). Espacio BIM. Obtenido de <https://www.espaciobim.com/bim-obligatorio-espana-2018/>
- Fundación laboral de la construcción. (s.f.). EntornoBIM.org. [En línea] Obtenido de <http://blog.entornobim.org/perfiles-roles-bim/>
- González Pérez, C. (2015). Building Information Modeling: Metodología, aplicaciones y ventajas. Valencia.
- Google. (s.f.). Google Maps. [En línea] Obtenido de <https://www.google.es/maps>
- Google Trends. [Fecha de consulta: julio de 2018]. Obtenido de <https://trends.google.es/trends/explore?date=all&q=revit,ARCHICAD,ALLPLAN,Bentley%20Architecture,Sketchup>
- Hijano, M. (2013). Camina Ahora. [En línea] Obtenido de <http://caminahora.com/tecnologia-bim/>
- Ministerio de Fomento. (s.f.). es.bim. [Fecha de consulta: julio de 2018] Obtenido de <http://www.esbim.es>
- Ministerio de Hacienda y Función Pública. (2018). [Fecha de consulta: julio de 2018] Sede electrónica del Catastro. Obtenido de <https://www1.sedecatastro.gob.es>
- Muñoz Gómez, S. (2015). BIM en el mundo. [En línea] Madrid: esBIM.


Ortega, A. S. (2016). Espacio BIM. [En línea] Obtenido de
<https://www.espaciobim.com/que-es-el-lod-nivel-de-detalle/>

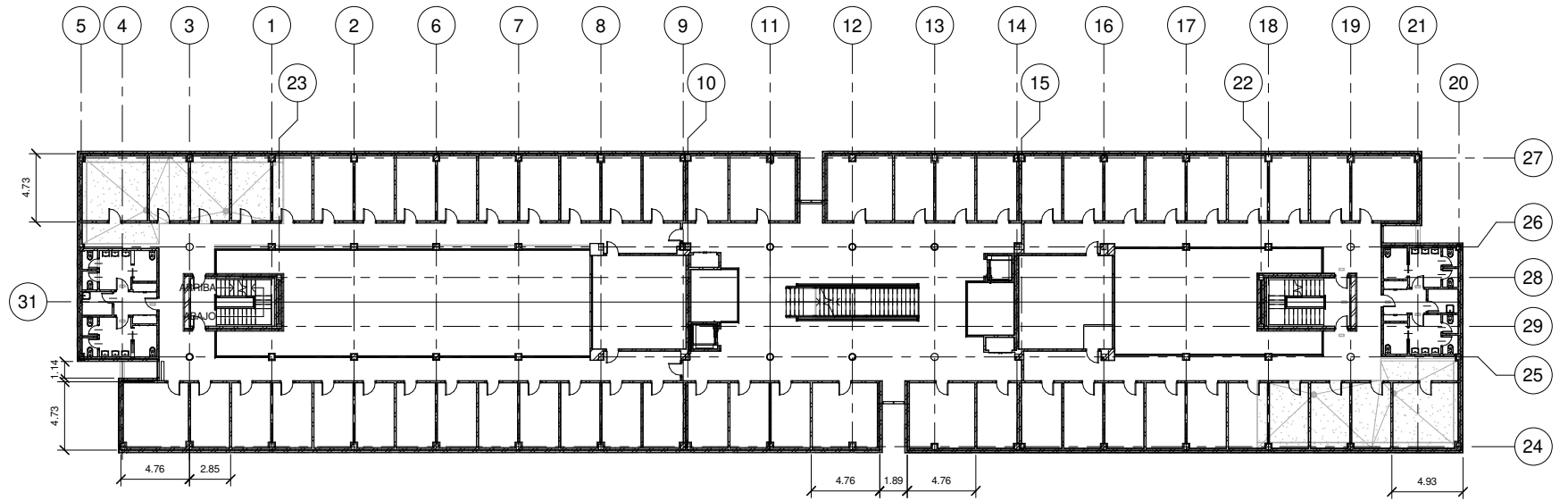
Romagnoli, M. (2016). Capsoft. [En línea] Obtenido de
<http://www.capsoft.com.bo/single-post/2016/04/18/10-Importantes-Razones-que-convierten-a-Revit-en-el-programa-BIM-obligatorio>


Sefaira Inc. (2018). [En línea] Obtenido de
<https://www.buildingenergysoftwaretools.com/software/sefaira-architecture>

