



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Trabajo Fin de Grado

MODELADO BIM DEL PROYECTO DE EDIFICACIÓN DE UN CONCESIONARIO EN LA CIUDAD DE JAÉN

Alumno: Jose Vicente Pozo Fernández

Tutor: Prof. D. Francisco Javier Gallego Álvarez

Dpto: Ingeniería gráfica, diseño y proyectos.

25 Junio, 2020



Universidad de Jaén

Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Informática

Don Francisco Javier Gallego Álvarez , tutor del Proyecto Fin de Carrera titulado:
Modelado BIM del proyecto de edificación de un concesionario en la ciudad de Jaén,
que presenta Jose Vicente Pozo Fernández, autoriza su presentación para defensa
y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, Junio de 2020

El alumno:

Jose Vicente Pozo Fernández

El tutor:

Francisco Javier Gallego Álvarez

RESUMEN

La tecnología BIM, *Building Information modeling* es una realidad en el sector de la edificación. Su implantación de forma progresiva tiene un crecimiento casi exponencial. Es un concepto amplio que implica una nueva metodología de trabajo con nuevas herramientas que resulta decisiva a la hora de gestionar de manera eficiente los proyectos de construcción e infraestructuras.

En el presente trabajo se ha desarrollado con el fin diseñar y modelar una edificación mediante herramientas BIM. Implícitamente, se evaluará el impacto que supone la utilización de esta metodología.

Para ello, se ha estructurado en dos bloques. El primero, es un bloque teórico que contiene los antecedentes del trabajo, desarrollándose información relacionada con esta metodología como su situación actual en cuanto a implantación, software y todos los conceptos que tiene esta metodología de trabajo. En el segundo bloque, se desarrolló un caso práctico en el que mediante la utilización de software BIM (Revit), se diseñó y modela una edificación y se extrae documentación del diseño, basándose en los conceptos de esta metodología desarrollados en el bloque anterior, que afectan a estos dos conceptos de diseño y documentación. Todos los conceptos que abarca esta metodología no se pueden aplicar en un caso práctico no real, ya que ésta metodología destaca por su trabajo colaborativo en el que están involucrados diferentes agentes, conlleva el seguimiento en el proceso de construcción y de todo el ciclo de vida de la edificación hasta finalizar con su demolición.

MEMORIA

Índice

BLOQUE I

1. Introducción y objetivos	11
2. Antecedentes	12
2.1 Definición BIM	12
2.2 Dimensiones en BIM	12
2.3 Niveles de madurez	13
2.4 Niveles de detalle y desarrollo	15
2.5 Ventajas de uso de metodología BIM	17
2.6 Implantación	19
2.7 Software	20

BLOQUE I

3. Descripción del caso práctico	22
3.1 Características y emplazamiento de la parcela	23
3.2 Justificación urbanística	25
3.3 Pautas de diseño	26
3.4 Disposición de espacios	27
4 Diseño y modelado	28
4.1 Diseño Arquitectónico	29
4.1.1 Preparación del modelo	29
4.1.2 Nivel base	31
A) Suelo	31
B) Cerramientos	32

C) Elementos cargados de Revit	34
4.1.3 Primera planta.....	36
A) Suelo	36
B) Cerramientos.....	37
C) Elementos cargados de Revit	37
D) Escaleras y ascensor	39
4.1.4 Azotea.....	41
A) Suelo	42
B) Cerramientos.....	42
C) Elementos cargados.....	43
D) Cubiertas.....	44
4.2 Diseño estructural.....	45
4.2.1 Preparación del modelo	47
4.2.2 Cimentación	48
A) Zapatas	48
B) Enanos	51
C) Losa cimentación	53
4.2.3 Pilares.....	54
A) Pilares principales	54
B) Pilares ascensor.....	58
4.2.4 Jácenas.....	60
4.2.5 Correas	62
4.2.6 Emplazamiento	65
4.2.7 Forjados	68
4.3 Coordinación de modelos.....	72
4.3.1 Niveles	73
4.3.2 Revestimiento de pilares.....	73

4.3.3	Suelos arquitectónicos.....	74
4.3.4	Revestimiento de jácenass.....	76
4.3.5	Cerramientos externos.....	78
4.3.6	Cerramientos internos.....	79
4.3.7	Puerta de emergencia.....	80
4.3.8	Cubierta	80
4.4	Diseño de espacios	82
4.4.1	Planta baja.....	82
4.4.2	Primera planta.....	85
4.4.3	Emplazamiento	86
5	Nivel LOD del modelo	88
6	Fases constructivas.....	92
7	Generación de documentación.....	95
7.1	Documentación grafica.....	95
7.2	Tablas de planificación	97
8	Conclusiones	102
9	Bibliografía	105

Índice de figuras

Figura 1. Representación gráfica de las dimensiones de un modelo BIM. Fuente BuildingSmart	13
Figura 2. Fuente BuildingSmart	14
Figura 3. Representación de los diferentes niveles LOD. Fuente Imasgal.com	17
Figura 4. Esquema descriptivo del proyecto. Fuente: elaboración propia.	22
Figura 5. Datos del solar. Fuente catastro 2019	23
Figura 6. Situación parcela. Fuente catastro 2019	23
Figura 7. Dimensiones dela parcela. Fuente catastro 2019.....	24
Figura 8. Ordenación urbanística de la parcela. Fuente catastro 2019	24
Figura 9. Detalle de Ordenación urbanística de la parcela. Fuente catastro 2019 ..	25
Figura 10. Editar suelo. Fuente elaboración propia	31
Figura 11. Vista en planta de nivel base.....	32
Figura 12. Parámetros de muro cortina personalizado.	33
Figura 13. Proceso para cargar familias de elementos.....	34
Figura 14. Elementos arquitectónicos cargados para nivel base.....	35
Figura 15. Rejillas de muro cortina diseñado para incluir puerta.	35
Figura 16. Vista 3D de elementos del nivel base.....	36
Figura 17. Vista 3D suelo primera planta.....	36
Figura 18. Detalles del modelo de puerta de ascensor.....	37
Figura 19. Salida emergencia incluida en el modelo. Fuente Bimobject	38
Figura 20. Vista 3D estado del modelo en este punto	38
Figura 21. Vista 3D escalera emergencia.....	39
Figura 22. Vista 3D escalera de acceso a Primera Planta.....	40
Figura 23. Vista 3D ascensor. Fuente elaboración propia.....	41
Figura 24. Vista 3D suelo de azotea.....	42
Figura 25. Vista 3D Detalle muro azotea.	43
Figura 26. Elementos arquitectónicos cargados para el nivel “azotea”.....	43
Figura 27. Capas de estructura de la cubierta utilizada.....	44
Figura 28. Rastreles de la cubierta.	45
Figura 29. Modelo Arquitectónico en vista 3D.	45
Figura 30. Zapata personalizada.	49
Figura 31. Vista 3D Disposición zapatas.	50

Figura 32. Vista 3D Zapata armada.....	50
Figura 33. Configuración de los enanos de cimentación.	51
Figura 34. Armadura de enano en estilo visual: estructura alámbrica.	52
Figura 35. Vista 3D conexión zapata y enano.	52
Figura 36. Vista 3D estado del modelo.....	53
Figura 37. Armaduras de losa de cimentación.	54
Figura 38. Procedimiento de carga de familias de pilares.	54
Figura 39. Tipo de pletina seleccionada.	55
Figura 40. Configuración de la pletina base.	56
Figura 41. Configuración de la pletina base.	57
Figura 42. Vista 3D de anclajes pilar-enano.....	58
Figura 43. Configuración de la pletina base de pilares ascensor.	58
Figura 44. Vista 3D del estado del modelo.....	59
Figura 45. Posición losa cimentación en vista Alzado Este.	59
Figura 46. Propiedades de elemento de conexión.	60
Figura 47. Vista 3D de la conexión pilar-viga.	61
Figura 48. Vista 3D del estado del modelo.....	61
Figura 49. Vista en planta del entramado de la primera planta.	62
Figura 50. Vista en planta del entramado de la azotea.	63
Figura 51. Detalle viguetas que conectan estructura ascensor.	63
Figura 52. Detalle del recorte de ala superior de correas.	64
Figura 53. Detalle recorte de ambas alas de viga.....	64
Figura 54. Detalle estructura de suelo.	65
Figura 55. Detalle tipo de hormigón seleccionado.....	66
Figura 56. Vista alzado Este de posición de solera.	66
Figura 57. Detalle armaduras en Vista Alzado Este.	67
Figura 58. Solera emplazamiento en Vista 3D	67
Figura 59. Losa colaborante. Fuente Arquitecturaenacero.....	68
Figura 60. Propiedades Losa colaborante.....	69
Figura 61. Detalle de colocación de Forjado en Alzado Oeste.....	69
Figura 62. Vista 3D losa de la azotea con armadura de acero.	70
Figura 63. Vista 3D de forjados.	70
Figura 64. Vista Alzado ajuste de niveles.....	71
Figura 65. Aviso de enlace de vínculo.....	72

Figura 66. Propiedades y modelo 3D del revestimiento.	74
Figura 67. Contorno del suelo de emplazamiento.	75
Figura 68. Suelos arquitectónicos de la edificación.	75
Figura 69. Situación de las vigas de revestimiento externas.	77
Figura 70. Situación de las vigas de revestimiento internas.	77
Figura 71. Estructura muro Hormigón.....	78
Figura 72. Muro de Hormigón con cimentación.	79
Figura 73. Estructura de los tabiques de las habitaciones.....	79
Figura 74. Estructura tabique habitaciones.	80
Figura 75. Flechas de pendiente en contorno de cubierta.....	81
Figura 76. Vista 3D de la cubierta transitable.	81
Figura 77. Detalle de la situación del sumidero	82
Figura 78. Vista 3D de la sala de reuniones y el despacho	83
Figura 79. Vista en planta y vista 3D de la sala de aseo.	83
Figura 80. Vista 3D ascensores. Fuente elaboración propia	84
Figura 81. Vista 3D planta baja. Fuente elaboración propia.	85
Figura 82. Vista 3D salas de la primera planta.	86
Figura 83. Vista 3D de la primera planta.	86
Figura 84. Vista 3D del modelo final. Fuente elaboración propia	87
Figura 85. Renderizado desde la calle Marroquíes. Fuente elaboración propia	88
Figura 86. Renderizado del conjunto. Fuente elaboración propia	88
Figura 87. Forjado en nivel LOD350. Fuente elaboración propia	89
Figura 88. Pilares y vigas en nivel LOD350. Fuente elaboración propia	90
Figura 89. Elementos de cimentación en nivel LOD350.	90
Figura 90. Cubierta en nivel LOD300.	91
Figura 91. Revestimiento de pilares en nivel LOD300.....	91
Figura 92. Evolución de muros a nivel LOD300. Fuente elaboración propia	92
Figura 93. Fases creadas. Fuente elaboración propia	93
Figura 94. Fase “estructura metálica” con filtro de fase.....	94
Figura 95. Fase “Cubiertas” con filtro de fase. Fuente elaboración propia	95
Figura 96. Plantilla Creada para planos del proyecto. Fuente elaboración propia... ..	96
Figura 97. Tipos de tabla de planificación. Fuente elaboración propia.....	98
Figura 98. Procedimiento de configuración de tabla.....	100

Índice de tablas.

Tabla 1. Niveles utilizados.....	30
Tabla 2. Rejillas creadas.....	30
Tabla 3. Niveles primarios del modelo estructural.	48
Tabla 4. Rejillas diseñadas para la colocación de pilares.	49
Tabla 5. Niveles definitivos del modelo estructural.	71
Tabla 6. Niveles definitivos del modelo arquitectónico.	73
Tabla 7. Cómputo de elementos de suelos estructurales.	101
Tabla 8 Cómputo de elementos de armaduras.	101
Tabla 9. Cómputo de elementos de Armazón estructural	101
Tabla 10. Cómputo de elementos de pilares estructurales.....	101
Tabla 11. Cómputo de elementos de Cimentación estructural.....	101
Tabla 12. Cómputo total de Hormigón H-25 utilizado en el modelo estructural	101

BLOQUE I

1. Introducción y objetivos

En la historia de la arquitectura, se han producido continuamente avances en el modelo de construcción y en la generación de planos. La generación de planos ya existía en los constructores que desarrollaron las catedrales góticas que en la época eran llamados matemáticos.

En la década de 1970, Gaspar Monge, teorizó y calculó como utilizar planos de corte con precisión obteniendo así la capacidad de transformar imágenes bidimensionales para que representen objetos tridimensionales. Más tarde, en el siglo XXI llegaron verdaderos avances tecnológicos unidos a la revolución digital. A mitad del siglo aparecen las primeras computadoras y en 1984 los ordenadores empiezan a construir programas de modelado. Aparecen los primeros CADs.

En el actual siglo XXI, la tecnología de la arquitectura empieza a cambiar hacia sistemas colaborativos. La tecnología BIM sigue predominando hasta desarrollarse finalmente. Por tanto, se sobreentiende que es necesario informarse, examinar y prosperar con las últimas tecnologías del mismo modo que se ha producido en historia de la arquitectura y siempre se ha avanzado hacia un trabajo más eficiente y correcto.

El propósito de este trabajo fin de grado fue iniciarse en la metodología BIM. Esta iniciación pasará por la utilización del software BIM (Revit). En España, es el software de modelado BIM más utilizado y es el más reconocido a nivel internacional.

El proceso se llevó a cabo mediante la realización de un caso práctico en el que se generara el modelo de una edificación desde cero. Comenzando por un diseño básico de elementos orientativos para evolucionar hasta un modelo definitivo coordinado en arquitectura y estructura sobre él se estudia el procesado de documentación mediante software BIM. Finalmente se sacan conclusiones en función de los objetivos propuestos y de la experiencia proporcionada por la iniciación en la tecnología BIM.

El presente TFG es fruto de una propuesta del departamento de Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos. La motivación es obtener el título de Grado en Ingeniería Mecánica e iniciarse en el conocimiento práctico de esta metodología de trabajo.

2. Antecedentes

2.1 Definición BIM

Existen gran cantidad de definiciones acerca de BIM. Ninguna de estas es universal, en este caso una de las más acertadas se presenta a continuación.

Building Information Modeling (BIM) es una metodología que recopila e interacciona la información de un proceso constructivo en un modelo virtual 3D que contiene las características y geometría de los elementos que lo componen, abarcando además la planificación de su construcción, los costes e incluso el impacto ambiental. (Alejandro López Vidal, 2016).

Aunque BIM se basa en el uso de diferentes programas específicos, denominados software BIM, como son Graphisoft ArchiCAD, autodesk Revit, Nemetschek Allplan o Bentley AECOsim, no se debe utilizar BIM como sinónimo de estos. BIM es una metodología de trabajo.

2.2 Dimensiones en BIM

BIM es un avance respecto a los sistemas de diseño tradicionales basados en el plano, ya que incorpora algunas dimensiones extra (BiBLus, 2018):

- *La información geométrica.* Es la modelización geométrica de la infraestructura en formato 3D.
- *El tiempo.* Es una de las principales señas de identidad que diferencia el BIM de otras metodologías tradicionales, en esta se planifican las fases del proyecto y se puede realizar una simulación en la que se puede ver como se iría construyendo el proyecto en el espacio/tiempo. Es denominada 4D y contendría datos como la fecha de inicio y finalización de construcción de un elemento, cuanto se tarda en instalarlo, si se necesita un tiempo de maduración, etc.
- *Costes.* Esta fase comprende el análisis de los costes del proyecto y su control a medida que se avanza en caso de que se necesite realizar alguna modificación (Alexandre Almedia del Savio, 2018). Con BIM, se tiene información detallada de cada uno de los elementos del proyecto, por tanto se puede generar un informe presupuestario muy preciso en cualquier momento de la vida de la infraestructura. Se denomina como 5D en un proceso BIM.

- *Ambiental*. Esta dimensión referida como 6D, mejora la calidad del proyecto ya que gestiona el desarrollo del proyecto en términos de eficiencia. Son necesarios profesionales cualificados como certificadores energéticos si se pretende conseguir un sello LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental) por ejemplo. Con esta dimensión se obtiene sostenibilidad de los materiales y recursos de construcción, eficiencia y aprovechamiento de agua y energía para reducir impacto atmosférico, calidad del ambiente interior que permita la óptima habitabilidad del mismo.
- *Mantenimiento*. Es Conocida como 7D y se encarga de la gestión de la información referente a una infraestructura a lo largo de su vida útil generando planes de mantenimiento.

En la Figura 1, aparece una representación gráfica de las dimensiones descritas y como describen el ciclo de vida de un modelo.

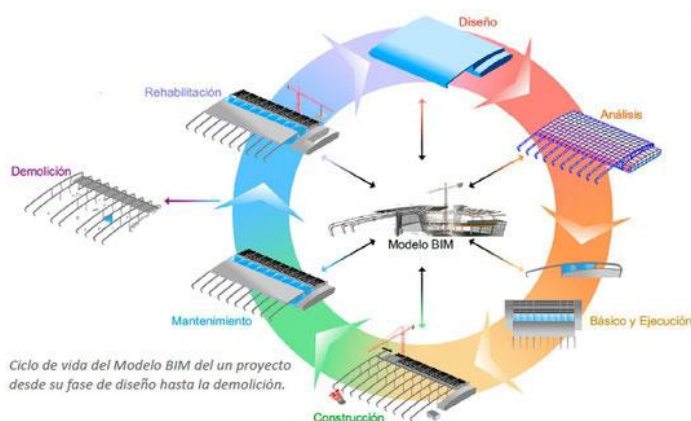


Figura 1. Representación gráfica de las dimensiones de un modelo BIM. Fuente www.BuildingSmart.es

2.3 Niveles de madurez

Los niveles de madurez son la capacidad de la cadena de suministro para colaborar e intercambiar información. Para conseguir un flujo de trabajo 100% colaborativo que es el objetivo del BIM, necesitamos un proceso de distintas fases de madurez. Estos niveles se definen en función de cómo los diferentes agentes que intervienen en el proyecto gestionan, trabajan y comparten la información entre sí (Agustín Sánchez Ortega, 2017).

Se puede ver representado en la figura 2, con el diagrama en forma de cuña desarrollado por Mark Bew MBE y Mervyn Richards OBE.

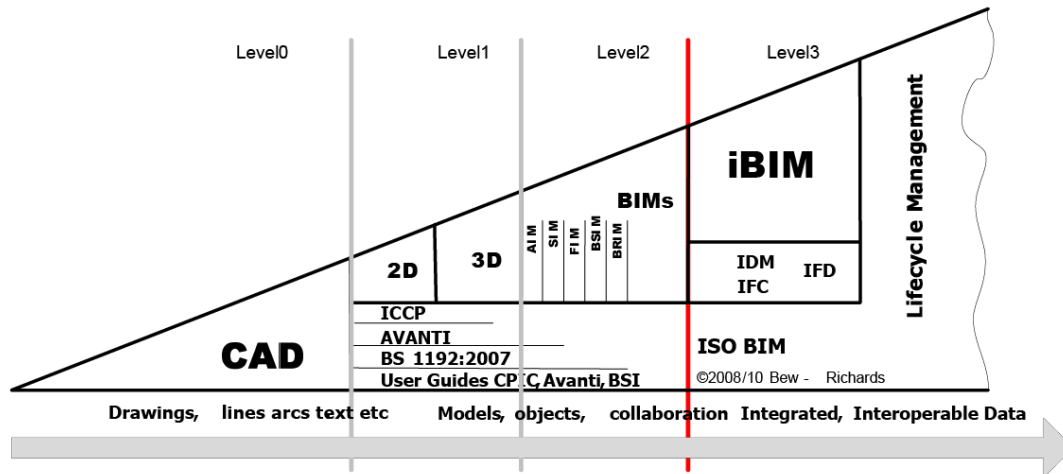


Figura 2. Fuente: BuildingSmart.

- *Nivel 0.* Es el nivel más básico en el proceso de generación de datos. En éste prácticamente no hay cooperación entre los agentes que componen el proyecto.

El diseño y la producción se realizan mediante la forma tradicional con dibujo en plano 2D y el intercambio de información se realiza en papel.

- *Nivel 1.* En esta fase aún se usan modelos 2D para el diseño y se incorpora el 3D para el diseño conceptual.

Aumenta la cooperación entre los agentes que intervienen en el proyecto mediante el uso de un CDE (Common Data Environment). Es un archivo compartido online en el que se recoge y gestionan todos los datos necesarios para el proyecto.

- *Nivel 2.* El trabajo colaborativo es el núcleo de este nivel. Todos los agentes que trabajan en el proyecto no usan el mismo modelo 3D pero trabajan de forma coordinada intercambiando y modificando sus modelos en todo momento con el fin de llegar a un modelo federado que tenga las características específicas de cada disciplina del diseño. Es importante el uso de un tipo de archivo común para el intercambio de datos como IFC, que contiene la información de diseño.

En este nivel se añaden dos dimensiones relacionadas con la gestión del proyecto; el 4D (costes) y 5D (presupuesto).

- *Nivel 3.* En este nivel se usa un único modelo compartido común que es accesible a todos los agentes que intervienen en el proyecto y sobre el que todos pueden agregar o modificar datos.

El equipo de proyecto verifica en tiempo real los efectos de cada acción que se realiza en el proyecto. Por tanto, es fácil tener bajo control en cualquier momento, toda la información del proyecto desde su diseño y costes hasta su mantenimiento.

En este nivel se define el iBIM que es una nube de almacenamiento. En caso de Revit tendríamos *BIM 360 Team*, una plataforma de fácil acceso para todos los miembros del proyecto que centraliza la información en un único espacio y donde se puede visualizar, comentar y revisar archivos desde cualquier ubicación mediante un navegador web o un dispositivo móvil (BiBLus, 2019).

2.4 Niveles de detalle y desarrollo

Nivel de detalle y desarrollo es un término generado por el Instituto Americano de Arquitectura durante el BIMforum de 2011. Se define como LOD (Level of Development), la escala que informa hasta qué punto se desarrolla un elemento del modelo en cuanto a geometría e información (Agustín Sánchez Ortega, 2017). Dicho de otro modo es el nivel de fiabilidad que los agentes que intervienen en el proyecto pueden esperar de la información del modelo cuando hacen uso de este.

A veces se usa erróneamente LOD como nivel de detalle. Por tanto vamos a definir el nivel de detalle como la cantidad de detalle que se puede apreciar visualmente incluida en el elemento del modelo. Por otro lado el LOD se refiere más a la cantidad y calidad de información del elemento.

Se tienen diferentes LOD (Reyes Rodríguez, Antonio Manuel, 2016):

- *LOD100.* Es el nivel más básico en el que se enumeran los elementos conceptuales de un proyecto. El elemento se puede representar con un símbolo o una representación geométrica muy genérica pero no es necesaria su definición geométrica. Muchos elementos pueden permanecer en este nivel en fases avanzadas del proyecto aunque su uso más común es en la redacción de anteproyecto.

- *LOD200*. En este nivel el elemento ya se define gráficamente, especificando características como cantidades, tamaño, forma y ubicación de manera aproximada. Se utiliza para representar elementos genéricos de los que tenemos información detallada por medio de agentes externos al proyecto. Es el nivel más bajo en el que la representación puede contener información no gráfica.
- *LOD300*. El elemento se presenta con una representación específica, precisa en dimensiones, tamaño, forma, ubicación y orientación. Se pueden tomar medidas desde el modelo sin recurrir a documentos externos al modelo. Los objetos tienen información no grafica asociada (marca, modelo, etc).
- *LOD350*. Cumple lo indicado en LOD300 y además aparecen modeladas todas las conexiones que permiten al objeto interactuar con los diferentes elementos entre los que está en contacto. Por tanto aparecerán con detalle los sistemas de anclaje entre distintos elementos (tuercas, pletinas, etc).
- *LOD400*. Se representa gráficamente con un nivel de detalle superior al anterior. Esto nos permite poder realizar planos de taller para fabricar o instalar el elemento a partir del objeto modelado. El modelo contiene incluso el modo de instalación con todos los accesorios y piezas requeridas.
- *LOD500*. Este nivel contiene de manera precisa lo que existe construido en la realidad. El elemento se midió en el campo y cualquier cambio realizado al modelo de construcción ha sido subsanado.

Por lo general los modelos más útiles para construcción y presupuestos detallados son LOD300 y LOD350. La estructura generalmente usa un LOD300 y algunas detalles arquitectónicos LOD350. El uso de los diferentes niveles viene dado por la necesidad que requiere de nivel de información, dicho objeto. Por ejemplo para el caso de transiciones de tuberías complejas o sistemas estructurales muy críticos en los que sería necesario el LOD400 para tener un perfecto desarrollo de la construcción del elemento.

Recordemos también que LOD es un concepto definido por AIA (American Institute of Architects) y no una norma. LOD se aplica por separado a distintos elementos del proyecto según la necesidad de detalle e información de cada uno. Si lo usamos generalizado en el proyecto habrá objetos que no estén suficientemente

detallados y otros remodelados en los que hemos desperdiciado tiempo y recursos.

La figura 3 contiene una representación en 3D de elementos en los diferentes LOD.

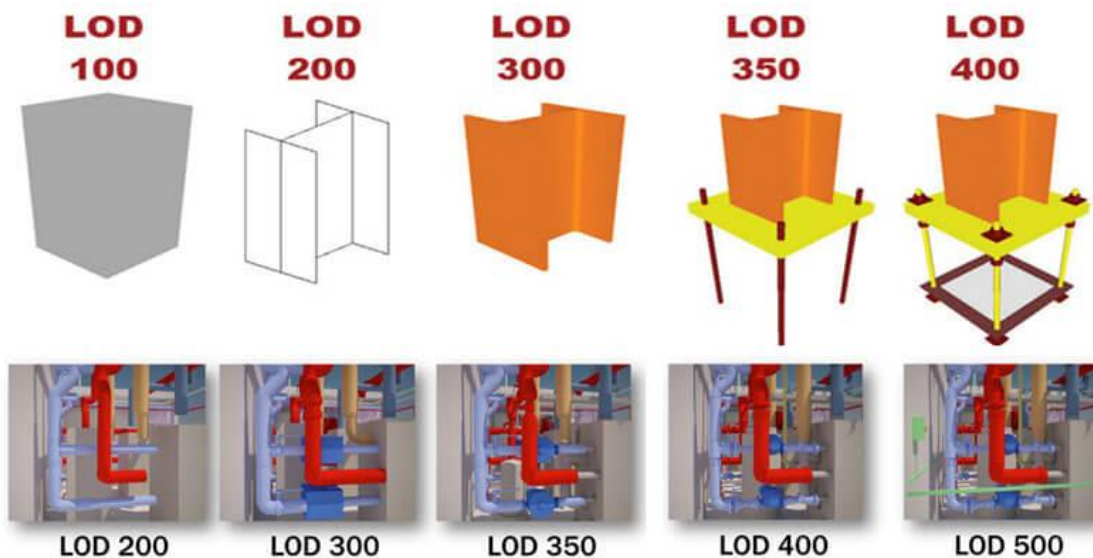


Figura 3. Representación de los diferentes niveles LOD. Fuente Imasgal.

2.5 Ventajas de uso de metodología BIM

BIM es una metodología de trabajo diferente a la tradicional. Por tanto su utilización implica cambios que tendrá unas consecuencias directas entre las que se pueden diferenciar unas ventajas e inconvenientes.

En primer lugar se presentan grandes ventajas (Cice, 2017):

- *Trabajo multidisciplinar y colaborativo.* Por medio de una única plataforma los diferentes agentes que intervienen en el proyecto pueden trabajar compartiendo y añadiendo información en la misma herramienta. Esto mejora el control, la gestión y análisis del proyecto en todas sus fases.
- *Ahorro de tiempo y costes.* Esta metodología permite generar de forma automática la documentación del proyecto. Los proyectos modelados con BIM pueden incluir elementos reales con información de sus características, costo e información de contacto para su adquisición. Esto implica que los proveedores jueguen una parte importante dentro de este sistema ya que se puede tener un catálogo de materiales reales modelados mejorando la manera en que se traspasan las especificaciones técnicas de los materiales a los

encargados de construirlo. Existen diferentes sitios web que contiene bibliotecas de productos que permiten descargar modelos específicos para incorporarlos en el proyecto. Esto reduce considerablemente el tiempo y costes.

- *Reducción de errores.* Como se tiene la capacidad de obtener el resultado final de la obra antes de construirla se pueden detectar errores constructivos antes de que se lleve a cabo la obra.
- *Cubre toda la vida del edificio.* Esta tecnología no solo se centra en llevar a cabo un proyecto y su construcción. Tenemos la posibilidad de introducir información para realizar un seguimiento de la vida del edificio durante su explotación, incluso en el caso de necesidad de demolerlo tendríamos información de cómo hacerlo.
- *Impacto energético.* Es una de las ventajas más significativas y avanzadas, es que permite conocer el impacto energético de cada uno de los materiales que componen la obra. Así se pueden controlar las emisiones y diseñar edificios cada vez más inteligentes, sostenibles y eficientes.

En este punto vamos a barajar unos inconvenientes que supone el cambio:

- Utilizar BIM supone cambiar la metodología de trabajo. Esto requiere un cambio de mentalidad además de invertir tiempo y dinero hasta conseguir manejar nuevas herramientas. La formación es un proceso complejo que requiere personal cualificado.
- El mercado no está preparado por tanto si integración aun no es total y hay empresas con diferentes tecnologías que no llegan a implantar totalmente y obtener los beneficios del BIM.
- Una de las mayores desventajas que tiene BIM es diseñar elementos originales no comercializados, ya que resulta extremadamente complejo modelarlos. Aunque cada vez más existen bibliotecas en sitios web con más elementos reales modelados que facilitan y agilizan el proceso.

2.6 Implantación

El uso de BIM a nivel internacional cada vez está más extendido en países como Reino Unido, Norteamérica o los países nórdicos y algunos con gran potencial como Latinoamérica. 2010. Comienza en el interés acerca del BIM por la exigencia en proyectos internacionales a los que se enfrenten empresas españolas (Andrés Lorenzo Rodríguez, 2019):

- 2011. Se crea el Comité Técnico de Normalización para desarrollar normas estándares sobre BIM. Además se crea también Building Smart Spanish Chapter, que es una asociación sin ánimo de lucro cuyo objetivo es fomentar la eficacia en el sector de la construcción por medio de estándares abiertos de interoperabilidad sobre BIM.
- 2012. Se aplica por primera vez BIM a proyectos.
- 2015. Se presenta el manifiesto BIMCAT con una hoja de ruta que incluye los siguientes objetivos: Adoptar un sistema estandarizado en 2017, exigencia de BIM para proyectos de obra nueva de más de 2 millones de euros en 2018 en las fases de diseño y construcción. Por último, la exigencia de BIM en todos los proyectos de obra nueva y rehabilitación en todas sus fases en 2020.
- 2017. Se aprueba la primera norma BIM española. La UNE-EN ISO 16739 acerca del formato IFC.
- 2018. Aparece un importante número de administraciones cuyos pliegos contienen requisitos BIM en algunos de sus proyectos. En diciembre, se da un gran paso creando la comisión Interministerial BIM del Estado, cuyo objetivo es elaborar el Plan de Incorporación de la metodología BIM en la Contratación Pública de la Administración general del Estado y sus organismos públicos y entidades de derecho público vinculados o dependientes, acorde con los avances europeos en esta materia y la Estrategia Nacional de Contratación pública (Andrés Lorenzo Rodríguez, 2019).

- 2019. Se publica la norma ISO 19650, referida a la organización y digitalización de la información relativa a trabajos de edificación y de Ingeniería civil, incluyendo BIM.
- 2020. A comienzos de este año el uso de BIM solo es obligatorio en España en determinadas instituciones y zonas geográficas, por ejemplo: BIM es obligatorio en las obras públicas que dependen del Ministerio de Fomento. Como serían los aeropuertos con AENA, los ferrocarriles con Renfe y Adif, etc. BIM es obligatorio en obras públicas en Cataluña. En contratos sujetos a regulación armonizada 5.548.000 euros en obras y 221.000 euros en proyectos. En enero de 2021 está previsto que se amplíen los contratos en los que BIM sea obligatorio. En el país vasco encontramos con casos de obligaciones parciales por promotores, como por ejemplo los proyectos que dependen de la dirección general de Vivienda del Gobierno Vasco se piden en BIM pero no hay ninguna ley que lo regule. Entidades privadas que piden BIM de manera contractual, como Neinor Homes, Metrovacesa, etc.

En 2020 se prevé que el porcentaje de licitaciones públicas en BIM subirá de forma importante atendiendo al peso de las obras del Ministerio de Fomento y la Generalitat de Cataluña.

2.7 Software

Actualmente existen un gran número de aplicaciones de software BIM, a continuación se resumen brevemente las más utilizadas (SolerPalau, 2019):

- *Autodesk Revit*. Es el software de modelado BIM más utilizado en España. El programa se presenta en tres variantes Revit Architecture, Revit Structure y Revit MEP, con los que consigue ayudar a desarrollar la labor de los profesionales del proyecto, trabajando de forma multidisciplinar.

Además Revit permite trabajar de forma colaborativa en entorno BIM con *BIM 360*. Es la plataforma en la nube de Autodesk que permite la centralización de toda la información del proyecto en un repositorio de

información para que todos los que intervienen en el proyecto trabajen de forma colaborativa, creen flujos de trabajo de asignación y tengan un seguimiento de conflictos de diseño. Al ser un software en la nube permite acceder a la información en cualquier lugar y momento.

- *Graphisoft ArchiCad*. Es el segundo software BIM más utilizado en el sector profesional. Está disponible para *mac* y *window* a diferencia de Revit que es solo para *window*.

Es una herramienta que permite operar de manera eficiente con otras aplicaciones en un proceso de diseño y construcción de una edificación, permitiendo a los agentes que intervienen que tengan una fluida comunicación y optimizando sus procesos de diseño (Bimnd, 2020).

- *Nemetschek Allplan*. Es un software BIM desarrollado por la empresa alemana Nemetschek. Es el más utilizado en Alemania para desarrollar proyectos BIM y muy utilizado en Europa.

En la actualidad Allplan dispone de un paquete completo de software para un proyecto BIM, desde arquitectura e Ingeniería, hasta instalaciones, costes y algunas soluciones para el ciclo de vida.

- *Bentley Architecture – AECOsim*. Este software se ha posicionado como líder en el campo de las infraestructuras. Siempre se ha posicionado por su habilidad para facilitar y manejar datos en grandes proyectos de una manera muy eficiente.

Mientras que otros programas están muy orientados a la arquitectura, este software se centra más en el ciclo de vida completo de un proyecto y está más orientado a los flujos de trabajo que otros.

AECOsim se utiliza en algunos de los proyectos más grandes del mundo en cuanto a presupuesto y tamaño.

BLOQUE II

3. Descripción del caso práctico

Se pretende diseñar y modelar mediante el programa Revit 2019, la edificación de un concesionario situado en la ciudad de Jaén en la calle Ronda número 4.

A continuación, generar unos requisitos de diseño basados en la idea de un concesionario moderno y atractivo al público.

En este punto, se pasa a la fase de diseño en la que se realiza un primer diseño arquitectónico a partir de estos requisitos, para continuar diseñando una estructura para el modelo mediante una plantilla estructural. Dentro de la fase de diseño se modifica el modelo arquitectónico para adecuarlo a las necesidades del modelo estructural, se aumentara el nivel LOD de los elementos arquitectónicos que estén en un nivel básico LOD100 y se incluyen acabados y elementos de adorno para una visualización próxima a la realidad del modelo 3D.

Finalmente se pasa describir el nivel LOD utilizado en todos los elementos del modelo, se estructura el modelo en fases y se genera documentación. Todo esto se realiza mediante las herramientas que aporta esta metodología. En la Figura 4 se muestra un esquema del proceso seguido.

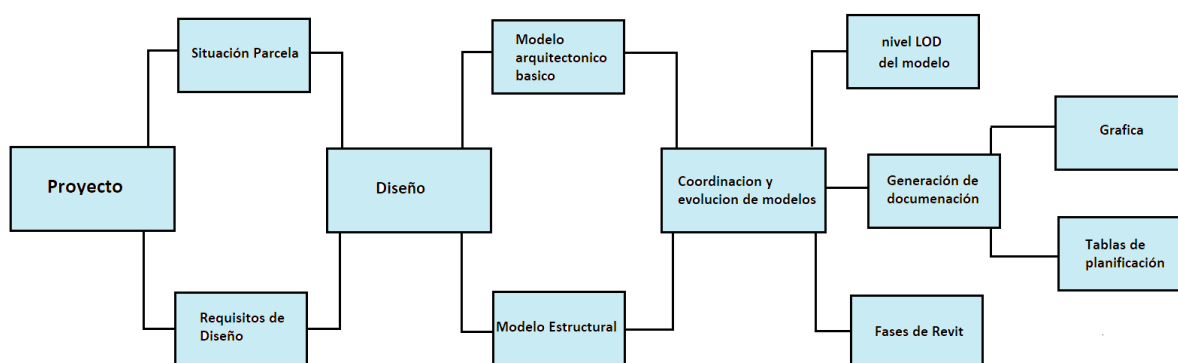


Figura 4. Esquema descriptivo del proyecto. Fuente: elaboración propia.

3.1 Características y emplazamiento de la parcela

Se encuentra en suelo urbano en calle Ronda de Marroquíes número 4, en la ciudad de Jaén. Se consideró esta parcela por ser adecuada a las necesidades en tamaño, localización y plan de ordenación urbanístico. La situación e información del solar se representan en las figuras 5 y 6.



Figura 5. Datos del solar. Fuente catastro 2019

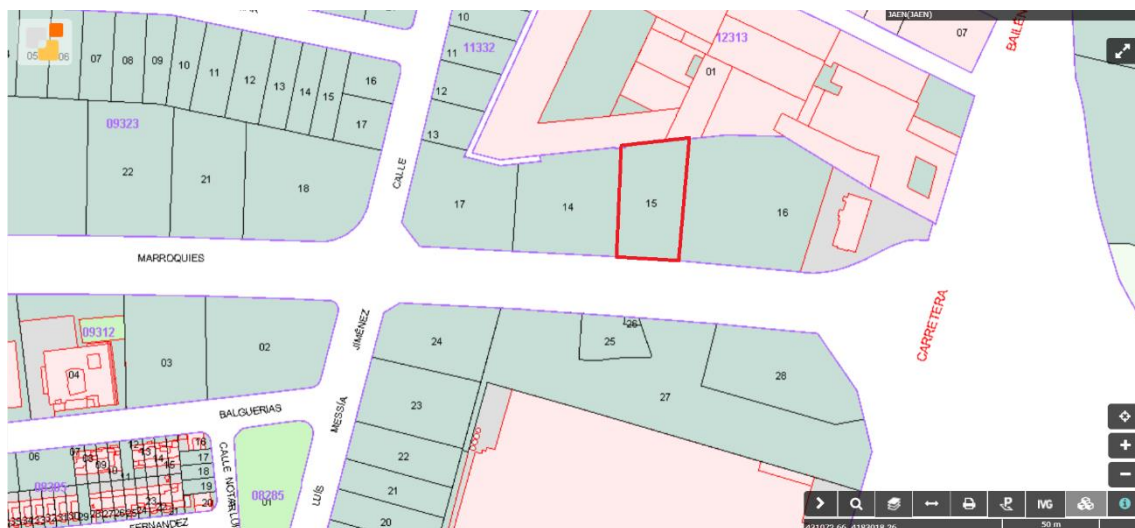


Figura 6. Situación parcela. Fuente catastro 2019

La parcela tiene una superficie de 1964 m². Tres de las cuatro fachadas de éste dan a solares colindantes sin edificar. Al Suroeste recae en la calle Marroquíes con un frente de 32,42 m, la cara noroeste de dicha parcela tiene un frente de 34.8 m.

Comparte un frente de 62 m con la parcela 16 y de 56 m con la parcela 14. Los accesos rodado y peatonal se realizan desde la Calle Marroquies.

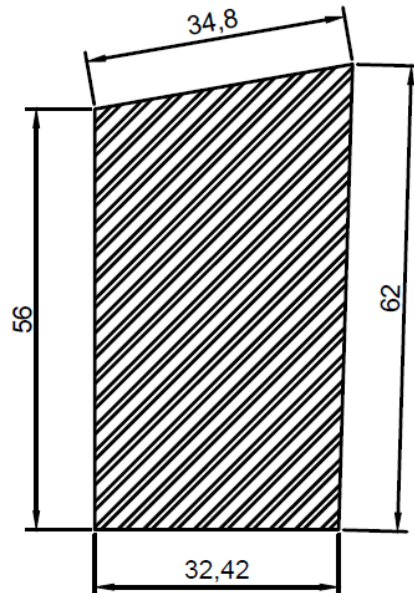


Figura 7. Dimensiones de la parcela. Fuente catastro 2019

El uso que se puede dar al solar se puede ver en las figuras 8 y 9 extraídas del plan general de ordenación urbanística 2016 del excelentísimo ayuntamiento de Jaén.

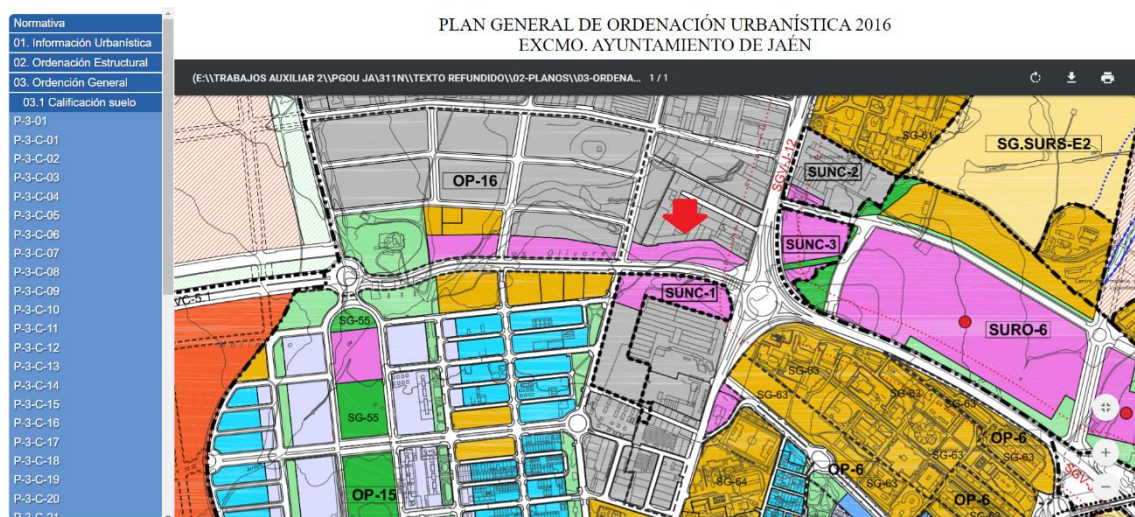


Figura 8. Ordenación urbanística de la parcela. Fuente catastro 2019

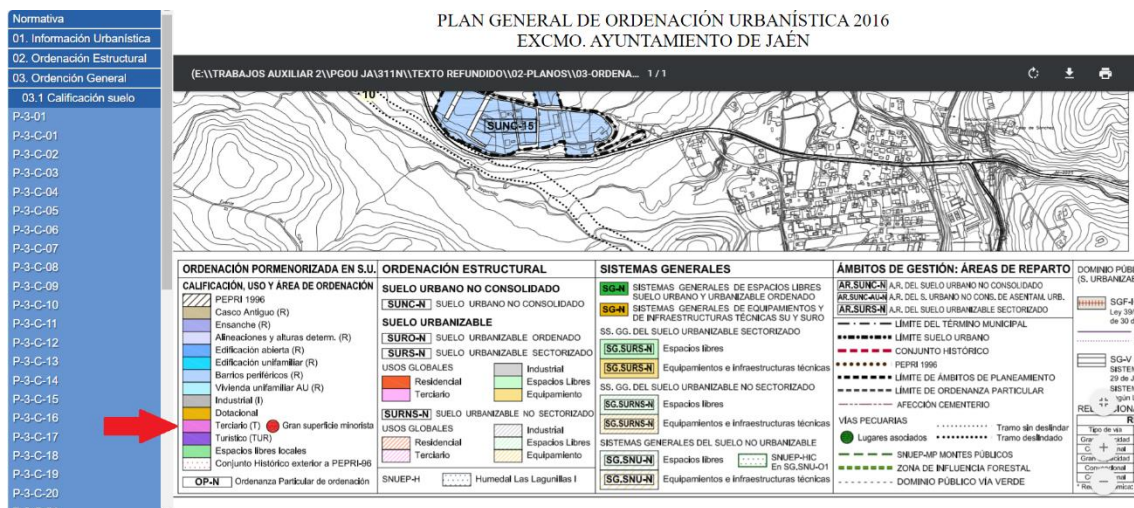


Figura 9. Detalle de Ordenación urbanística de la parcela. Fuente catastro 2019

Se puede apreciar que el solar tiene una calificación de suelo terciario lo cual permite la construcción de un concesionario.