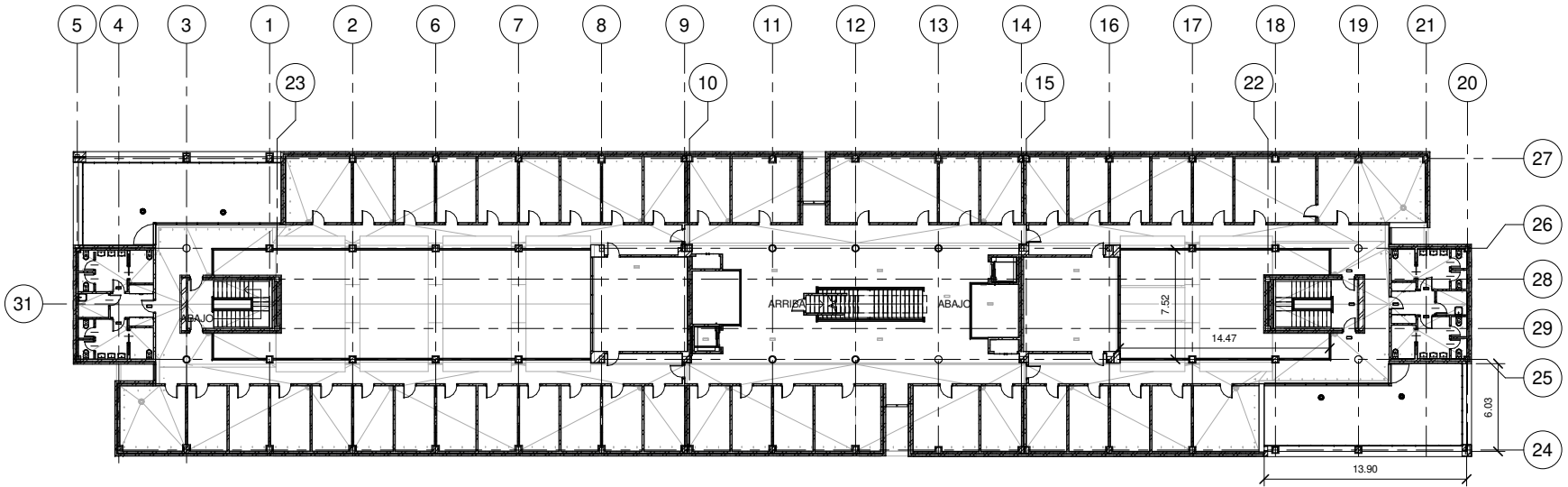
**ANEXO I: PLANOS DEL EDIFICIO C5 DEL CAMPUS LAS
LAGUNILLAS**




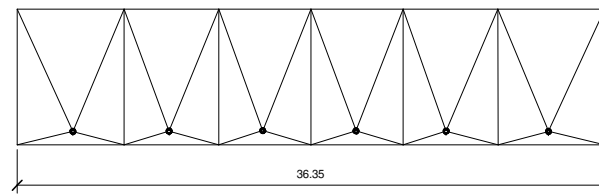
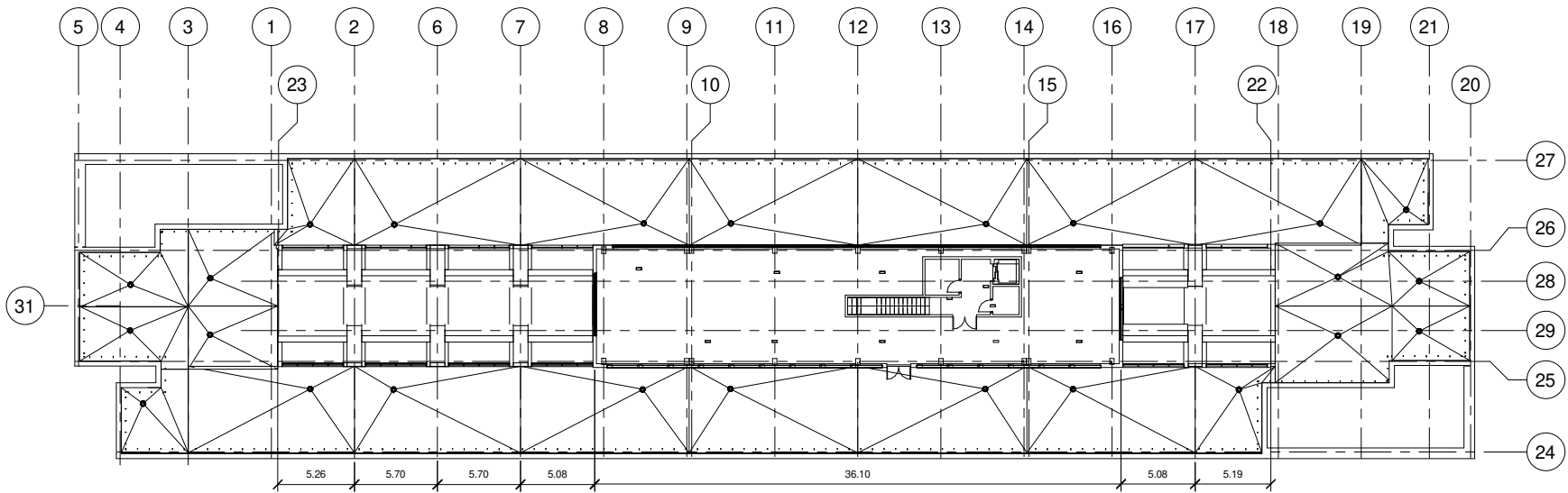
MODELADO BIM DEL EDIFICIO C5			
 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN <small>Universidad de Jaén</small>	REALIZADO: ALBERTO CARRASCOSA MORILLAS	Fecha: 09/05/18	Firma:
	REVISADO: FRANCISCO JAVIER GALLEGÓ ÁLVAREZ	Fecha: 09/05/18	Firma:
TÍTULO DE PLANO: Planta baja	Tipo de documento: A2	Escala: 1 : 200	Nº identificativo: A-1




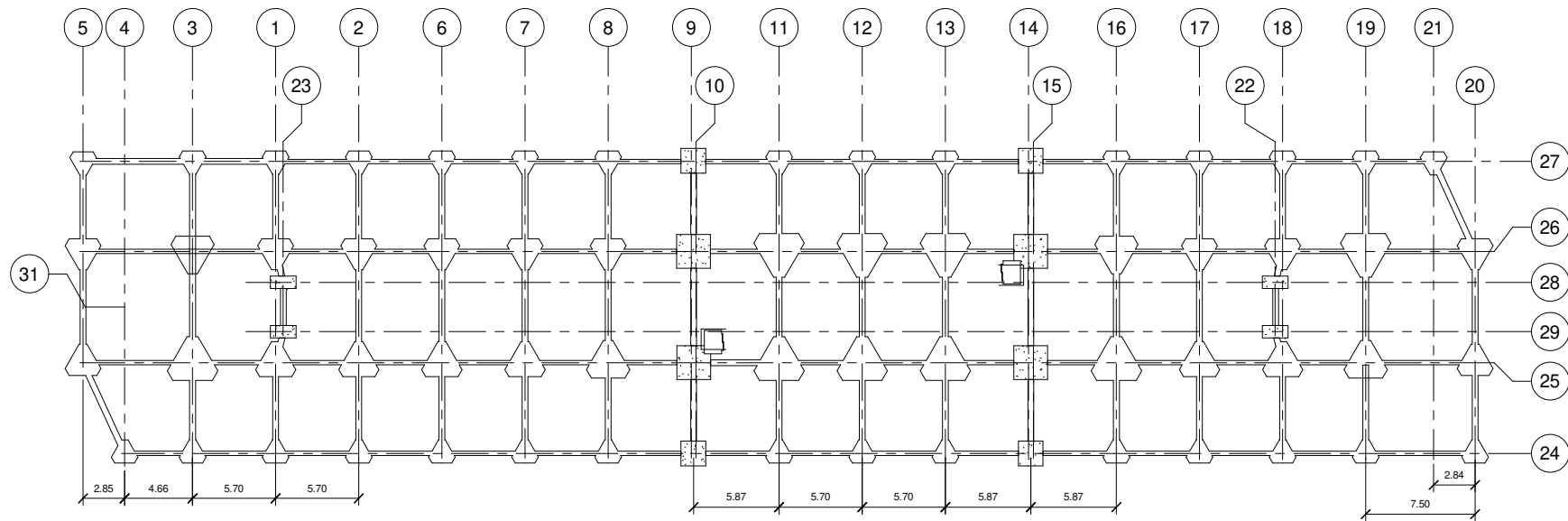
MODELADO BIM DEL EDIFICIO C5			
 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN <small>Universidad de Jaén</small>	REALIZADO: ALBERTO CARRASCOSA MORILLAS	Fecha: 09/05/18	Firma:
	REVISADO: FRANCISCO JAVIER GALLEGO ÁLVAREZ	Fecha: 09/05/18	Firma:
TÍTULO DE PLANO: Planta primera	Tipo de documento: A2	Escala: 1 : 200	Nº identificativo: A-2