En cuanto a características geotécnicas del terreno, a falta de un estudio necesario para examinar el tipo de terreno dado que este TFG será un caso práctico no real, se consideró terreno caracterizado como T-1 según el *DB SE-C* del *CTE*. Un tipo de terreno favorable con poca variabilidad en los que la práctica habitual es cimentación directa mediante elementos aislados.

3.2 Justificación urbanística

Toda edificación debe cumplir las condiciones urbanísticas del ayuntamiento del municipio en que se sitúa. Para ello, conociendo las características de la parcela seleccionada se recurre al plan general de ordenación urbanística del Ayuntamiento de Jaén, que considera lo siguiente:

- *Dotación de aparcamientos y garajes.* Se exigirá una plaza por cada 50 metros cuadrados de superficie de venta.

Se tiene una superficie de venta de 845 m² por lo que se exigen 17 plazas de aparcamiento y el modelo se ha diseñado con 26 plazas.

- *Espacios.* En ningún momento la superficie de venta será menor de 6 metros cuadrados.

La superficie mínima de venta en el modelo es el tamaño de las oficinas de la primera planta y es muy superior con 24,03 m².

- *Altura libre de pisos.* La altura mínima (suelo-techo) terminados para admitir este uso, será de 250 centímetros.

La altura libre de pisos diseñada en el modelo es de 286 mm, medida entre el falso techo y el suelo.

- *Condiciones de parcela.* No se permiten segregaciones en el parcelario y la posición de la edificación en la parcela es libre siempre que no queden medianeras al descubierto.

El diseño no contemplaba segregación alguna.

- *Altura de la edificación.* La altura máxima de la edificación en número de plantas se establece en 8.

El diseño del presente trabajo cumple sobradamente con una edificación de 2 plantas.

- *Coeficiente de edificabilidad y aprovechamiento.* El coeficiente de edificabilidad se establece en 7 metros cuadrados construidos por cada metro cuadrado de parcela.

Por tanto, la edificabilidad máxima es 1374,8 m² y la que se ha llevado a cabo en el diseño es de 633,165 m².

3.3 Pautas de diseño

Ante de comenzar con el diseño del modelo se establecieron unas pautas orientativas que un concesionario debe tener:

- Zona de exposición de vehículos amplia, clara y atractiva.
- Zona de recepción para clientes junto con la exposición que mantenga el contacto visual de los vehículos con el cliente.
- Una única sala o despacho donde se almacena toda la documentación e información relacionada con el negocio.
- Dos oficinas en la planta superior con vistas a la exposición donde se lleva a cabo la administración de la venta.
- Aseo para clientes y empleados.
- Suelo de fácil limpieza en tonos claros que resulta más cómodo a la vista.
- Escalera y ascensor para facilitar el acceso a la primera planta de personas con movilidad reducida.
- Ascensor de vehículos o rampa de acceso para subir vehículos a la primera planta.

- Zona de vegetación exterior.
- Azotea para mantenimiento de instalaciones.
- Salida de emergencia para la primera planta.
- Sala en la planta baja destinada a reuniones de trabajadores y encargados para la exposición de estrategias.

3.4 Disposición de espacios

En este punto, se propuso una disposición de espacios en la que basar el proceso de diseño. La edificación del concesionario debe ocupar gran parte de la parcela pero sin llegar a obstruir la zona de aparcamiento. La zona de emplazamiento de alrededor de la edificación debe estar destinada en su mayor parte para aparcamientos sin cubrir la cara frontal de acceso a la calle marroquíes para no quitar visibilidad a la exposición de la planta baja. De este modo, resultan 633,165 m² para la construcción de la edificación, 1142.05 m² para la zona transitable donde se encuentran los aparcamientos y los metros cuadrados restantes se dedican a plantación de vegetación.

El concesionario contó con una planta baja, una primera planta y una azotea transitable dedicada única y exclusivamente al mantenimiento de instalaciones de la edificación.

Internamente se dispuso de:

- Exposición de vehículos en las dos plantas que ocupe la cara frontal del edificio y parte de las caras laterales de la edificación. Se colocó un coche cada 6,5 m para favorecer la circulación de clientes por el interior de la exposición.
- Un hueco central en el suelo de la primera planta para mantener en conexión, la exposición de las dos plantas y evitar sensación de aislamiento en la planta superior. El área de este hueco esta en torno a unos 60 m² y se aprovecha para la colocación de las escaleras y ascensor.
- En un área de 13 m² en la zona donde se tienen las puertas del establecimiento no se sitúan vehículos ya que se utilizan para la recepción de clientes, así como las zonas de acceso y salida de escaleras y ascensor.

- En la planta baja se tiene un despacho de 18,32 m² donde se almacena y procesa información de la gestión del concesionario y una sala de reuniones de 26,91 m².
- En la planta superior las oficinas de 22,85 m² en las que se llevan a cabo las ventas. Esta planta dispone de una habitación de 19,12 m² donde se sitúan las escaleras de acceso a la azotea de uso exclusivo de personal de mantenimiento.
- En cada planta se destina una sala de 21,8 m² como aseos para clientes y trabajadores.
- El acceso de vehículos se realiza por una puerta de garaje situada en la cara trasera de la edificación y para el acceso de vehículos a la primera planta se crea una tercera sala de 17,14 m² en la cara lateral izquierda para la posible instalación de un ascensor de vehículos.
- El ascensor peatonal es de cristal y tiene una estructura rectangular de 4,18 m² cerrada por dos muros opacos y dos muros cortina que parten de la planta baja hasta conectar con la azotea donde se sitúa el motor del ascensor.
- La azotea cuenta con dos salas. La sala donde se sitúa el motor del ascensor de 15,8 m² y la sala que cubre las escaleras de acceso a la azotea de 10 m².

En esta edificación no se pretende un gran flujo de trabajo administrativo relacionado con la empresa, su función principal es la exposición y venta de vehículos. Por tanto, solamente se dispone de un despacho donde se gestiona la información y se dirige el concesionario, una sala de reuniones y dos oficinas destinadas sobre todo a la venta.

4 Diseño y modelado

Una vez definidos los requisitos y justificación urbanística, se comenzó con el diseño. Este proceso está formado por dos modelos compatibles. En primer lugar, se diseñó un modelo arquitectónico básico que cumple las necesidades que se han definido anteriormente. Este modelo tiene un nivel LOD bajo en la mayoría de elementos ya que está constituido en gran parte por elementos básicos de Revit sin apenas información aunque algunos elementos sí se modelaron de forma

personalizada para ir dando forma al modelo. Este primer diseño sirvió para tener una representación muy cercana a la edificación que se requiere y por tanto no se modeló de forma personalizada la mayoría de componentes ya que estos podían no ser definitivos.

Una vez generado el modelo arquitectónico primario, se diseñó un modelo estructural compatible con éste, que contemple todos los elementos estructurales que requiere la estructura del edificio con un alto nivel LOD para todos sus elementos.

Finalmente se modificó el modelo arquitectónico para coordinar los dos modelos mediante la herramienta “vínculos” de Revit. Por lo que el resultado final es un único modelo en plantilla arquitectónica con el modelo estructural vinculado en el que aparecen todos los elementos del diseño, estructurales y arquitectónicos.

4.1 Diseño Arquitectónico

En primer lugar se creó un archivo nuevo de plantilla arquitectónica en el programa Revit. Para continuar, se comenzó definiendo las bases del modelo.

4.1.1 Preparación del modelo

- Se definen *unidades de proyecto*. Seleccionando metros, dos unidades de redondeo y símbolo “m”.
- Se activa la pestaña “*punto base del proyecto*” en modificación de visibilidad. Esta herramienta es clave en el comienzo del diseño ya que es el origen de coordenadas que se va a respetar en todos los planos y se parte de dicho punto en cualquier archivo que se vincule a este.
- Las rejillas junto con los niveles son otros de los elementos más destacados de Revit. Son planos perpendiculares u ortogonales a la vista en que se crearon, representados por una línea. Se utilizan para crear restricciones o referencias de los elementos principales de nuestro proyecto. Para definir los niveles se hizo uso de la vista de alzado, se crearon dos niveles más con la herramienta de Revit “nivel” dentro de la pestaña “arquitectura”, uno para azotea y otro para posible cubierta. En la tabla 1 se muestran los niveles creados para este modelo.

NIVELES	COTA (m)
Nivel Base	0
Primera Planta	3,5
Azotea	7
Cubiertas	9,2

Tabla 1. Niveles utilizados.

En este modelo, se usaron rejillas para delimitar las dimensiones de la estructura dentro de la parcela. Seleccionando “rejillas” dentro de la pestaña “arquitectura”, se colocan rejillas referenciadas por la posible colocación de las hileras de pilares de la estructura externos e internos. Se necesitan otras 6 rejillas ya que el solar no es rectangular, para delimitar los 4 puntos exteriores de la parcela. La totalidad de rejillas usadas en el modelo para definir las referencias se muestran en la tabla 2.

REJILLAS
Limite Parcela 14
Limite Acera
Máximo Norte parcela 16
Máximo Este parcela 14
Máximo Este parcela 16
Parcela 16 Acera
Hilera 1 pilares dirección Norte
Hilera 2 pilares dirección Norte
Hilera 3 pilares dirección Norte
Hilera 4 pilares dirección Norte
Hilera 1 pilares dirección Este
Hilera 2 pilares dirección Este
Hilera 3 pilares dirección Este
Hilera 4 pilares dirección Este
Hilera 5 pilares dirección Este
Hilera 6 pilares dirección Este

Tabla 2. Rejillas creadas.

Una vez definidas las bases del modelo se diseñó el modelo arquitectónico de acuerdo con la distribución de espacios adoptada anteriormente.

4.1.2 Nivel base

A) Suelo

Se creó un suelo arquitectónico por defecto de 30 cm de espesor y 1801.28 m² de forma rectangular. Esta superficie es el mayor rectángulo que se puede obtener de la parcela. Su superficie, cubre toda la zona de edificación y la zona externa transitable ya que los espacios en los que no se construye se usaran para el acceso al concesionario y zona aparcamiento.

La zona restante de la parcela a esta, definida anteriormente, es de 148.05 m² y se encuentra en el contorno del solar. Se utilizará para vegetación por lo que se creó un suelo personalizado de 30 cm de espesor que denominó “suelo sustrato”. Para configurarlo como suelo de tierra, se creó un suelo por defecto del espesor requerido y en la pestaña “editar tipo” se cambió el material a “sustrato” tal como se aprecia en la Figura 10.

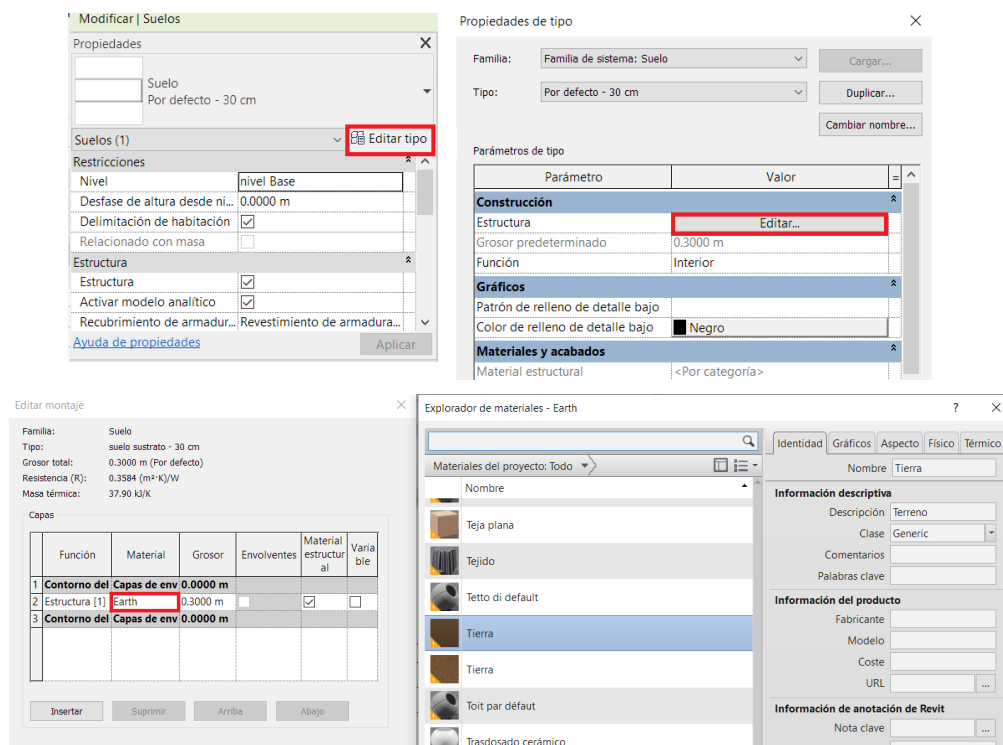


Figura 10. Modificación de suelo. Fuente elaboración propia

El aspecto final del suelo del nivel base en planta se representa en la Figura 11 junto con las rejillas y el punto base del proyecto.

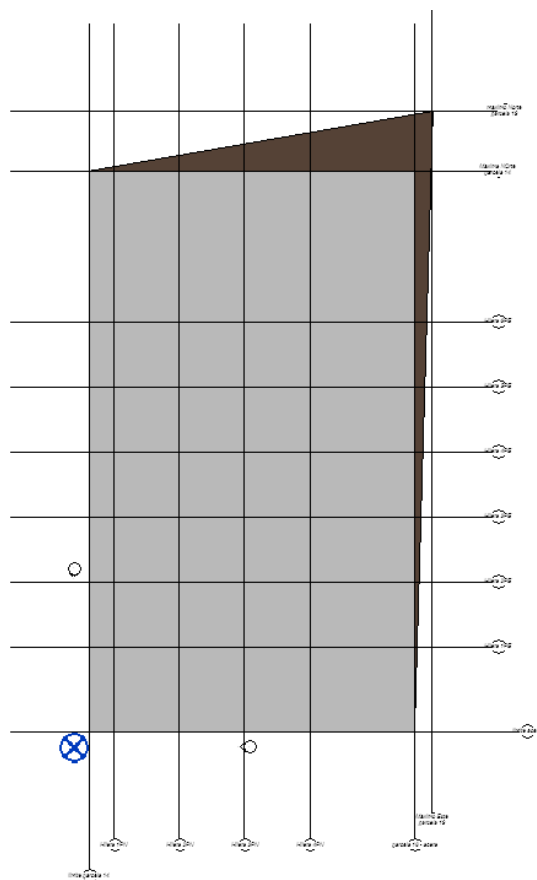


Figura 11. Vista en planta de nivel base.

B) Cerramientos

Los cerramientos externos de la edificación se colocaron sobre las rejillas, creadas previamente con la intención de referenciar la posición de muros y pilares. Para los cerramientos externos de la edificación se utilizó muro cortina en las zonas visibles desde la calle Ronda de marroquíes que será la zona de exposición y muro por defecto de 30 cm de espesor para la zona restante. Los muros parten del “nivel base” hasta el nivel “primera planta” por lo que inicialmente tienen una altura de 3,5 m y se desplazan con niveles. Si se cambia la cota de cualquier nivel cambiaría la altura de estos.

El muro cortina que se ha utilizado es personalizado ya que se pretende colocar un único panel de vidrio de 6,5 m en cada tramo entre rejillas con una única rejilla vertical en los extremos que sirve de unión entre paneles. Para crearlo, se partió de

un muro cortina vertical de Revit, se renombró y se modificó el valor de sus parámetros como se muestra en la figura 12.

Parámetro	Valor
Construcción	
Función	Exterior
Incrustar automáticamente	☒
Panel de muro cortina	Ninguno
Condición de unión	Borde y rejilla vertical continua
Materiales y acabados	
Rejilla vertical	
Diseño	Espaciado máximo
Espaciado	6.5000 m
Ajustar para tamaño de montante	☒
Rejilla horizontal	
Diseño	Ninguno

Figura 12. Parámetros de muro cortina personalizado.

Se delimitó la parcela disponiendo a todo el perímetro de ésta (excepto la zona de acceso) un muro por defecto de 20 cm de espesor. Dicho muro tiene una altura de 2 m excepto en la zona que impide la visibilidad de la exposición que se consideró la utilización de un muro de 0.5 m de altura. La zona de acceso a la parcela está libre de muro y tiene un ancho de 6.5 m con centro coincidente con el de la fachada de la edificación.

Los cerramientos internos se realizaron con muro por defecto de 20 cm y se crearon tres habitaciones en el nivel base. Dos de ellas de 25 m² situadas en la zona noroeste se destinaron para oficina y baño para clientes y empleados. La tercera de 16,5 m² se consideró para la instalación de un ascensor de vehículos como solución a la necesidad de subir vehículos a la exposición de la primera planta. Los cerramientos internos también parten del “nivel base” hasta “primera planta” y se desplazan con niveles.

Para el acceso peatonal a la primera planta se ha considerado la colocación de un ascensor y escaleras en la zona central del edificio que aún no se ha modelado porque necesita tener definido el suelo de la primera planta.

C) Elementos cargados de Revit

Tras definir los cerramientos externos e internos se van incluyeron las puertas y ventanas. El procedimiento se realizó mediante la carga de familias de Revit como se aprecia en la figura 13.

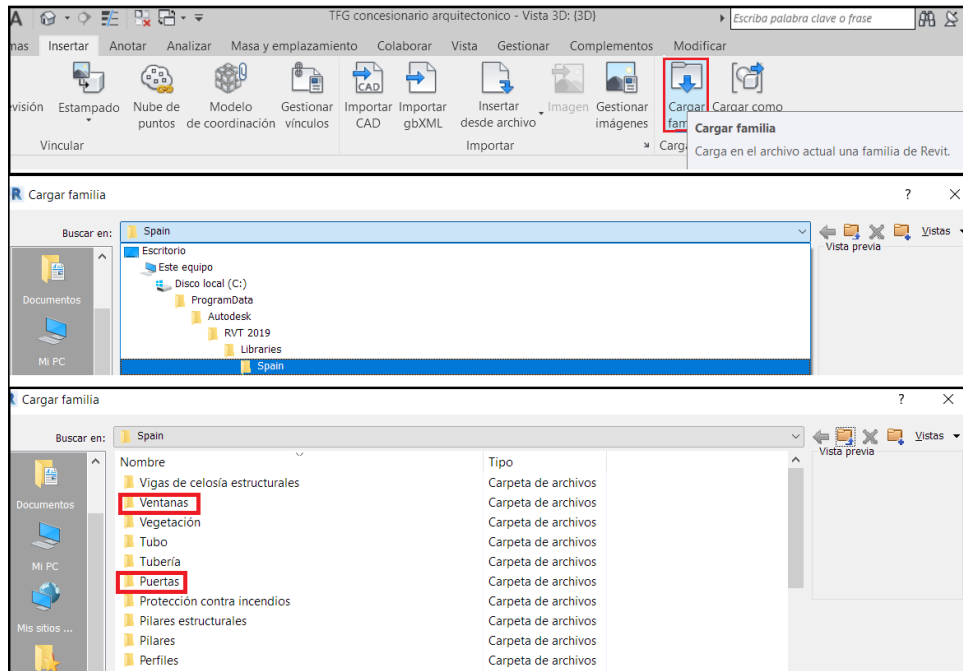


Figura 13. Proceso para cargar familias de elementos.

Se seleccionaron dos puertas de garaje, una de mayor tamaño para la entrada de vehículos al concesionario y otra para la habitación dedicada al ascensor de vehículos.

Para las dos habitaciones restantes se instalaron puertas de una hoja y en los paneles de vidrio se colocaron puertas específicas para muro cortina, que son las puertas de acceso peatonal. Se cuenta con una puerta en el panel de vidrio central que está orientada hacia la entrada de la parcela y otra en el panel central de los paneles que se orientan hacia el aparcamiento. Para las ventanas se ha decidido un tamaño grande ya que el tamaño de habitaciones es amplia y se han dispuesto tres ventanas situadas en la cara norte de la edificación, una para cada habitación. En la figura 14 se muestran los modelos seleccionados.

Elementos	Situación
 16 Overhead_Panel_Garage_Door_Colonial_2.5 x 2.2	Puerta de Garaje externa de 2,5 m x 2,2 m
 07 garage_door_...	Puerta de ascensor de vehiculos de 2,4 m x 2,1 m
 Puerta de 1 hoja 70 x 210 cm	Puerta para acceso a habitaciones de 0,7 m x 2,1 m
 Puerta de cristal abatible de 2 hojas en muro cortina	Puerta de acceso peatonal a la edificación de 2 m x 2,1 m
 Ventana de 2 hojas (practicable + oscilobatiente) 1600 x 1600mm	Ventana instalada en zona de muro opaco de 1,6 m x 1,6 m

Figura 14. Elementos arquitectónicos cargados para nivel base.

En el proceso de instalar una puerta en muro cortina se encontró con que Revit no permite instalar cualquier tipo de puerta, es necesario un tipo de puerta especial para muro cortina y además no se puede instalar directamente en el muro como en el caso de puertas para muros convencionales que no son de cristal, sino que se necesita crear un panel con el tamaño deseado para la puerta dentro del muro, para sustituir éste por la puerta. Por tanto se necesitó crear un nuevo modelo de muro cortina personalizada. Este muro cortina contiene una rejilla horizontal y dos verticales, los cuales transforman el muro en un conjunto de 6 paneles de los que el panel central inferior tiene las dimensiones de la puerta. Seleccionando este panel, en “propiedades” se puede elegir entre las diferentes puertas para muro cortina que se hayan cargado previamente de las familias de Revit. En este caso se seleccionó la puerta de cristal abatible de dos hojas. Podemos ver el resultado en la figura 15.

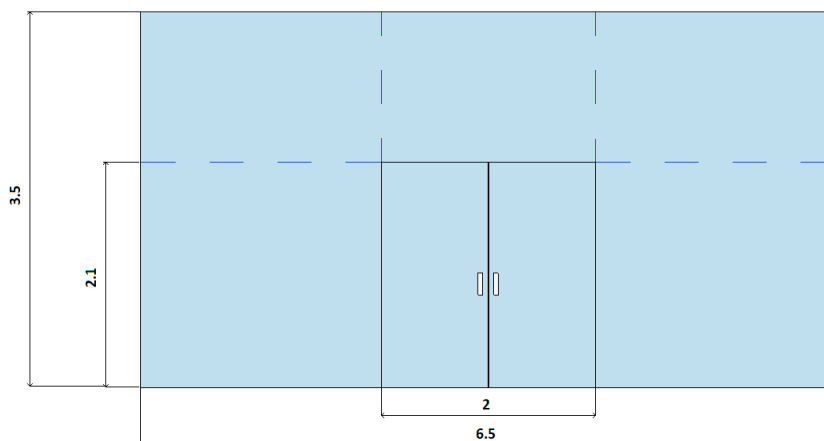


Figura 15. Rejillas de muro cortina diseñado para incluir puerta.

El aspecto final de los elementos modelados en el “nivel base” en conjunto se muestra en la vista 3D de la Figura 16.

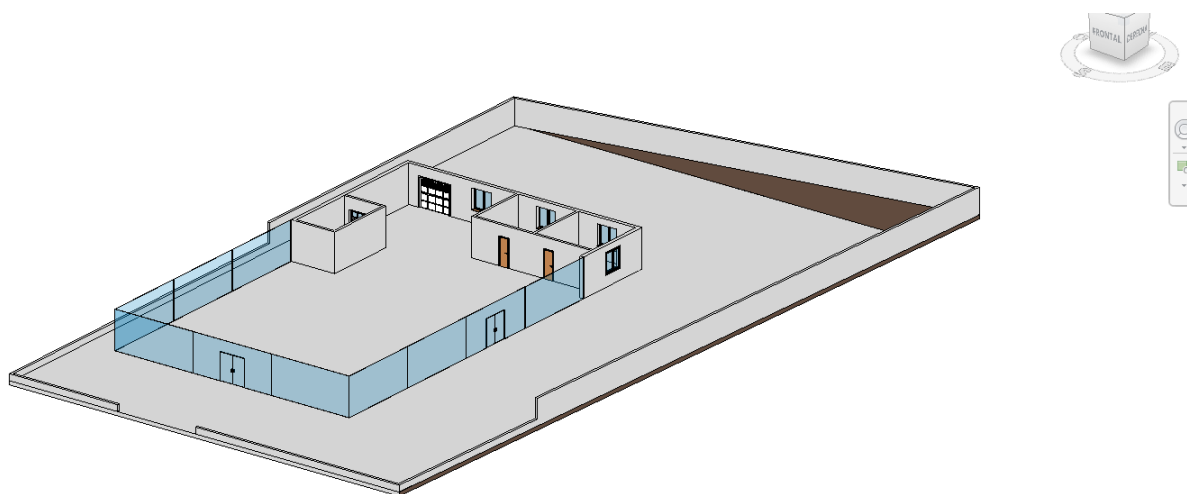


Figura 16. Vista 3D de elementos del nivel base.

4.1.3 Primera planta

A) Suelo

En primer lugar se creó un suelo arquitectónico por defecto de 30 cm de espesor que cubre el área de la edificación como se aprecia en la figura 17. En este suelo se realizaron dos agujeros con la herramienta de Revit “agujero” dentro de la pestaña “arquitectura”. El primero ubicado en la zona central de la edificación, es de 61,05 m² y está diseñado para mejorar la visibilidad entre plantas y favorecer su conexión instalando las escaleras y ascensor en éste. El segundo simplemente es el agujero necesario para el ascensor de vehículos y tiene las dimensiones del suelo de la habitación del ascensor de vehículos diseñada anteriormente en el nivel base.

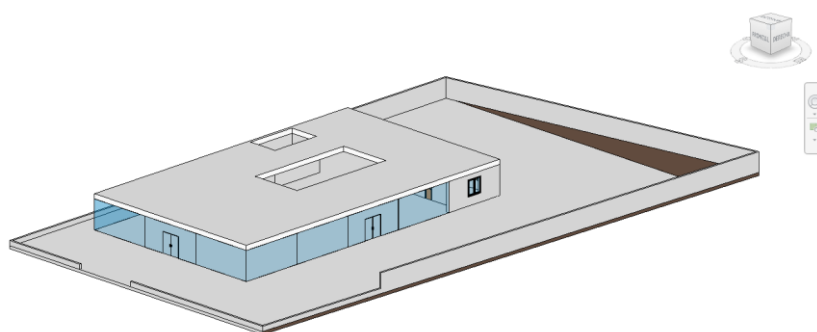


Figura 17. Vista 3D suelo primera planta.

B) Cerramientos

Los cerramientos externos continúan con el diseño de la primera planta por lo que son idénticos en materiales y diseño. Su ubicación también es la misma en un plano de alzado que la de los cerramientos del nivel base.

Para los cerramientos internos también se utilizó el mismo muro por defecto de 20 cm. Se crearon de nuevo en esta planta, la habitación del ascensor de vehículos y las dos habitaciones que se crearon en el nivel base, ubicadas las tres en la misma posición y del mismo tamaño. A estas, se añadieron dos habitaciones más. Una de 25 m² que se utiliza como oficina y otra de 18,26 m² en la que se instala la escalera para acceder a la azotea.

C) Elementos cargados de Revit

Para esta planta se utilizó el mismo modelo de puertas de habitaciones que para el nivel base. En el ascensor de vehículos la misma puerta pero en este caso está ubicada en la pared opuesta que en la planta inferior y para el ascensor peatonal se cargó un modelo de puerta de ascensor desde las familias de Revit llamado “montaje de ascensor 10 personas” del que se pueden ver sus características en la figura 18.

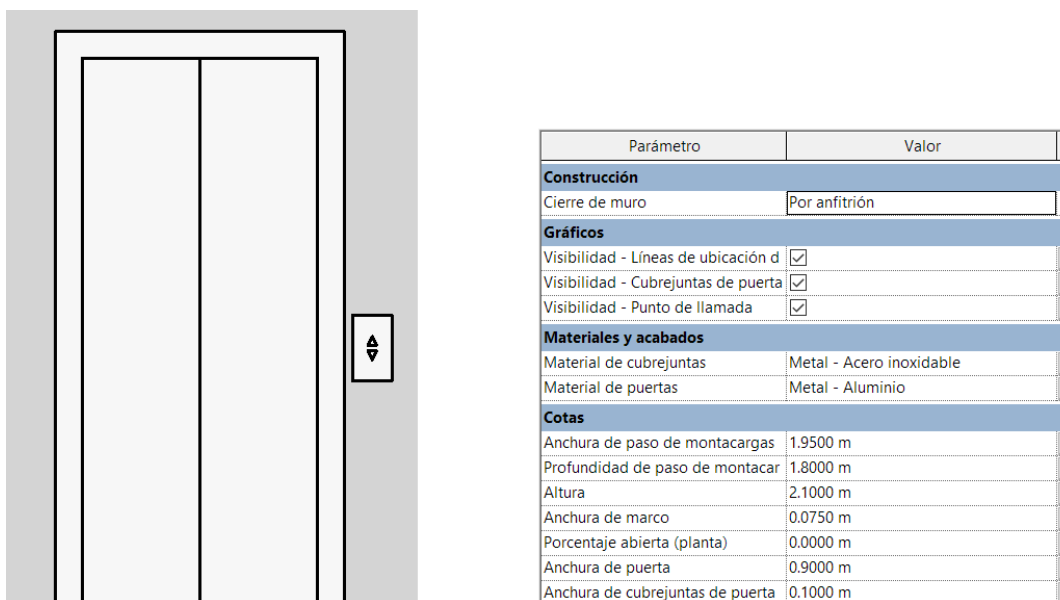


Figura 18. Detalles del modelo de puerta de ascensor.

A continuación, se añadió una puerta en el muro oeste de la edificación que se destina como salida de emergencia. Este elemento que se muestra en la figura 19, ha sido descargado de la web *Bimobject.com* y cargado desde Revit en la pestaña “arquitectura” seleccionando “puertas”, “cargar familia”.



Figura 19. Salida emergencia incluida en el modelo. Fuente www.Bimobject.com.

En el caso de ventanas también se mantuvo el diseño y se colocaron cuatro ventanas, una por habitación y todas en el muro Norte de la edificación. En la Figura 20 se puede ver el estado del modelo.

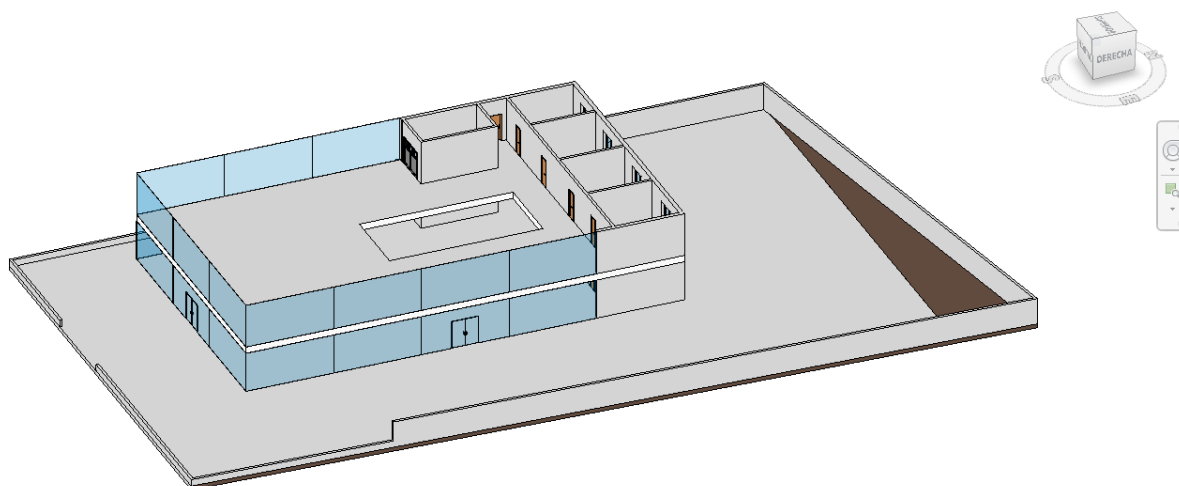


Figura 20. Vista 3D estado del modelo en este punto

D) Escaleras y ascensor

En este punto, se agregaron las escaleras que parten del nivel base y finalizan en la primera planta. Las escaleras para acceder a la azotea y el ascensor requieren que exista primero el suelo de la azotea.

Para las escaleras de la salida de emergencia, se consideró una anchura de 1,5 m como suficiente por el transito que suele tener un concesionario. El CTE contempla una anchura mínima de 1 metro para este caso, pero al ser una escalera de emergencia se decidió aumentarla. Además según el CTE es necesario para unas escaleras de uso general una huella mínima de 28 cm, una contrahuella de 17,5 cm para uso público y que la huella y contrahuella cumplan la relación siguiente:

$$54 \text{ cm} \leq 2C + H \leq 70 \text{ cm}$$

Por tanto, se fijó una contrahuella de 17,5 cm, una huella de 28cm y una anchura de tramo de 1,5 m que se comprobó que cumple dicha relación **2C+H=63**.

Mediante la herramienta “escaleras” dentro de la pestaña “arquitectura”, se eligió la escalera ensamblada con montante central. Se creó una escalera de un solo tramo que esta en contacto con el muro externo de la cara Este del edificio y que dispone de un descansillo de 1,5 m x 1,5 m en la base de la puerta de emergencia al nivel del suelo de la primera planta. A continuación, con la herramienta “barandilla para escalera o rampa” se incluyó una barandilla estándar de barrotes redondos en el perímetro de la escalera exceptuando en la zona de entrada a las escaleras y la zona que está en contacto con el muro y la puerta de emergencia. En la figura 21 se aprecia el resultado final del modelo de escalera.

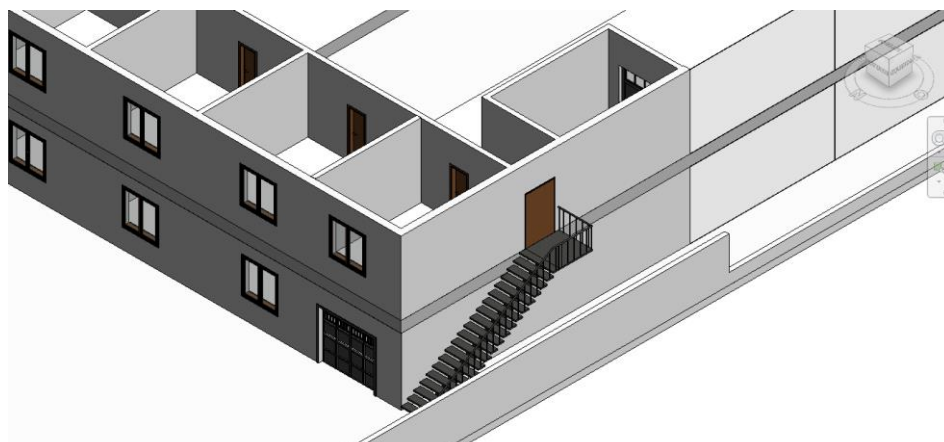


Figura 21. Vista 3D escalera emergencia.

Para la escalera de acceso entre nivel base y primera planta se consideró un diseño semicircular que aprovecha mejor el espacio. El CTE exige una huella de 28 cm como mínimo a una distancia de 50 cm desde el lado interno del peldaño y 44 cm como máximo, medidos estos últimos en el lado externo del peldaño. La anchura mínima por su uso es 1 m. También se debe cumplir la relación definida para el caso anterior.

$$54 \text{ cm} \leq 2C + H \leq 70 \text{ cm}$$

Se decidió utilizar una huella de 28 cm con una anchura de 1 m. De esta manera se cumple el requisito mínimo de huella en 50 cm desde el interior del peldaño ya que Revit mide la huella en el centro del peldaño, que sería en 50 cm. Para la contrahuella se consideró 17,5 cm que es el valor mínimo exigido en el CTE. Se comprueba que cumple también la relación necesaria con esta configuración **2C+H=63**.

Se creó el modelo como en el caso anterior. Dentro de los modelos de Revit se selecciona “escalera ensamblada de Acero y vidrio” para mantener la estética de la edificación. En el proceso de creación se utilizó la herramienta “espiral por centro y puntos finales”. Finalmente en “editar tipo” se editaron los parámetros de huella, contrahuella y anchura. El resultado aparece en la Figura 22.

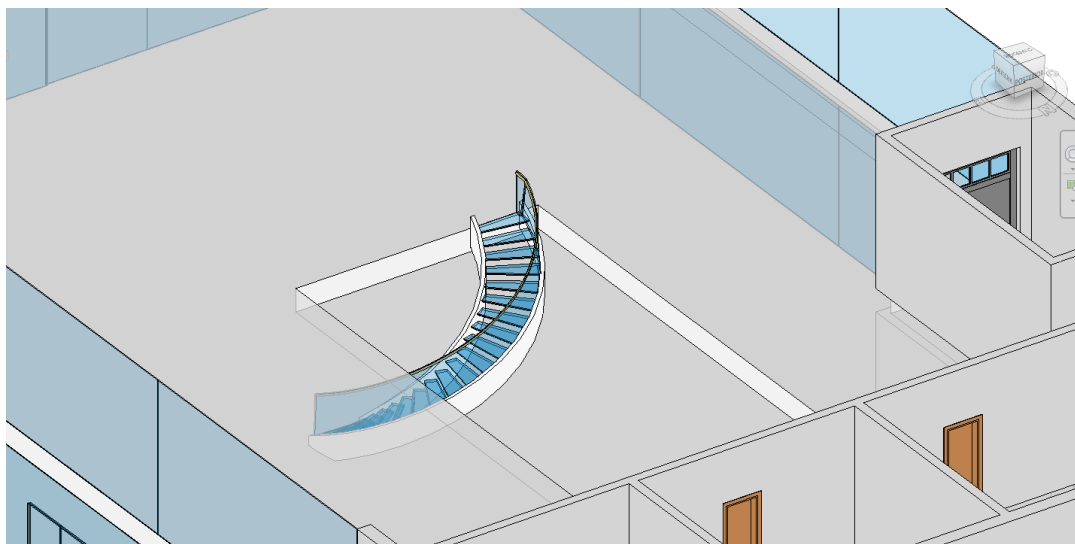


Figura 22. Vista 3D escalera de acceso a Primera Planta.

En el caso del ascensor, se decidió preparar la instalación para incorporar un ascensor de cristal de tipo eléctrico. Este modelo eléctrico necesita una zona aislada entre muros que atraviese las diferentes plantas sobre el que se mueve con unas

guías y una habitación en su zona superior donde va colocado el motor y gran parte de su mecanismo de funcionamiento.

Por tanto, se creó esta zona donde se instalan las guías con dos muros por defecto de 20 cm y otros dos muros cortina sin rejillas que permitan la visualización de gran parte de la exposición mientras se hace uso de este. Todos los muros parten desde “nivel base” hasta “azotea”.

Los muros macizos se dispusieron uno orientado a las oficinas y el otro hacia la cara este que es el que incorpora las puertas de ascensor definidas anteriormente. En la Figura 23 se muestra el aspecto final en ambos niveles aplicando una transparencia de 20% al suelo de la primera planta.

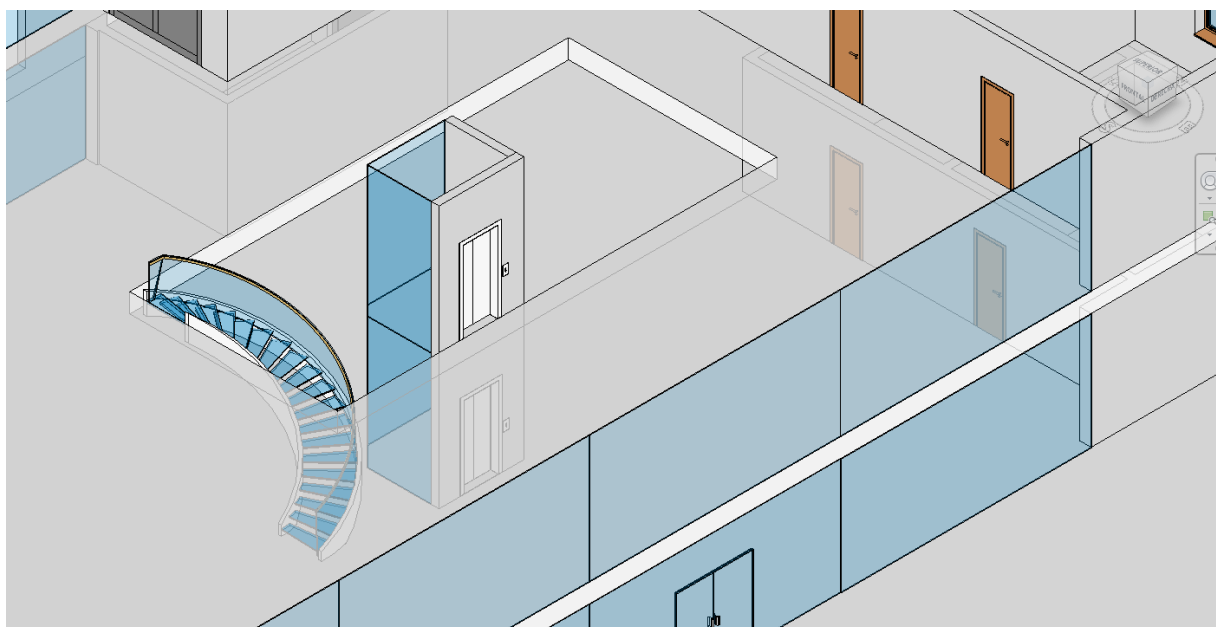


Figura 23. Vista 3D ascensor. Fuente elaboración propia

4.1.4 Azotea

El diseño de la azotea se pensó para instalar sistemas de refrigeración, calefacción o cualquier otro sistema necesario, así como el mantenimiento de estos. En principio, solo se modelaron los elementos necesarios para instalar un ascensor.

A) Suelo

Se ha creado un suelo arquitectónico por defecto de 30 cm en la azotea que recorre todo el perímetro de la edificación y tiene dos agujeros como se aprecia en la Figura 24. Uno en la zona central de 3,3 m² destinado al ascensor y el otro de 7,86 m² por el que se accede a la azotea, ubicado en la habitación donde se sitúan las escaleras de acceso a la azotea.

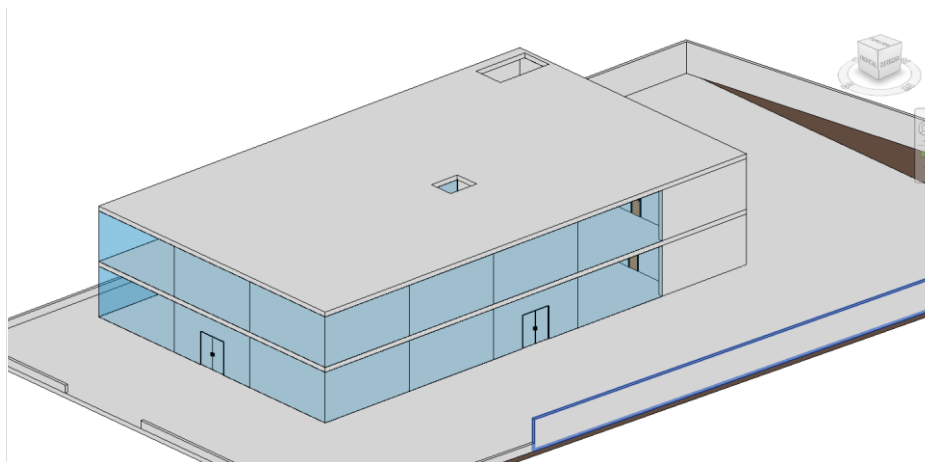


Figura 24. Vista 3D suelo de azotea.