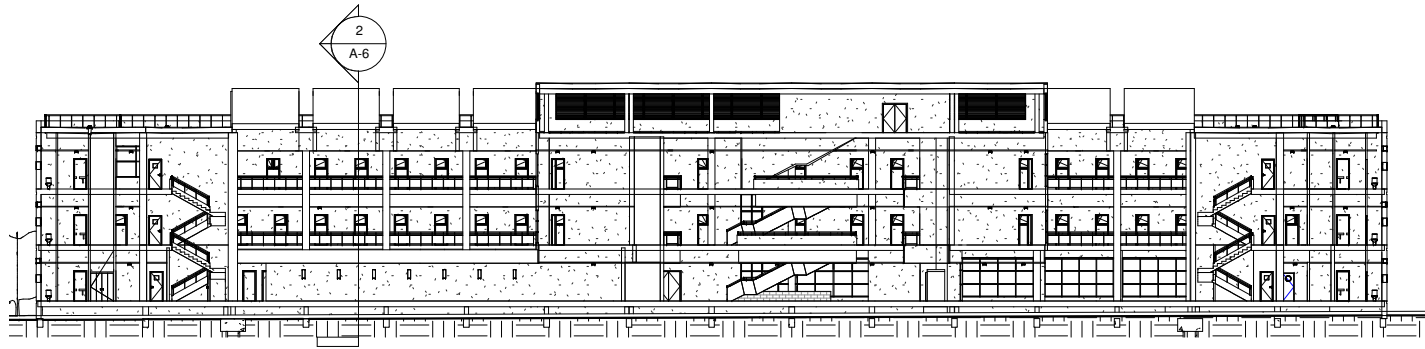
MODELADO BIM DEL EDIFICIO C5			
 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN <small>Universidad de Jaén</small>	REALIZADO: ALBERTO CARRASCOSA MORILLAS	Fecha: 09/05/18	Firma:
	REVISADO: FRANCISCO JAVIER GALLEGU ALVAREZ	Fecha: 09/05/18	Firma:
TÍTULO DE PLANO: Planta segunda	Tipo de documento: A2	Escala: 1 : 200	Nº identificativo: A-3



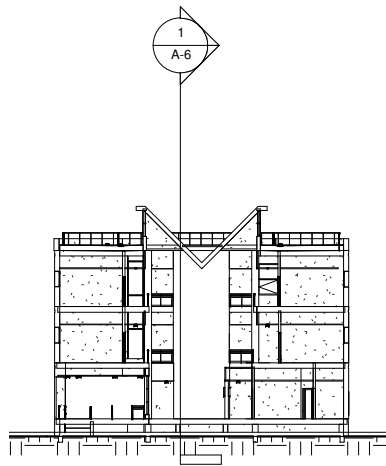
MODELADO BIM DEL EDIFICIO C5			
 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN <small>Universidad de Jaén</small>	REALIZADO: ALBERTO CARRASCOA MORILLAS	Fecha: 09/05/18	Firma:
	REVISADO: FRANCISCO JAVIER GALLEGÓ ÁLVAREZ	Fecha: 09/05/18	Firma:
TÍTULO DE PLANO: Planta cubierta	Tipo de documento: A2	Escala: 1 : 200	Nº identificativo: A-4



MODELADO BIM DEL EDIFICIO C5			
 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN <small>Universidad de Jaén</small>	REALIZADO: ALBERTO CARRASCOSA MORILLAS	Fecha: 09/05/18	Firma:
	REVISADO: FRANCISCO JAVIER GALLEGO ÁLVAREZ	Fecha: 09/05/18	Firma:
TÍTULO DE PLANO: Cimentación	Tipo de documento: A2	Escala: 1 : 200	Nº identificativo: A-5




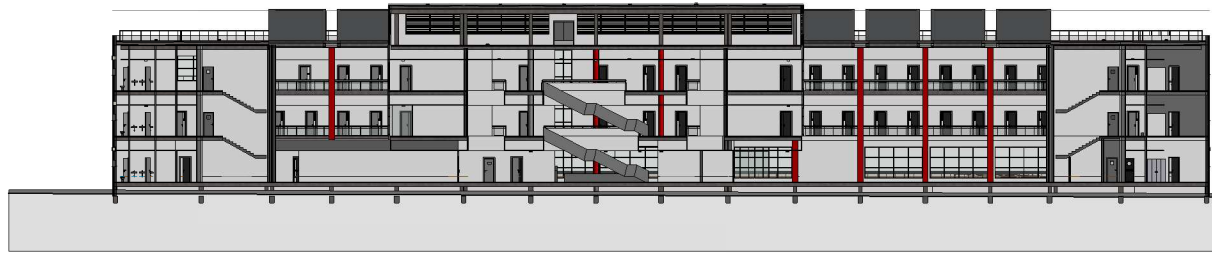
1 seccion longitudinal
1 : 325



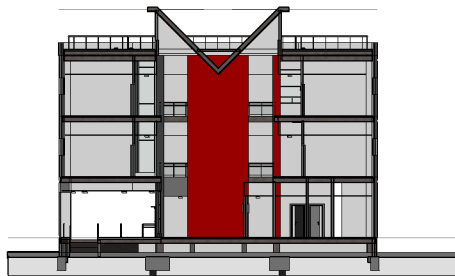
2 seccion transversal
1 : 325

MODELADO BIM DEL EDIFICIO C5

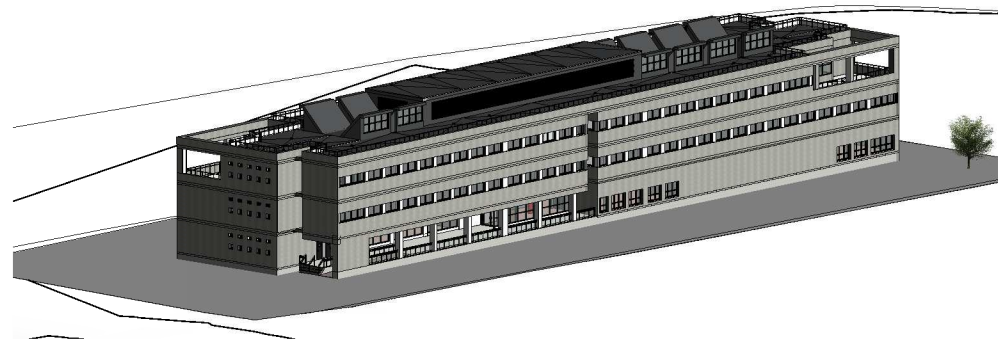
 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN Universidad de Jaén	REALIZADO: ALBERTO CARRASCOSA MORILLAS	Fecha: 09/05/18	Firma:
	REVISADO: FRANCISCO JAVIER GALLEGO ÁLVAREZ	Fecha: 09/05/18	Firma:
TÍTULO DE PLANO: secciones	Tipo de documento: A3	Escala: 1 : 325	Nº identificativo: A-6




1 3D seccion longitudinal

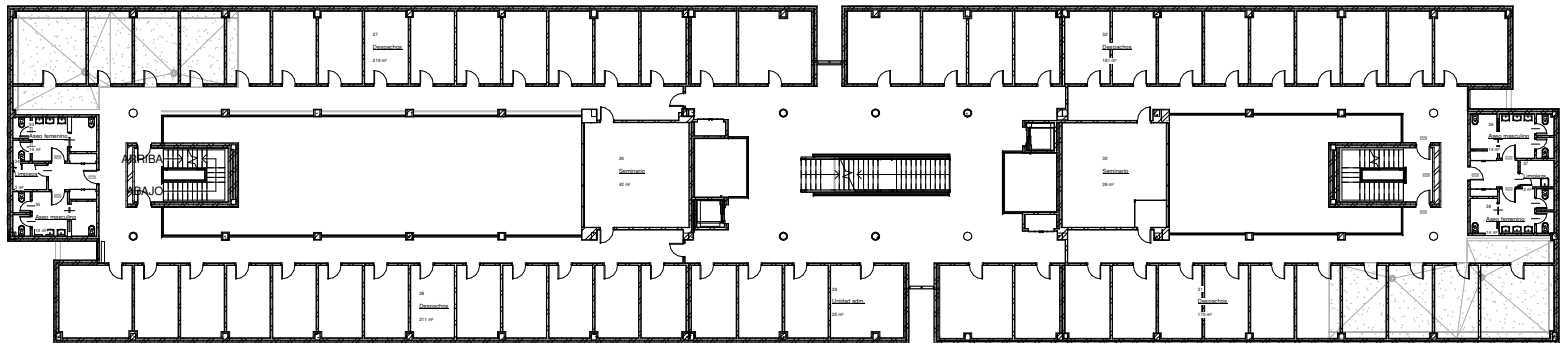
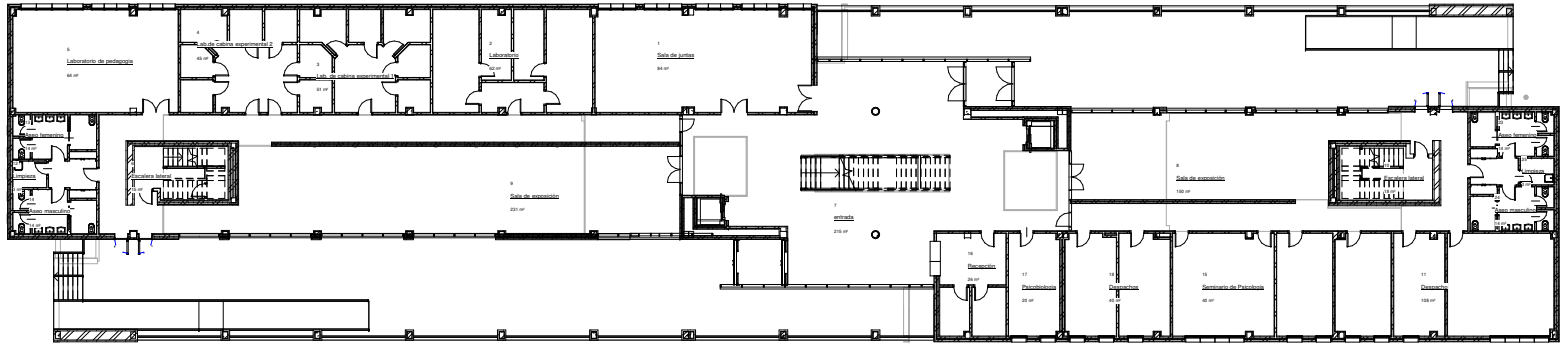