B) Cerramientos

Se necesitan dos habitaciones ubicadas cada una en uno de los agujeros del suelo arquitectónico nombrados anteriormente. Para el ascensor se creó una habitación de 14 m² cerrada con muro por defecto de 20 cm de espesor donde se encuentra el motor y mecanismos del ascensor, desde la que se le realizarán las labores de mantenimiento.

Las escaleras también necesitan una habitación en la azotea para evitar que éstas y la habitación donde se ubican, estén expuestas a las condiciones meteorológicas. Se creó una habitación de 7,66 m² en este caso, también con muro por defecto de 20 cm de espesor. En ambos casos, los muros parten del nivel “azotea” hasta el nivel “cubiertas”.

Por el uso que se va a dar a la azotea, lo más razonable es que no sea visible su contenido desde fuera. Por tanto se colocó muro por defecto de 20 cm en todo el perímetro del suelo excepto en un pequeño tramo en la cara norte del edificio en que la habitación de las escaleras tiene ocupada dicha ubicación como se puede ver en la Figura 25. Este muro perimetral, parte del nivel “azotea” y tiene una altura de 2 m que se introduce en Revit en la cuadrícula “altura desconectada” dentro de “propiedades de muro.”

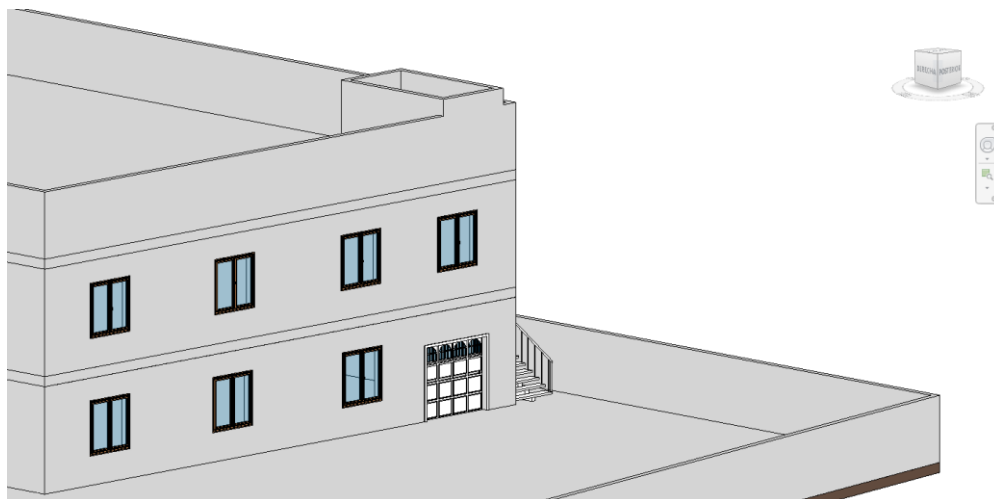


Figura 25. Vista 3D Detalle muro azotea.

C) Elementos cargados

Para las puertas de las dos habitaciones de la azotea se utilizó el mismo modelo cargado de familias de Revit que se había utilizado en los niveles inferiores. Además, se cargaron desde la familia “ventanas” dos elementos nuevos; un deflector de ventilación y dos pequeñas ventanas fijas para colocarlos en la habitación del motor del ascensor como muestra la Figura 26.

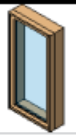
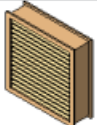
Elementos	
	Ventana fija 0406 x 0610mm
	Deflector de ventilación simple 0610 x 0610mm

Figura 26. Elementos arquitectónicos cargados para el nivel “azotea”.

D) Cubiertas

En el nivel “cubiertas” que es a su vez, la restricción superior de los muros que forman las habitaciones de la azotea, se crearon las cubiertas para las dos habitaciones de la azotea. Se seleccionó en la pestaña “arquitectura”, “cubiertas” el modelo “cubierta básica, teja sobre rastreles” que contiene cinco capas ordenadas desde la superior a la inferior como se muestra en la Figura 27.

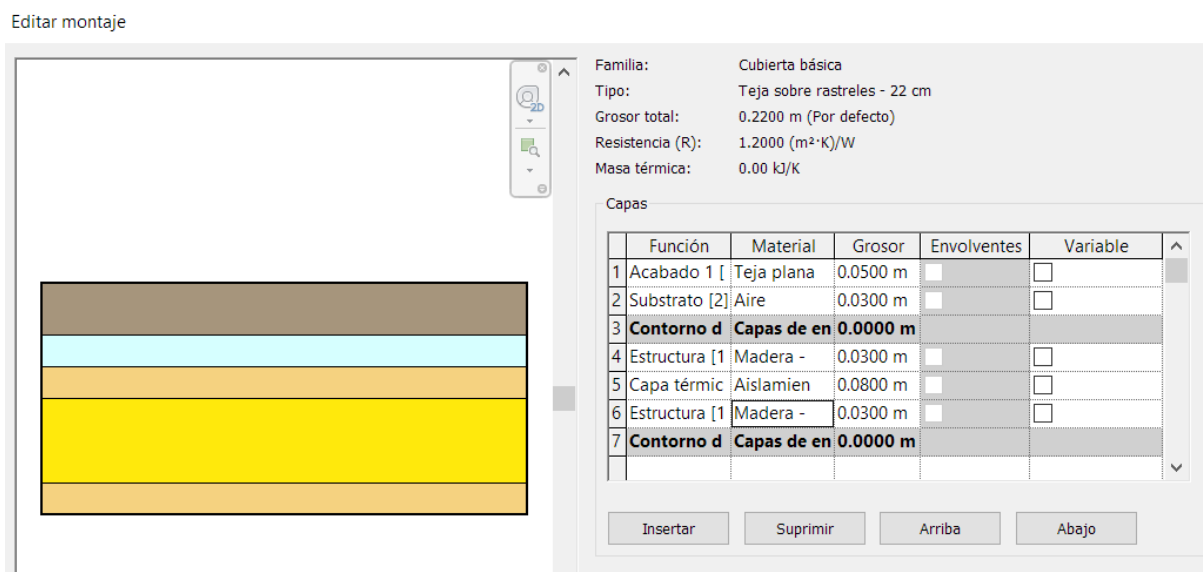


Figura 27. Capas de estructura de la cubierta utilizada.

En el proceso de creación, Revit crea por defecto una cubierta inclinada con base plana en la que todos los lados del contorno marcan pendiente, por tanto se generaron cuatro pendientes pero en este caso por el tipo de cubierta se desea que dos de los muros suban hasta la cumbrera. Para ello se editó el perímetro de la cubierta y en dos aristas de este perímetro sobre las que iría la cumbrera se desmarca la pestaña “Define pendiente” para que estos lados de la cubierta no queden anclados en el plano horizontal y se muevan con la altura de la cumbrera.

Por último, como es una cubierta sobre rastreles se crearon los rastreles mediante un entramado de barras de acero cuadradas con bordes redondeados que tienen pequeño tamaño de perfil y van incrustados en los muros frontal y trasero de estas habitaciones como muestra la Figura 28.

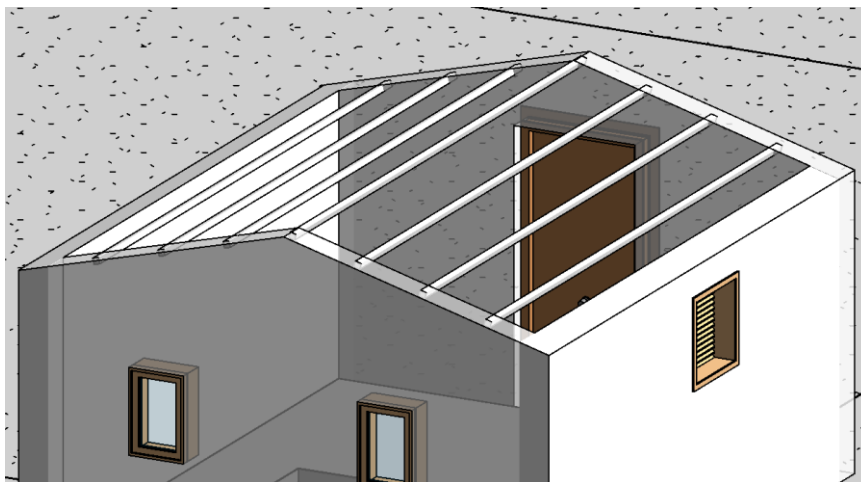


Figura 28. Rastreles de la cubierta.

El aspecto externo final del diseño arquitectónico básico aparece en la Figura 29. Algunos de los elementos de este modelo podían ser definitivos, otros aun no tenían definidos sus materiales como es el caso de los muros macizos y otros podían ser modificados finalmente si fuera necesario para una conexión total entre el modelo estructural y arquitectónico.

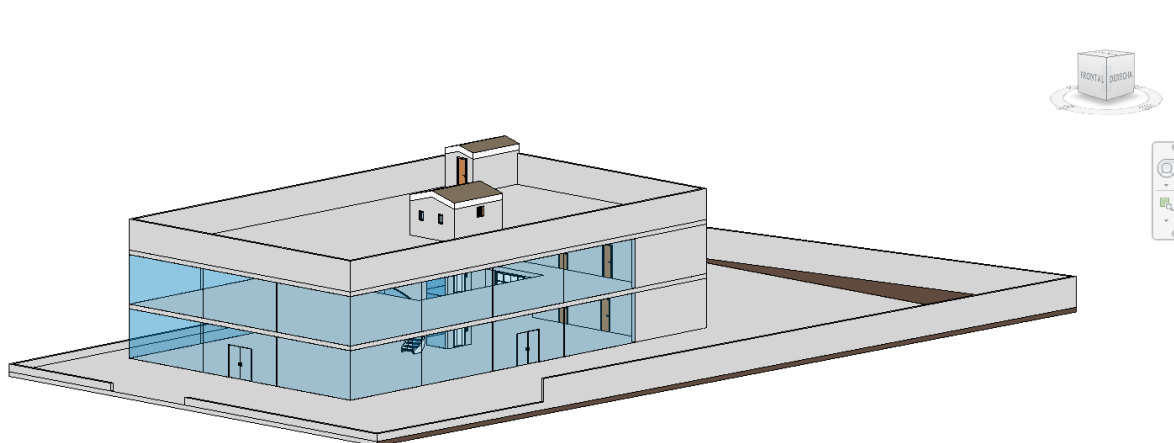


Figura 29. Modelo Arquitectónico en vista 3D.

4.2 Diseño estructural

El diseño estructural sobre el que se desarrolla la estructura se basa en una estructura entramada con cimentación de zapatas aisladas con enanos de cimentación. El tipo de estructura entramada, tiene un gran número de elementos estructurales horizontales y verticales para repartir y equilibrar el peso de la estructura. Es un diseño poco arriesgado, lo cual es interesante para el diseño porque aunque el objetivo de este TFG no es el cálculo estructural no se pretende crear un modelo

erróneo o alejado de algo que pudiera ser correcto. Por tanto se seleccionaron perfiles HEB e IPN de dimensiones propias de este tipo de edificaciones para las vigas y pilares.

Los elementos que componen la estructura de entramado metálico con cimentación son:

- *Pilares de acero.* El diseño incluye dos tipos de pilares utilizados. Los pilares denominados principales, tienen perfil HEB 360 y tienen 7,16 m de altura. Están situados en los puntos de cruce de las rejillas nombradas “Hileras de pilares al este y al norte” que se diseñaron para su colocación, por lo que están distanciados entre sí, 6,5 m por toda la superficie de la edificación. El otro modelo de pilar son los pilares de la estructura del ascensor que tienen un perfil HEB 200 y tienen una altura de 6,86 m.
- *Zapatas aisladas.* Tal como se describe en las características de la parcela, se ha considerado suelo tipo T-1 en el que la práctica habitual es la utilización de este tipo de zapata. Se han utilizado zapatas de 3 x 3 x 0,8 m situadas a una profundidad de 1, 8 m y centradas con la base de los pilares principales. El material del que está formada es Hormigón H-25 y contienen una armadura estructural.
- *Enanos de cimentación.* Se ha tenido en cuenta la utilización de enanos de cimentación para la conexión entre pilar y zapata. Un enano de cimentaciones un pequeño pilar de hormigón armado que permite la unión del pilar metálico con la zapata sin tener que bajar el pilar hasta la cota de la zapata evitando así que acarree problemas de humedad.
- *Jácnas.* Son las vigas metálicas que unen los pilares principales que trabajan principalmente a flexión. El perfil utilizado es IPN 360 para la primera planta e IPN 300 para el nivel de la azotea. Los pilares del ascensor también están unidos por cuatro jácnas a la cota de la primera planta que refuerzan su estructura. En el diseño, todos los pilares principales están unidos a los pilares contiguos a estos mediante jácnas en el nivel de la primera planta y en el nivel de la azotea.
- *Correas.* Este tipo de viga metálica se ha utilizado para soportar el peso de los forjados y transmitirlo a las jácnas. Se disponen seis en cada

entramado que hay entre cuatro pilares distanciados de forma equitativa. Se ha utilizado el perfil IPN 180 para el nivel de la azotea y el perfil IPN 300 para la primera planta.

- *Forjados.* Es el elemento estructural formado por hormigón armado que soporta su propio peso y las sobrecargas de uso para transmitir las al terreno mediante la estructura metálica descrita anteriormente. Los forjados utilizados tienen un grosor de 20 cm y tienen los agujeros diseñados anteriormente en el modelo arquitectónico para permitir el acceso de escaleras, ascensores y el hueco central diseñado en la primera planta.
- *Losa de cimentación.* Se incluye una losa de cimentación superficial únicamente para la estructura del ascensor. Esta losa es de hormigón armado H 25 con las mismas dimensiones que las zapatas de cimentación pero no dispondrá de enanos y los pilares del ascensor van anclados a esta directamente.

4.2.1 Preparación del modelo

Tras definir los elementos estructurales que se han utilizado, se creó un archivo nuevo de plantilla estructural para modelarlo, vinculando a este el modelo arquitectónico para tener todas las referencias de la parcela y ubicación de elementos dentro de ésta.

Una vez vinculado, se crearon de nuevo los niveles que se tenían creados en el modelo arquitectónico y se le añadieron tres nuevos niveles que son necesarios para la cimentación.

Podría no ser necesario crear niveles ni rejillas de nuevo ya que para localizar los puntos de referencia para crear los elementos se dispone del vínculo. Aun así, es muy útil el uso de unos nuevos niveles para que sirvan de restricción de los elementos. Esta es una de las facilidades de Revit, de este modo los elementos se mueven con los niveles y se podrían realizar cambios de cota de gran número de elementos simultáneamente si fuera necesario. Se crearon niveles coincidentes con los del modelo arquitectónico para no perder la referencia pero finalmente se reajusta su cota una vez modelados todos los elementos para que no se solapen elementos

arquitectónicos con estructurales y para dejar una cota entre suelo techo igual en ambas plantas. En la tabla 3, se muestran los niveles de partida que se han nombrado.

NIVELES	COTA (m)
Cimentación zapata	-1,8
Cimentación enanos	-1
Nivel Base E	0
Primera Planta E	3,5
Azotea E	7
Cubiertas	9,2

Tabla 3. Niveles primarios del modelo estructural.

4.2.2 Cimentación

Para la cimentación se han utilizado zapatas aisladas de hormigón armado unidas mediante enanos a los pilares.

A) Zapatas

Se consideró el uso de unas zapatas cuadras de 3 x 3 x 0,8 m, pero Revit crea por defecto unas zapatas rectangulares, por lo que se crearon unas zapatas personalizadas. Para ello, en la pestaña “estructura”, dentro de la sección “cimentación” se encuentra la herramienta “aislada”. Con esta, se creó una zapata aislada por defecto que fue personalizada duplicando el modelo, cambiando el nombre a “zapata rectangular 3 x 3 x 0,8 m” e introduciendo las dimensiones en sus características como se muestra en la Figura 30. En material estructural se seleccionó Hormigón moldeado in situ H 25, se le incluyó una restricción base, el nivel “cimentación zapata” y un desfase de altura desde nivel de “0,8 m”. Un detalle a destacar es que se sigue llamando zapata rectangular aunque ya es cuadrada porque es el nombre del modelo que se ha editado y no se puede cambiar más que el seudónimo que acompaña a dicho nombre.

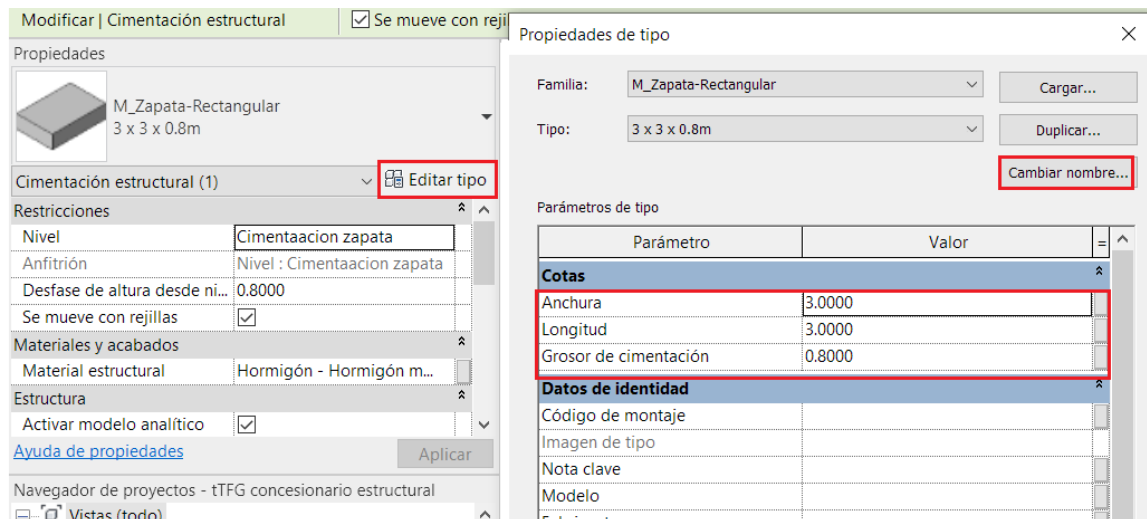


Figura 30. Zapata personalizada.

Las zapatas se situaron en cada punto donde se diseñó la colocación de los pilares. Por tanto, en los cruces que se producen entre las rejillas que se nombraron como Hileras de pilares al Norte y al Este, en el modelo arquitectónico como se aprecia en la tabla 4. Mediante el vínculo de modelos que se realizó previamente, se colocaron de forma correcta sin necesidad de crear unas nuevas rejillas.

REJILLAS
Limite Parcela 14
Limite Acera
Máximo Norte parcela 16
Máximo Este parcela 14
Máximo Este parcela 16
Parcela 16 Acera
Hilera 1PN
Hilera 2PN
Hilera 3PN
Hilera 4PN
Hilera 1PE
Hilera 2PE
Hilera 3PE
Hilera 4PE
Hilera 5PE
Hilera 6PE

Tabla 4. Rejillas diseñadas para la colocación de pilares.

Las zapatas parten del nivel “cimentación zapata” y tendrán un desfase de 0,8 m, que es su altura. En la Figura 31 se puede ver el aspecto final y la situación de las zapatas de cimentación en una vista 3D.

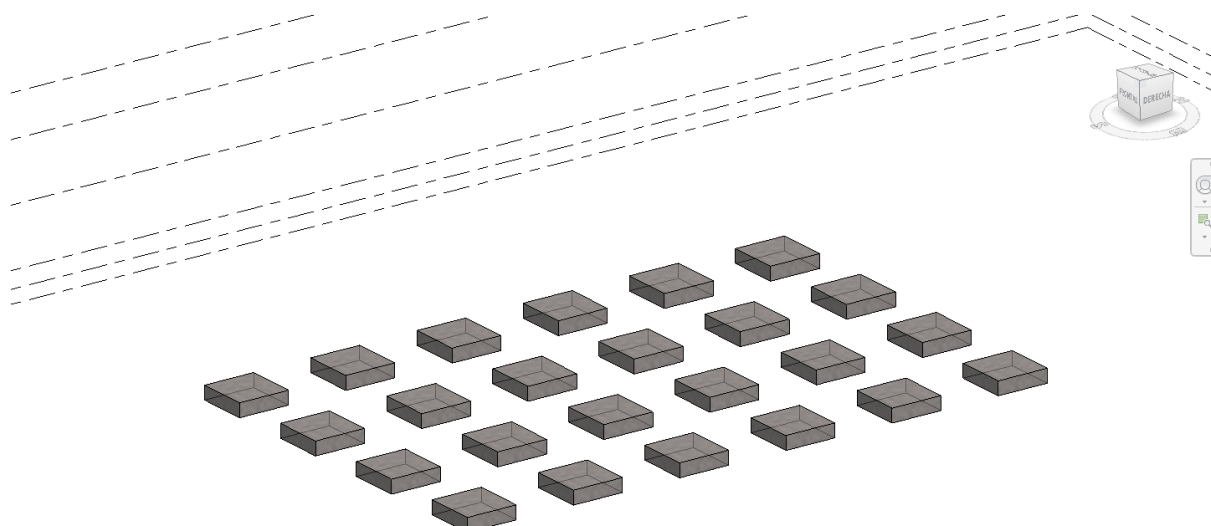


Figura 31. Vista 3D Disposición zapatas.

Por último, es necesario añadir una armadura de acero a las zapatas para que tengan una estructura de hormigón armado. Para ello, se creó una sección en una de las vistas de alzado que corte la zapata con la herramienta de Revit “sección”. Desde la vista de plano de dicha sección, con la herramienta “armadura” dentro del grupo “refuerzo” se seleccionó en el navegador de formas de armadura el modelo “21” que tiene forma de U y es el más adecuado para la base de zapatas. El tipo de acero de las barras de armadura es B400 S. Para disponer de forma uniforme estas barras en la zapata se utilizó “conjunto de armaduras” donde se colocó diseño por espaciado máximo “200 mm” con unas barras de acero de 8 mm de diámetro y en “orientación de colocación” se colocó un conjunto paralelo al plano de trabajo y otro perpendicular, dando como resultado la armadura que se muestra en la Figura 32.

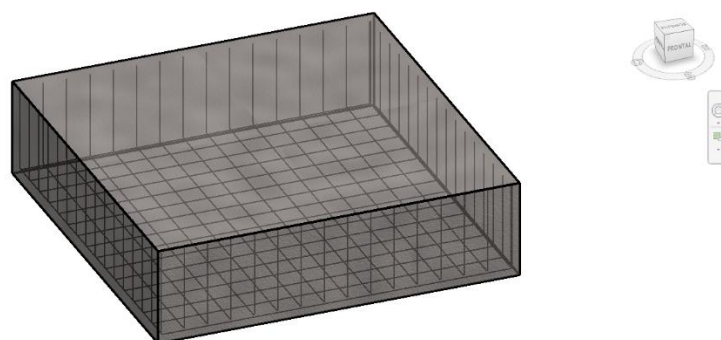


Figura 32. Vista 3D Zapata armada.

B) Enanos

Se consideró el uso de enanos de hormigón armado H-25 verticales, de base cuadrada 0,8 m x 0,8 m y 1 m de altura. Estos, contienen las restricciones de nivel “cimentación enanos” para su extremo inferior y “nivel base e” para su extremo superior por tanto sus extremos se moverían con dichos niveles. La cota entre estos niveles es de 1 m como se ha fijado previamente en el apartado preparación de proyecto estructural.

Para su creación se utilizó la herramienta de Revit “pilar” pero como ningún modelo satisface las necesidades de este elemento, se cargó de las familias de Revit el modelo “Hormigón-cuadrado-pilar” y se modificó en “propiedades” el material estructural y la cota b, que es la cota de lado de esta base cuadrada como se presenta en la Figura 33.

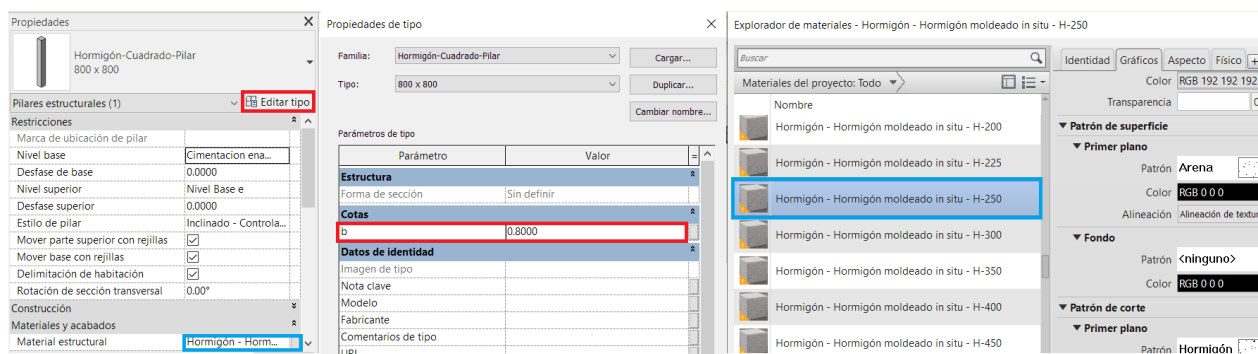


Figura 33. Configuración de los enanos de cimentación.

Se colocaron de modo que se tiene un elemento por cada zapata teniendo centro coincidente con el de ésta en una vista de planta.

Por último se le proporcionó una armadura que esté en conexión con la armadura de la zapata. Para ello, la armadura del enano deber sobresalir por su base inferior y adentrarse en la zapata hasta apoyar sobre la armadura de ésta. Del mismo modo que para las zapatas se trabajó dentro de la vista de una sección que corte el elemento.

El tipo de acero de las barras de armadura es el mismo acero B 400 S. En este caso, en formas de armadura se utilizó el modelo “41” para colocar 11 barras en posición horizontal por espaciado máximo de “200 mm” y el modelo “12” para colocar 8 barras en posición vertical de forma manual, de manera que la parte corta de esta

forma tipo L que tiene, apoye sobre la armadura de la zapata. Su disposición manual fue una barra tipo 12 por cada esquina y otra en el centro de cada lado del modelo 41 como se aprecia en la Figura 34.

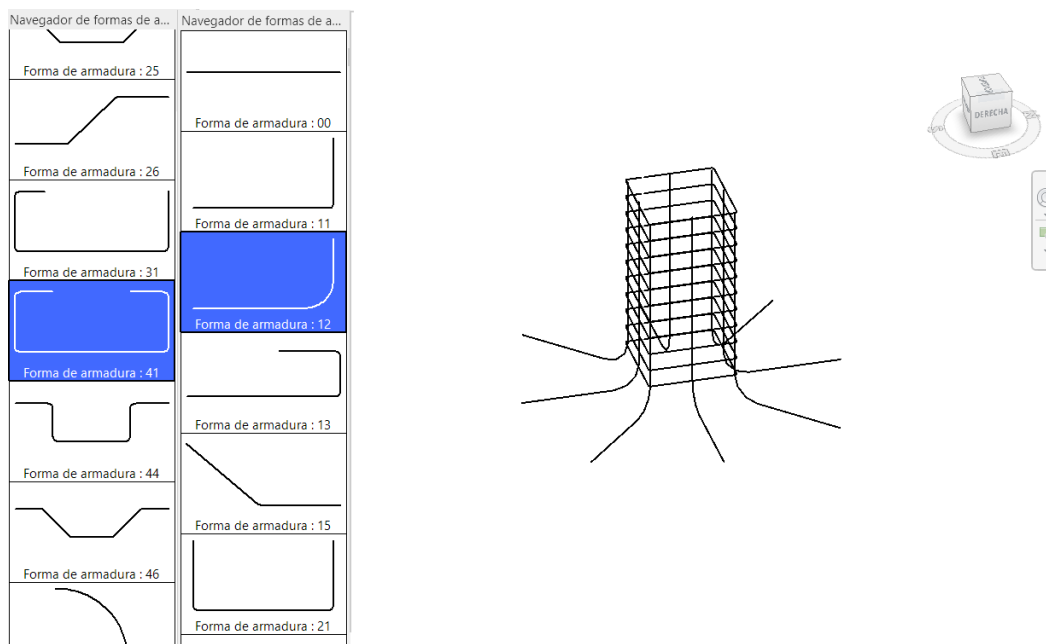


Figura 34. Armadura de enano en estilo visual: estructura alámbrica.

En el caso de la forma de armadura “41” se modificó para que uno de sus lados no esté tan abierto y se han aproximado los extremos de la barra.

El aspecto final en que se aprecia la interacción entre zapata y enano con estructura incluida se muestra en la Figura 35 en una vista 3D aplicando una transparencia del 20 % a dichos elementos. El conjunto de elementos y su disposición se presenta en la Figura 36.

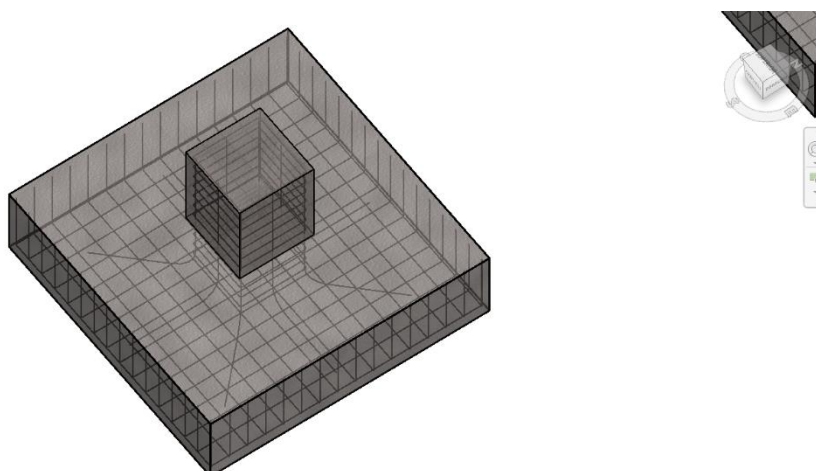


Figura 35. Vista 3D conexión zapata y enano.

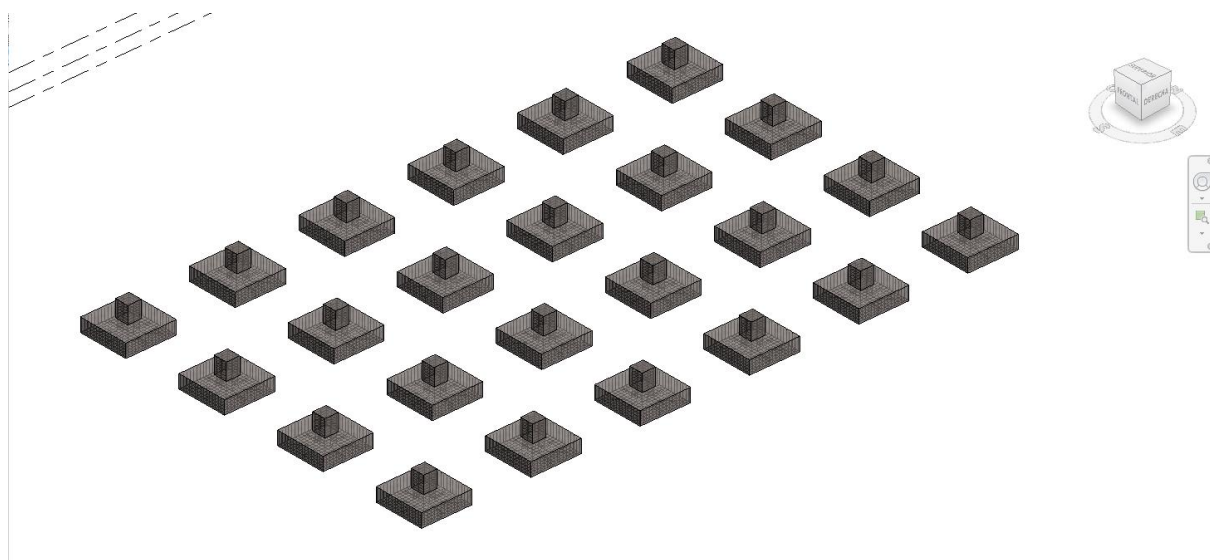


Figura 36. Vista 3D estado del modelo.

C) Losa cimentación

La losa de cimentación fue la solución adoptada para la base de la estructura del ascensor. La estructura del ascensor, fue diseñada para un ascensor de tipo eléctrico de pequeño aforo y que solo tiene acceso a la primera planta. Por tanto, se utilizó una losa de cimentación cuadrada de hormigón armado H 25 con las dimensiones 3 x 3 x 0,8 m, cuya base superior está en el nivel “nivel base e” y tiene un desfase desde éste de -0,8 m que es la altura de la losa.

Para modelarla, se incluyó de los elementos de Revit, una zapata aislada para modificar sus dimensiones y su material estructural adecuándola al diseño.

En el proceso de armado se agregaron dos armaduras de acero B400 S. Una en la parte superior con dos hileras de barras de acero separas 200 mm con forma de armadura “00”, una hilera paralela al plano de trabajo y otra perpendicular. Otra armadura refuerza la parte inferior y las paredes de la losa con dos hileras de barras de acero perpendiculares entre sí, con forma de armadura tipo “44”. Esta segunda, sobresale de la losa en su parte superior para incrustarse y apoyar en la armadura de la losa de emplazamiento. La disposición de las armaduras dentro de la losa en 3D se muestra en la Figura 37.

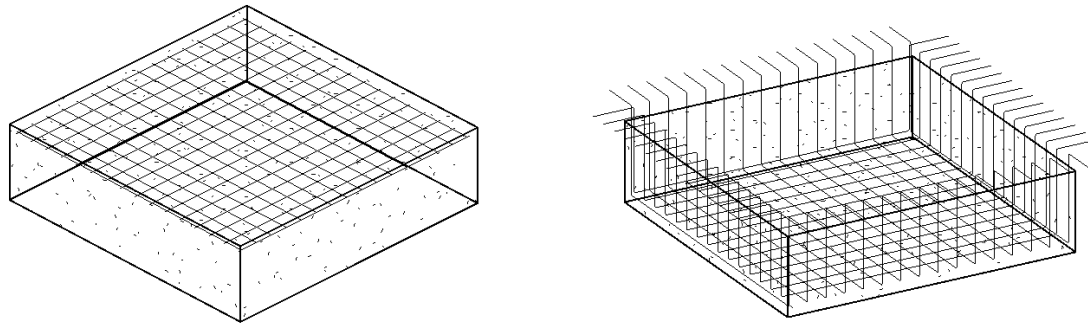


Figura 37. Armaduras de losa de cimentación.

4.2.3 Pilares

Se tienen dos modelos de pilares estructurales en el diseño. Se denominaron como pilares principales a los que soportan las cargas y peso de la estructura que van anclados a los enanos. Por otro lado, se tienen los cuatro pilares que forman la estructura del ascensor que van anclados a la losa de cimentación que se ha creado para éste.

A) Pilares principales

Para este diseño, se utilizaron perfiles de acero HEB 360 con límite elástico 345 MPa añadidos al proyecto desde la herramienta “pilar”. Se cargaron de las familias de Revit como se muestra en la Figura 38, ya que Revit no los tiene incluidos entre los pilares básicos. Una vez seleccionado el modelo, se muestra una tabla con las características según el tamaño del perfil, para seleccionar el tamaño de perfil adecuado.

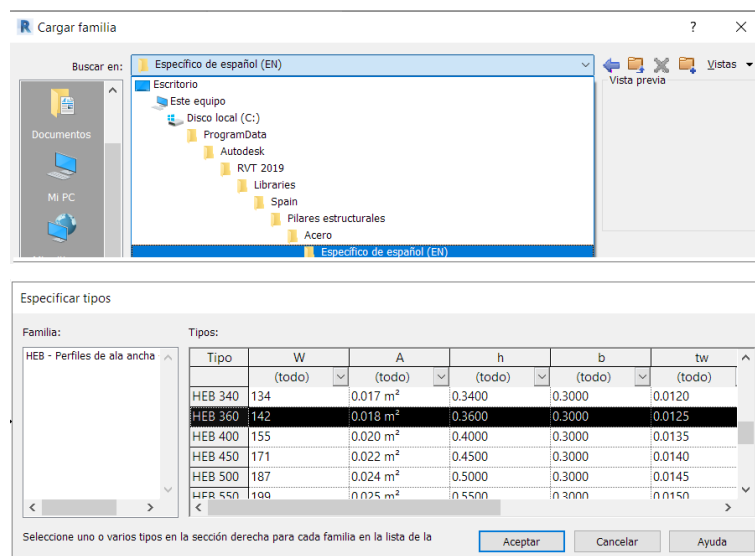


Figura 38. Procedimiento de carga de familias de pilares.

Estos pilares se situaron en los puntos donde se cruzan las rejillas “hilera de pilares” continuando con el diseño que se realizó. Se les asignaron restricciones de nivel para su base, “nivel base E” donde coinciden con la base superior de los enanos de cimentación, hasta el nivel “azotea E” en extremo superior. En este punto, se tiene una cota de 3,5 m entre plantas pero la cota suelo–techo se vio reducida con la instalación de forjados, suelos, vigas y falsos techos.

Una vez situados, se generó la conexión de los pilares con los enanos de cimentación. Se consideró una pletina con cuatro taladros incrustados en el enano y sobre los que se atornilla la pletina que va soldada a la base del pilar.

Para modelarla se utilizó la herramienta “conexión” donde se seleccionó el modelo “Pletina base” como se muestra en la Figura 39, que cumple las necesidades del diseño. Tras realizar la conexión se modificaron las propiedades de esta. Las pletinas se configuraron haciendo todas las cotas iguales desde el exterior de la pletina al pilar. De esta manera, la pletina adapta su tamaño para cumplir este requisito. En la sección “dimensiones” las propiedades del elemento se configuraron todas las proyecciones iguales y se dio un valor de 0,12 m.



Figura 39. Tipo de pletina seleccionada.

Se dispone de diferentes secciones de configuración con todo tipo de información de cada uno de los elementos que componen la conexión. Se puede ver en la Figura 40 y 41, el tipo de soldadura utilizado en las diferentes partes del perfil con la placa, los taladros o anclajes de la placa, las dimensiones de la placa y algunas características como añadir plaquetas o más anclajes, que no se han utilizado en este caso.

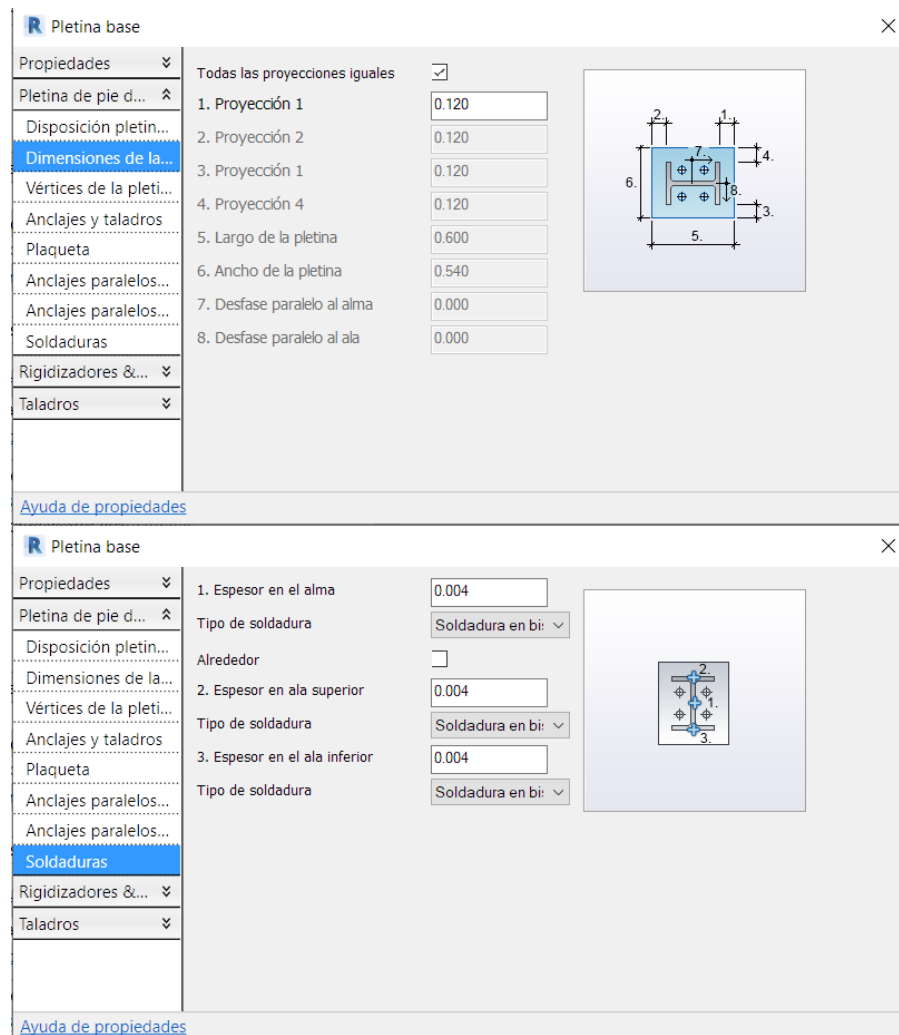


Figura 40. Configuración de la pletina base.

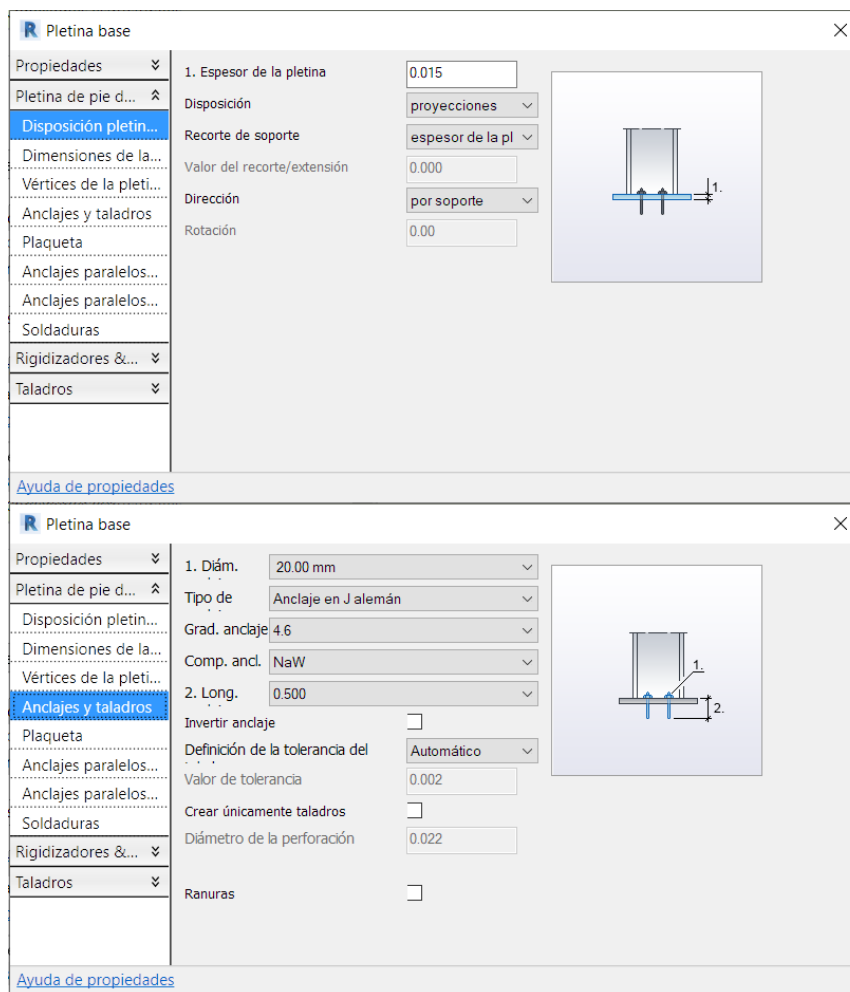


Figura 41. Configuración de la pletina base.