2 3D seccion transversal

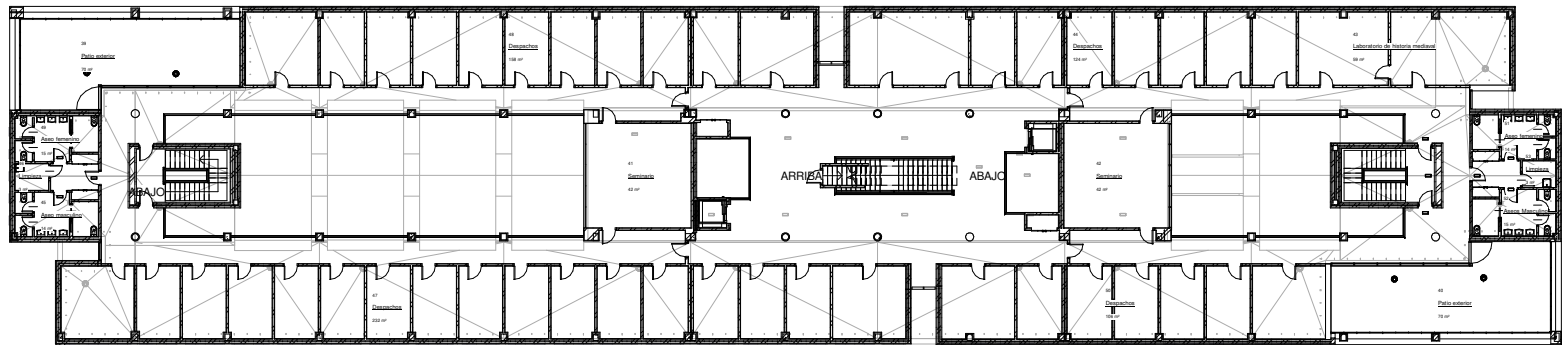



3 3D

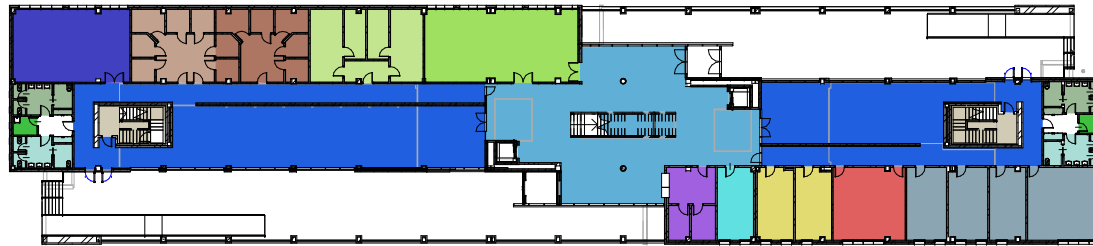
MODELADO BIM DEL EDIFICIO C5				
 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN <small>Universidad de Jaén</small>	REALIZADO: ALBERTO CARRASCOSA MORILLAS	Fecha: 09/03/18	Firma:	
	REVISADO: FRANCISCO JAVIER GALLEGO ÁLVAREZ	Fecha: 09/03/18	Firma:	
TÍTULO DE PLANO: Secciones	Tipo de documento: A3	Escala:	Nº identificativo: A-7	



MODELADO BIM DEL EDIFICIO C5			
 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN	REALIZADO: ALBERTO CARRASCOSA MORILLAS	Fecha: 09/05/18	Firma:
	REVISADO: FRANCISCO JAVIER GALLEGÓ ÁLVAREZ	Fecha: 09/05/18	Firma:
TÍTULO DE PLANO: Habitaciones planta baja y primera	Tipo de documento: A2	Escala: 1 : 200	Nº identificativo: A-8




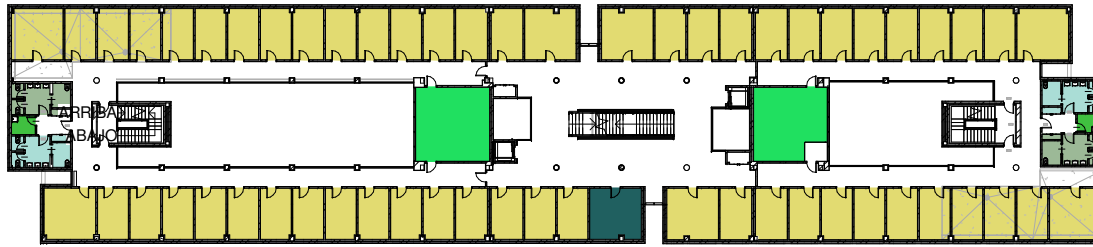
MODELADO BIM DEL EDIFICIO C5			
 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN Universidad de Jaén	REALIZADO: ALBERTO CARRASCOSA MORILLAS	Fecha: 09/05/18	Firma:
	REVISADO: FRANCISCO JAVIER GALLEGÓ ÁLVAREZ	Fecha: 09/05/18	Firma:
TÍTULO DE PLANO: Habitaciones planta segunda	Tipo de documento: A2	Escala: 1 : 200	Nº identificativo: A-9



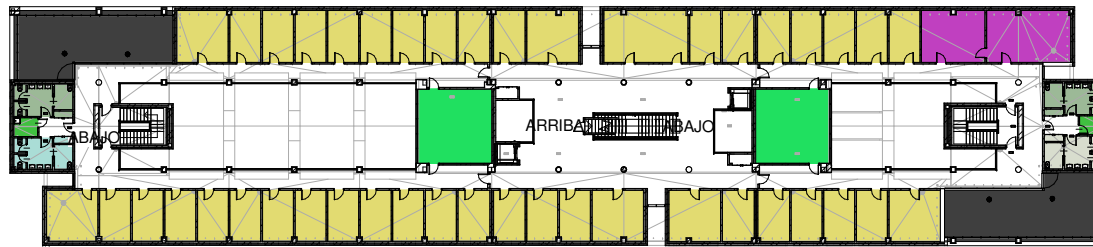
1 Planta Baja habitaciones
1 : 400

- Aseo femenino
- Aseo masculino
- Despacho
- Despachos
- entrada
- Escalera lateral
- Lab. de cabina experimental 1
- Lab.de cabina experimental 2
- Laboratorio
- Laboratorio de pedagogia
- Limpieza
- Psicobiologia
- Recepción
- Sala de exposición
- Sala de juntas
- Seminario de Psicología

MODELADO BIM DEL EDIFICIO C5			
 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN <small>Universidad de Jaén</small>	REALIZADO: ALBERTO CARRASCOSA MORILLAS	Fecha: 09/04/18	Firma:
	REVISADO: FRANCISCO JAVIER GALLEG0 ALVAREZ	Fecha: 09/04/18	Firma:
TITULO DE PLANO: Habitaciones planta baja	Tipo de documento: A3	Escala: 1 : 400	Nº identificativo: A-10




1 Planta Primera habitaciones
1 : 400

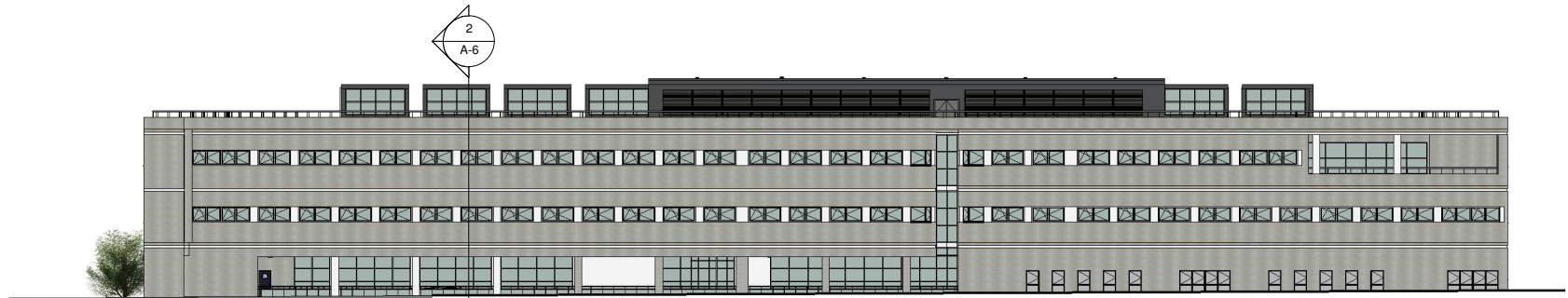


2 Planta Segunda habitaciones
1 : 400

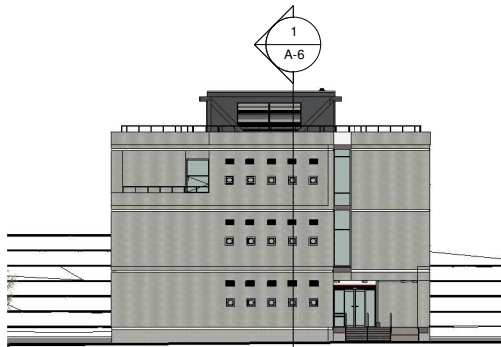
- Aseo femenino
- Aseo masculino
- Despachos
- Limpieza
- Seminario
- Unidad adm.