El aspecto final de la conexión se muestra en la Figura 42. La soldadura no aparece modelada porque en Revit aún no se ha llegado a este punto, quizá por la complejidad de conseguir una representación realista ya que no suele ser un elemento uniforme. En Revit se representa con una pequeña cruz asemejada a un punto de soldadura. Se puede apreciar que el ala del pilar tiene una pequeña cruz en su unión con la pletina. Aunque no se aprecia en la Figura 42, también el otro ala y el alma tienen otro punto de soldadura como se indica en la sección “soldaduras” de la configuración de la pletina base. Estas tres soldaduras vienen por separado y no como una única soldadura, por si es necesaria un tipo de soldadura o espesor de esta diferente en cada parte.

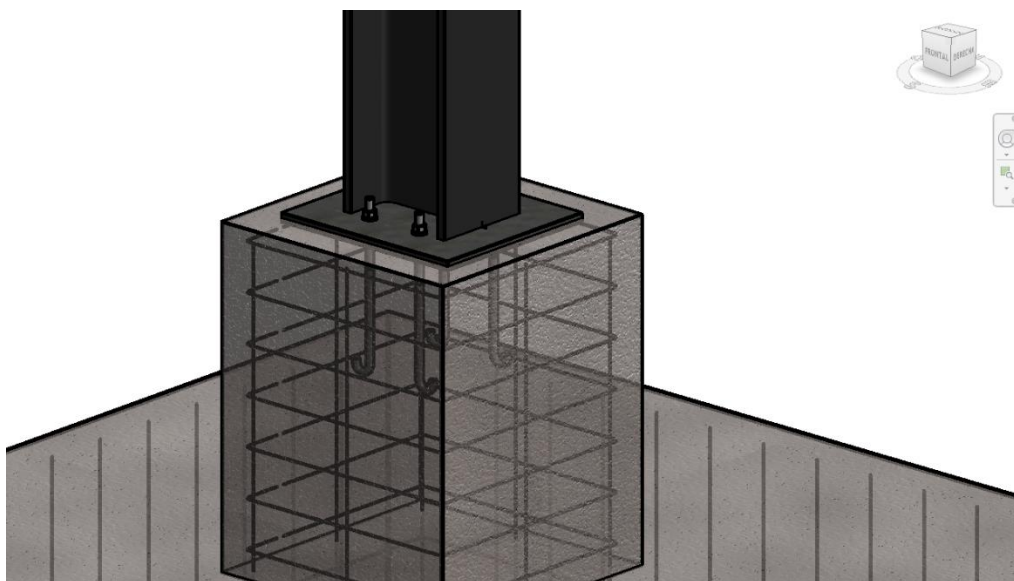


Figura 42. Vista 3D de anclajes pilar-enano.

B) Pilares ascensor

Para estos pilares, los procedimientos de configuración y modelado, son los mismos que para los pilares anteriores pero se utilizaron pilares HEB 200 y para su conexión con la losa de cimentación se modificó en la pletina base, la sección de “anclajes y taladros” que aparece en la Figura 43. De este modo, se generaron unos anclajes y taladros equivalentes al tamaño de esta placa, algo más pequeña que la de los pilares anteriores.

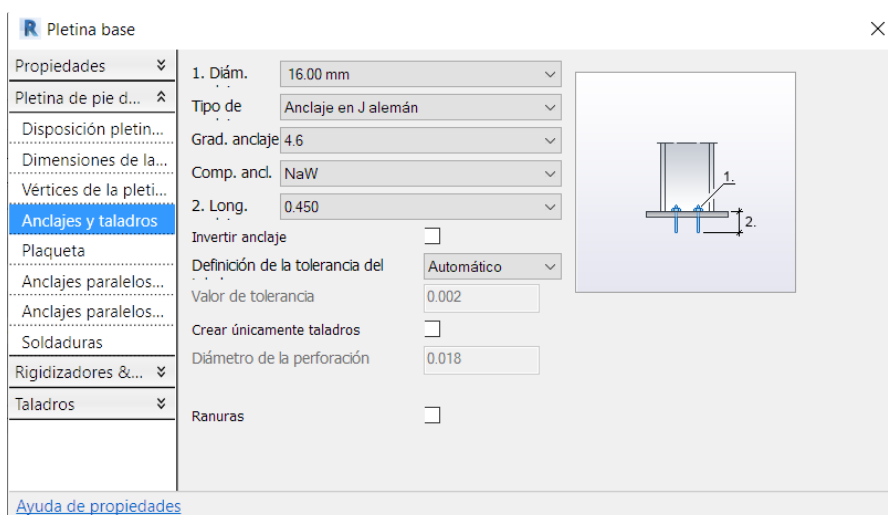


Figura 43. Configuración de la pletina base de pilares ascensor.

El estado del modelo en este punto se muestra en la Figura 44. Aunque en la vista 3D puede parecerlo, la losa de cimentación del ascensor no se solapa con la

zapata del pilar más cercano ya que la losa de cimentación tiene la base superior en el “nivel base E” con un desfase desde este, de 0,8 m y la zapata tiene su base superior en el nivel “cimentación enanos E” que tiene una cota de -1 m. En la Figura 45 se aprecia este detalle.

La cimentación de la losa es algo superficial por el hecho de ser un ascensor ligero de acceso solo a una planta y cuyos pilares van anclados lateralmente al entramado de la primera y segunda planta.

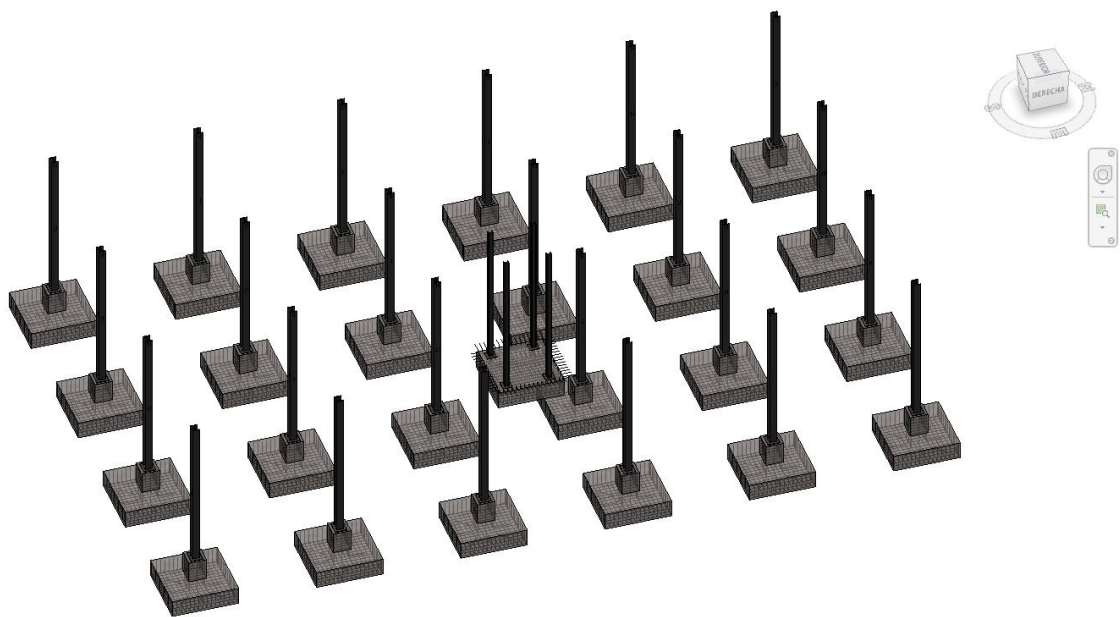


Figura 44. Vista 3D del estado del modelo.

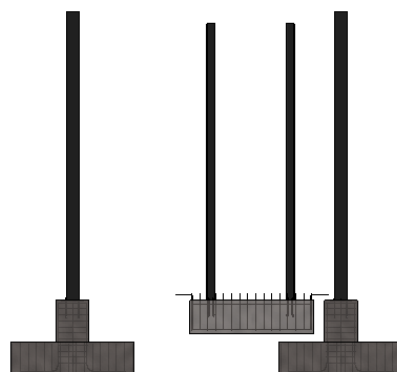


Figura 45. Posición losa cimentación en vista Alzado Este.

4.2.4 Jácenas

En este apartado, se modelaron todas las vigas que conectan pilares estructurales ya que tienen distinto tamaño de perfil dependiendo de su posición en la estructura. Se utilizaron perfiles IPN 360 de acero 345 MPa para las vigas situadas en el nivel “primera planta E”.

En la segunda planta se dispone de una azotea simplemente para el mantenimiento del ascensor y posibles motores de aire acondicionado, calderas, etc. Por lo que en este caso se utilizaron perfiles más pequeños IPN 300 de acero 345 MPa.

Para las conexiones de estas vigas a los pilares se consideró el uso de pletinas angulares cogidas con pernos. Dentro del programa Revit, con la herramienta “conexiones” se utilizó el modelo “ángulo de recorte”. En primer lugar se realizó la conexión de dichos elementos y se generó por defecto una pletina angular con 3 pernos de 16 mm de diámetro en disposición vertical cogidos a la viga y otros 3 como los anteriores cogidos al pilar. Como es una pletina pequeña con respecto al tamaño de las vigas y pilares, se modificaron sus parámetros para generar un modelo adecuado. Como se aprecia en la Figura 46, se modificó la sección “tornillos verticales” para tener 5 tornillos en disposición vertical referenciados desde centro y separados 0,025 m entre sí y lo mismo con respecto al extremo. De este modo, el tamaño de la placa se adapta a esta configuración generando una placa de 0,090 x 0,150 m. Se colocaron dos conexiones de este tipo en cada unión, una a cada lado del alma de la viga como se puede ver la Figura 47.

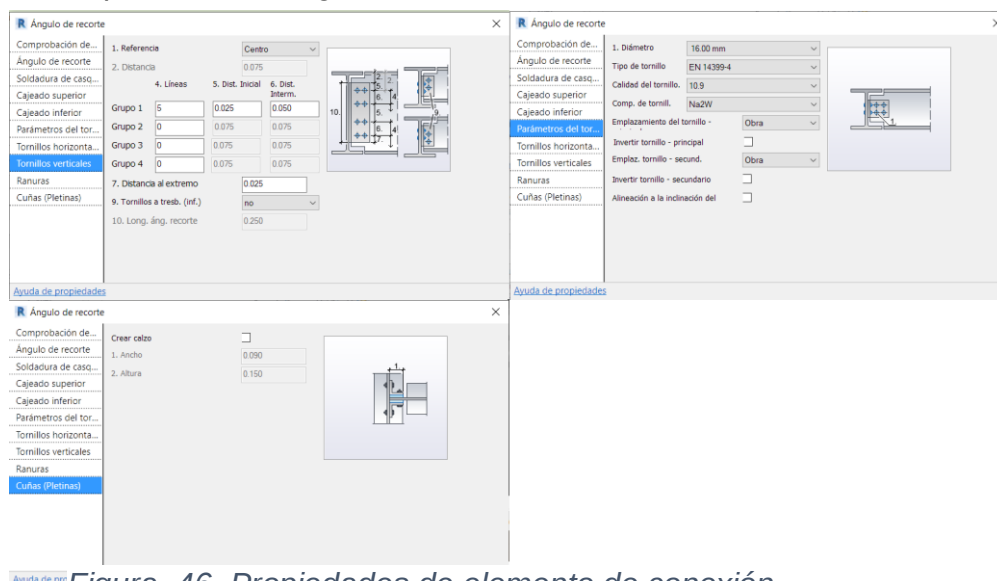


Figura 46. Propiedades de elemento de conexión.



Figura 47. Vista 3D de la conexión pilar-viga.

En la primera planta, también se tienen cuatro vigas IPN 180 que unen los cuatro pilares del ascensor para aportar rigidez a su estructura. La conexión de éstas a los pilares se consideró por soldadura, por lo que no tenemos detalle de dicha conexión por lo redactado anteriormente del estado de las soldaduras en Revit. En la Figura 48 se muestra el estado del modelo estructural tras incluir las jácenas.

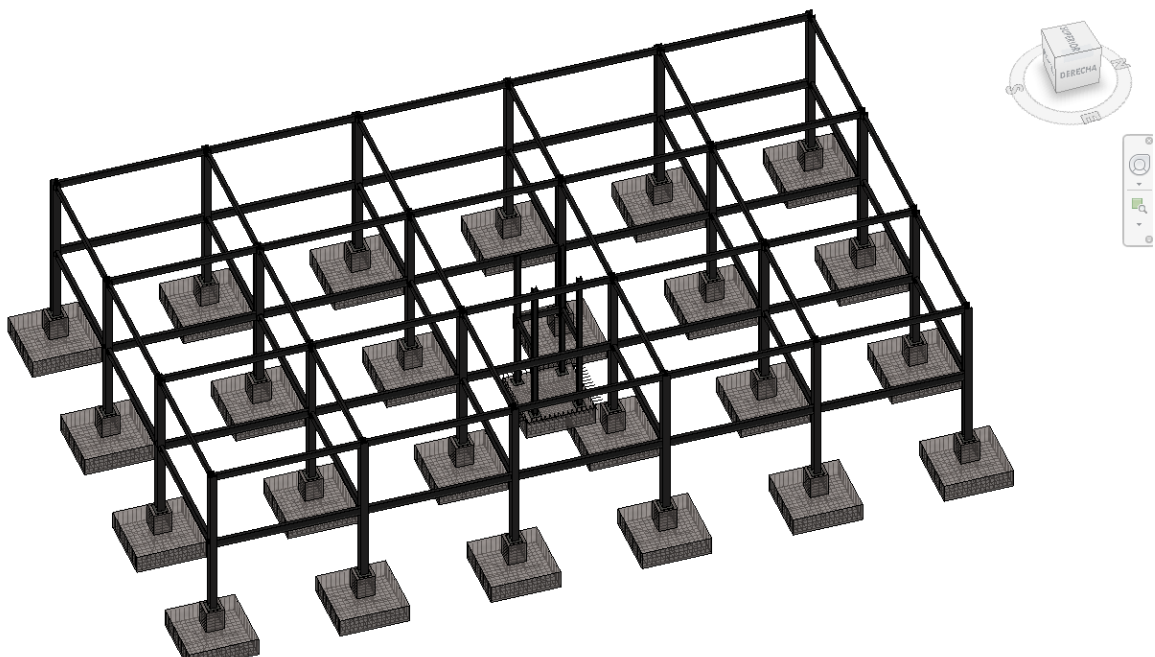


Figura 48. Vista 3D del estado del modelo.

4.2.5 Correas

Son los elementos que forman el entramado de vigas sobre el que descansa el forjado de cada planta. Para la primera planta se utilizó un conjunto de vigas IPN 300 separadas 0,927 mm entre sí y para la azotea, vigas IPN 180 dispuestas del mismo modo.

El entramado de la primera planta tiene dos huecos. Uno para permitir el acceso del ascensor de vehículos y el otro es el hueco que se diseñó en el centro de la edificación, en el que van situadas las escaleras y ascensor peatonal. Para crear estos huecos se modificó la disposición de algunas de las correas generando un entramado adaptado a dichos huecos como se aprecia en la Figura 49.

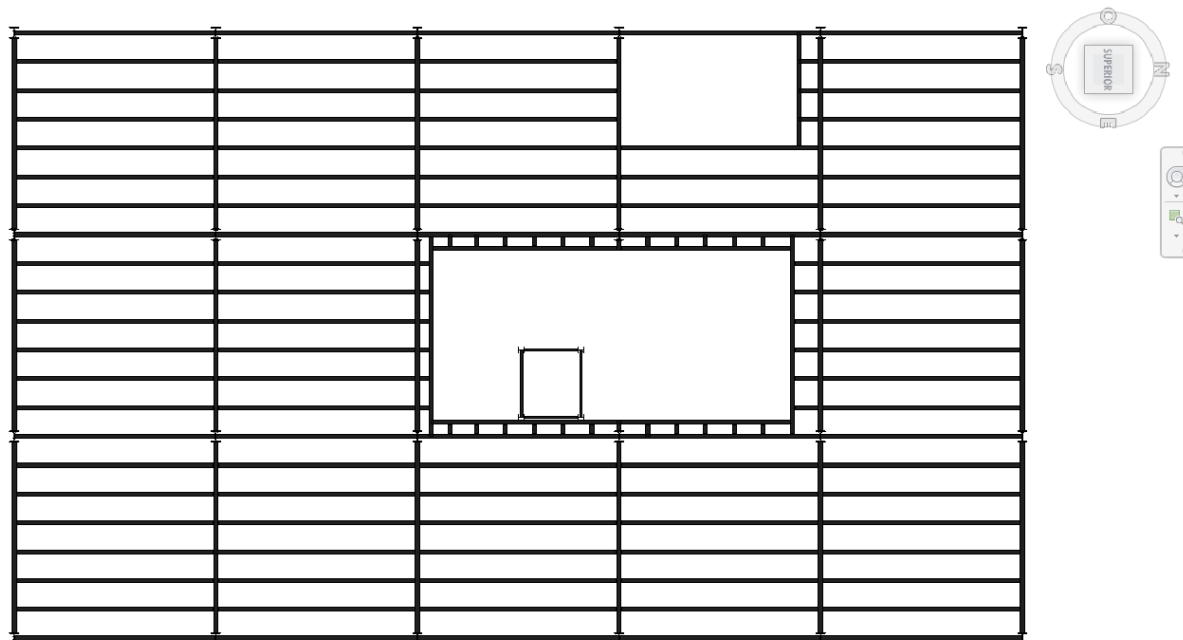


Figura 49. Vista en planta del entramado de la primera planta.

El entramado de la azotea también tiene dos huecos para los que se modificó la disposición de las viguetas como muestra la Figura 50. El hueco de las escaleras de acceso a la azotea y el hueco del ascensor para que entre en contacto el motor que iría situado en la azotea, con el propio ascensor.

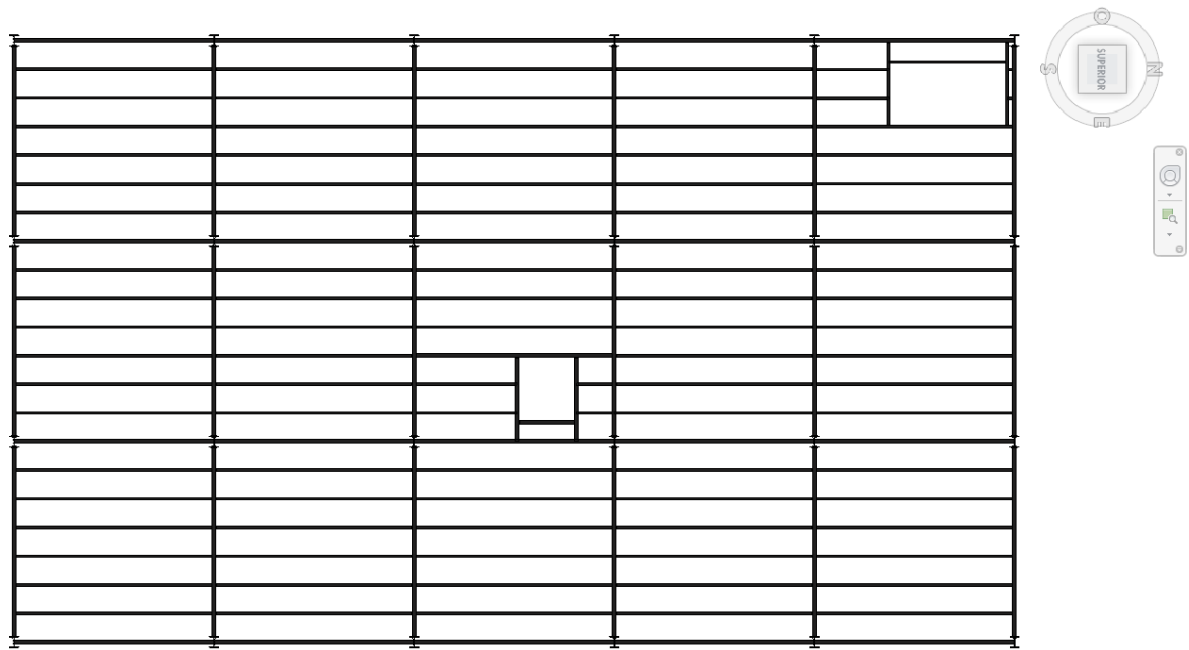


Figura 50. Vista en planta del entramado de la azotea.

Las viguetas que van conectadas con los pilares del ascensor son IPN 300 en lugar de IPN 180 como lo son las demás de esta planta, porque estas soportan un esfuerzo extra al formar parte de la estructura del ascensor. Esta diferencia se puede ver en la Figura 51.

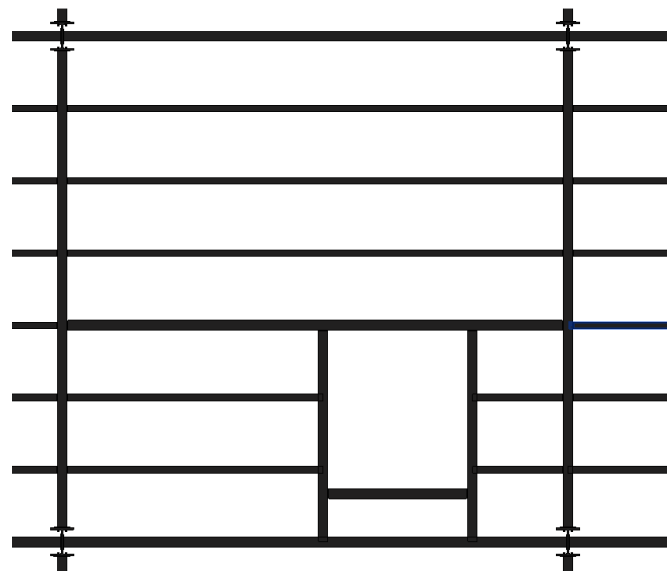


Figura 51. Detalle viguetas que conectan estructura ascensor.

La conexión entre vigas y correas se consideró mediante soldadura. Para una correcta unión, es necesario un recorte del ala de la correa de modo que ambas alas superiores estén a la misma cota y quede un entramado con un único nivel. El ala inferior de la correa no necesita recorte porque llega a estar en contacto con el alma de la viga sin solaparse con el ala inferior de la viga al tener menor altura de perfil “b” la correa que la viga. Para realizar el recorte se utilizó la herramienta “corte por” dentro de la pestaña “acero”. Esta herramienta diferencia el orden en que se seleccionan los elementos para decidir que elemento se recorta, de modo que se seleccionó en primer lugar la correa (elemento que se va a cortar) y después la viga, para finalmente confirmar corte. El resultado se aprecia en la Figura 52.

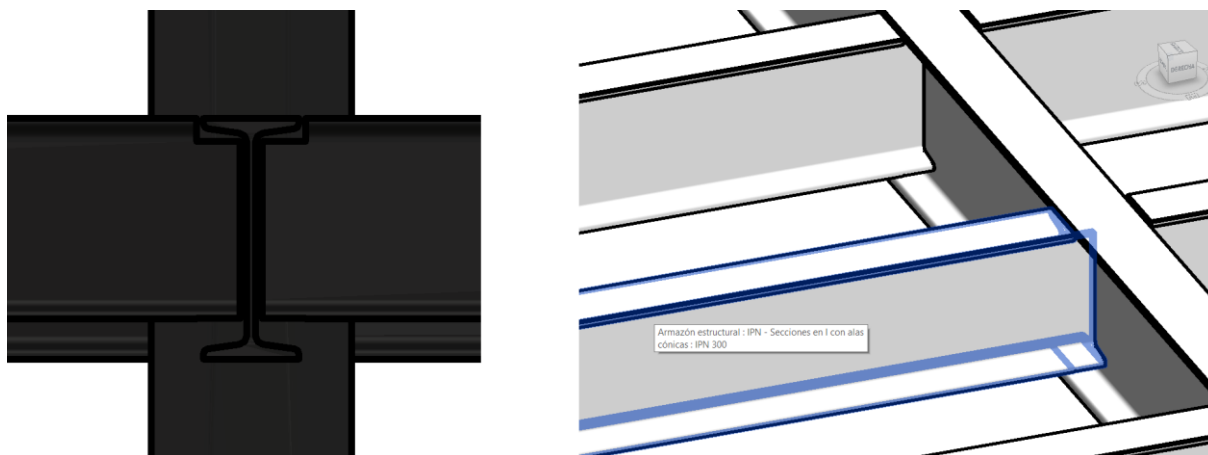


Figura 52. Detalle del recorte de ala superior de correas.

Para el caso de correas que conexionan entre sí, como ocurre en las zonas donde existen huecos en el entramado, las conexiones entre viguetas sí necesitan recorte de ala y alma, al estar unidos dos perfiles de igual tamaño como se aprecia en la Figura 53.



Figura 53. Detalle recorte de ambas alas de vigueta.

4.2.6 Emplazamiento

La solera de emplazamiento se ha incluido en la plantilla estructural porque contiene una armadura que a su vez entra en contacto con la armadura de la losa de cimentación del ascensor.

Este elemento es una solera rectangular de 1816.34 m² como se ha diseñado en el modelo arquitectónico, ya que la superficie restante se destinara para vegetación y está creada en el modelo arquitectónico.

La solera es de 30 cm de espesor formada por hormigón H 25 con una capa uniforme de grava sobre la que se asienta. A un tercio de la superficie contiene una malla de acero e incluye una lámina de polietileno que separa el hormigón de la capa de grava para evitar el empobrecimiento y dispersión del hormigón. Para el modelado de este elemento se creó un suelo personalizado denominado “Hormigón con armadura, polietileno y grava”. Este suelo contiene las tres capas diferentes definidas anteriormente como aprecia en la Figura 54.

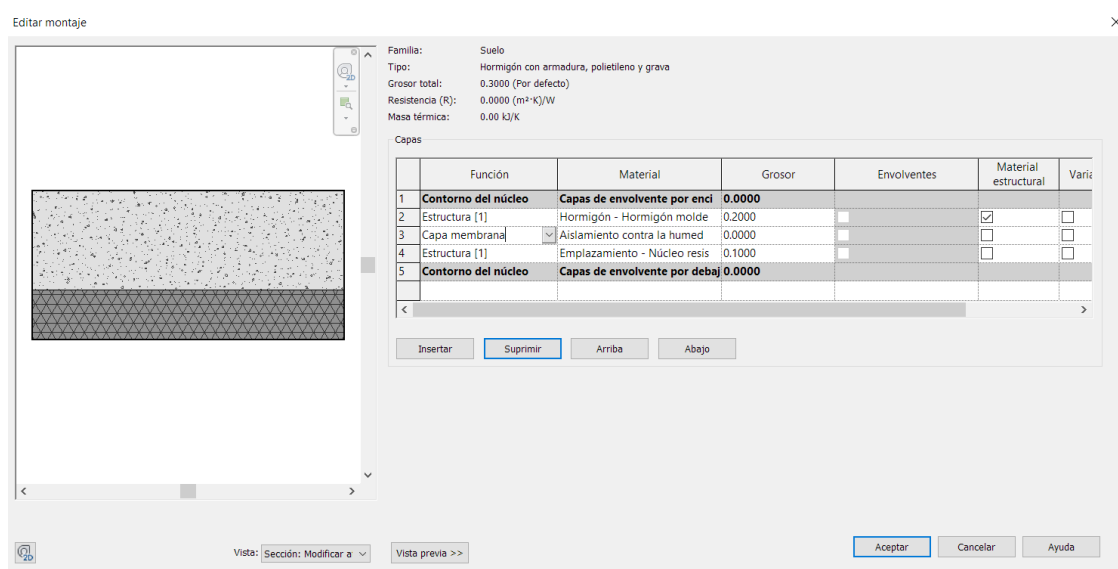


Figura 54. Detalle estructura de suelo.

La capa inferior es un núcleo resistente de emplazamiento de 10 cm formado por grava sobre la que se coloca una membrana de polietileno llamada “capa membrana” y finalmente una capa “estructura” formada por hormigón H25 de 20 cm de espesor como muestra la Figura 55.

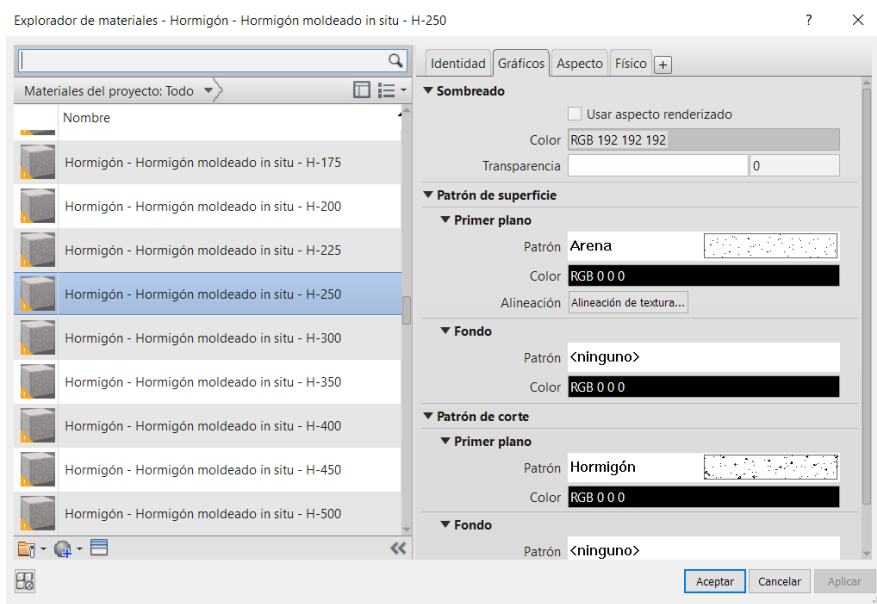


Figura 55. Detalle tipo de hormigón seleccionado.

Por último, se agregó una malla de acero a la capa de hormigón. Para ello, se creó una sección que corta dicho suelo y en la vista de esta sección se trabajó para incluir del navegador de formas de armadura la “00”, por espaciado máximo 200 mm con unas barras de acero de 8 mm de diámetro, un conjunto paralelo al plano de trabajo y otro perpendicular al recubrimiento.

En cuanto a la posición, la solera tiene restricción “de nivel base E” para su superficie inferior, de esta manera entra en contacto con la base superior de los enanos de cimentación y cubre 30 cm de la parte inferior de los pilares como se muestra en la Figura 56.

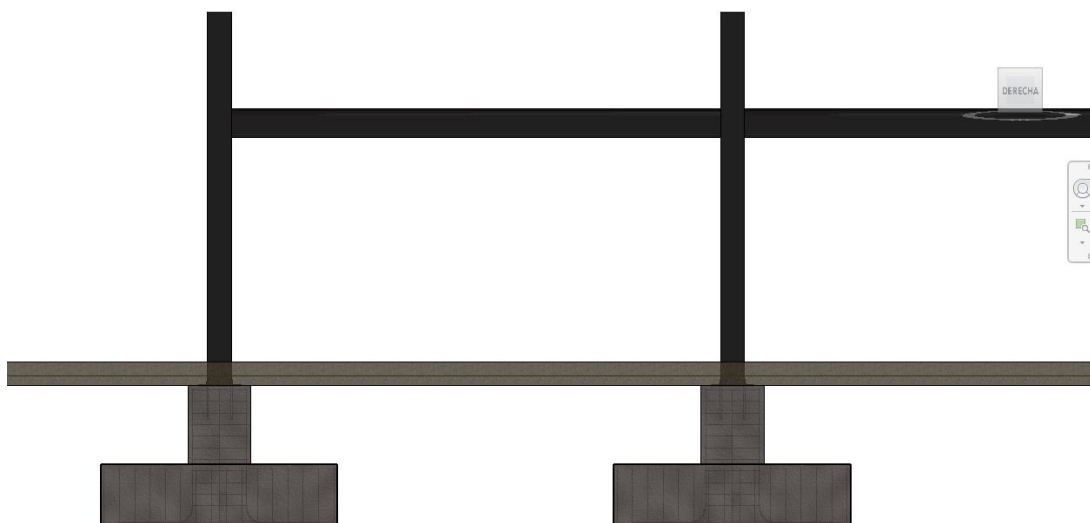


Figura 56. Vista alzado Este de posición de solera.

En la zona de la losa de cimentación del ascensor, se puede apreciar en la Figura 57, cómo la armadura de la losa que sobresale de ésta, apoya sobre la armadura de la solera.

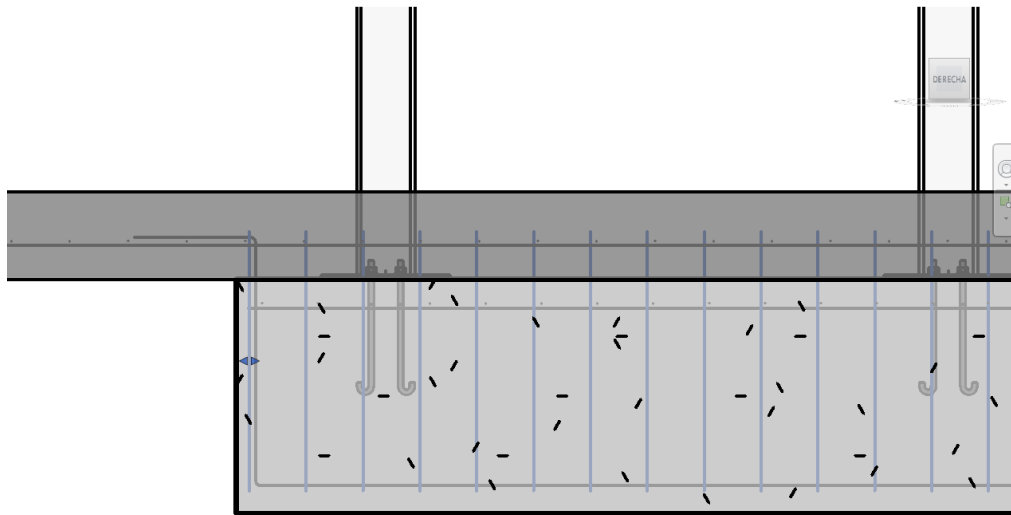


Figura 57. Detalle armaduras en Vista Alzado Este.

Aplicando un 20% de transparencia en “modificar gráficos en vista” a la solera, se puede apreciar en la Figura 58 la armadura de la solera y la cimentación a través del elemento en la vista 3D.

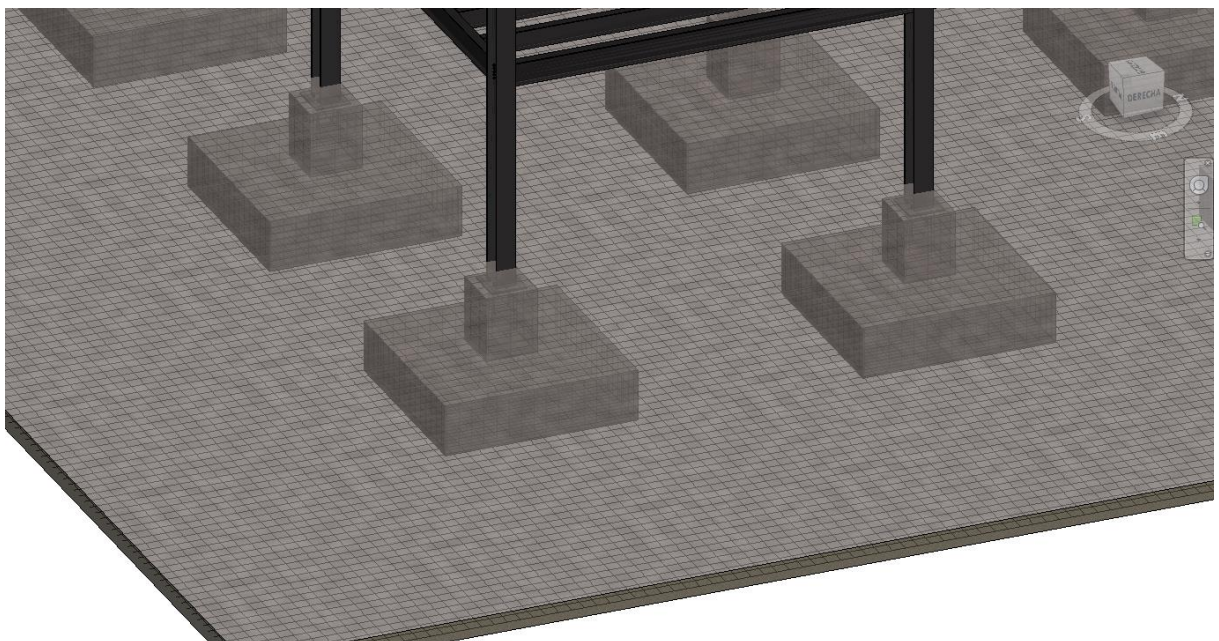


Figura 58. Solera emplazamiento en Vista 3D

4.2.7 Forjados

Para las dos plantas de la estructura se instaló un forjado que soporta el peso propio y las sobrecargas de uso, transmitiéndolas al terreno mediante vigas, pilares y elementos de cimentación.

Aunque se ha reducido el tamaño del perfil de las jácenas y correas de la azotea por sus sobrecargas de uso muy inferiores, se ha utilizado el mismo modelo de forjado con el mismo espesor.

Se consideró un forjado de losa colaborante que se muestra en la Figura 59, con una estructura mixta entre elementos de acero y hormigón que proveen a la losa de unas prestaciones optimizadas reduciendo la cantidad de concreto y por tanto el peso. Dispone de una chapa grecada que actúa como parte de la enfierradura de refuerzo a tracción en la cara inferior de la losa. Además, esta configuración se complementa con una malla de refuerzo de acero que reparte las cargas y absorbe los esfuerzos de retracción.

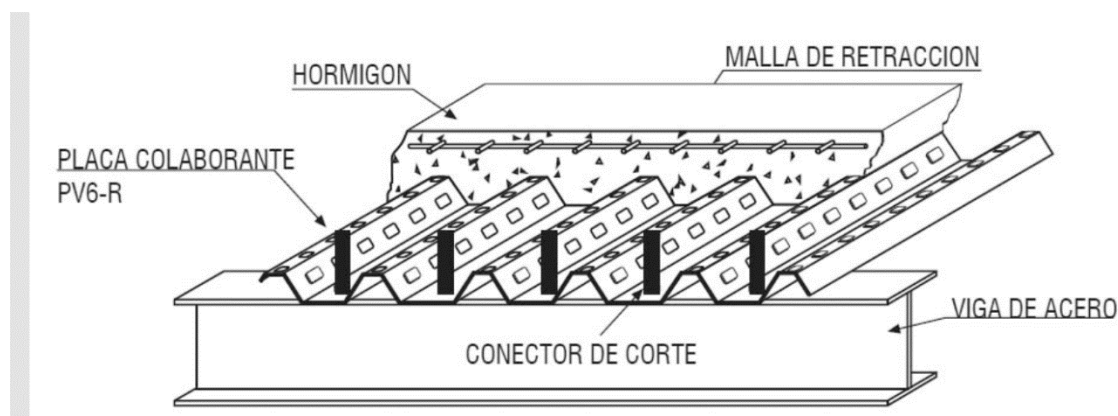


Figura 59. Losa colaborante. Fuente Arquitecturaenacero.

Para modelar la losa de colaborante se utilizó un suelo estructural de chapa grecada integrado en Revit que tiene una estructura de dos capas y se añadió la malla de acero que no tenía incorporada. El modelo seleccionado de Revit se denomina “Hormigón 160 mm con chapa grecada 50 mm” de modo que en el nombre ya define sus capas y el espesor de cada una. En la pestaña “estructura” dentro de sus propiedades se configuró el material estructural, hormigón H 25 del que se aprecian sus propiedades integradas en Revit, en la Figura 60.

Propiedades de tipo

Familia: Familia de sistema: Suelo Cargar...

Tipo: Hormigón 160 mm con chapa grecada 50 mm Duplicar... Cambiar nombre...

Parámetros de tipo

Parámetro	Valor
Construcción	
Estructura	Editar...
Grosor predeterminado	0.2100
Función	Interior
Gráficos	
Patrón de relleno de detalle bajo	
Color de relleno de detalle bajo	Negro
Materiales y acabados	
Material estructural	
Propiedades analíticas	
Coefficiente de transferencia de cal	100000000000000019884624838656.
Resistencia térmica (R)	0.0000 (m²·K)/W
Masa térmica	0.00 kJ/K
Absortancia	0.700000
Aspereza	3
Datos de identidad	
Imagen de tipo	

[¿Qué hacen estas propiedades?](#)

<< Vista previa Aceptar Cancelar Aplicar

Figura 60. Propiedades Losa colaborante.

Para modelar la armadura se dispuso del mismo modo que en el caso descrito anteriormente en la losa. Armadura tipo “00” espaciada 200 mm y un conjunto paralelo y otro perpendicular al plano de trabajo. Al modelo de suelo estructural final se le otorgó una dirección luz que coincide con la cara sur, para disponer de esta manera la chapa grecada en dirección perpendicular a las correas que es su posición ideal de trabajo como se muestra en la Figura 61.

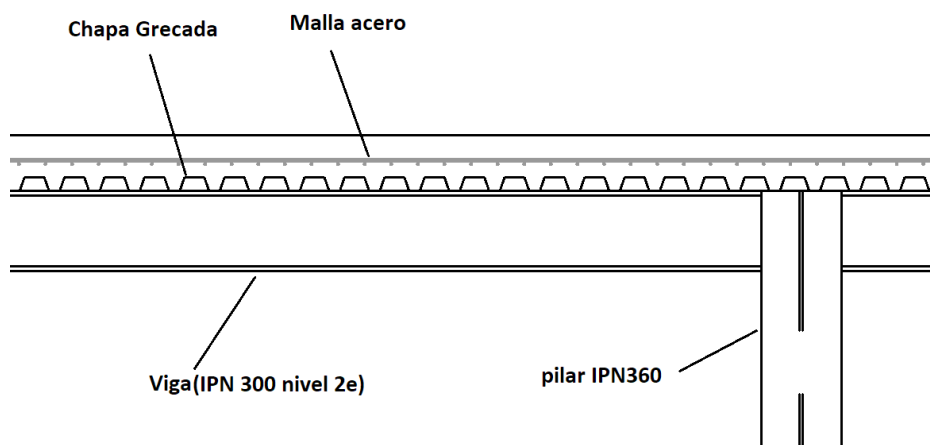


Figura 61. Detalle de colocación de Forjado en Alzado Oeste.

El resultado de la malla de acero se puede apreciar en la Figura 62 aplicando una transparencia del 40% a la losa.

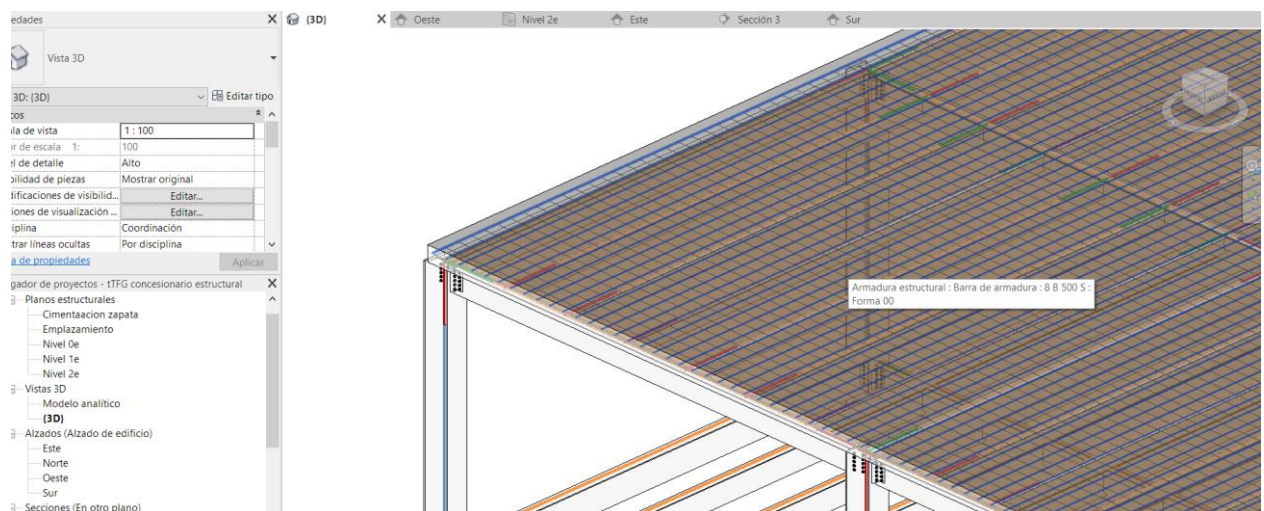


Figura 62. Vista 3D losa de la azotea con armadura de acero.

En la Figura 63 se muestra el aspecto de los forjados en un modo de visualización de elementos realista. Se ha ocultado en esta Figura, la losa de emplazamiento ya que al ser de mismo material superficial dificulta la diferenciación visual de los forjados con respecto a ésta.

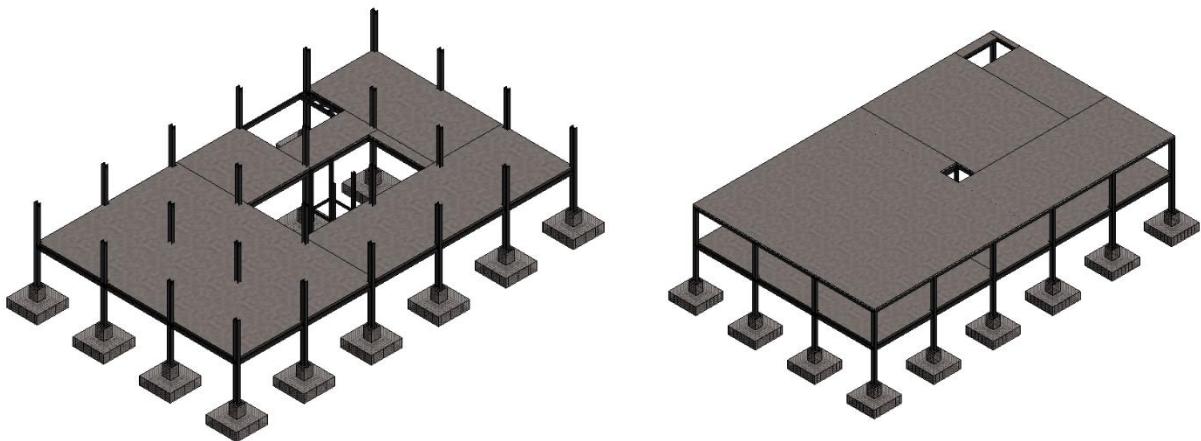


Figura 63. Vista 3D de forjados.

Para finalizar el modelo estructural, se reajustaron los niveles. En primer lugar, como es necesario que la cota del “nivel base” del modelo arquitectónico sea cero, se redujo la cota del nivel estructural a -0,30 m que es la altura de la solera de emplazamiento estructural. De esta manera, el suelo arquitectónico que descansa sobre el estructural parte de la cota cero. Para mantener el tamaño de los elementos de cimentación, se redujo la cota de los niveles de cimentación en la misma cantidad.

Al tener diferente tamaño de jácena en el nivel “azotea E” y en la “primera planta E”, fue necesario ajustar la cota de estos niveles para dejar una misma cota en ambas plantas entre base superior del forjado y la base inferior de la jácena tal como se aprecia en la figura 64. Los niveles definitivos del modelo estructural se agrupan en la tabla 5.

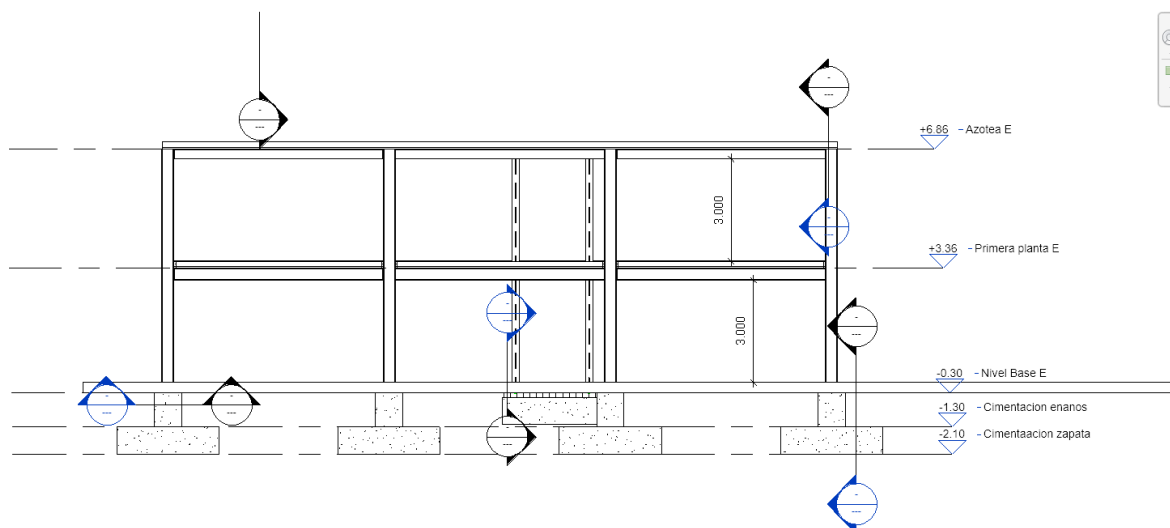


Figura 64. Vista Alzado ajuste de niveles.

NIVELES	COTA (m)
Cimentación zapata	-2,1
Cimentación enanos	-1,3
Nivel Base E	-0.3
Primera Planta E	3,36
Azotea E	6.86

Tabla 5. Niveles definitivos del modelo estructural.

4.3 Coordinación de modelos

En este punto se llevó a cabo la coordinación de ambos modelos creados y se evolucionó el nivel de algunos elementos que se encontraban en un LOD100.

Se llevó a cabo mediante la modificación del modelo arquitectónico ya que el modelo estructural es el definitivo y si se modificara, habría que realizar de nuevo los cálculos estructurales. Como ya se ha dicho anteriormente, no se han realizado los cálculos estructurales porque no es el objetivo de este TFG pero sería el procedimiento adecuado y se tendrá en cuenta en este apartado para no alterar el modelo estructural.

Partiendo del diseño arquitectónico inicial que se creó, se modificó para adaptarlo al modelo estructural. Se añadieron los acabados arquitectónicos y estructura de capas de los elementos, que aumenta su nivel LOD y se agregaron elementos de decoración.

En primer lugar, desde el modelo arquitectónico se vinculó el modelo estructural. Revit tiene dos tipos de referencia de vínculo. El primero es tipo solapamiento, en el que el modelo vinculado te sirve de referencia y se puede solapar con los elementos creados. El segundo es tipo enlace, en este el modelo vinculado entra directamente en conexión con los elementos arquitectónicos que se crean. Lo ideal es un vínculo tipo enlace pero en este caso surge un problema de rendimiento que el programa detecta por el tamaño del archivo estructural debido a elementos con un LOD alto del modelo estructural. Al intentar enlazar los elementos vinculados mediante la herramienta “enlazar vínculo” el programa recomienda dejar el modelo como un vínculo como se aprecia en la Figura 65. Por tanto, se dejó como un vínculo de tipo solapamiento para tener fluidez en el modelo ya que en caso contrario dificulta el proceso de trabajo al no renderizar los elementos de manera instantánea.

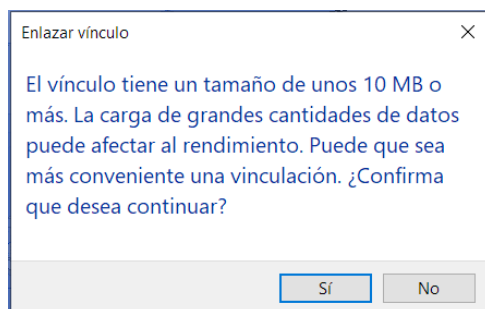


Figura 65. Aviso de enlace de vínculo.

4.3.1 Niveles

Antes de comenzar con las modificaciones de elementos fue necesario reajustar la cota de los niveles arquitectónicos para adaptarlos a los niveles estructurales. La finalidad de los niveles arquitectónicos es que marquen la cota de la base superior de suelos arquitectónicos finales para que las escaleras, muros, pilares arquitectónicos y demás elementos que tengan los niveles como restricciones de base, se adapten a dicha cota. Por lo tanto, el “nivel base” al tener cota cero se dejó igual pero el nivel “primera planta” y “azotea” al partir, su nivel equivalente en el modelo estructural, de la base inferior de un forjado de 20 cm de espesor y considerando que con un suelo arquitectónico de 10 cm de espesor sería suficiente, se sumó 30 cm a la cota de sus equivalentes niveles del modelo estructural. El nivel “cubiertas” se adaptó de forma manual en función de los demás. En la Tabla 6 se aprecian las cotas finales de los niveles arquitectónicos.

NIVELES	COTA (m)
Nivel Base	0
Primera Planta	3,66
Azotea	7,16
Cubiertas	9,4

Tabla 6. Niveles definitivos del modelo arquitectónico.

4.3.2 Revestimiento de pilares

Los pilares estructurales que quedan a la vista en el modelo final deben tener una capa de revestimiento que mejore el aspecto visual y lo proteja contra la corrosión y contra fuego en caso de incendio.

Para ello, la forma más práctica que tiene Revit es utilizar pilares arquitectónicos situados sobre estos, de manera que los pilares estructurales queden dentro. El pilar arquitectónico que se seleccionó tiene una capa de revestimiento y otra interna. La capa interna se modificó para que sea de mortero ligero en base de yeso y será la capa protectora. A la capa denominada revestimiento se le cambió el material por aluminio, se aumentó la altura del revestimiento hasta igualarla a la altura del pilar y es la cara externa del revestimiento del pilar.

En el modelo estructural se tienen dos perfiles de pilares, el HEB200 de la estructura del ascensor peatonal y el HEB 360 de los pilares a los que se les ha denominado como principales. En la Figura 66 se pueden ver las propiedades y aspecto del revestimiento de pilares estructurales HEB360 una vez modelados.

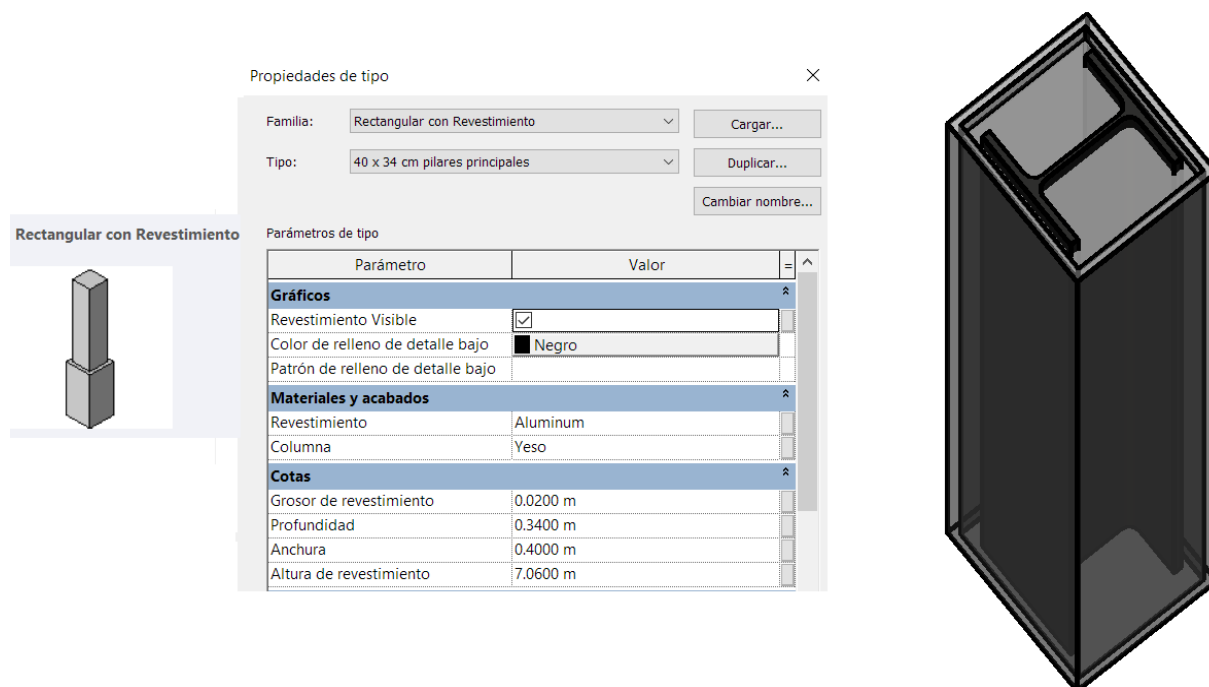


Figura 66. Propiedades y modelo 3D del revestimiento.

En el caso de los pilares del ascensor, se utilizó el mismo elemento de revestimiento pero se reduce la sección a 22 x 22 cm ajustándose al tamaño de los pilares de acero HEB200.

4.3.3 Suelos arquitectónicos

Los suelos arquitectónicos se colocaron sobre los suelos estructurales y tienen los acabados de suelo en los diferentes niveles. Se necesita un suelo para la zona externa de la edificación que está destinada para aparcamientos y tránsito de vehículos. Además de otros dos suelos para el “nivel base” y “primera planta” de la edificación.

En primer lugar se creó una solera de hormigón de 10 cm de espesor con un pulido superficial para toda la zona transitable externa a la edificación, que descansa sobre la solera de emplazamiento estructural. El modelo utilizado es un suelo arquitectónico y tiene una única capa de hormigón moldeado in situ.

Tal como muestra la figura 67, se creó un contorno que abarca toda la zona transitable sin invadir los pilares arquitectónicos ni los muros que delimitan la parcela.

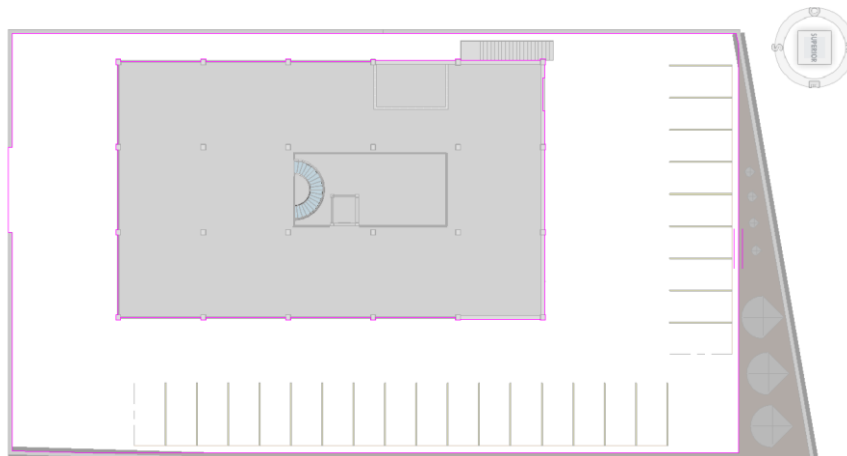


Figura 67. Contorno del suelo de emplazamiento.

Del mismo modo, para “nivel base” y “primera planta” de la edificación, se creó un suelo arquitectónico de tipo “solera” con una única capa en su estructura de 10 cm de espesor formada por el material “cerámica blanca”. El área de estos suelos es la misma que la del forjado estructural sobre el que descansa, menos el área de los pilares arquitectónicos que es contorneada por este suelo. Ocultando los demás elementos del modelo en vista 3D se puede ver el resultado de dichos suelos en la Figura 68.

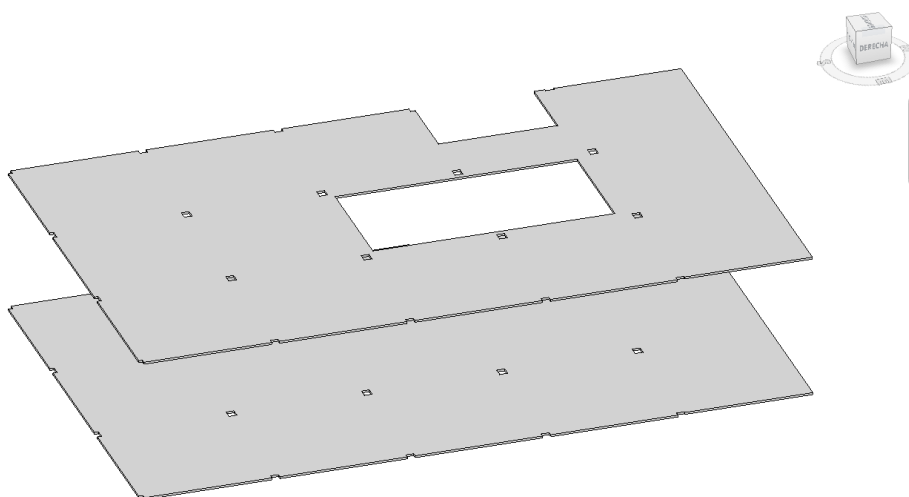


Figura 68. Suelos arquitectónicos de la edificación.

4.3.4 Revestimiento de jácenas

Del mismo modo que para los pilares, las jácenas estructurales que quedan visibles como es el caso de las que forman el perímetro del hueco de la primera planta, las jácenas de las caras externas y las que unen los pilares del ascensor peatonal, necesitan un revestimiento para estar protegidas de la corrosión y para mejorar el aspecto visual de la edificación.

Tanto en las caras externas de la estructura como en la estructura del ascensor peatonal, se tienen algunas zonas donde no hay muro cortina y sí muro arquitectónico de hormigón. En dichas zonas no se colocó un revestimiento a las jácenas ya que los muros sobresalen más en la fachada que las jácenas estructurales y le sirven de revestimiento.

En los tres casos de jácenas descritos anteriormente, donde es necesario un revestimiento, se usó el mismo modelo con diferentes dimensiones para cada caso. Se utilizaron vigas arquitectónicas con una única capa de estructura y se le aplica una capa pintura en las caras externas. En propiedades del elemento se selecciona “yeso” como material y para el acabado con la herramienta “pintura”, se seleccionó un tono similar al color de los muros externos.

En cuanto al tamaño de estas vigas arquitectónicas, se tuvo en cuenta que en la vertical además de cubrir la jácena estructural deben cubrir el espesor del forjado y el espesor del suelo arquitectónico. Excepto el caso de las que revisten las jácenas que unen los pilares del ascensor peatonal que no tienen ningún suelo y por tanto su altura será equivalente a la del perfil de la jácena estructural. En la horizontal, también se consideró que la longitud no es la misma que la de la jácena sino una longitud igual la que existe entre los pilares arquitectónicos que revisten el pilar estructural en cada caso.

Cabe destacar que estas vigas arquitectónicas creadas junto con los pilares arquitectónicos son los elementos que marcan las dimensiones de los muros cortina. Los muros cortina parten lateralmente de los pilares arquitectónicos y en su parte superior e inferior de las viga arquitectónicas, excepto en el “nivel base” que en su parte inferior parten del suelo arquitectónico de este nivel. En la figura 69 se aprecia la situación descrita de las vigas arquitectónicas en las caras externas de la edificación.

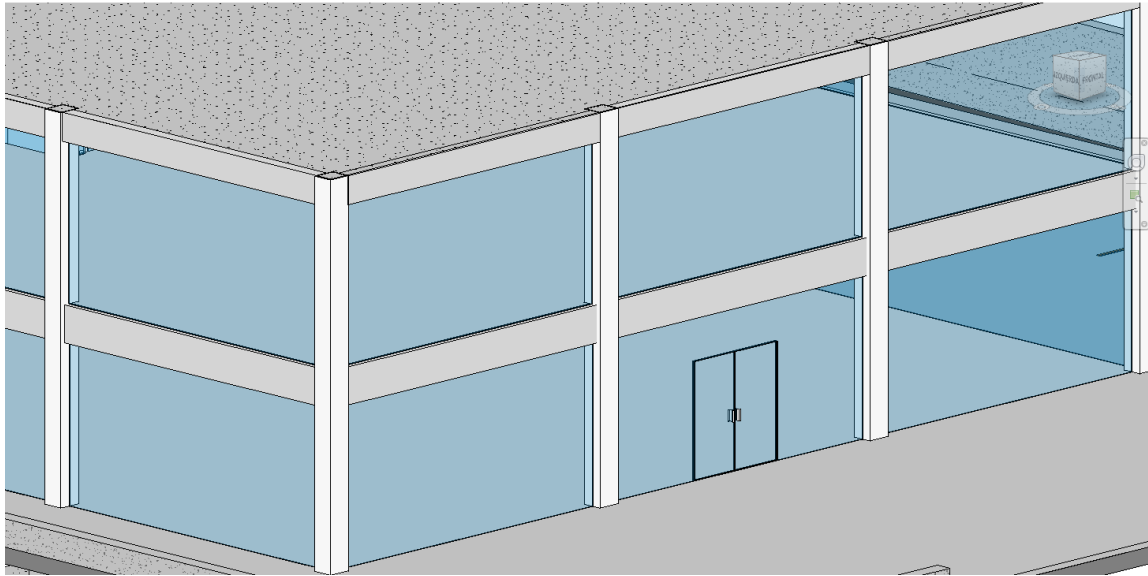


Figura 69. Situación de las vigas de revestimiento externas.

En la Figura 70, se puede ver el hueco de la primera planta donde se encuentran las vigas arquitectónicas en el perímetro de éste y dos vigas arquitectónicas que recubren las vigas estructurales del ascensor.

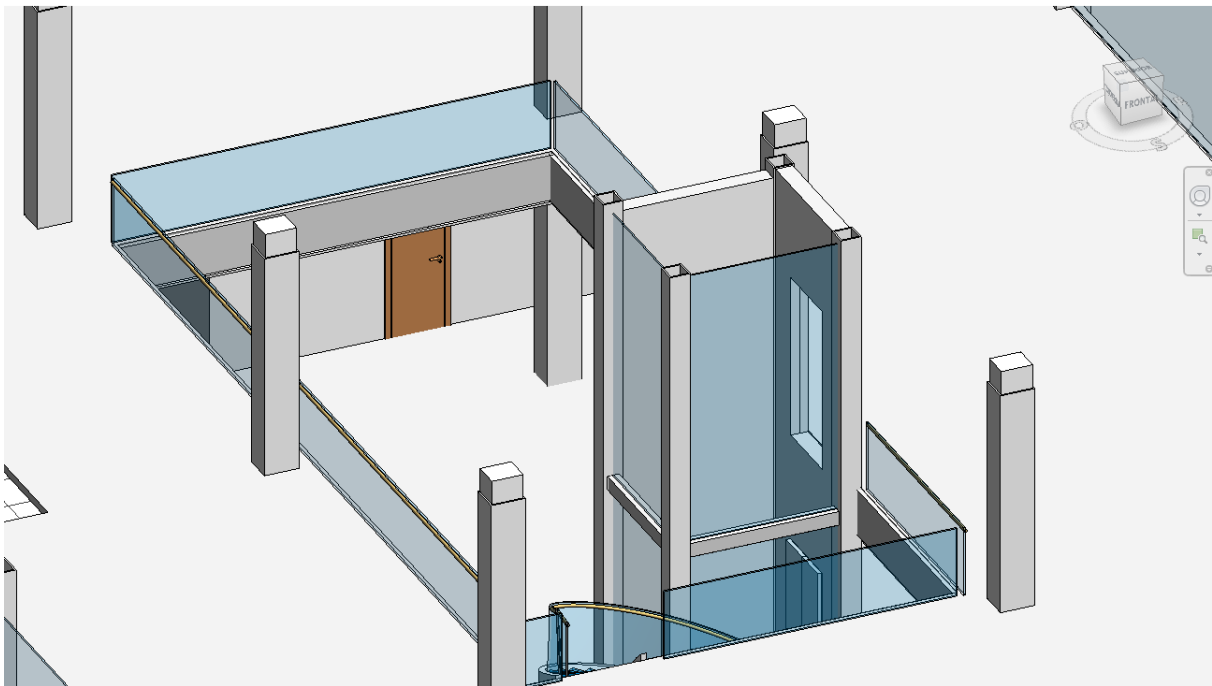


Figura 70. Situación de las vigas de revestimiento internas.

4.3.5 Cerramientos externos

Al vincular el modelo estructural, los muros externos de la edificación en el nivel base y primera planta atravesaban los pilares de la estructura ya que el modelo arquitectónico no contaba con pilares y estos muros, eran un único muro que cubría cada cara del edificio. Para solucionar este solapamiento se separaron los muros con la herramienta “dividir elemento” en el grupo “modificar”. Creando así, muros individuales que unen los pilares arquitectónicos.

El modelo de muro cortina utilizado en las paredes de la exposición de vehículos, es el mismo que se había creado en el modelo arquitectónico inicial ya que se requiere un muro cortina simple, sin paneles que dificulten la visión.

Para los demás muros externos se ha utilizado el modelo de muro básico “Hormigón con enlucido” de 30 cm. Tal como se aprecia en la Figura 71, la estructura de este modelo consta de una capa de hormigón y dos capas de pequeño espesor de “enlucido – Blanco”.

Editar montaje ×

Familia: Muro básico
 Tipo: Hormigón con enlucido - 30 cm
 Grosor total: 0.3000 m Altura de muestra: 6.0000 m
 Resistencia (R): 0.2581 (m²·K)/W
 Masa térmica: 37.90 kJ/K

Capas

CARA EXTERIOR					
	Función	Material	Grosor	Envolturas	Material estructural
1	Acabado 1 [4]	Enlucido - B	0.0150 m	☒	☐
2	Contorno del	Capas de env	0.0000 m		
3	Estructura [1]	Hormigón	0.2700 m	☐	☒
4	Contorno del	Capas de env	0.0000 m		
5	Acabado 1 [4]	Enlucido - B	0.0150 m	☒	☐

CARA INTERIOR

Insertar Suprimir Arriba Abajo

Figura 71. Estructura muro Hormigón

En cuanto al muro instalado en el contorno de la azotea, también fue necesario asignarle una estructura. En este caso se utilizó el modelo “Hormigón con enlucido” con la misma estructura de capas pero la capa de hormigón se ha reducido 10 cm quedando un espesor de muro de 20 cm.

Finalmente se seleccionó un modelo para los muros que delimitan la parcela. Se van a utilizar dos tipos de muro en función de su posición. En la zona frontal y lateral izquierda se han cambiado de “muro por defecto” que se creó en el modelo

inicial, a “muro básico - Hormigón 30cm” cuya estructura es una única capa de Hormigón moldeado in situ. En la zona derecha y posterior de la parcela se utilizó un modelo muy similar que tiene la misma estructura y tamaño pero tiene una pequeña cimentación como se aprecia en la Figura 72. Esto se consideró por el hecho de que estos últimos muros no apoyan su base la solera de emplazamiento estructural y si lo hacen sobre la superficie de tierra destinada a vegetación.

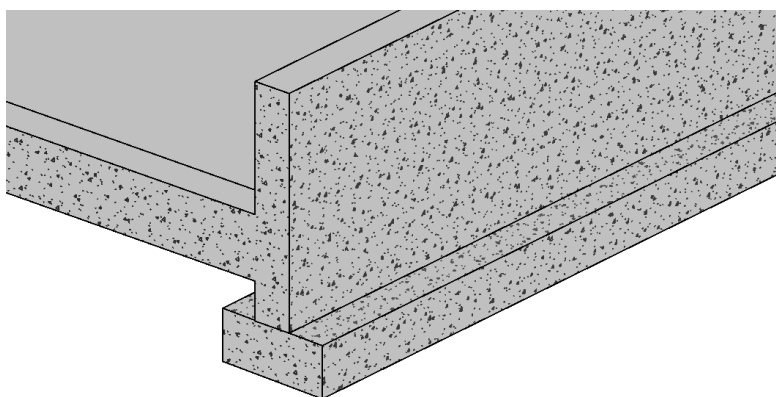


Figura 72. Muro de Hormigón con cimentación.

4.3.6 Cerramientos internos

En el modelo, se tienen dos tipos muros internos, los tabiques de las habitaciones y los de las estructuras de los ascensores y las habitaciones de la azotea que comparten el mismo modelo.

El tipo de muro elegido para los tabiques que forman las habitaciones es el muro básico “Tabique de 12 cm”. La estructura de este elemento, como se muestra en la Figura 73, consta de ladrillo hueco con dos capas de acabado de “enlucido – Blanco”. La capa de ladrillo hueco se puede resolver con ladrillo triple de 10 cm de espesor.

Editar montaje ×

Familia: Muro básico
 Tipo: Tabique - 12 cm
 Grosor total: 0.1200 m
 Resistencia (R): 0.0000 (m²·K)/W
 Masa térmica: 0.00 kJ/K

Altura de muestra: 6.0000 m

Capas

	Función	Material	Grosor	Envoltentes	Material estructural
1	Acabado 1 [4]	Enlucido - Blanco	0.0100 m	☒	☐
2	Contorno del núcleo	Capas de envoltente	0.0000 m		
3	Estructura [1]	Ladrillo hueco	0.1000 m	☐	☒
4	Contorno del núcleo	Capas de envoltente	0.0000 m		
5	Acabado 1 [4]	Enlucido - Blanco	0.0100 m	☒	☐

CARA EXTERIOR

CARA INTERIOR

Insertar Suprimir Arriba Abajo

Figura 73. Estructura de los tabiques de las habitaciones.

Para los tabiques del hueco de los dos ascensores y las dos casetas de la azotea, se utilizó el mismo modelo que el anterior pero dando un espesor mayor a la capa de ladrillo hueco para tener unos tabiques más gruesos. En este caso se utilizó ladrillo cuádruple de 20 cm de espesor que deja un tabique de 22cm al sumarle las capas de enlucido.

4.3.7 Puerta de emergencia

Ha sido necesario desplazar 0,5 m la puerta de emergencia por el hecho de que uno de los pilares estructurales atravesaba su posición. Como consecuencia, se han desplazado las escaleras de emergencia para que el descansillo coincida con la puerta. El tabique que contiene la puerta de la habitación destinada a las escaleras de azotea también se ha desplazado para no coincidir con la puerta de emergencia.

4.3.8 Cubierta

En el suelo de la azotea se instaló una cubierta transitable con una inclinación hacia su centro, donde se colocaría un sumidero para evacuar el agua en caso de lluvia. El modelo es “cubierta básica-plana tradicional transitable” como se aprecia en la Figura 74 con tres capas en su estructura; una primera de hormigón, una lámina de polietileno que sirve de impermeabilizante y un acabado de baldosa de piedra.

Para llevar a cabo el modelado del elemento y su instalación, fue necesario separar en dos áreas la azotea tal como se muestra en la figura 76, con una pendiente de 1 % hacia su centro cada una ya que un único sumidero necesitaría más inclinación y se pretende una cubierta transitable tan desnivelada.

Editar montaje ×

Familia: Cubierta básica
 Tipo: Plana tradicional transitable - 40 cm
 Grosor total: 0.2000 m (Por defecto)
 Resistencia (R): 0.1721 (m²·K)/W
 Masa térmica: 25.27 kJ/K

Capas

	Función	Material	Grosor	Envoltentes	Varial
1	Acabado 1 [4]	Baldosas de piedra	0.0200 m	☐	☐
2	Capa membrana	Cubiertas - Lámina de polietileno	0.0000 m	☐	☐
3	Contorno del núcleo	Capas de envoltente por encima	0.0000 m	☐	☐
4	Estructura [1]	Hormigón	0.1800 m	☐	☐
5	Contorno del núcleo	Capas de envoltente por debajo	0.0000 m	☐	☐

< >

Insertar Suprimir Arriba Abajo

Figura 74. Estructura tabique habitaciones.

En el proceso de crear el contorno de las cubiertas tal como se muestra en la Figura 75, que se dejó una zona rectangular en su centro hueca donde se colocaría el sumidero y desde los laterales del contorno se han asignado flechas de pendiente que concurren en dicho hueco.

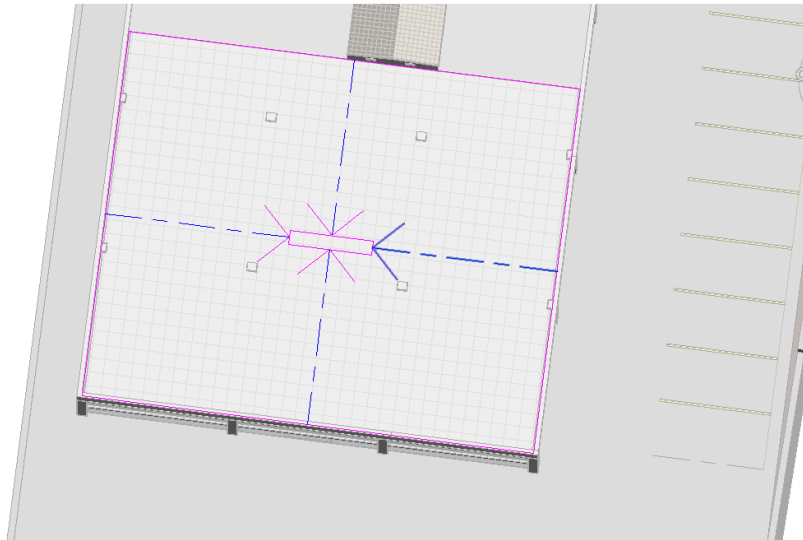


Figura 75. Flechas de pendiente en contorno de cubierta.

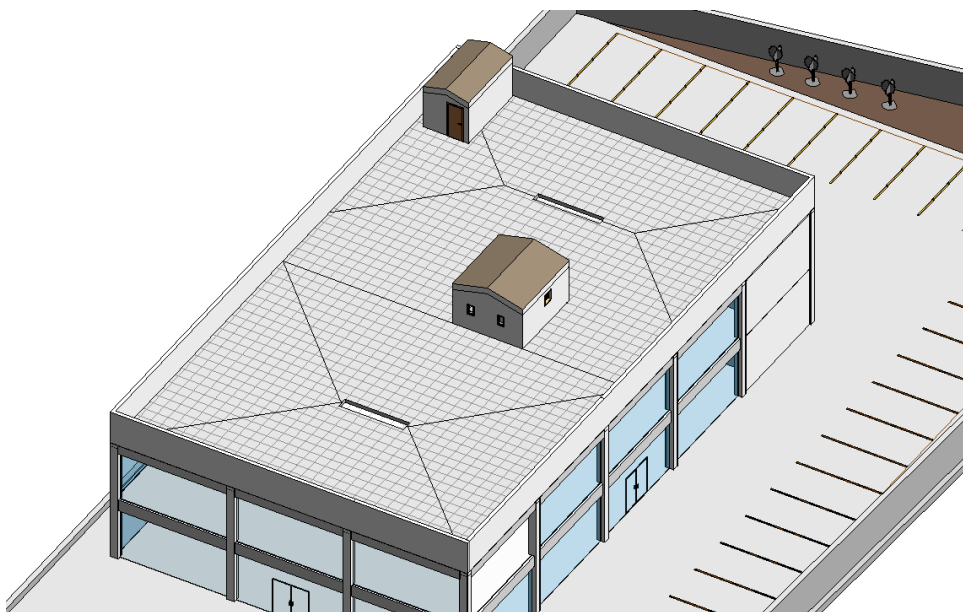


Figura 76. Vista 3D de la cubierta transitable.

Por último, en la Figura 77 se puede ver que se agregaron en la zona creada donde concurre la pendiente de la cubierta unas rejillas con sumidero de tipo “Desagüe de suelo rectangular” cargado de las familias integradas de Revit.

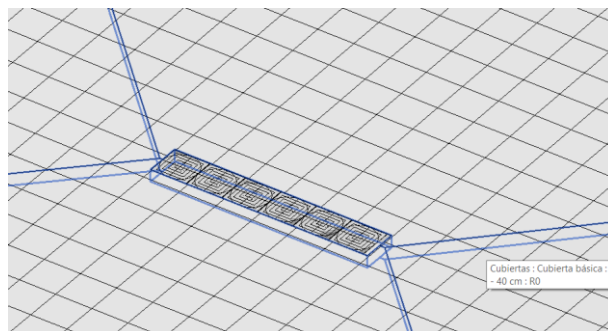


Figura 77. Detalle de la situación del sumidero

4.4 Diseño de espacios

Se generó un posible modelo de elementos que componen los espacios en las diferentes plantas mediante la inclusión de elementos cargados de las familias de Revit por medio de la herramienta “componente” del grupo “arquitectura”.

4.4.1 Planta baja

En la planta baja se dispone de tres habitaciones. La primera, sería el despacho del encargado del concesionario donde se almacena y administra la documentación relacionada con la empresa. El despacho consta de 4 modelos de archivador de 5 cajones para la documentación, una silla de escritorio con un modelo de escritorio ejecutivo y ordenador.

La segunda, destinada como zona reunión donde se llevan a cabo presentaciones de nuevos proyectos, modelos u objetivos de la empresa. Los elementos incluidos son una mesa de reunión con sillas, una estantería de decoración, una mesa para televisor y una pantalla para reproducir cualquier tipo de presentación.

La tercera habitación está destinada como aseo para clientes y trabajadores de la empresa. Los elementos utilizados cargados desde las familias de Revit se detallan a continuación:

- Tres urinarios de pared separados entre sí por mamparas de urinario.
- Dos modelos de WC con cisterna separados cada uno en una pequeña habitación con asidero vertical para discapacitados instalado en la pared. La pequeña habitación de cada WC la forman muros básicos con partición de placa de yeso laminado de 10 cm.

- Tres lavabos en la zona cercana a la ventana y un cuarto lavabo a la entrada del aseo.

En las Figuras 78 y 79 se presenta la disposición en vista 3D de los elementos en las habitaciones.

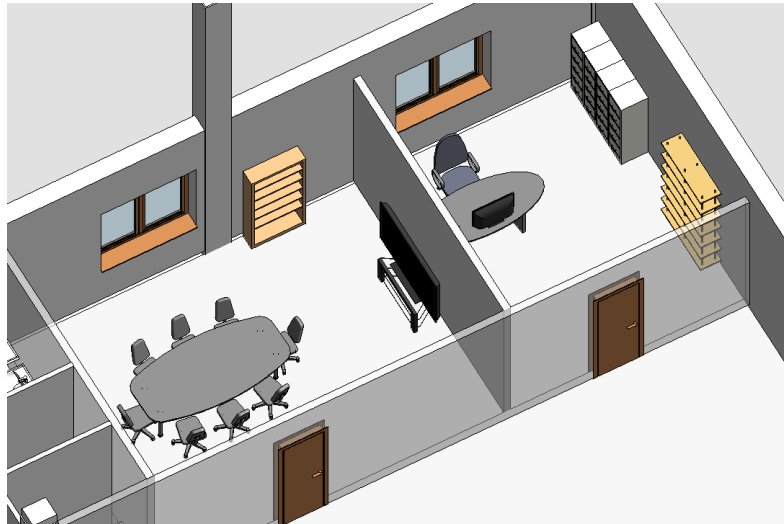


Figura 78. Vista 3D de la sala de reuniones y el despacho

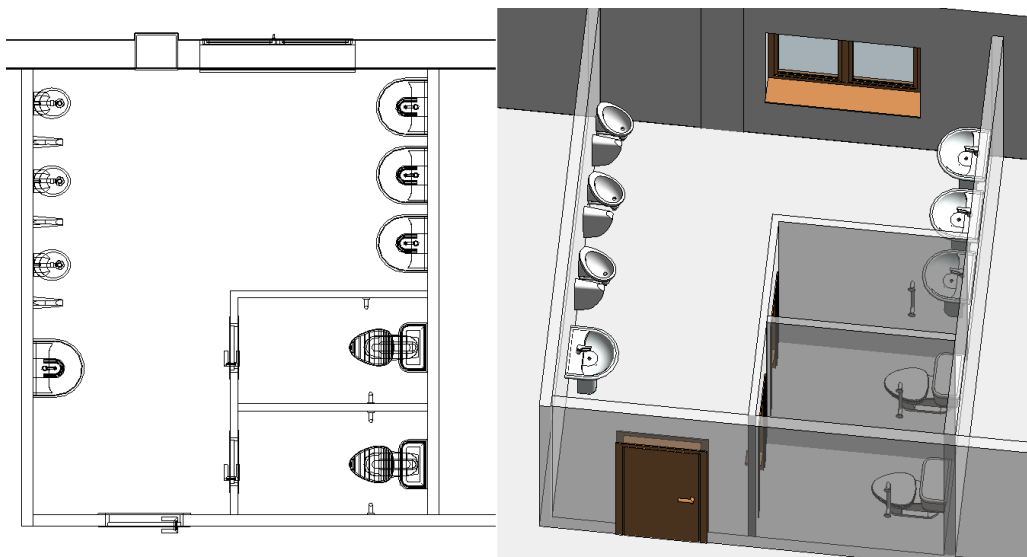


Figura 79. Vista en planta y vista 3D de la sala de aseo.

En el caso de la zona del ascensor peatonal y la del ascensor de vehículos, se crearon los huecos y estructura necesarios para la instalación de estos, pero no se modelan los ascensores ni los mecanismos que requiere su instalación ya que el objetivo de este TFG no es conocer y modelar con detalle el mecanismo de

ascensores. Por tanto, para tener una representación del diseño se utilizaron los elementos que se definen a continuación y se muestran en la Figura 80:

- Para el ascensor peatonal un modelo de cristal cargado de las familias de Revit que carece de los mecanismos con que se desplaza el ascensor y simplemente contiene la cabina de cristal.
- Para el caso del ascensor de vehículos, al carecer de elemento modelado se va a utilizar un modelo de montacargas descargado de la web *CADBlocksfree* que contiene una biblioteca CAD de elementos y familias de modelos gratuitos. Este elemento aporta una representación del uso de esta zona e incluso podría ser una solución válida para el acceso de vehículos a la primera planta, aunque sería ideal y más práctico, un ascensor de vehículos eléctrico convencional.

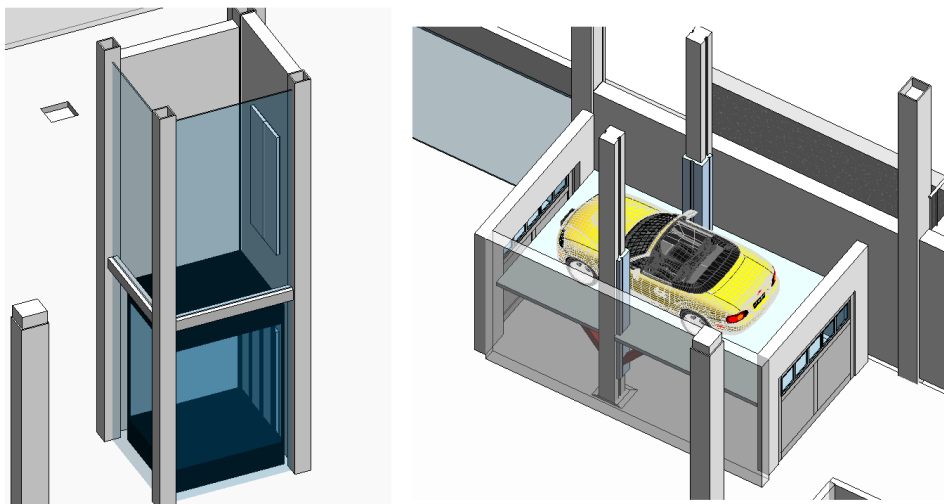


Figura 80. Vista 3D ascensores. Fuente elaboración propia

Los espacios restantes, son la zona de recepción de las dos entradas de la edificación y la zona de exposición. La disposición de elementos de estas zonas se presenta en la Figura 81 y se detalla a continuación:

- En la zona de recepción se colocaron 4 sillones de diseño, una mesa de baja altura y un estante donde se coloca publicidad de la empresa.