- Aseo femenino
- Aseo masculino
- Aseos Masculino
- Despachos
- Laboratorio de historia medieval
- Limpieza
- Patio exterior
- Seminario

MODELADO BIM DEL EDIFICIO C5			
 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN <small>Universidad de Jaén</small>	REALIZADO: ALBERTO CARRASCOSA MORILLAS	Fecha: 09/05/18	Firma:
	REVISADO: FRANCISCO JAVIER GALLEGO ÁLVAREZ	Fecha: 09/05/18	Firma:
TÍTULO DE PLANO: Habitaciones primera y segunda	Tipo de documento: A3	Escala: 1 : 400	Nº identificativo: A-11




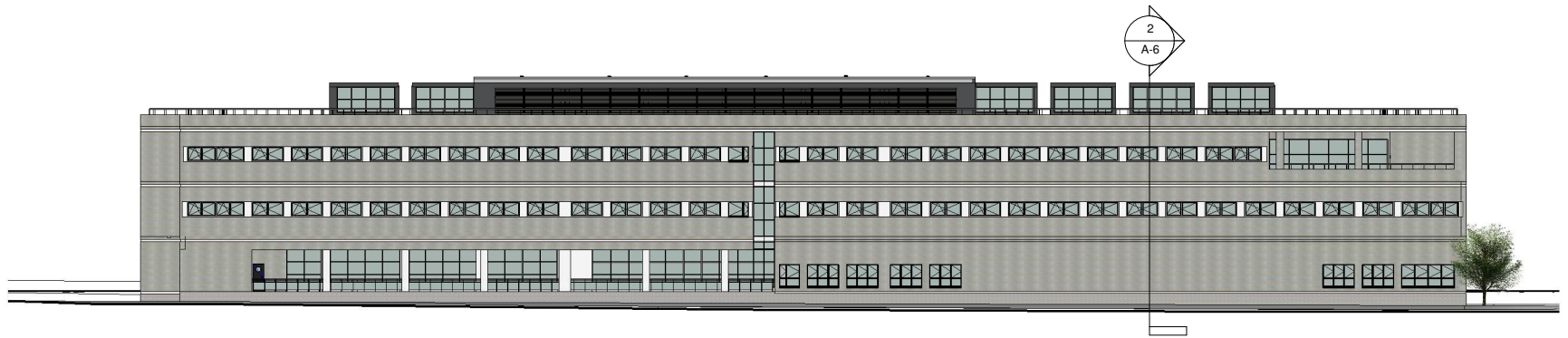
1 Sur
1 : 300



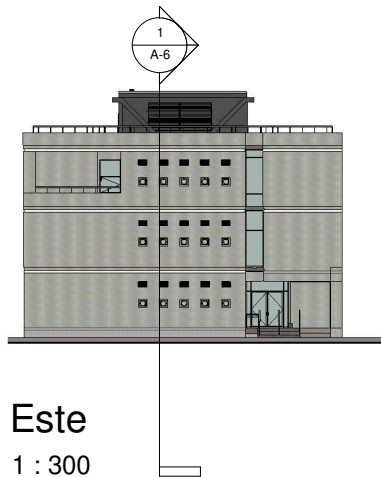
2 Oeste
1 : 300

MODELADO BIM DEL EDIFICIO C5

 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN Universidad de Jaén	REALIZADO: ALBERTO CARRASCOSA MORILLAS	Fecha: 09/03/18	Firma:
	REVISADO: FRANCISCO JAVIER GALLEGO ÁLVAREZ	Fecha: 09/03/18	Firma:
TÍTULO DE PLANO: Alzados	Tipo de documento: A3	Escala: 1 : 300	Nº identificativo: A-12




2 Norte
1 : 300



1 Este
1 : 300

MODELADO BIM DEL EDIFICIO C5

 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN Universidad de Jaén	REALIZADO: ALBERTO CARRASCOSA MORILLAS	Fecha: 09/03/18	Firma:
	REVISADO: FRANCISCO JAVIER GALLEGUO ÁLVAREZ	Fecha: 09/03/18	Firma:
TÍTULO DE PLANO: Alzados	Tipo de documento: A3	Escala: 1 : 300	Nº identificativo: A-13