- En la zona de exposición se incluyó un modelo de vehículo descargado de la biblioteca gratuita que contiene la web *RevitDB*.

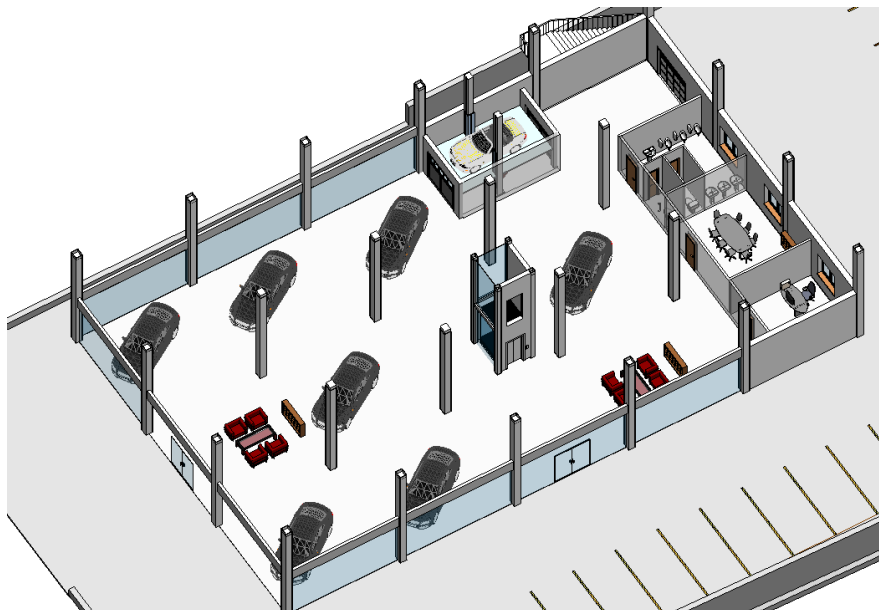


Figura 81. Vista 3D planta baja. Fuente elaboración propia.

4.4.2 Primera planta

En esta planta se tiene una habitación a la que no se añaden elementos ya que está únicamente dedicada a las escaleras de acceso a la azotea y tendrá un uso esporádico para labores de mantenimiento.

La habitación situada al lado de ésta, es el aseo de esta planta y tiene la misma disposición que el aseo de la planta baja y con los mismos elementos.

Las dos habitaciones restantes son oficinas en las que se llevan acabo las ventas con los clientes. Por tanto, se ha creado una zona confortable en la que se dispone de un sillón de diseño tipo banco con una mesa de pequeña altura, un estante de adorno, una mesa de cristal con dos sillas para los clientes y una silla de escritorio para el trabajador. Con la intención de que el cliente no pierda en contacto visual con los vehículos de la exposición se ha instalado un ventanal de 2,8 x 1,8 m que ocupa la mayor parte del tabique frontal y se coloca junto a este, la zona donde se lleva a cabo el trámite de la venta. En la Figura 82 se aprecia la disposición de los elementos en las diferentes salas de la primera planta.



Figura 82. Vista 3D salas de la primera planta.

En la zona de exposición, como se muestra en la Figura 83, se incluyó el mismo modelo de vehículo utilizado en la planta baja y se dispone de una zona de comfort para el cliente, en la zona central. Esta zona, está formada por los mismos elementos que las zonas de recepción de la planta baja.

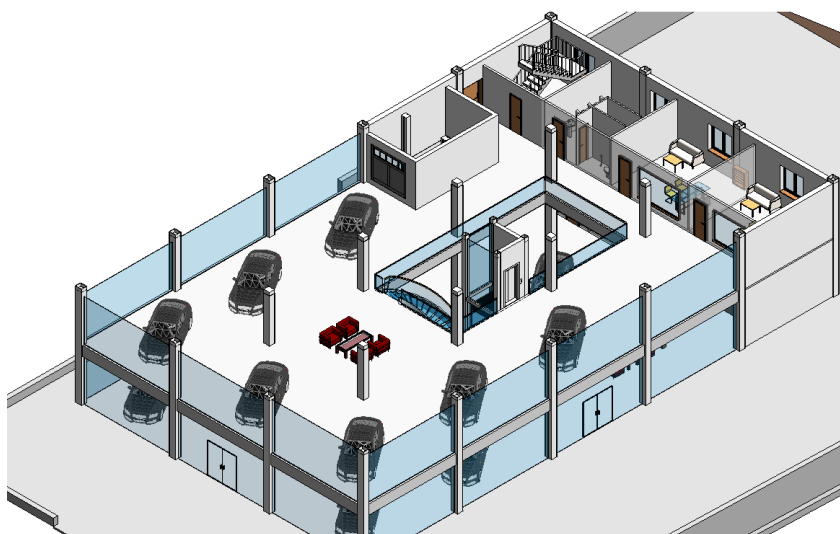


Figura 83. Vista 3D de la primera planta.

4.4.3 Emplazamiento

La zona de emplazamiento ya se ha descrito anteriormente que incluye una superficie rectangular que contiene la solera estructural de emplazamiento y el área restante de la parcela está formado por tierra.

El área de tierra se ha considerado para incluir vegetación. En esta zona, se han colocado tres palmeras tipo “real cubana - 7,5 m” y diez arboles tropicales de tipo “bambú viviente – 1,5 m” situados cubriendo la mayor parte de esta zona.

El área restante es el de la solera de emplazamiento arquitectónica, la cual no incluye el área que ocupa la edificación. Ésta, se destinó para el tránsito de trabajadores, clientes y dispone de dos zonas de aparcamiento que suman un total de 24 aparcamientos.

Los muros que delimitan la parcela tienen una cota de altura muy baja en las zonas frontales para permitir una clara visualización de la exposición de vehículos desde la calle Ronda de Marroquíes y por tanto tampoco incluye una puerta la entrada a la parcela para no restar visibilidad. El aspecto final del modelo arquitectónico se muestra en la Figura 84.

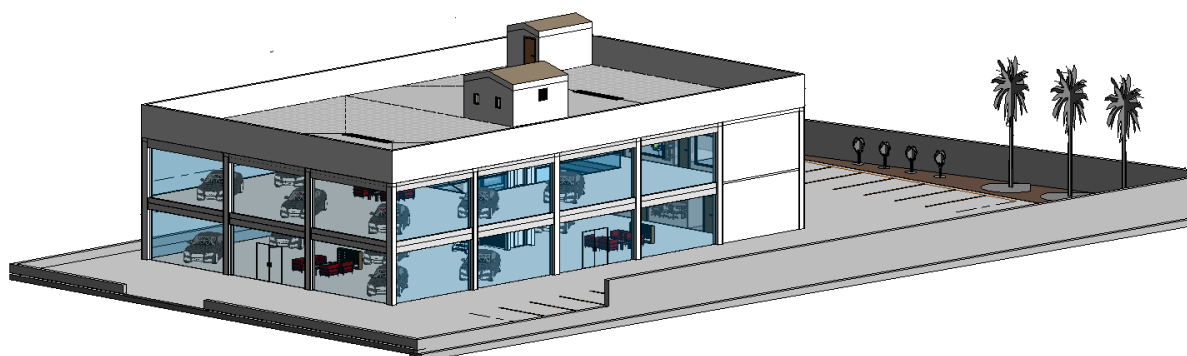


Figura 84. Vista 3D del modelo final. Fuente elaboración propia

Para concluir el modelo, se realizaron dos renderizados mediante la herramienta “render” con una configuración de calidad alta que proporciona una imagen realista del modelo en 3D. En la Figura 85, se tiene una vista externa de la edificación similar a la que tendría un observador que circule por la calle Marroquíes y en la Figura 86, se aprecia el conjunto de la parcela.

En el Anexo III, se muestran todos los renderizados generados para el modelo. Se dispone de renderizados de habitaciones, zonas de exposición y de diferentes puntos de vista internos y externos a la edificación.



Figura 85. Renderizado desde la calle Marroquies.

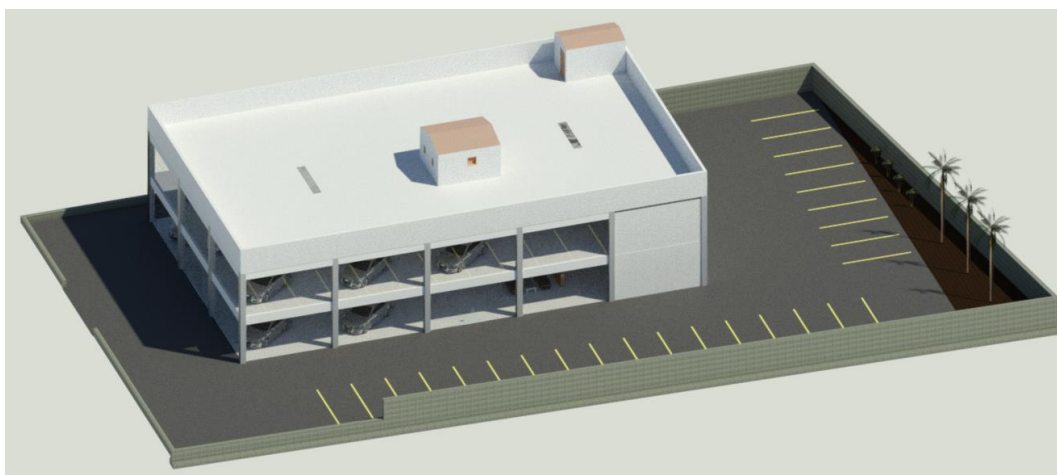


Figura 86. Renderizado de la vista 3D desde el Suroeste.

5 Nivel LOD del modelo

El nivel de desarrollo LOD definido anteriormente es una herramienta que no necesariamente se debe aplicar en igual medida a todos los elementos de un modelo, pues no cobra igual importancia el modelado con alto nivel LOD de un elemento arquitectónico como el pomo de una puerta o cualquier otro elemento que no soporta el peso de la estructura, que el modelado con alto LOD de elementos estructurales y sus conexiones.

En el modelo creado no se ha realizado un nivel ascendente de LOD en todos los elementos porque en caso de modelo estructural, su primer diseño ya es el definitivo porque se creó a partir del modelo arquitectónico inicial. Además, los elementos como vigas y pilares metálicos ya incluyen toda la información cuando se agregan al proyecto, por tanto ya están en un LOD300. Cabe destacar también que

los elementos estructurales en nivel LOD100 no son útiles ya que el modelo estructural debe ser calculado y para ello debemos conocer los perfiles metálicos específicos. En el modelo arquitectónico también se tiene la misma situación. Algunos elementos como los muros cortina, cuando se agregan ya tienen toda la información y están en un LOD300, porque el modelo final de muro cortina sigue teniendo una única capa en su estructura de cristal. Por tanto, algunos elementos han experimentado una elevación de nivel al pasar al modelo definitivo y otros ya estaban en dicho nivel o no estaban modelados porque son elementos de detalle y se han creado directamente en un LOD300 o LOD350. El nivel LOD es una herramienta para facilitar el proceso. Tal como se ha definido anteriormente, no obliga a mantener un LOD constante en todos los elementos del proyecto ni a crear un modelo con nivel ascendente en todos sus elementos.

Por tanto, para este proyecto se ha modelado un alto nivel LOD en los elementos estructurales (LOD 350) en el que cada elemento es representado como un conjunto de los elementos que lo forman con un tamaño, orientación, posición, forma e información reales y se representada la interacción y conexión de los diferentes elementos estructurales entre sí. Además, el elemento contiene toda la información referente a los materiales que lo componen. En la Figura 87, 88 y 89, se pueden ver ejemplos de cómo los elementos estructurales como forjados, vigas o elementos de cimentación cumplen con el nivel LOD350 ya que cuentan con toda información de su estructura, materiales, tienen modelada su geometría real con todos los elementos que la forman como armaduras estructurales y aparecen las conexiones entre diferentes elementos que es la característica más destacable de este nivel con respecto al anterior (LOD300).

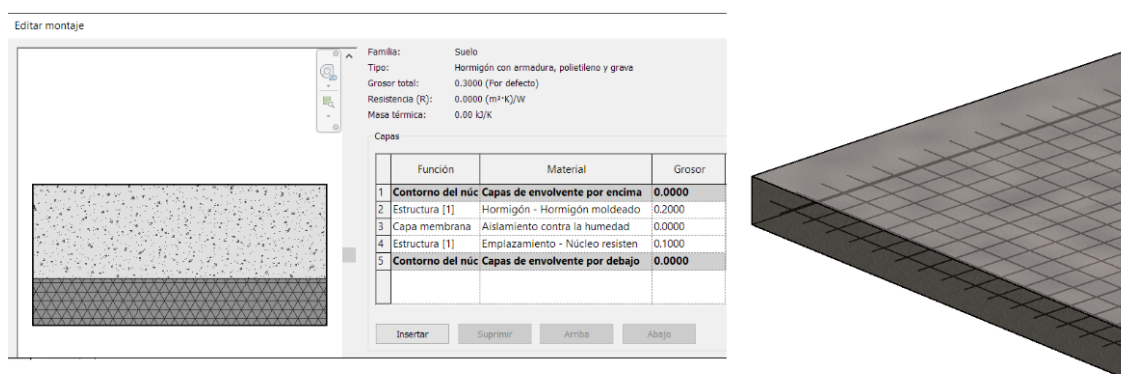


Figura 87. Forjado en nivel LOD350.

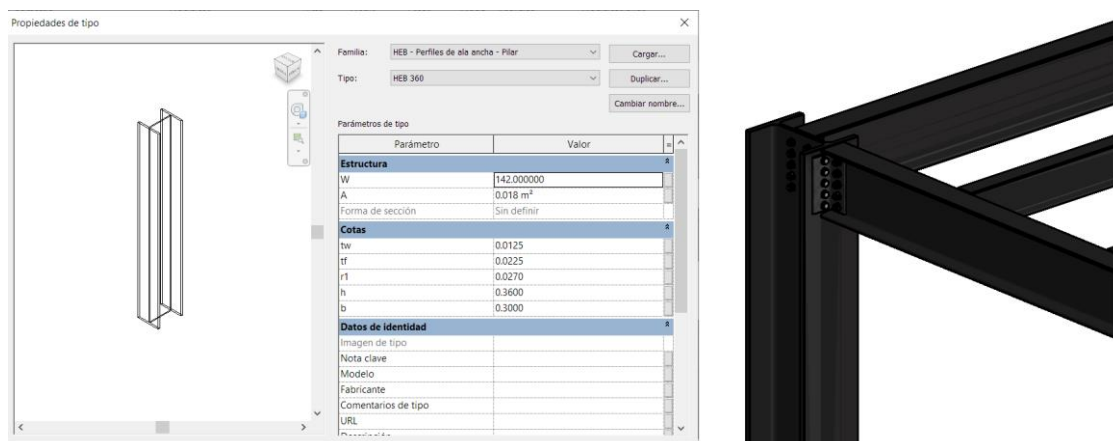


Figura 88. Pilares y vigas en nivel LOD350.

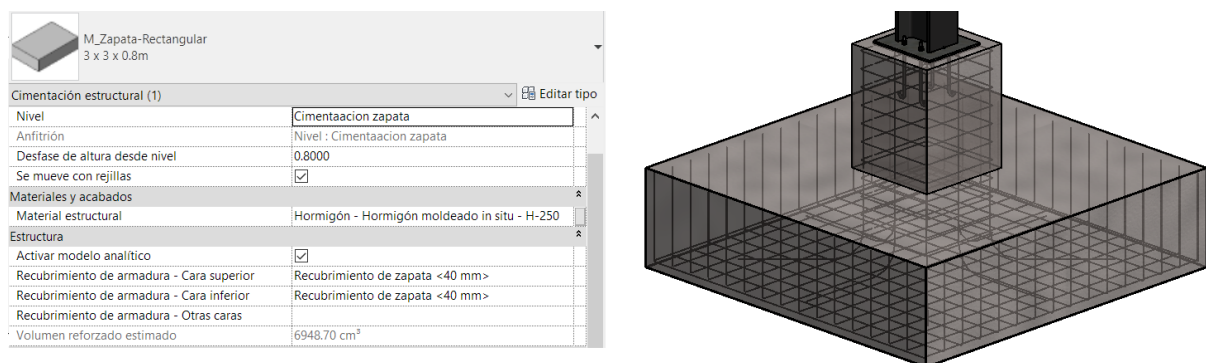


Figura 89. Elementos de cimentación en nivel LOD350.

Para elementos arquitectónicos, se utilizó un nivel LOD 300, en el que el elemento contiene la información de todos los elementos o capas que lo forman y la orientación, forma y tamaño son muy próximos a la realidad. Cabe destacar que en caso de incluir numerosos elementos arquitectónicos de un nivel superior podría generar un archivo muy pesado que provocaría reducción de velocidad del programa Revit y dificultad para trabajar con el modelo. En la Figura 90 y 91, se muestran dos ejemplos de cómo los elementos arquitectónicos están modelados en un nivel LOD 300 con una única diferencia de nivel con respecto a los elementos estructurales que radica en que en este caso no están modeladas las conexiones reales entre elementos.

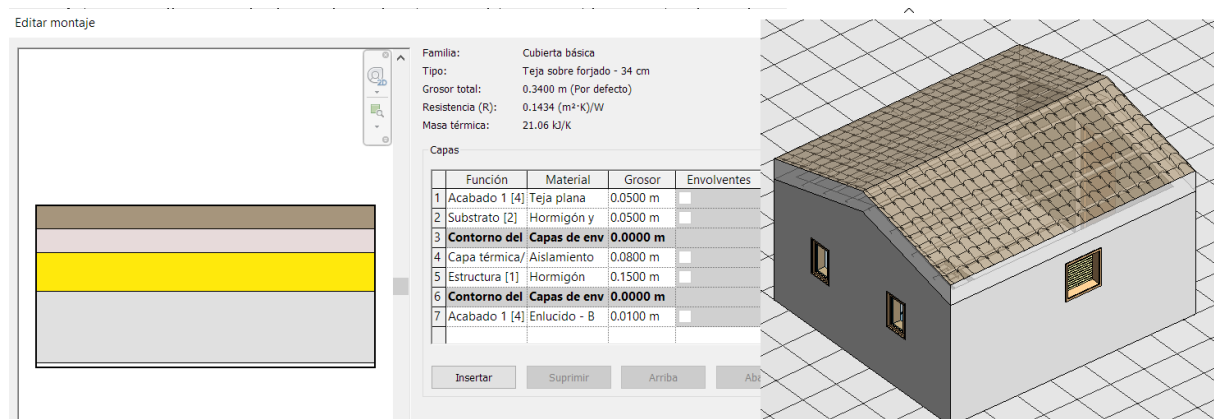


Figura 90. Cubierta en nivel LOD300.

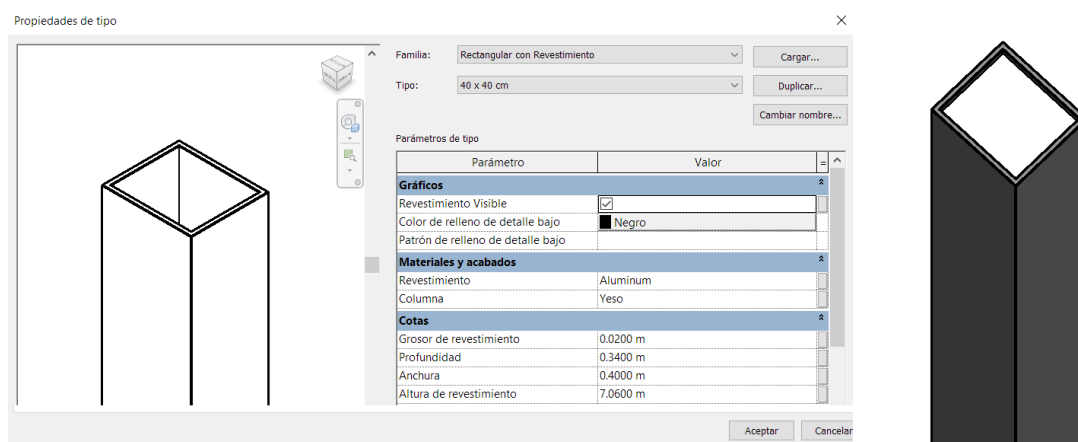


Figura 91. Revestimiento de pilares en nivel LOD300.

En algunos de los elementos arquitectónicos ha habido una progresión de nivel LOD. En un primer modelo arquitectónico, se modelaron de forma básica y representativa con un nivel LOD 100 que no contiene información de materiales y por tanto la única información que facilita es la referente a volúmenes, geometrías y superficie del elemento. En el modelo definitivo estos elementos evolucionan a un nivel LOD 300 en el que se ha agregado toda la información referente a los materiales que los componen.

En la Figura 92, se aprecia la evolución de nivel LOD que se ha llevado a cabo en los cerramientos de la edificación.

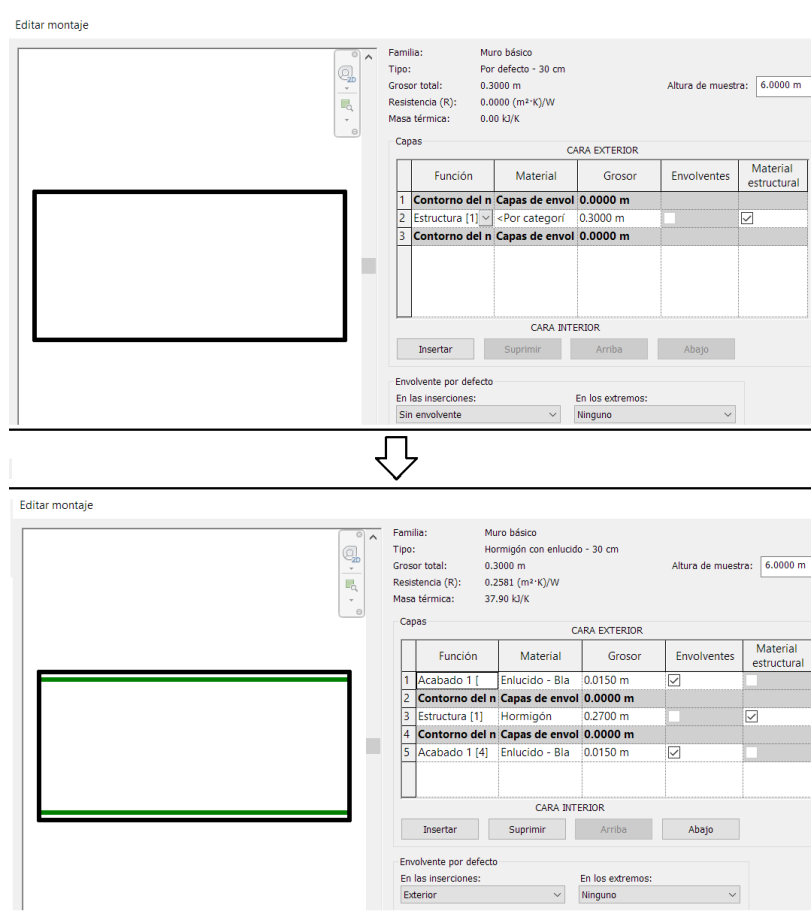


Figura 92. Evolución de muros a nivel LOD300.

6 Fases constructivas

Se ha utilizado la herramienta “fases” de Revit para generar una estructuración al proyecto. Cualquier persona ajena al proyecto puede visualizarlo por fases para entender de forma más clara como se ha de desarrollar y todos los elementos que lo componen. Por tanto, se crearon diferentes fases en el proceso de construcción y mediante la modificación de gráficos en las vistas se puede ir viendo diferentes momentos del proceso de construcción y avanzando de fase al mismo tiempo que la construcción. Sería una representación mediante fases, similar al 4D que se realiza con Navisworks pero más simplificada. Con Navisworks, además de poder ver el proyecto por fases y su estado durante la construcción, también se dispondría de un plan de tiempos y coste de estas fases, diseñados por personal cualificado. A pesar de las diferencias, la herramienta “fases” puede llegar a ser muy útil en caso de modelos que se están iniciando en BIM y no utilizan aun la dimensión 4D. Estas fases también son muy útiles a la hora de generar planos ya que activando la fase requerida

se pueden obtener planos de cualquier fase del modelo de forma rápida. De modo que, el proceso de construcción seguiría los planos y como consecuencia las fases diseñadas en Revit.

En este modelo, tal como se aprecia en la Figura 93, se crearon fases colocadas en orden de acuerdo al proceso de construcción. Estas fases contienen los elementos agrupados por familias y en algunos casos varias familias en una misma fase para no crear un elevado número de fases. Si se creara un número excesivo de fases, dejarían de ser tan útiles ya que no agruparían apenas los elementos y por tanto no facilitaría el análisis del modelo.

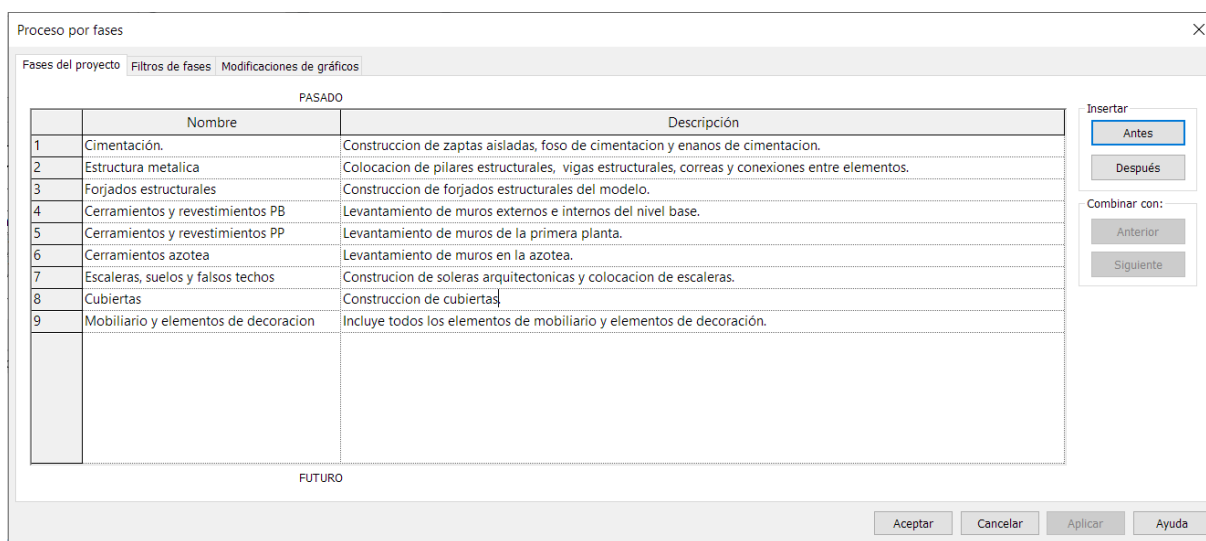


Figura 93. Fases creadas. Fuente elaboración propia

Una vez creadas las fases de construcción del modelo, se debe asignar una fase a cada uno de los elementos de éste, en la pestaña “propiedades” en el apartado “Proceso por fases”.

La pestaña “filtros de fases” dispone de diferentes filtros que se pueden utilizar en la visualización de las fases. Estos filtros se pueden editar y contienen cuatro opciones que definen el estado de las fases en la construcción (nuevo, existente, derribo y temporal). Cada una de estas opciones tiene tres estados de visualización (No mostrado, por categoría y modificación). Con estos, se puede decidir si aparecen visualizadas las fases existentes anteriores a la que se tiene seleccionada en la vista, la fase de derribo y la fase temporal en caso de que existan. Al tratarse de una obra de nueva construcción no se tiene fase de derribo en este modelo, ni tampoco se han modelado elementos temporales del proceso de construcción.

El modo en que se visualizan los elementos filtrados se puede modificar en la pestaña “modificaciones de gráficos”. Esta herramienta permite que en una fase determinada de la construcción, se visualicen también las fases anteriores pero con una modificación visual, como podría ser un color diferente, que permita diferenciar los elementos de la fase actual.

En la Figura 94, se puede ver un ejemplo en el que se ha utilizado un filtro de fase con modificación visual de los elementos existentes y nuevos. La vista 3D de la figura, se encuentra en la fase “estructura metálica” y el filtro de fases que contiene es “mostrar completo”. Por tanto, se pueden ver las fases anteriores que ya están construidas. En este caso, la fase anterior es la fase “cimentación” únicamente. En la modificación de gráficos está configurado el color rojo para la fase “existente” y en azul para la fase “nuevo”.

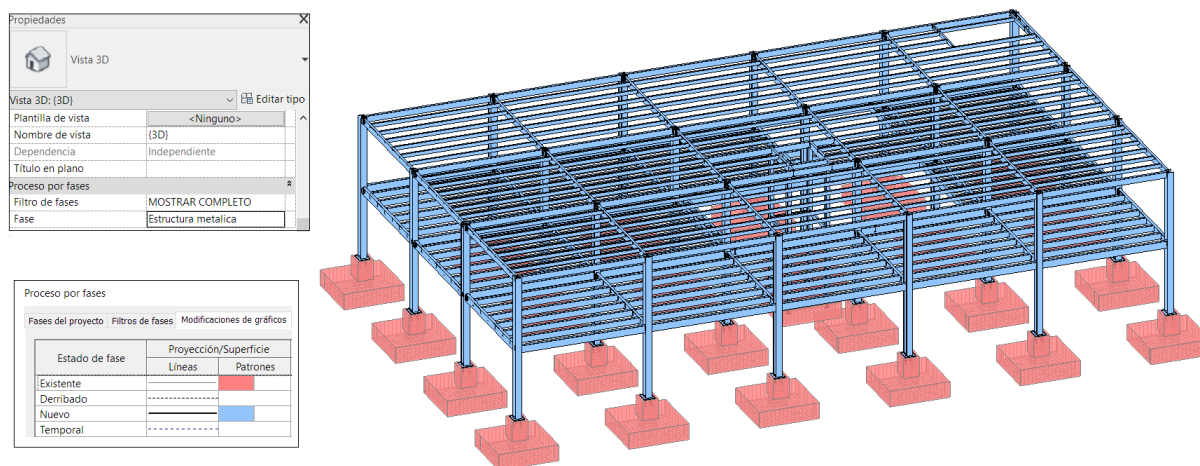


Figura 94. Fase “estructura metálica” con filtro de fase.

La Figura 95, es otro ejemplo de la visualización mediante fases pero en una fase más avanzada de la construcción. El proyecto se encontraría en la fase de cubiertas, formada por las dos cubiertas transitables de la azotea y las dos cubiertas de las habitaciones de la azotea con su estructura de rastreles incluida. En este ejemplo, se ha utilizado otro filtro de fases en el que las fases existentes se dejan “por categoría”, es decir tienen su aspecto real, no está modificada su visualización y las fases nuevas se presentan modificadas, es decir obtienen el color azul que se había configurado para las fases nuevas en “modificación de gráficos”.

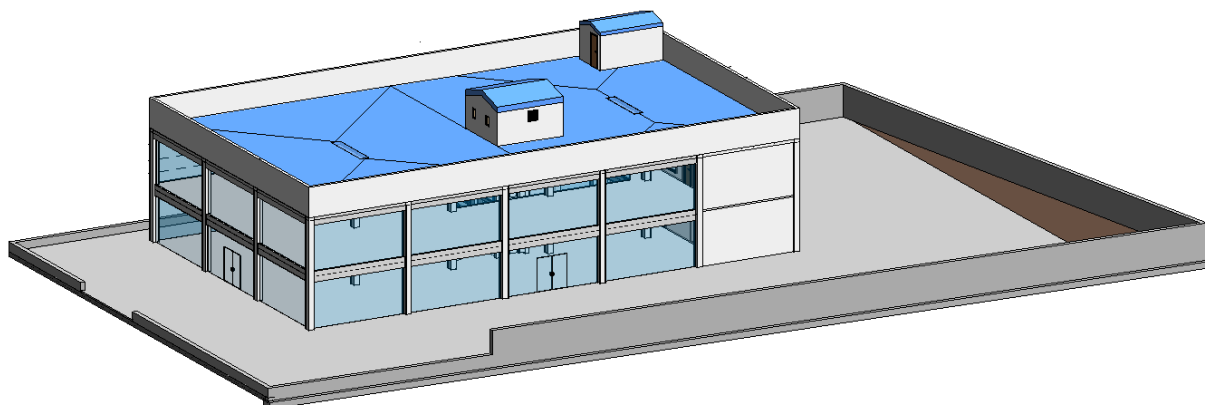


Figura 95. Fase “Cubiertas” con filtro de fase.

7 Generación de documentación

7.1 Documentación gráfica

Uno de los beneficios que aportan las herramientas de modelado BIM, en este caso Revit, es la facilidad para generar documentación gráfica de un modelo y aplicar modificaciones de forma ágil en estos documentos.

Para el presente proyecto se han elaborado planos de estructura y cimentación que contienen la estructura principal de la edificación, los planos de distribución de espacios, plano de emplazamiento y planos de cotas.

Volviendo a incidir en la utilidad de las fases de Revit, las fases que se han creado, marcan el desarrollo de la construcción y a partir de estas, se pueden obtener los planos estructurales y arquitectónicos en cada punto del proceso. Cabe destacar, que se han generado planos representativos, útiles en el proceso de construcción del modelo, que muestran la utilidad de esta herramienta de Revit, pero no se han generado la totalidad de los planos ni secciones de detalle necesarios para la construcción del modelo.

En primer lugar, fue necesario preparar un plantilla con un cajetín normalizado que contenga la información requerida del proyecto y de los planos. Revit pone a disposición varias plantillas modelo, de modo que partiendo de uno de estos modelos se modificó el cajetín. En la herramienta “vista” dentro del grupo “composición de plano” se encuentra la opción “plano”. Una vez seleccionado, en la ventana que se genera se permite cargar familias de plantillas. De este modo, se cargó la plantilla “A3

métrica”. Tal como se aprecia en la Figura 96, se ha modificado para que contenga las dimensiones y los campos de datos normalizados:

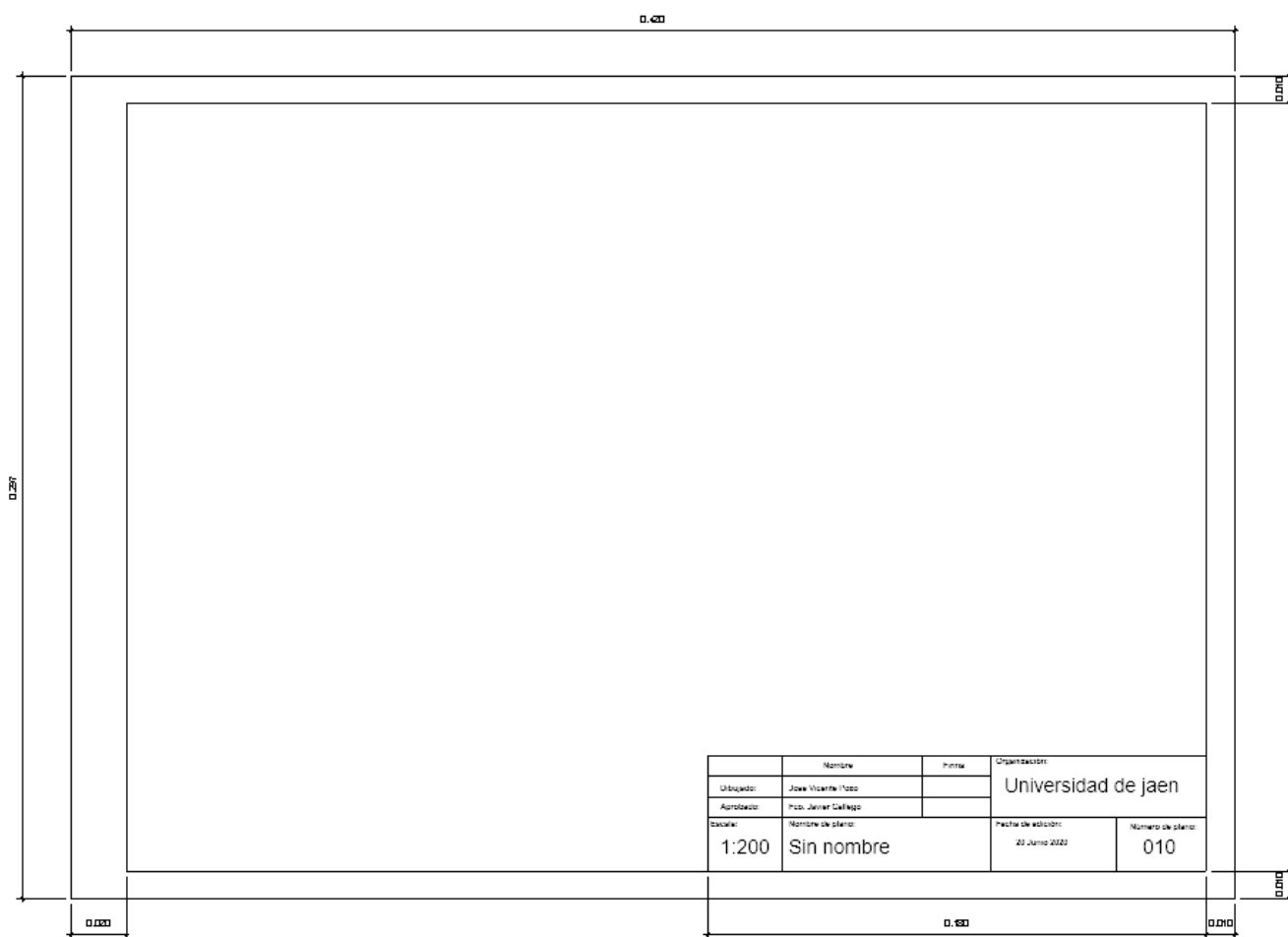


Figura 96. Plantilla Creada para planos del proyecto.

Finalmente, se procedió al levantamiento de planos. El procedimiento de Revit para generar los planos es una de las ventajas que presenta este software frente a los procedimientos tradicionales. Simplemente, abriendo la vista de una plantilla y arrastrando la vista que se quiera representar a la plantilla, se coloca en el plano. Además, utilizando las fases y los filtros de fases se puede decidir en cada vista la fase que se quiere representar, si se pretende o no, que aparezcan también las fases anteriores e incluso si se quiere otorgar una modificación visual diferente para diferenciarlas entre sí. Añadir también, que cuando se arrastra la vista al plano, estos quedan coordinados. Esto permite que cualquier variación que se realice en el modelo y en la vista, aparecerá automáticamente en el plano. En caso de necesitar añadir una cota o se descubre un error que requiere una modificación, no habría que volver a generar otro plano.

En el anexo I se presentan los planos generados del modelo.

7.2 Tablas de planificación

Las tablas de planificación son la presentación de la información extraída de las propiedades de los elementos de un proyecto. Al generar una tabla de planificación en Revit, aparece del mismo modo que una vista del modelo y se pueden añadir en cualquier punto del diseño porque están coordinadas con el modelo. Cualquier modificación que se produzca en los elementos del modelo tanto geométrica como de información o composición, se actualizará en la tabla automáticamente. Además el programa permite la exportación de estas tablas a Excel para una gestión determinada de los datos si fuera necesario.

Cabe recordar la importancia que tiene la información en un modelo BIM, ya que un modelo virtual es una base de datos. Las tablas de planificación son una herramienta para extraer la información del modelo de forma rápida y fiable. Para que estos datos sean fiables es necesario que el modelo este perfectamente estructurado y con la información adecuada para los resultados que se quieren procesar en las tablas de planificación.

Esta herramienta de Revit permite crear; una única tabla con todos los elementos del modelo, diferentes tablas según las categorías o incluso tablas por fases como se muestra en la Figura 97. Tras seleccionar uno de los anteriores, el programa pide los campos que se quieren mostrar de cada elemento. Los campos son las características de los elementos, tanto físicas como de identidad o definición. En este punto radica la importancia de un buen modelado para que las tablas de planificación sean fiables. Los elementos del modelo, deben contener los campos que se quieren extraer en las tablas de planificación para que estas sean de utilidad.

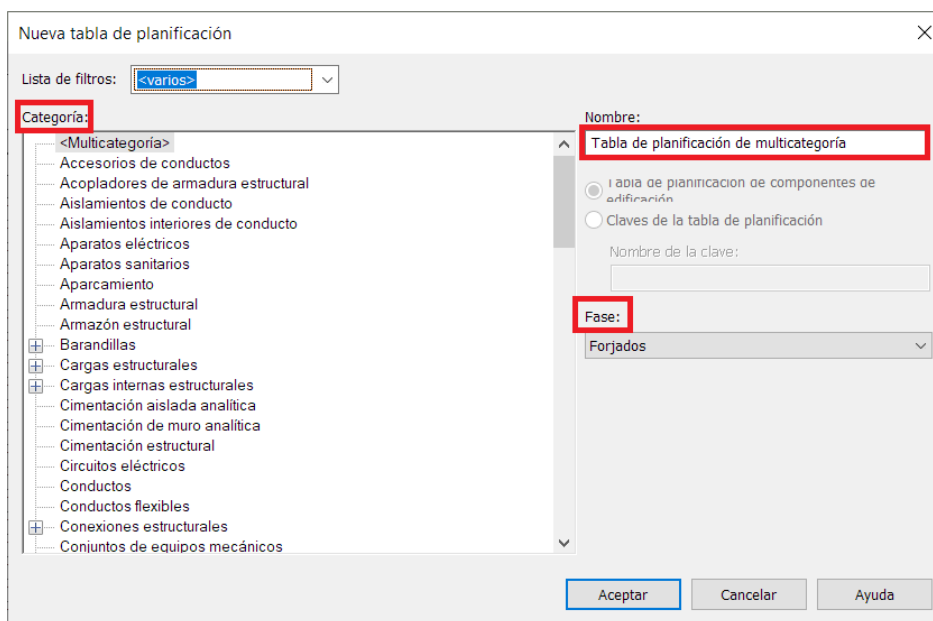


Figura 97. Tipos de tabla de planificación. Fuente elaboración propia

Para el modelo, se han creado tablas de planificación según categoría para que de este modo se presenten tablas en las que se tienen elementos del mismo tipo aunque estén en niveles o fases diferentes. Esto facilita el procesado posterior de la información ya que se podría gestionar la información en Excel para obtener la cuantía total de un campo (longitud, área, volumen, etc.), para un tipo de material determinado.

Al utilizar tablas por categoría se tiene la facilidad de poder usar diferentes campos según la categoría. Esto, es de gran utilidad porque en caso contrario si se usan los mismos campos para todos los elementos se obtiene información irrelevante. Pues, el campo “longitud” sería irrelevante para una categoría “suelos” y sería más útil “área”. Los campos, también son útiles para la agrupación de elementos que facilite su interpretación. Para ello, se tiene la pestaña “clasificación/agrupación” dentro de “propiedades de tabla de planificación” en la que se pueden generar agrupaciones de elementos por uno o varios campos comunes.

Por tanto, se han incluido tres campos comunes que tienen información relevante de todos los elementos y dependiendo de la categoría se han seleccionado los demás campos.

Campos comunes:

- *Familia y tipo*. Contiene información de identificación del elemento.
- *Recuento*. Este campo se utilizara para el conteo de elementos agrupados del mismo tipo.
- *Fase de creación*. Indica en qué fase del proyecto se encuentra el elemento.

Campos utilizados según categoría:

- Material estructural
- Longitud.
- Volumen.
- Área.
- Ancho.
- Alto.
- Altura de huella.
- Profundidad de huella.
- Anchura total. Para elementos con carcassas exteriores.
- Altura total. Para elementos con carcassas exteriores.
- Longitud de corte.

En la Figura 98, se puede ver el procedimiento seguido para la creación de la tabla de planificación de “pilares estructurales”. Se han utilizado los campos “longitud” y “volumen” porque el modelo tiene dos tipos de pilares que son los metálicos y los enanos de cimentación que se consideran pilares estructurales. Para los metálicos es muy útil la longitud y para los estructurales, el volumen. Finalmente, se agruparon los elementos por longitud y familia para dar lugar a la tabla de planificación.

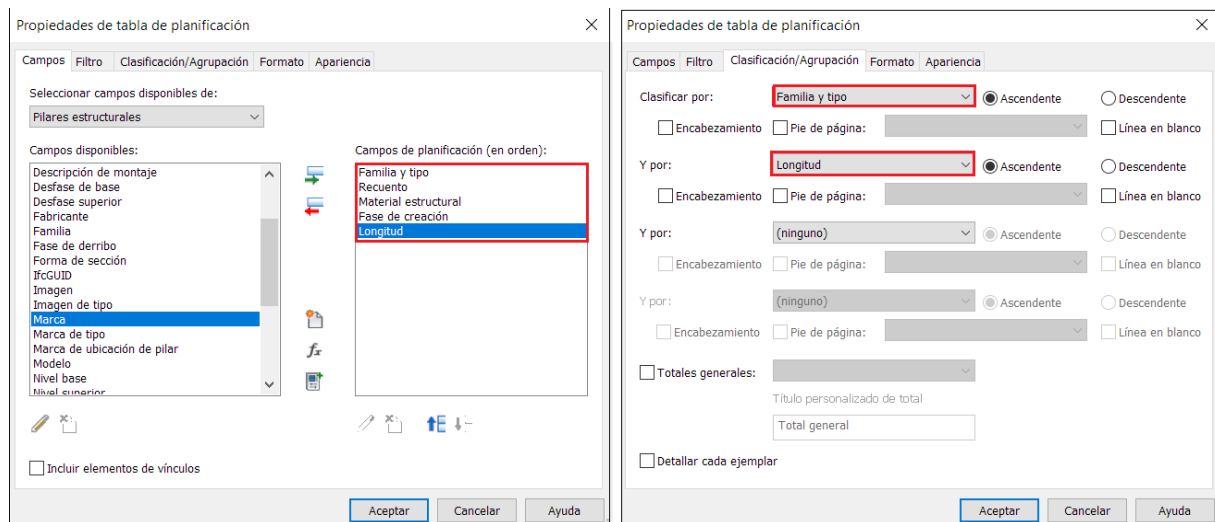


Tabla de planificación de pilares estructurales					
A	B	C	D	E	F
Familia y tipo	Recuento	Material estructural	Fase de creación	Longitud	Volumen
HEB - Perfiles de al 4		Metal - Acero - 3	Estructura metalica	6.860	0.05 m³
HEB - Perfiles de al 24		Metal - Acero - 3	Estructura metalica	7.160	0.12 m³
Hormigón-Cuadrado 24		Hormigón - Hormi	Cimentacion	1.000	0.64 m³

Figura 98. Procedimiento de configuración de tabla.

Por último, mediante la herramienta “exportar” dentro de la pestaña “archivo”, seleccionando el modelo “informes”, se exportó la tabla de planificación a Excel donde se puede procesar la información para reagruparla aún más, de acuerdo con los intereses de uso que se vaya a dar a esta.

En el anexo II, se adjuntan las tablas de planificación de todos los elementos por categorías.

Para tener una representación del procesado que se puede realizar a la información obtenida en las tablas de planificación, se ha trabajado sobre las tablas de planificación del modelo estructural. Se obtuvo el cómputo global de materiales por familias y por campo más característico como muestran las Tablas 1, 2, 3, 4 y 5. Éste, es un proceso muy rápido mediante las hojas de cálculo y se llega a un resumen muy útil de los materiales utilizados en el proceso estructural. Por último, para tener un cómputo total de hormigón utilizado en el modelo estructural, ya que se ha usado el mismo tipo de hormigón H-25 en todos los elementos del modelo estructural que incluyen este material, se suma el volumen de Hormigón que tienen todos los elementos de las tablas anteriores mediante la hoja de cálculo y el resultado se muestra en la tabla 6.

Familia y tipo	Material estructural	Volumen	Área
Suelo: Hormigón 160 mm chapa grecada	Hormigón moldeado in situ - H-25	782,14	2894

Tabla 7. Cómputo de elementos de suelos estructurales.

Familia y tipo	Material	Longitud total de barras (m)
Barra de armadura: 6 B 400 S	Acero	34727,23

Tabla 8 Cómputo de elementos de armaduras.

Familia y tipo	Material estructural	Longitud total (m)
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 180	Acero - 345 MPa	584082,48
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 300	Acero - 345 MPa	786681,695
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 360	Acero - 345 MPa	240500

Tabla 9. Cómputo de elementos de Armazón estructural

Familia y tipo	Material estructural	Longitud Total (m)	Volumen (m³)
HEB - Perfiles de ala ancha - Pilar: HEB 200	Metal - Acero - 345 MPa	27440	0,2
HEB - Perfiles de ala ancha - Pilar: HEB 360	Metal - Acero - 345 MPa	171840	2,88
Hormigón-Cuadrado-Pilar: 800 x 800	Hormigón moldeado in situ - H-25	24000	15,36

Tabla 10. Cómputo de elementos de pilares estructurales.

Familia y tipo	Material estructural	Volumen total Hormigón (m³)
M_Zapata-Rectangular: 3 x 3 x 0.8m	Hormigón - H-25	180

Tabla 11. Cómputo de elementos de Cimentación estructural.

Material estructural	Volumen (m³)
Hormigón H-25 -345 Mpa	977,46

Tabla 12. Cómputo total de Hormigón H-25 utilizado en el modelo estructural

8 Conclusiones

Una vez finalizado el proyecto, se puede evaluar el impacto que tiene la utilización de metodología BIM en la gestión del diseño y modelado de una edificación.

En primer lugar, el futuro de la arquitectura va encaminado hacia la sostenibilidad y flexibilidad. Dos términos que incluye la metodología BIM y las tecnologías tradicionales no incorporan. De modo que los grandes proyectos cada vez más, utilizan estas nuevas tecnologías desbancando a los métodos tradicionales de forma progresiva.

Además de estos conceptos, también se han evaluado grandes ventajas de la tecnología BIM que se presentan a continuación y evidencian un cambio en sector de la construcción:

- Permite el almacenamiento de toda la información de un proyecto en una única base de datos, de modo que evita la duplicidad o incoherencia de información.
- La información es multidisciplinar y bidireccional, por tanto permite a cualquier agente implicado en el proyecto acceder a la información, modificar y actualizarla a tiempo real trabajando de forma colaborativa.
- Reduce el impacto de cambios o modificaciones en el proyecto ya que en el proceso de modelado aparecen los errores y conflictos entre elementos constructivos antes del desarrollo de la construcción.
- Contar con un modelo 3D ayuda a entender e interpretar el modelo a cualquier persona ajena al proyecto. El software BIM, cuenta con herramientas para ver el proceso estructurado en partes como se ha utilizado en el presente TFG. Las fases que incorpora el programa utilizado (Revit) permiten estructurar el modelo en partes relacionadas con el proceso de construcción para un mejor entendimiento.

En cuanto al proceso de diseño y modelado que se ha experimentado en el caso práctico, cabe añadir que unas de las grandes diferencias que presenta es que estos procesos se realizan construyendo virtualmente un modelo 3D a diferencia de los métodos tradicionales. Esto genera una gran claridad espacial para la colocación de los elementos que se están incluyendo en el modelo, sus conflictos o

solapamientos y facilidad para deducir la necesidad de objetos determinados en cada situación.

Tras esta experiencia con la metodología BIM y el programa Revit se ha reflexionado sobre el proceso de cargar elementos y familias de elementos que como opinión personal, puede ser uno de los puntos sobre los que se podría mejorar el desarrollo de esta metodología. Cabe destacar que existen web como la utilizada para cargar algunos elementos en el presente TFG (*BimObject*), que son un ejemplo de una de las facilidades que podría aportar el BIM cuando este totalmente integrado. En esta web se puede encontrar algunos objetos modelados por la empresa y de los que se puede hacer uso, que a su vez son modelos reales que vende dicha empresa. Esto implica, que se podría tener un modelo arquitectónico formado solamente por modelos reales que facilitaría mucho el modelado y sobre todo se tendría un presupuesto arquitectónico muy veraz desde el principio. Desafortunadamente todavía no se dispone de muchos elementos de este tipo y por tanto se seleccionan los modelos más representativos dentro de las familias de Revit. Pues modelar una puerta detalladamente de una determinada empresa requiere un tiempo que probablemente no merezca la pena ya que algunos elementos de la arquitectura son menos importante que la estructura y los elementos que cohesionan con esta. Estos elementos menos importantes son algo que el cliente puede decidir a posteriori y con algo representativo para su visualización puede ser suficiente. Las empresas de estos elementos en un futuro serán las más interesadas en modelar sus objetos y servirlos a disposición de esta metodología.

La conclusión final incluyendo valoración personal sería que la metodología BIM resulta más práctica, eficiente y provechosa que la metodología tradicional. La metodología BIM está en continuo desarrollo y su implantación será progresiva sobre todo en algunas de sus dimensiones como el 6D y 7D en pequeños proyectos. Pero los procesos de diseño y construcción evolucionan hacia estos conceptos y acabara totalmente implantado desbancando la metodología tradicional incluso en pequeños proyectos.

Tras la realización de este TFG, la idea de la metodologías de trabajo BIM que se está implantando y sus grandes ventajas, me lleva a no concebir como posibilidad, el desarrollarme en este campo con la tecnología tradicional. En caso de querer

adentrarme de forma profesional en procesos de diseño y modelado lo haría mediante metodología y software BIM.

9 Bibliografía

Alejandro López Vidal (2016). *Una revolución llamada BIM*. Obtenido de http://www.andece.org/images/BIBLIOTECA/revolucion_bim_cementohormigon.pdf

Alexandre Almedia del Savio. (2018). *Beneficios del BIM en Ingeniería*. Obtenido de http://200.11.53.159/bitstream/handle/ulima/6981/Almeida_Alexandre_beneficios%20BIM.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ArquiBim. (2016). *Que es BIM*. Obtenido de <https://www.arquibim.es/queesbim>

Reyes Rodríguez, Antonio Manuel (2016). *BIM: diseño y gestión de la construcción*.

Kensek, Karen M., and Douglas Noble (2014.). *Building Information Modeling : BIM in Current and Future Practice*.

Grafisoft. (s.f.). *BIM en términos generales*. Obtenido de https://www.graphisoft.es/archicad/open_bim/about_bim/#:~:text=BIM%20es%20un%20acr%C3%B3nimo%20de,definiciones%20y%20de%20diferentes%20personas.

SolerPalau. (2017). *Que es BIM*. Obtenido de <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/que-es-bim/>

Agustín Sánchez Ortega. (2017). *Madurez en entorno BIM*. Obtenido de <https://www.espaciobim.com/madurez-bim-level-0-1-2-3>

BiBLus. (2018). *Madurez BIM*. <http://biblus.accasoftware.com/es/tag/newsletter-54/Ander>

Esarte Eseverri (2018). *Niveles de desarrollo y su importancia en Revit*. Obtenido de <https://mundobim.com/2017/03/level-of-development-lod-bim/>

Andrés Lorenzo Rodríguez (2019). *BIM en España*. Obtenido de <https://www.obrasurbanas.es/bim-en-espana/>

David Barco (2020). *Estado del BIM en España*. Obtenido en <https://bimchannel.net/es/es-obligatorio-bim-en-espana/>

Grafisoft, BIMforma & CODDIM. *Programa de formación BIM* <https://www.graphisoft.es/progcoddim1.pdf>

Bimnd. (2020). Software BIM. Obtenido de <http://www.bimnd.es/tipo-software-bim-en-cada-fase/>

SolerPalau. (2019). Software BIM. Obtenido de: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/software-bim/>

Arquitecturae+acero. (2007). Losa Colaborante. Obtenido de <http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/materiales/steel-deck-o-losa-colaborante>

BIMobject. (s.f.). Elemento “Vía de evacuación 1h”. Obtenido de <https://www.bimobject.com/es/assaabloy-es/product/eb1-mt-f-1-es02>

Catastro, (s.f.). Sede electrónica del catastro. Obtenido de <http://www.sedecatastro.gob.es/>

Cice, (2017). Ventajas fundamentales del BIM. Obtenido de: <https://www.cice.es/noticia/las-ventajas-fundamentales-bim/>

Bibliocad. (s.f.). Audi a5. Obtenido de https://www.bibliocad.com/es/biblioteca/audi-a5_91175/

CADBlocksfree. (s.f.). Montacoches car Lift Revit Family. Obtenido de <https://www.cadblocksfree.com/es/monta-coches-car-lift-revit-family.html>

Autodesk. (2020). Armadura. Obtenido de <https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ESP/Revit-StructEng/files/GUID-4C8C6094-D734-43B0-ACD9-D727A2C2B9DC-htm.html?st=armadura>

Autodesk. (2020). Conexiones personalizadas. Obtenido de <https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ESP/Revit-StructEng/files/GUID-885D38DF-0FAE-4D35-B5DA-2FE75F3B420B-htm.html?st=conexion>

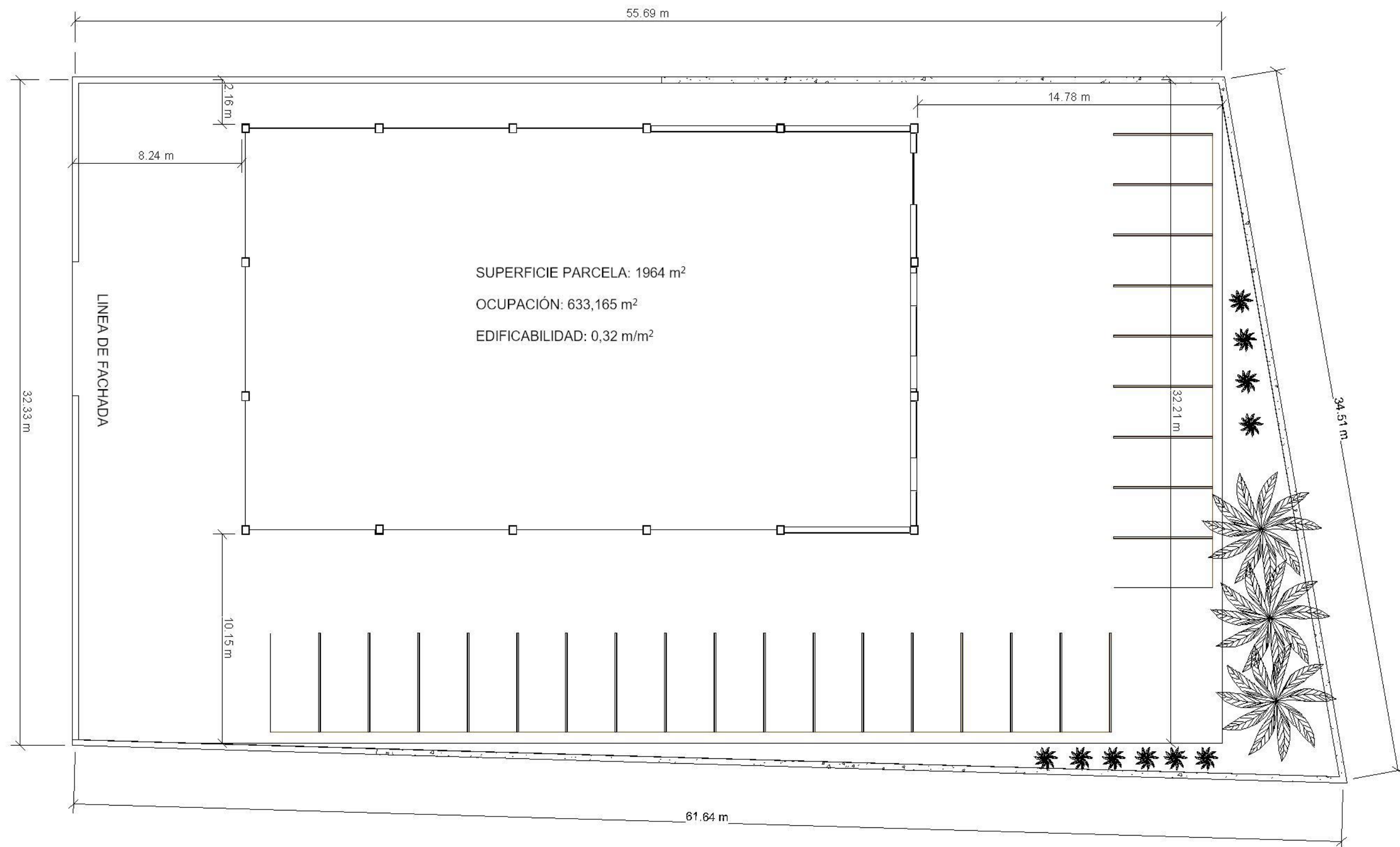
Ayuntamiento de Jaén. (2016). Calificación de suelo. Obtenido de http://varios.aytojaen.es/pgou_2016/

Ayuntamiento de Jaén (2013). *Plan general de ordenación urbanística*. Obtenido de http://varios.aytojaen.es/pgou_ap/01-TEXTOS/03-NORMAS%20URBANISTICAS/III-2-NORMAS%20GENERALES%20EDIF-ORDENANZAS-URB-F.pdf

Autodesk. (2019). *Tablas de planificación*. Obtenido de <https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ESP/Revit-DocumentPresent/files/GUID-F50D6FF4-859E-43A2-A2F6-81C84A1BA0EB-htm.html>

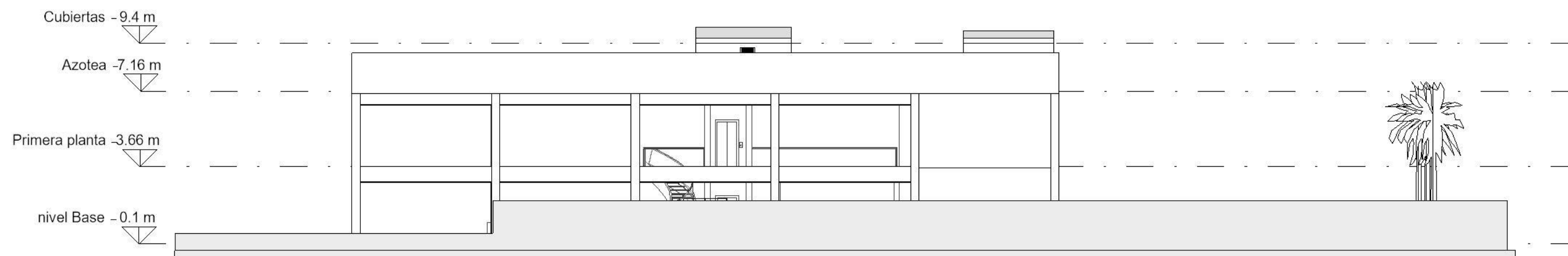
ANEXO I. Planos generados

CALLE MARROQUIES

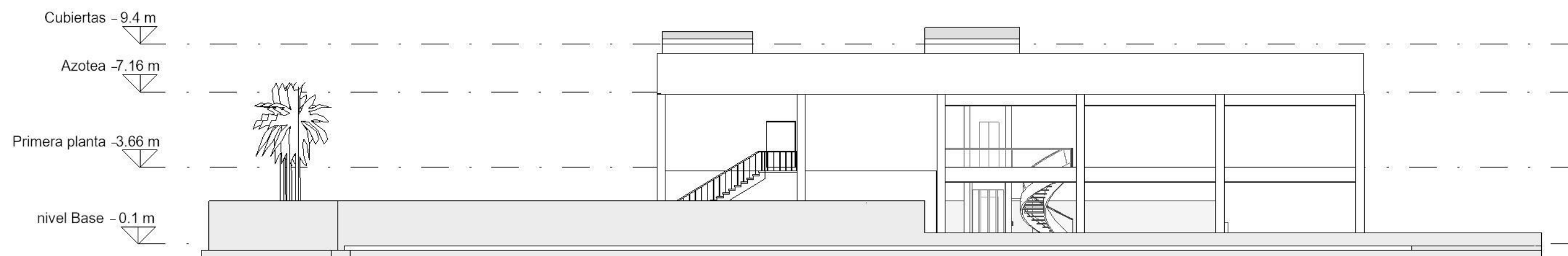


Emplazamiento
1
002 : 1

	Nombre	Firma	Organización:	
Dibujado:	Jose Vicente Pozo		Jose Vicente Pozo	
Aprobado:	Fco. Javier Gallego			
Escala:	Nombre de plano:	Fecha de edición:		Número de plano:
1:200	Emplazamiento	20 Junio 2020		1



1	Alzado Este
2	



2	Alzado oeste
2	

	Nombre	Firma	Organización:	
Dibujado:	Jose Vicente Pozo		Jose Vicente Pozo	
Aprobado:	Fco. Javier Gallego			
Escala:	Nombre de plano:	Fecha de edición:		Número de plano:
1:200	Alzado Este y Oeste	20 Junio 2020		2



1 Alzado Sur
3

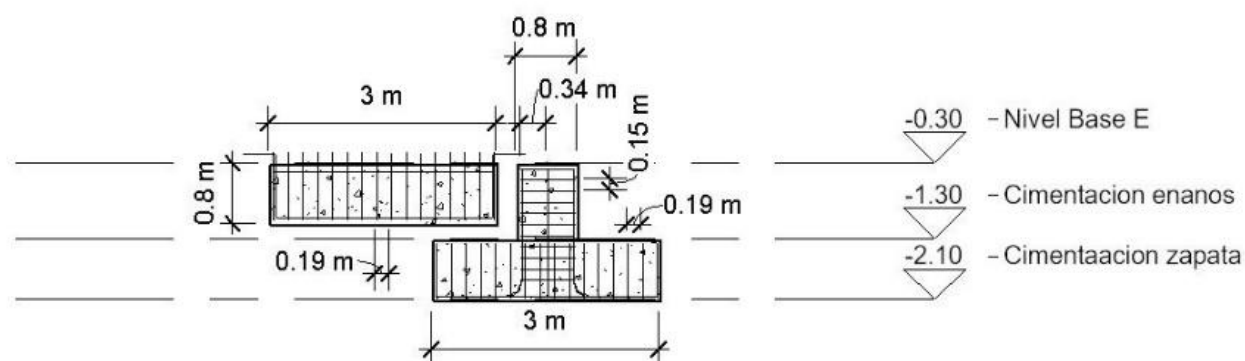
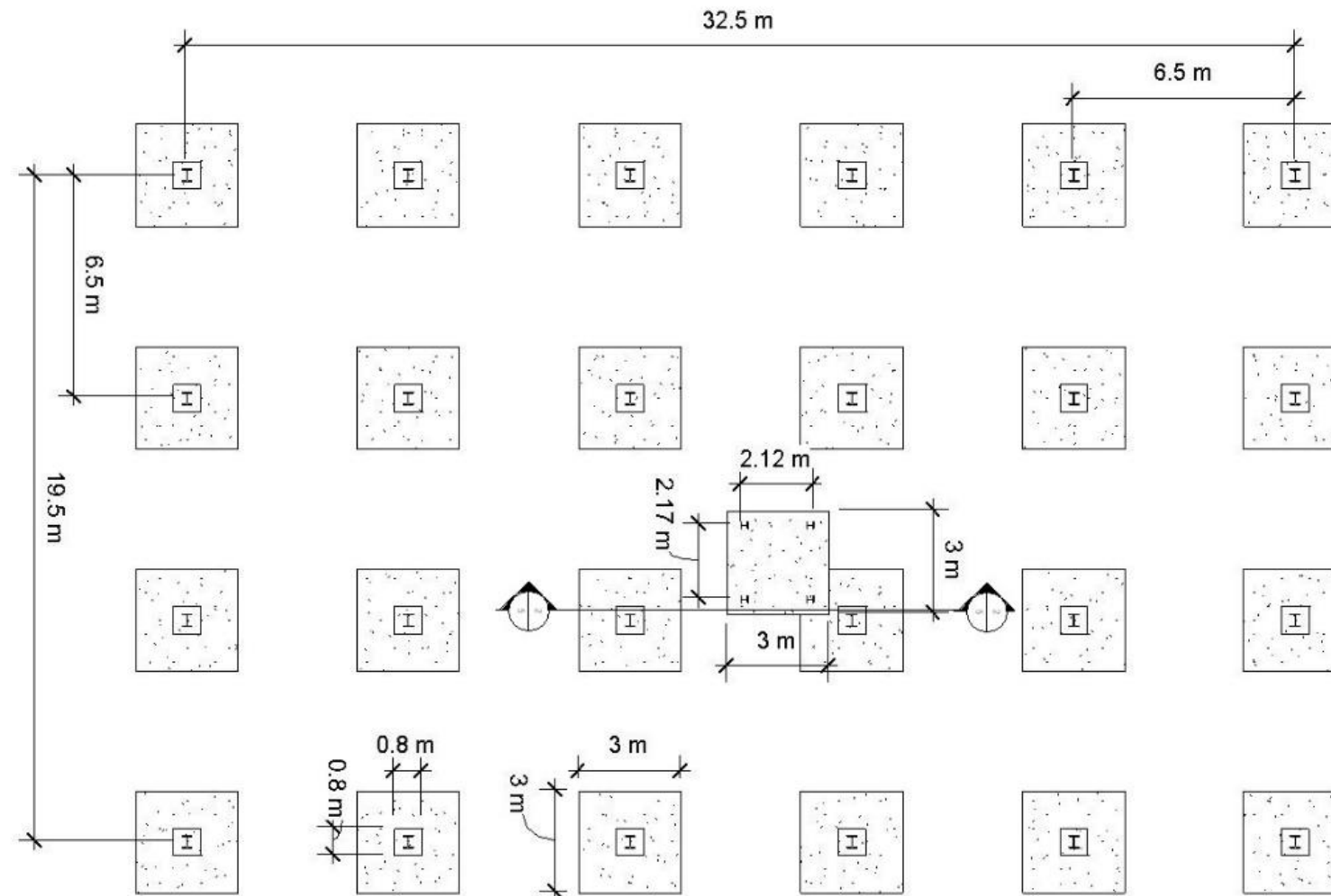
	Nombre	Firma	Organización:	
Dibujado:	Jose Vicente Pozo		Jose Vicente Pozo	
Aprobado:	Fco. Javier Gallego			
Escala:	Nombre de plano:		Fecha de edición:	Número de plano:
1:100	Alzado Sur		20 Junio 2020	3



1 Alzado Norte
4

	Nombre	Firma	Organización:	
Dibujado:	Jose Vicente Pozo		Jose Vicente Pozo	
Aprobado:	Fco. Javier Gallego			
Escala:	Nombre de plano:		Fecha de edición:	Número de plano:
1:100	Alzado Norte		20 Junio 2020	4

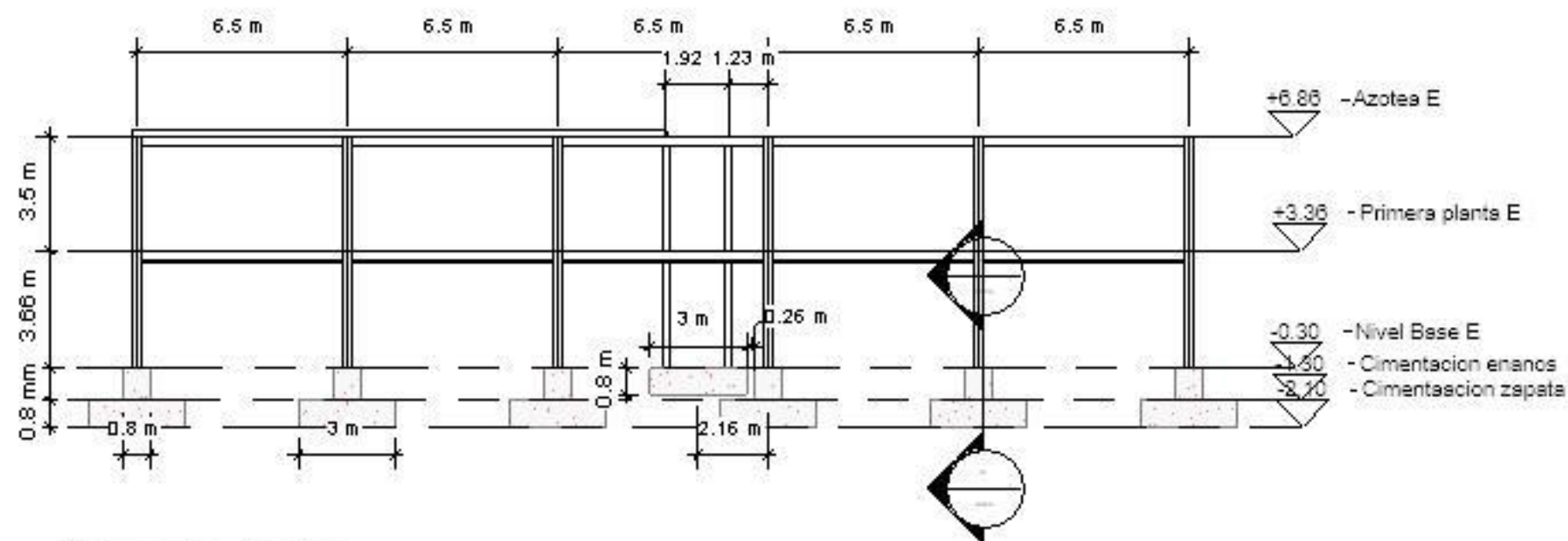
1 Cimentacion.



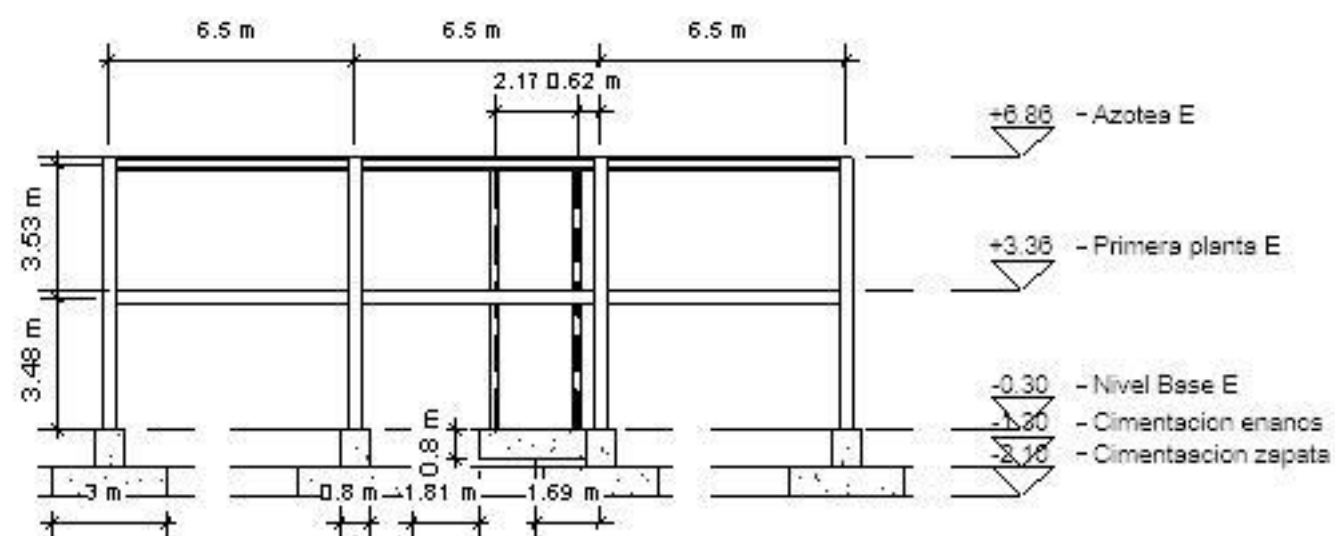
Hormigon HA-25/P/40/Ila en todos los elementos de cimentacion
Máxima relación agua/cemento 0,6.
Cantidad Máxima/mínima de cemento: 400/275 kg/m³
El acero utilizado en las armaduras es 6 B 400 S de 8 mm de diámetro.

2 Sección 1 1 : 100

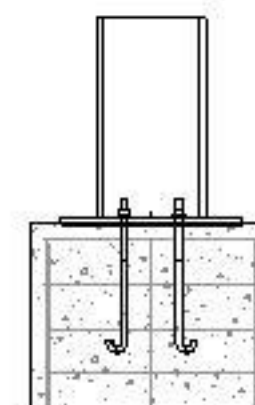
	Nombre	Firma	Organización:	
Dibujado:	Jose Vicente Pozo		Universidad de jaen	
Aprobado:	Fco. Javier Gallego			
Escala:	Nombre de plano:		Fecha de edición:	Número de plano:
1:200	Cimentacion		20 Junio 2020	5



1 Alzado Este
1 : 200



2 Alzado Sur
1 : 200

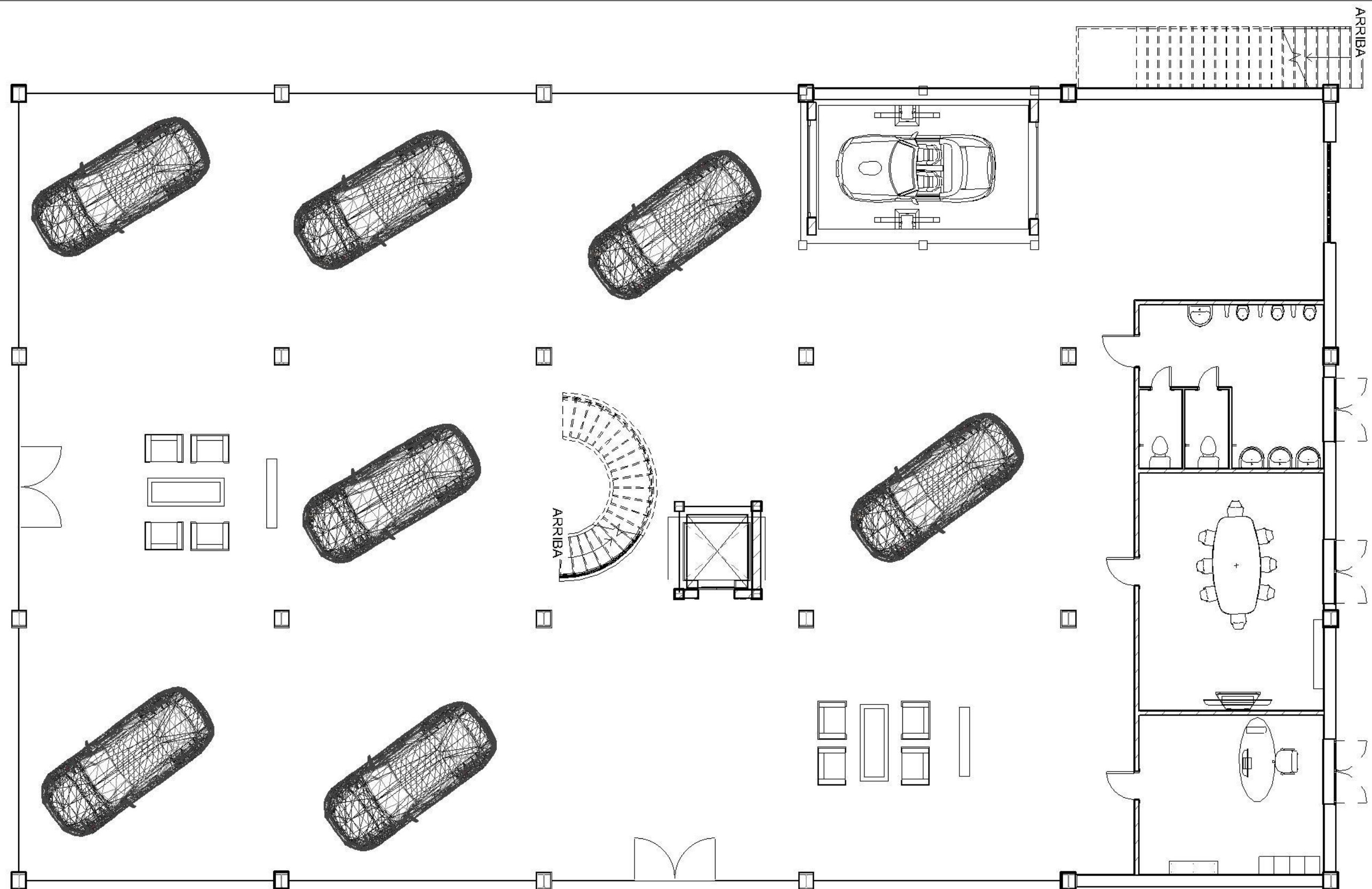


Pletina de 0.60 x 0.54 m

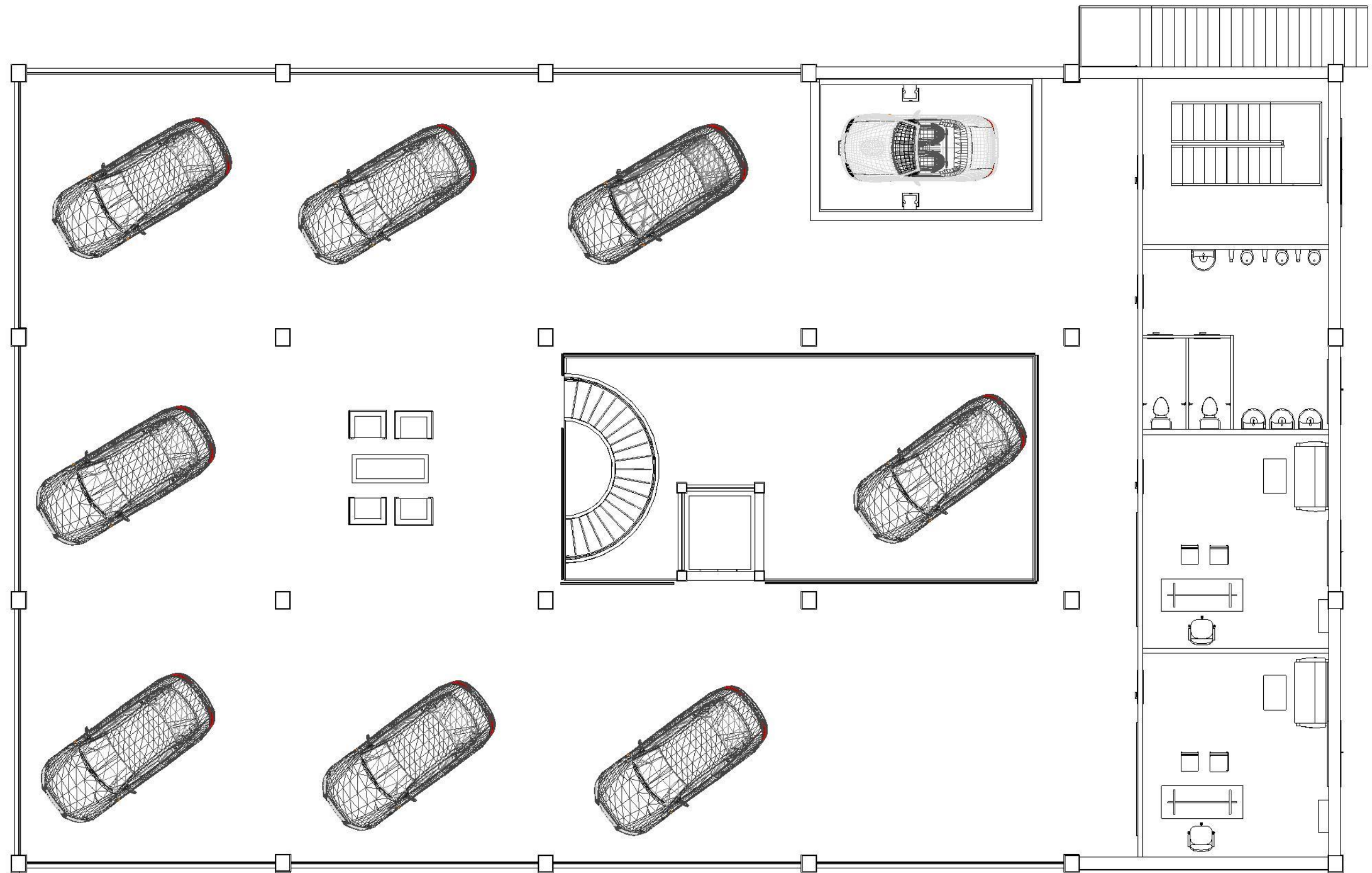
Anclajes en J aleman de 20 mm de diámetro y 0.50 m de profundidad

3 Detalle pletina anclaje 0,01 mm
1 : 25

	Nombre	Firma	Organización:	
Dibujado:	Jose Vicente Pozo		Universidad de jaen	
Aprobado:	Fco. Javier Gallego			
Escala:	Nombre de plano:	Fecha de edición:		Numero de plano:
1:200	Alzado Estructural	20 Junio 2020		6

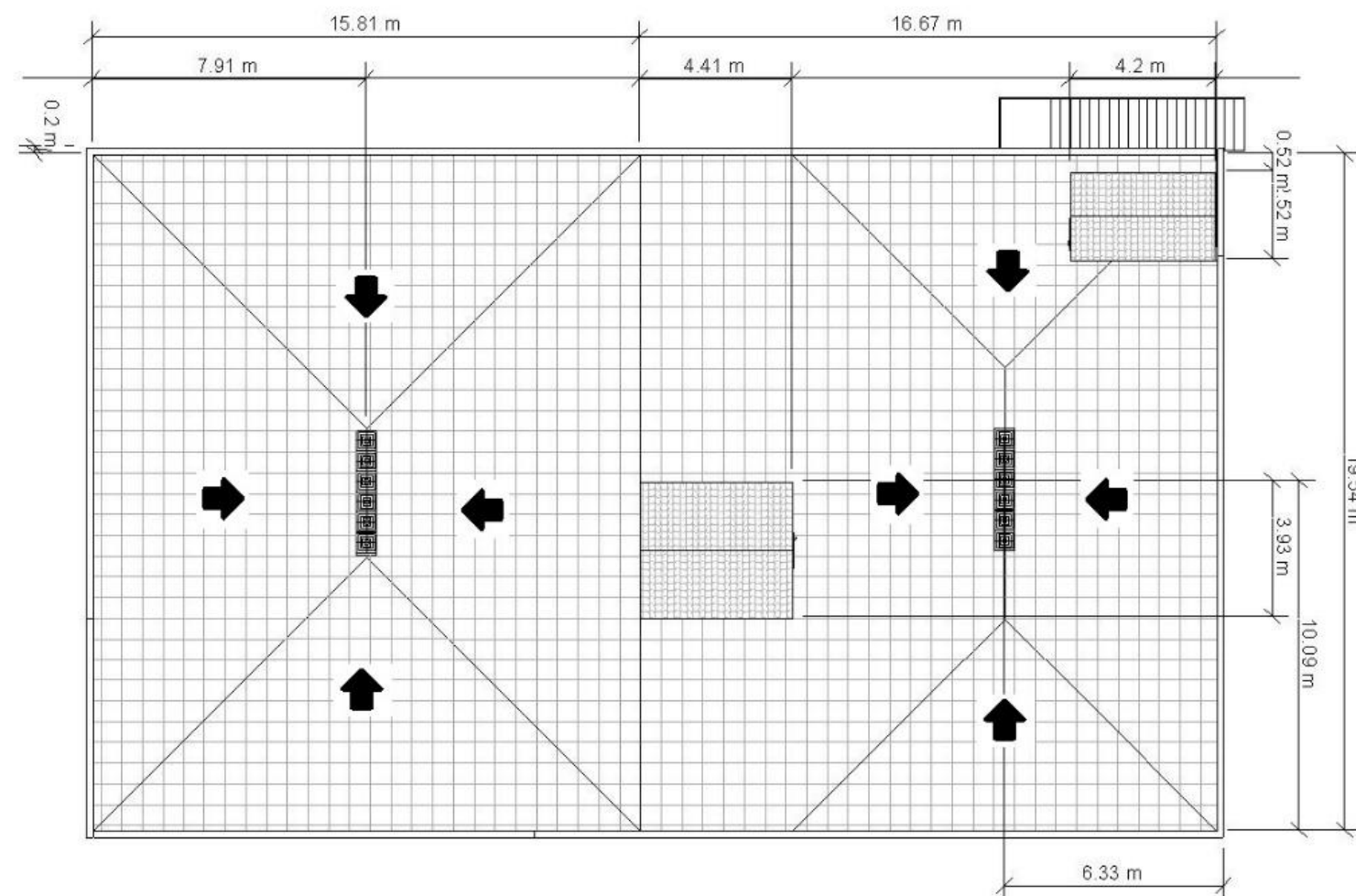


	Nombre	Firma	Organización:	
Dibujado:	Jose Vicente Pozo		Jose Vicente Pozo	
Aprobado:	Fco. Javier Gallego			
Escala:	Nombre de plano:	Fecha de edición:		Número de plano:
1:100	Distribución P. Baja	20 Junio 2020		7

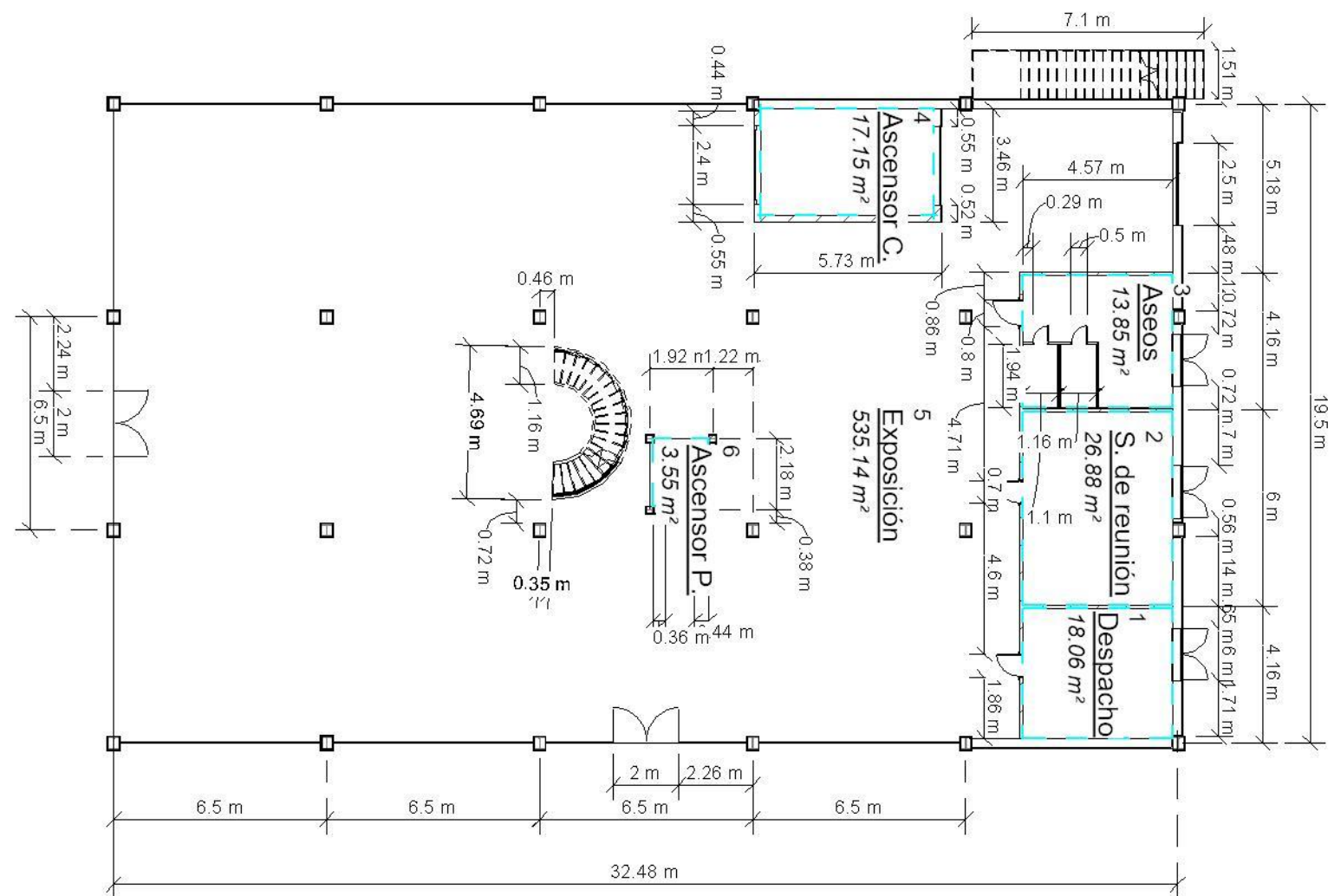


	Nombre	Firma	Organización:	
Dibujado:	Jose Vicente Pozo		Jose Vicente Pozo	
Aprobado:	Fco. Javier Gallego			
Escala:	Nombre de plano:		Fecha de edición:	Número de plano:
1:100	Distribución P. P.		20 Junio 2020	8

Cubiertas 9 1

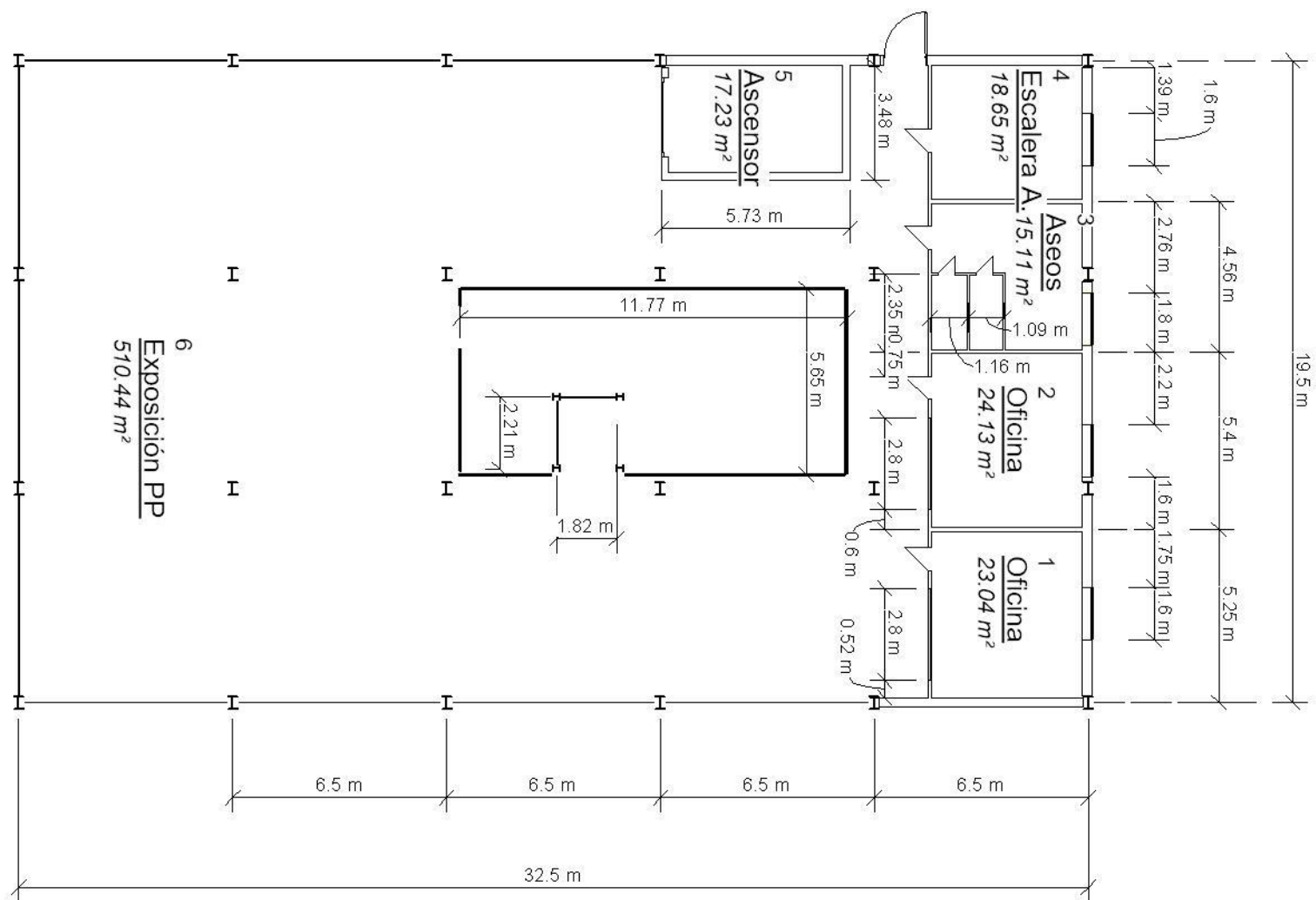


	Nombre	Firma	Organización:	
Dibujado:	Jose Vicente Pozo		Jose Vicente Pozo	
Aprobado:	Fco. Javier Gallego			
Escala:	Nombre de plano:		Fecha de edición:	Número de plano:
1:100	Cubiertas		20 Junio 2020	9



Planta Baja Cotas
1:200

	Nombre	Firma	Organización:	
Dibujado:	Jose Vicente Pozo		Jose Vicente Pozo	
Aprobado:	Fco. Javier Gallego			
Escala:	Nombre de plano:	Fecha de edición:		Número de plano:
1:200	Cotas Planta Baja	20 Junio 2020		10



Primera planta Cotas.

	Nombre	Firma	Organización:	
Dibujado:	Jose Vicente Pozo		Jose Vicente Pozo	
Aprobado:	Fco. Javier Gallego			
Escala:	Nombre de plano:	Fecha de edición:		Número de plano:
1:200	Cotas P. Planta	20 Junio 2020		12

ANEXO II. Tablas de planificacion

2.1 Tablas de planificacion arquitectonicas

Tabla de planificación. Armazones del modelo arquitectónico. Rastres de cubiertas y revestimiento de jácenas

Familia y tipo	Recuento	Material estructural	Fase de creación	Longitud de corte	Volumen
Hormigón-Viga rectangular PERSONLAIZADA: 150 x 180 mm 2	1	Yeso	Cerramientos y revestimientos PB	1.66 m	0.04 m ³
Hormigón-Viga rectangular PERSONLAIZADA: 150 x 180 mm 2	1	Yeso	Cerramientos y revestimientos PB	1.93 m	0.05 m ³
Hormigón-Viga rectangular PERSONLAIZADA: 150 x 320 mm	1	Yeso	Cerramientos y revestimientos PP	6.06 m	0.77 m ³
Hormigón-Viga rectangular PERSONLAIZADA: 150 x 320 mm	1	Yeso	Cerramientos y revestimientos PP	6.07 m	0.77 m ³
Hormigón-Viga rectangular PERSONLAIZADA: 150 x 320 mm	1	Yeso	Cerramientos y revestimientos PP	6.08 m	0.78 m ³
Hormigón-Viga rectangular PERSONLAIZADA: 150 x 320 mm	4	Yeso	Cerramientos y revestimientos PP	6.13 m	0.78 m ³
Hormigón-Viga rectangular PERSONLAIZADA: 150 x 320 mm	2	Yeso	Cerramientos y revestimientos PP	6.14 m	0.78 m ³
Hormigón-Viga rectangular PERSONLAIZADA: 150 x 320 mm	1	Yeso	Cerramientos y revestimientos PP	6.15 m	0.78 m ³
Hormigón-Viga rectangular PERSONLAIZADA: 150 x 380 mm	1	Yeso	Cerramientos y revestimientos PB	6.08 m	0.61 m ³
Hormigón-Viga rectangular PERSONLAIZADA: 150 x 380 mm	2	Yeso	Cerramientos y revestimientos PB	6.09 m	0.61 m ³
Hormigón-Viga rectangular PERSONLAIZADA: 150 x 380 mm	2	Yeso	Cerramientos y revestimientos PB	6.13 m	0.62 m ³
Hormigón-Viga rectangular PERSONLAIZADA: 150 x 380 mm	1	Yeso	Cerramientos y revestimientos PB	6.14 m	0.62 m ³
Hormigón-Viga rectangular PERSONLAIZADA: 150 x 380 mm	4	Yeso	Cerramientos y revestimientos PB	6.15 m	0.62 m ³
Hormigón-Viga rectangular PERSONLAIZADA: 250 x 250 mm hueco central	1	Yeso	Cerramientos y revestimientos PB	0.37 m	0.03 m ³
Hormigón-Viga rectangular PERSONLAIZADA: 250 x 250 mm hueco central	1	Yeso	Cerramientos y revestimientos PB	3.99 m	0.36 m ³
Hormigón-Viga rectangular PERSONLAIZADA: 250 x 250 mm hueco central	1	Yeso	Cerramientos y revestimientos PB	5.64 m	0.51 m ³
Hormigón-Viga rectangular PERSONLAIZADA: 250 x 250 mm hueco central	1	Yeso	Cerramientos y revestimientos PB	11.62 m	1.05 m ³
Hormigón-Viga rectangular PERSONLAIZADA: 250 x 250 mm hueco central	1	Yeso	Cerramientos y revestimientos PB	11.67 m	1.05 m ³
SQR - Barras cuadradas con bordes redondeados: SQR 45x45	3	Metal - Acero - 345 MPa	Cubiertas	3.97 m	0.01 m ³
SQR - Barras cuadradas con bordes redondeados: SQR 45x45	4	Metal - Acero - 345 MPa	Cubiertas	3.98 m	0.01 m ³
SQR - Barras cuadradas con bordes redondeados: SQR 45x45	4	Metal - Acero - 345 MPa	Cubiertas	4.19 m	0.01 m ³
SQR - Barras cuadradas con bordes redondeados: SQR 45x45	3	Metal - Acero - 345 MPa	Cubiertas	4.21 m	0.01 m ³

Tabla de planificación. Ventanas.

Familia y tipo	Recuento	Fase de creación	Altura	Anchura
Deflector de ventilación simple: 0610 x 0610mm		1 Cerramientos azotea	0.61 m	0.61 m
Ventana de 2 hojas (practicable + oscilobatiente): 1600 x 1600mm		7 Cerramientos y revestimientos PP	1.6 m	1.6 m
Ventana fija: 0406 x 0610mm		2 Cerramientos azotea	0.61 m	0.41 m
Ventana simple fija con cubrejuntas interior: 1800 x 2800mm ventanal oficina		2 Cerramientos y revestimientos PP	1.8 m	2.8 m

Tabla de planificación. Escaleras.

Familia y tipo	Recuento	Fase de creación	Altura de contrahuella real	Profundidad de huella real
Escalera ensamblada: Acero y vidrio - C=17.5 H=28 cm		1 Escaleras, suelos y falsos techos	0.17 m	0.28 m
Escalera moldeada in situ: Losa de hormigón CH inclinada - C=18cm H=27cm		1 Escaleras, suelos y falsos techos	0.18 m	0.27 m
Escalera ensamblada: Con montante central - C=18cm H=28cm		1 Escaleras, suelos y falsos techos	0.17 m	0.28 m

Tabla de planificación. Suelos

Familia y tipo	Recuento	Material estructural	Fase de creación	Área	Volumen
Suelo: Solera - 10 cm	1	Hormigón	Escaleras, suelos y falsos techos	1142.05 m²	114.21 m³
Suelo: Solera - 20 cm sumideros	1	Hormigón	Cubiertas	4.15 m²	0.83 m³
Suelo: Solera nivel base- 10 cm	1	Cerámica blanca	Escaleras, suelos y falsos techos	625.43 m²	62.54 m³
Suelo: Solera nivel base- 10 cm	1	Cerámica blanca	Escaleras, suelos y falsos techos	540.97 m²	54.10 m³
Suelo: Solera nivel base- 10 cm	1	Cerámica blanca	Escaleras, suelos y falsos techos	10.23 m²	1.02 m³
Suelo: suelo sustrato - 30 cm	1	Earth	Escaleras, suelos y falsos techos	129.97 m²	38.99 m³

Tabla de planificación de techos 2

Familia y tipo	Recuento	Fase de creación	Área
Techo compuesto: Falso techo 2 de placa de yeso laminado		1 Escaleras, suelos y falsos techos	543.98 m²
Techo compuesto: Falso techo 2 de placa de yeso laminado		1 Escaleras, suelos y falsos techos	612.91 m²

Tabla de planificación. Puertas

Familia y tipo	Recuento	Fase de creación	Altura	Anchura
07 garage_door_...: 07 garage_door_..	1	Cerramientos y revestimientos PB	2.1 m	2.4 m
07 garage_door_...: 07 garage_door_..	1	Cerramientos y revestimientos PP	2.1 m	2.4 m
07 garage_door_...: 07 garage_door_..	1	Cerramientos y revestimientos PB	2.1 m	2.4 m
16 Overhead_Panel_Garage_Door_Colonial_: 2.5 x 2.2	1	Cerramientos y revestimientos PB	2.2 m	2.5 m
ASSA ABLOY BE_Doorset_Emergency Exit Door_HardwareSet 3D: 1180x2110 (1320X2200)	1	Cerramientos y revestimientos PP	2.11 m	1.28 m
Puerta abatible 1: 80 x 210 cm	1	Cerramientos azotea	2 m	0.8 m
Puerta de 1 hoja: 70 x 210 cm	1	Cerramientos y revestimientos PP	2.1 m	0.7 m
Puerta de 1 hoja: 70 x 210 cm	1	Cerramientos y revestimientos PP	2.1 m	0.7 m
Puerta de 1 hoja: 70 x 210 cm	1	Cerramientos y revestimientos PP	2.1 m	0.7 m
Puerta de 1 hoja: 70 x 210 cm	1	Cerramientos y revestimientos PB	2.1 m	0.7 m
Puerta de 1 hoja: 70 x 210 cm	1	Cerramientos y revestimientos PB	2.1 m	0.7 m
Puerta de 1 hoja: 70 x 210 cm	1	Cerramientos y revestimientos PP	2.1 m	0.7 m
Puerta de 1 hoja: 80 x 210 cm	1	Cerramientos y revestimientos PB	2.1 m	0.8 m
Puerta de 1 hoja: puerta baño	1	Cerramientos y revestimientos PB	2.1 m	0.5 m
Puerta de 1 hoja: puerta baño	1	Cerramientos y revestimientos PB	2.1 m	0.5 m
Puerta de 1 hoja: puerta baño	1	Cerramientos y revestimientos PP	2.1 m	0.5 m

Puerta de 1 hoja: puerta baño	1	Cerramientos y revestimientos PP	2.1 m	0.5 m	
Puerta de cristal abatible de 2 hojas en muro cortina: Puerta de cristal abatible de 2 hojas en muro cortina	1	Cerramientos y revestimientos PB	2.1 m	2 m	
Puerta de cristal abatible de 2 hojas en muro cortina: Puerta de cristal abatible de 2 hojas en muro cortina	1	Cerramientos y revestimientos PB	2.1 m	2 m	
Puerta de entrada a la vivienda: 900 x 2100mm	1	Cerramientos azotea	2.1 m	0.9 m	

Tabla de planificación. Cubiertas

Familia y tipo	Recuento	Fase de creación	Área
Cubierta básica: Teja sobre rastreles - 22 cm	1	Cubiertas	10.96 m²
Cubierta básica: Teja sobre rastreles - 22 cm	1	Cubiertas	17.96 m²
Cubierta básica: Plana tradicional transitable - 40 cm	1	Cubiertas	295.69 m²
Cubierta básica: Plana tradicional transitable - 40 cm	1	Cubiertas	306.98 m²

Tabla de planificación. Muros

Familia y tipo	Recuento	Material estructural	Fase de creación	Área	Longitud
Muro básico: Hormigón - 30 cm	1	Hormigón, Moldeado in situ, gris	Cerramientos y revestimientos PB	5.40 m²	8.85 m
Muro básico: Hormigón - 30 cm	1	Hormigón, Moldeado in situ, gris	Cerramientos y revestimientos PB	10.01 m²	16.84 m
Muro básico: Hormigón - 30 cm	1	Hormigón, Moldeado in situ, gris	Cerramientos y revestimientos PB	17.01 m²	28.5 m
Muro básico: Hormigón - 30 cm	1	Hormigón, Moldeado in situ, gris	Cerramientos y revestimientos PB	57.47 m²	27.19 m
Muro básico: Hormigón con cimentación - 30 cm	1	Hormigón, Moldeado in situ, gris	Cerramientos y revestimientos PB	11.85 m²	14.65 m
Muro básico: Hormigón con cimentación - 30 cm	1	Hormigón, Moldeado in situ, gris	Cerramientos y revestimientos PB	79.39 m²	34.51 m
Muro básico: Hormigón con cimentación - 30 cm	1	Hormigón, Moldeado in situ, gris	Cerramientos y revestimientos PB	107.79 m²	46.99 m
Muro básico: Hormigón con enlucido - 20 cm	1	Hormigón	Cerramientos azotea	5.87 m²	3.03 m
Muro básico: Hormigón con enlucido - 20 cm	1	Hormigón	Cerramientos azotea	11.60 m²	6.24 m
Muro básico: Hormigón con enlucido - 20 cm	1	Hormigón	Cerramientos azotea	11.97 m²	6.25 m
Muro básico: Hormigón con enlucido - 20 cm	1	Hormigón	Cerramientos azotea	13.67 m²	7.25 m
Muro básico: Hormigón con enlucido - 20 cm	1	Hormigón	Cerramientos azotea	13.83 m²	7.34 m
Muro básico: Hormigón con enlucido - 20 cm	1	Hormigón	Cerramientos azotea	23.29 m²	12.49 m
Muro básico: Hormigón con enlucido - 20 cm	1	Hormigón	Cerramientos azotea	24.12 m²	12.86 m
Muro básico: Hormigón con enlucido - 20 cm	1	Hormigón	Cerramientos azotea	31.62 m²	16.72 m
Muro básico: Hormigón con enlucido - 20 cm	1	Hormigón	Cerramientos azotea	61.61 m²	32.68 m
Muro básico: Hormigón con enlucido - 30 cm	1	Hormigón	Cerramientos y revestimientos PB	15.10 m²	6.06 m
Muro básico: Hormigón con enlucido - 30 cm	1	Hormigón	Cerramientos y revestimientos PB	15.46 m²	6.06 m
Muro básico: Hormigón con enlucido - 30 cm	1	Hormigón	Cerramientos y revestimientos PP	16.54 m²	6.06 m
Muro básico: Hormigón con enlucido - 30 cm	1	Hormigón	Cerramientos y revestimientos PB	18.04 m²	6.06 m

Muro básico: Hormigón con enlucido - 30 cm	1 Hormigón	Cerramientos y revestimientos PP	19.02 m ²	6.12 m
Muro básico: Hormigón con enlucido - 30 cm	1 Hormigón	Cerramientos y revestimientos PP	19.08 m ²	6.06 m
Muro básico: Hormigón con enlucido - 30 cm	1 Hormigón	Cerramientos y revestimientos PP	19.22 m ²	6.1 m
Muro básico: Hormigón con enlucido - 30 cm	1 Hormigón	Cerramientos y revestimientos PB	20.80 m ²	6.12 m
Muro básico: Hormigón con enlucido - 30 cm	1 Hormigón	Cerramientos y revestimientos PB	20.81 m ²	6.12 m

Familia y tipo	Recuento	Material estructural	Fase de creación	Área	Longitud
Muro básico: Hormigón con enlucido - 30 cm	1	Hormigón	Cerramientos y revestimientos PB	21.37 m ²	6.12 m
Muro básico: Hormigón con enlucido - 30 cm	1	Hormigón	Cerramientos y revestimientos PP	21.82 m ²	6.12 m
Muro básico: Hormigón con enlucido - 30 cm	1	Hormigón	Cerramientos y revestimientos PP	21.87 m ²	6.12 m
Muro básico: Partición de placa de yeso laminando	1	Aislamiento - Fibra mineral	Cerramientos y revestimientos PP	4.02 m ²	2.25 m
Muro básico: Partición de placa de yeso laminando	1	Aislamiento - Fibra mineral	Cerramientos y revestimientos PB	4.52 m ²	2.32 m
Muro básico: Partición de placa de yeso laminando	1	Aislamiento - Fibra mineral	Cerramientos y revestimientos PB	5.81 m ²	2.04 m
Muro básico: Partición de placa de yeso laminando	1	Aislamiento - Fibra mineral	Cerramientos y revestimientos PB	6.01 m ²	2.04 m
Muro básico: Partición de placa de yeso laminando	1	Aislamiento - Fibra mineral	Cerramientos y revestimientos PP	6.42 m ²	2.35 m
Muro básico: Partición de placa de yeso laminando	1	Aislamiento - Fibra mineral	Cerramientos y revestimientos PP	6.71 m ²	2.35 m
Muro básico: Tabique - 12 cm	1	Ladrillo hueco	Cerramientos y revestimientos PP	10.20 m ²	4.29 m
Muro básico: Tabique - 12 cm	1	Ladrillo hueco	Cerramientos y revestimientos PP	13.07 m ²	4.78 m
Muro básico: Tabique - 12 cm	1	Ladrillo hueco	Cerramientos y revestimientos PP	13.07 m ²	4.78 m
Muro básico: Tabique - 12 cm	1	Ladrillo hueco	Cerramientos y revestimientos PB	13.07 m ²	4.78 m
Muro básico: Tabique - 12 cm	1	Ladrillo hueco	Cerramientos y revestimientos PP	13.07 m ²	4.78 m
Muro básico: Tabique - 12 cm	1	Ladrillo hueco	Cerramientos y revestimientos PB	13.17 m ²	4.78 m
Muro básico: Tabique - 12 cm	1	Ladrillo hueco	Cerramientos y revestimientos PB	13.42 m ²	4.78 m
Muro básico: Tabique - 12 cm	1	Ladrillo hueco	Cerramientos y revestimientos PP	28.75 m ²	15.21 m
Muro básico: Tabique - 12 cm	1	Ladrillo hueco	Cerramientos y revestimientos PB	36.03 m ²	14.32 m
Muro básico: Tabique - 22 cm	1	Ladrillo hueco	Cerramientos y revestimientos PP	4.05 m ²	3.29 m
Muro básico: Tabique - 22 cm	1	Ladrillo hueco	Cerramientos azotea	4.17 m ²	2.3 m
Muro básico: Tabique - 22 cm	1	Ladrillo hueco	Cerramientos y revestimientos PB	4.24 m ²	3.5 m
Muro básico: Tabique - 22 cm	1	Ladrillo hueco	Cerramientos y revestimientos PB	4.68 m ²	3.29 m
Muro básico: Tabique - 22 cm	1	Ladrillo hueco	Cerramientos azotea	5.70 m ²	2.3 m
Muro básico: Tabique - 22 cm	1	Ladrillo hueco	Cerramientos azotea	6.96 m ²	3.71 m
Muro básico: Tabique - 22 cm	1	Ladrillo hueco	Cerramientos y revestimientos PB	7.67 m ²	1.66 m
Muro básico: Tabique - 22 cm	1	Ladrillo hueco	Cerramientos azotea	8.67 m ²	3.71 m
Muro básico: Tabique - 22 cm	1	Ladrillo hueco	Cerramientos y revestimientos PP	9.32 m ²	3.52 m
Muro básico: Tabique - 22 cm	1	Ladrillo hueco	Cerramientos azotea	9.55 m ²	3.98 m
Muro básico: Tabique - 22 cm	1	Ladrillo hueco	Cerramientos azotea	9.66 m ²	4.19 m
Muro básico: Tabique - 22 cm	1	Ladrillo hueco	Cerramientos azotea	10.03 m ²	3.98 m
Muro básico: Tabique - 22 cm	1	Ladrillo hueco	Cerramientos azotea	10.56 m ²	4.19 m

Muro básico: Tabique - 22 cm

1 Ladrillo hueco

Cerramientos y revestimientos PB

12.79 m²

1.92 m

Familia y tipo	Recuento	Material estructural	Fase de creación	Área	Longitud
Muro básico: Tabique - 22 cm	1	Ladrillo hueco	Cerramientos y revestimientos PB	16.30 m ²	5.51 m
Muro básico: Tabique - 22 cm	1	Ladrillo hueco	Cerramientos y revestimientos PP	16.38 m ²	5.51 m
Muro cortina: Muro cortina - vertical 6.5 m	1		Cerramientos y revestimientos PB	5.53 m ²	1.81 m
Muro cortina: Muro cortina - vertical 6.5 m	1		Cerramientos y revestimientos PP	5.85 m ²	1.68 m
Muro cortina: Muro cortina - vertical 6.5 m	1		Cerramientos y revestimientos PB	6.20 m ²	2.13 m
Muro cortina: Muro cortina - vertical 6.5 m	1		Cerramientos y revestimientos PP	6.85 m ²	1.94 m
Muro cortina: Muro cortina - vertical 6.5 m	1		Cerramientos y revestimientos PB	17.45 m ²	6.06 m
Muro cortina: Muro cortina - vertical 6.5 m	1		Cerramientos y revestimientos PP	17.47 m ²	6.06 m
Muro cortina: Muro cortina - vertical 6.5 m	1		Cerramientos y revestimientos PB	17.51 m ²	6.06 m
Muro cortina: Muro cortina - vertical 6.5 m	1		Cerramientos y revestimientos PB	17.51 m ²	6.06 m
Muro cortina: Muro cortina - vertical 6.5 m	1		Cerramientos y revestimientos PP	17.51 m ²	6.06 m
Muro cortina: Muro cortina - vertical 6.5 m	1		Cerramientos y revestimientos PB	17.69 m ²	6.12 m
Muro cortina: Muro cortina - vertical 6.5 m	1		Cerramientos y revestimientos PB	17.69 m ²	6.12 m
Muro cortina: Muro cortina - vertical 6.5 m	1		Cerramientos y revestimientos PB	17.69 m ²	6.12 m
Muro cortina: Muro cortina - vertical 6.5 m	1		Cerramientos y revestimientos PB	17.69 m ²	6.12 m
Muro cortina: Muro cortina - vertical 6.5 m	1		Cerramientos y revestimientos PP	17.69 m ²	6.12 m
Muro cortina: Muro cortina - vertical 6.5 m	1		Cerramientos y revestimientos PP	17.69 m ²	6.12 m
Muro cortina: Muro cortina - vertical 6.5 m	1		Cerramientos y revestimientos PB	17.71 m ²	6.13 m
Muro cortina: Muro cortina - vertical 6.5 m	1		Cerramientos y revestimientos PP	17.73 m ²	6.14 m
Muro cortina: Muro cortina - vertical 6.5 m	1		Cerramientos y revestimientos PP	17.75 m ²	6.12 m
Muro cortina: Muro cortina - vertical 6.5 m	1		Cerramientos y revestimientos PP	17.75 m ²	6.12 m
Muro cortina: Muro cortina - vertical 6.5 m	1		Cerramientos y revestimientos PP	17.75 m ²	6.12 m
Muro cortina: Muro cortina - vertical 6.5 m	1		Cerramientos y revestimientos PP	17.75 m ²	6.12 m
Muro cortina: Muro cortina - vertical 6.5 m	1		Cerramientos y revestimientos PB	18.30 m ²	6.12 m
Muro cortina: Muro cortina - vertical 6.5 m	1		Cerramientos y revestimientos PP	19.39 m ²	6.06 m

2.2 Tablas de planificacion estructurales

Tabla de planificación. Cimentación estructural

Familia y tipo	Recuento	Material estructural	Fase de creación	Volumen
M_Zapata-Rectangular: 3 x 3 x 0.8m	25	Hormigón - Hormigón moldeado in situ - H-250	Cimentación	7.20 m³

Tabla de planificación. Pilares estructurales

Familia y tipo	Recuento	Material estructural	Fase de creación	Longitud
HEB - Perfiles de ala ancha - Pilar: HEB 200	4	Metal - Acero - 345 MPa	Estructura metálica	6.860
HEB - Perfiles de ala ancha - Pilar: HEB 360	24	Metal - Acero - 345 MPa	Estructura metálica	7.160
Hormigón-Cuadrado-Pilar: 800 x 800	24	Hormigón - Hormigón moldeado in situ - H-250	Cimentación	1.000

Tabla de planificación. Suelos estructurales

Familia y tipo	Recuento	Material estructural	Fase de creación	Volumen	Área
Suelo: Hormigón 160 mm con chapa grecada 50 mm	1	Hormigón - Hormigón moldeado in situ - H-250	Forjados	3.75 m³	19 m²
Suelo: Hormigón 160 mm con chapa grecada 50 mm	1	Hormigón - Hormigón moldeado in situ - H-250	Forjados	25.63 m³	128 m²
Suelo: Hormigón 160 mm con chapa grecada 50 mm	1	Hormigón - Hormigón moldeado in situ - H-250	Forjados	8.00 m³	40 m²
Suelo: Hormigón 160 mm con chapa grecada 50 mm	1	Hormigón - Hormigón moldeado in situ - H-250	Forjados	23.91 m³	120 m²
Suelo: Hormigón 160 mm con chapa grecada 50 mm	1	Hormigón - Hormigón moldeado in situ - H-250	Forjados	65.76 m³	329 m²
Suelo: Hormigón 160 mm con chapa grecada 50 mm	1	Hormigón - Hormigón moldeado in situ - H-250	Forjados	52.36 m³	262 m²
Suelo: Hormigón 160 mm con chapa grecada 50 mm	1	Hormigón - Hormigón moldeado in situ - H-250	Forjados	26.52 m³	133 m²
Suelo: Hormigón 160 mm con chapa grecada 50 mm	1	Hormigón - Hormigón moldeado in situ - H-250	Forjados	8.42 m³	42 m²
Suelo: Hormigón 160 mm con chapa grecada 50 mm	1	Hormigón - Hormigón moldeado in situ - H-250	Forjados	16.17 m³	81 m²
Suelo: Hormigón 160 mm con chapa grecada 50 mm	1	Hormigón - Hormigón moldeado in situ - H-250	Forjados	1.01 m³	5 m²

Suelo: Hormigón 160 mm con chapa grecada 50 mm	1 Hormigón - Hormigón moldeado in situ - H-250	Forjados	4.22 m³	21 m²
Suelo: Hormigón con armadura, polietileno y grava	1 Hormigón - Hormigón moldeado in situ - H-250	Forjados	544.90 m³	1816 m²
Suelo: Hormigón 160 mm con chapa grecada 50 mm	1 Hormigón - Hormigón moldeado in situ - H-250	Forjados	0.67 m³	3 m²
Suelo: Hormigón 160 mm con chapa grecada 50 mm	1 Hormigón - Hormigón moldeado in situ - H-250	Forjados	0.25 m³	1 m²
Suelo: Hormigón 160 mm con chapa grecada 50 mm	1 Hormigón - Hormigón moldeado in situ - H-250	Forjados	0.57 m³	3 m²

Tabla de planificación. Armazones estructurales

Familia y tipo	Recuento	Material estructural	Fase de creación	Longitud
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 180	2	Metal - Acero - 345 MPa	Estructura metálica	0.240
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 180	2	Metal - Acero - 345 MPa	Estructura metálica	1.228
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 180	2	Acero, 45-345	Estructura metálica	1.920
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 180	2	Acero, 45-345	Estructura metálica	2.166
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 180	2	Metal - Acero - 345 MPa	Estructura metálica	2.416
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 180	2	Acero, 45-345	Estructura metálica	2.787
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 180	2	Metal - Acero - 345 MPa	Estructura metálica	3.352
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 180	1	Metal - Acero - 345 MPa	Estructura metálica	3.844
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 180	85	Metal - Acero - 345 MPa	Estructura metálica	6.500
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 300	1	Acero, 45-345	Estructura metálica	0,270
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 300	1	Acero, 45-345	Estructura metálica	0.365
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 300	16		Estructura metálica	0.440
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 300	10	Acero, 45-345	Estructura metálica	0.450
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 300	1	Acero, 45-345	Estructura metálica	0.505
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 300	1	Acero, 45-345	Estructura metálica	0.515
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 300	3	Metal - Acero - 345 MPa	Estructura metálica	0.700
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 300	6	Metal - Acero - 345 MPa	Estructura metálica	0.900
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 300	1	Metal - Acero - 345 MPa	Estructura metálica	1.920
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 300	1	Acero, 45-345	Estructura metálica	2.785
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 300	1	Acero, 45-345	Estructura metálica	2.786
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 300	1	Acero, 45-345	Estructura metálica	3.715
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 300	2	Acero, 45-345	Estructura metálica	5.600
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 300	1	Acero, 45-345	Estructura metálica	5.995
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 300	1	Acero, 45-345	Estructura metálica	6.060
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 300	10	Acero, 45-345	Estructura metálica	6.320
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 300	106		Estructura metálica	6.500
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 360	37	Acero, 45-345	Estructura metálica	6.500

Tabla de planificación. Armaduras

Familia y tipo	Recuento	Material	Fase de creación	Longitud total de barra
Barra de armadura: 6 B 400 S		72 Acero	cimentación	2520 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		48 Acero	cimentación	2530 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		72 Acero	cimentación	2540 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	5920 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	14000 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	16200 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	18200 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	22080 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	24650 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		24 Acero	cimentación	30690 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	32640 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		2 Acero	cimentación	46720 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Cimentación	64650 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		23 Acero	Cimentación	68960 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		24 Acero	Cimentación	69280 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Cimentación	80550 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Cimentación	87200 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	91690 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	103700 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	107440 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	109480 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	201390 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	203700 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	207000 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	208780 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	397530 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	403590 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	596960 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	614460 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	642600 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	645320 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	646080 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	659750 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	1279430 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	1295400 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	1650000 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	1659840 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	9036810 mm
Barra de armadura: 6 B 400 S		1 Acero	Forjados	9092140 mm

ANEXO III. Renderizados



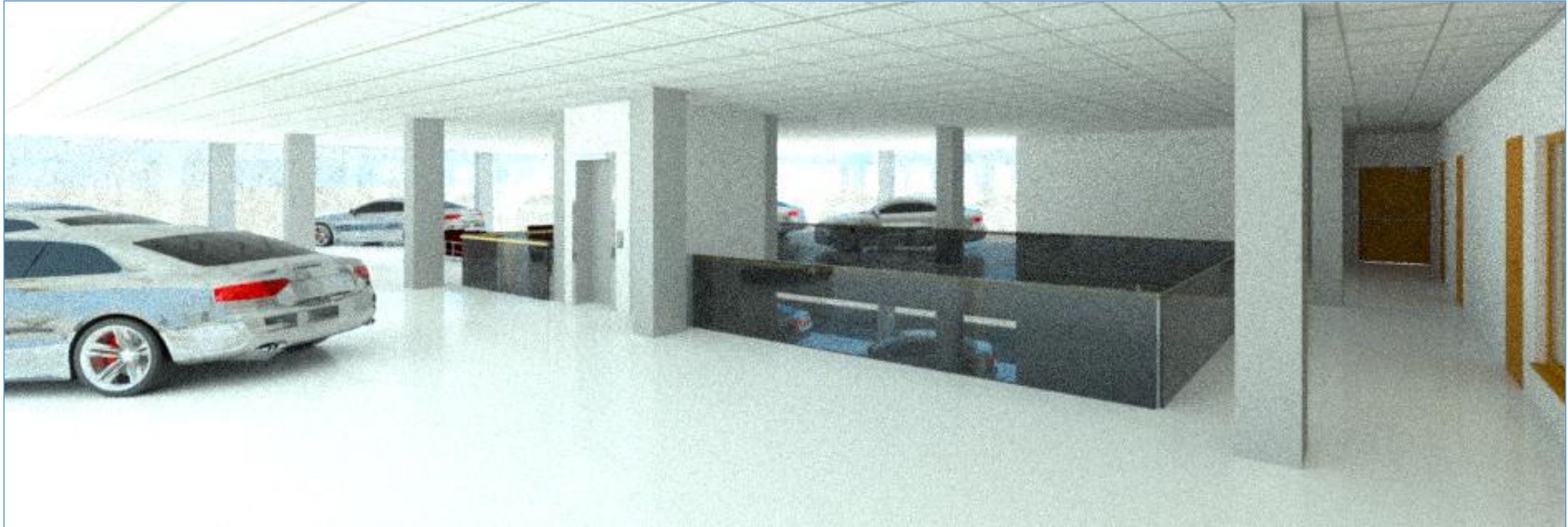
Renderizado 1. Vista orientada al Sur desde la oficina 1 de la primera planta.



Renderizado 2. Vista orientada al Sur desde la oficina 2 de la primera planta.



Renderizado 3. Vista orientada al Noroeste desde la exposición de la primera planta.



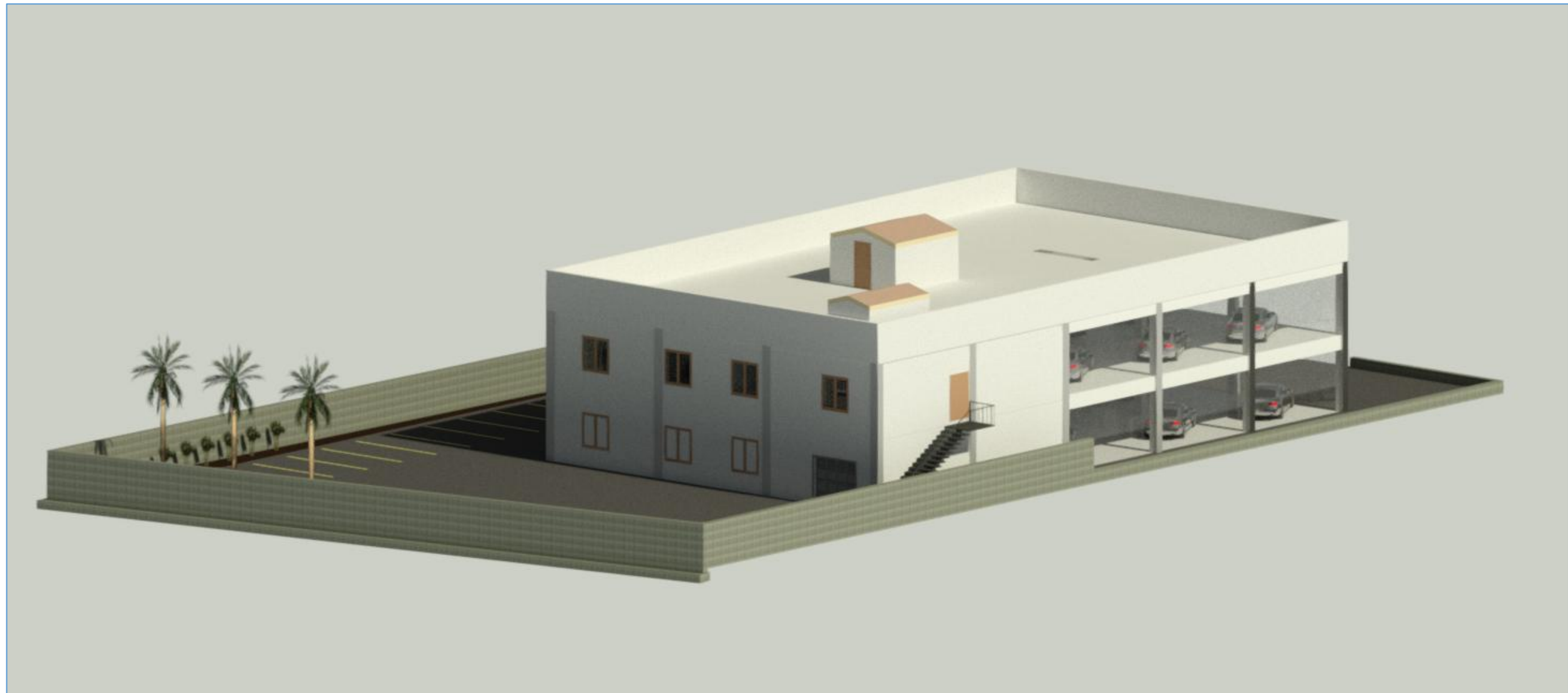
Renderizado 4. Vista orientada al Oeste desde del pasillo situado en la primera planta.



Renderizado 5. Vista orientada Oeste desde la entrada Este de la planta baja.



Renderizado 6. Vista 3D de la fachada Sur y Este l derecha de la edificación.



Renderizado 7. Vista 3D de la fachada Norte y Oeste.