



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

MODELADO BIM DEL PABELLÓN E INSTALACIONES DEPORTIVAS DEL CAMPUS LAS LAGUNILLAS

Alumno: Sergio Romero Jiménez

Tutor: Prof. D. Francisco Javier Gallego Álvarez

Dpto: Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

Septiembre, 2017



Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

Don Francisco Javier Gallego Álvarez , tutor del Trabajo Fin de Grado titulado:
“Modelado BIM del pabellón e instalaciones deportivas del Campus Las Lagunillas”,
que presenta Sergio Romero Jiménez, autoriza su presentación para defensa y
evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, Septiembre de 2017

El alumno:

El tutor:

Sergio Romero Jiménez

Francisco Javier Gallego Álvarez

ÍNDICE

1.	RESUMEN	4
2.	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	5
3.	ANTECEDENTES	6
3.1.	El BIM	7
3.1.1.	Concepto BIM	7
3.1.2.	Dimensiones	8
3.1.3.	Aplicación de sistemas BIM	9
3.1.4.	Niveles de madurez y desarrollo	11
3.1.5.	Beneficios y limitaciones del BIM	14
3.1.6.	Software BIM	15
3.1.7.	El BIM en España	19
3.2.	Ingeniería inversa mediante BIM	20
3.3.	Descripción del ámbito de estudio	21
3.3.1.	Localización	21
3.3.2.	Descripción general	23
4.	MATERIAL Y MÉTODOS	24
4.1.	Software y hardware utilizado	24
4.2.	Metodología desarrollada	24
4.3.	Material obtenido y mediciones in situ	25
5.	MODELO ESTRUCTURAL	28
5.1.	Armazón estructural del pabellón	28
5.2.	Armazón estructural de los edificios exteriores	44
5.3.	Suelo estructural	45
5.4.	Modelo analítico	48
5.5.	Dimensionamiento estructural	49
6.	MODELO ARQUITECTÓNICO	50
6.1.	Suelo	52
6.2.	Cerramientos	55
6.3.	Muros cortina	58
6.4.	Puertas	62

6.5. Ventanas.....	69
6.6. Escaleras	72
6.7. Rampas.....	76
6.8. Cubierta	79
6.9. Gradas	82
6.10. Materiales	84
6.11. Componentes	87
6.12. Etiquetado de habitaciones.....	90
6.13. Modelo arquitectónico instalaciones exteriores	91
7. TOPOGRAFÍA Y EMPLAZAMIENTO.....	94
8. OBTENCIÓN DE IMÁGENES	100
9. GESTIÓN Y MANTENIMIENTO CON BIM	103
9.1. Obtención de planos	103
9.2. Documentos entregables del proyecto.....	108
9.3. Utilidades de BIM para el proyecto	109
10. CONCLUSIONES	111
BIBLIOGRAFÍA.....	113
ÍNDICE DE IMÁGENES	115
ANEXOS.....	119
ANEXO I: COMPARACIÓN REAL CON MODELADO	120
ANEXO II: PLANOS	128

1. RESUMEN

BIM (Building Information Modeling) es un modelo o método de trabajo en colaboración para la gestión de proyectos de edificación u obra civil a través de una maqueta digital en 3D. Ésta metodología permite construir de una manera más eficiente reduciendo costes, tiempos de producción y diseño y permite a varios agentes como proyectistas o arquitectos trabajar de forma colaborativa.

En este Trabajo Fin de Grado se pretende, por un lado, modelar una maqueta digital del pabellón e instalaciones deportivas del Campus Las Lagunillas mediante el uso de la metodología BIM y, por otro lado, analizar las posibilidades del modelo desarrollado para su gestión y mantenimiento.

Se comienza realizando una búsqueda de información sobre la metodología BIM explicando sus funciones características, sus ventajas, limitaciones, el software BIM utilizado y la implantación del BIM en nuestro país. Después se explica el método que ha seguido este trabajo, la ingeniería inversa y se informa de la localización y descripción del emplazamiento a modelar.

Se continúa con un modelado de las instalaciones objetivo de este Trabajo Fin de Grado basándose en planos suministrados por el Servicio competente de la Universidad y en mediciones y capturas realizadas in situ. Este modelado consta de un modelo estructural realizado sin tener en cuenta ningún cálculo estructural y de un modelo arquitectónico donde se dota a la estructura de cerramientos, suelos, cubierta, etc. Seguidamente se incluye el terreno y se indica la ubicación de las instalaciones para así conseguir un modelado completo.

Cuando se ha terminado el modelado, se pasa a obtener planos de las instalaciones y renderizados con una buena calidad donde se puede observar tanto el interior como el exterior de las instalaciones con alto detalle.

Para finalizar se redactan las utilidades que tiene BIM para poder gestionar y mantener el pabellón y unas conclusiones sobre el proyecto realizado con el uso de la metodología BIM.

2. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El BIM es una nueva metodología basada en el modelado del edificio con el objetivo de centrar toda la información en ese mismo modelo el cual puede modificarse por diferentes agentes en un mismo tiempo, lo que conlleva un ahorro de tiempo y costes. Esta metodología alcanza más allá de la fase de diseño abarcando toda la vida útil del edificio en el cual se puede extraer información ambiental y de mantenimiento.

En este Trabajo Final de Grado se realiza el modelado del pabellón e instalaciones deportivas del Campus Las Lagunillas mediante el uso de la metodología BIM, una metodología relativamente novedosa y revolucionaria en la construcción que cada vez está siendo más demandada.

El interés de realizar este Trabajo de Fin de Grado con BIM se debe a que en los últimos años, esta metodología ha avanzado con fuerza en países como Reino Unido o EEUU, los cuales la han implementado en sus proyectos, hasta el punto de que a partir de 2018 será obligatoria la implementación de esta metodología en los proyectos públicos de Europa.

Desde el punto de vista académico también está teniendo gran valor al implementarse en universidades españolas, incluida la Universidad de Jaén, donde a día de hoy ya se imparten asignaturas con software BIM.

Con respecto a las salidas profesionales, el conocimiento de software BIM está siendo cada vez más demandado por empresas pioneras en utilizar esta metodología, lo que significa que se amplía más el abanico de oportunidades para un arquitecto o ingeniero especializado en este sector.

El software BIM elegido es Autodesk Revit en la versión 2016, considerado el software más potente de esta metodología.

En este Trabajo Fin de Grado se van a realizar dos objetivos, primero, el modelado, con metodología BIM, del pabellón y las instalaciones deportivas del Campus Las Lagunillas, partiendo de la documentación existente y de las mediciones y observaciones necesarias realizadas en el lugar y, segundo, analizar

las posibilidades del modelo desarrollado para la gestión y el mantenimiento de dichas instalaciones durante su vida. No se han realizado instalaciones de ningún tipo ya que no se ha podido obtener información.

Para realizar la gestión y mantenimiento se ha creado un apartado donde se explican las utilidades que tiene el software BIM para que se pueda realizar ese mantenimiento, utilidades como estudios de insolación, costes, duración de los materiales, obtención de planos o entrega de documentos del proyecto.

Actualmente existe la posibilidad profesional de generar el modelo BIM de unas edificaciones existentes y generadas mediante la metodología clásica con el uso de CAD, a fin de ser usado para las necesidades que se produzcan a lo largo de su vida útil. Ese es uno de los objetivos principales de este TFG.

Primeramente se explica en qué consiste esta metodología con sus beneficios e inconvenientes respecto a otras y se comenta la situación actual del BIM en España. A continuación se realiza un modelo estructural de las instalaciones y se complementa con un modelo arquitectónico para finalizar con la implantación del terreno utilizando el software anteriormente mencionado.

Se termina con la obtención de planos e imágenes de las instalaciones y unas conclusiones que concluyen con este Trabajo Fin de Grado realizado únicamente con la metodología BIM.

3. ANTECEDENTES

En este apartado se explica la metodología en la que se basa este Trabajo Fin de Grado, el BIM, comenzando con una breve explicación de en qué consiste y adentrándose un poco más explicando sus dimensiones, aplicaciones y niveles de detalle. También se comentan sus ventajas y limitaciones y por último se habla de la utilización de BIM en nuestro país.

3.1. El BIM

3.1.1. Concepto BIM

El concepto de BIM (Building Information Modeling) define un proceso que integra desde la etapa de diseño hasta la gestión de toda la información a lo largo del ciclo de vida de un edificio. Abarca desde la primera línea que trazan los proyectistas, pasando por las estructuras, las instalaciones y la construcción, hasta la información de los proveedores. Consiste en un solo modelo de datos que contiene toda la información de un edificio, independientemente de su escala, e involucra a todos los profesionales que participan en él [1].

El objetivo de BIM es obtener una mayor calidad en el proyecto y la construcción, junto con un ahorro significativo en los tiempos, optimización de los gastos y ahorro de costos. Además, brinda la posibilidad de realizar las modificaciones que se requieran posteriormente.

En BIM se integra, desde el inicio, el modelado en 3D del proyecto junto con el diseño de la estructura y las instalaciones; involucra tanto al proyecto de arquitectura o ingeniería como a los activos físicos de las empresas. Un cambio en cualquier parte del modelo se traduce en un cambio en todas las partes relacionadas, ya que toda la información se almacena en un solo lugar. Esta característica lo transforma en una herramienta de gran utilidad a la hora de mantener los activos físicos actualizados [1].

En la figura 1 se muestra la ventaja que tiene BIM al poder realizar trabajo colaborativo y todos los campos que se pueden desarrollar con esta metodología.

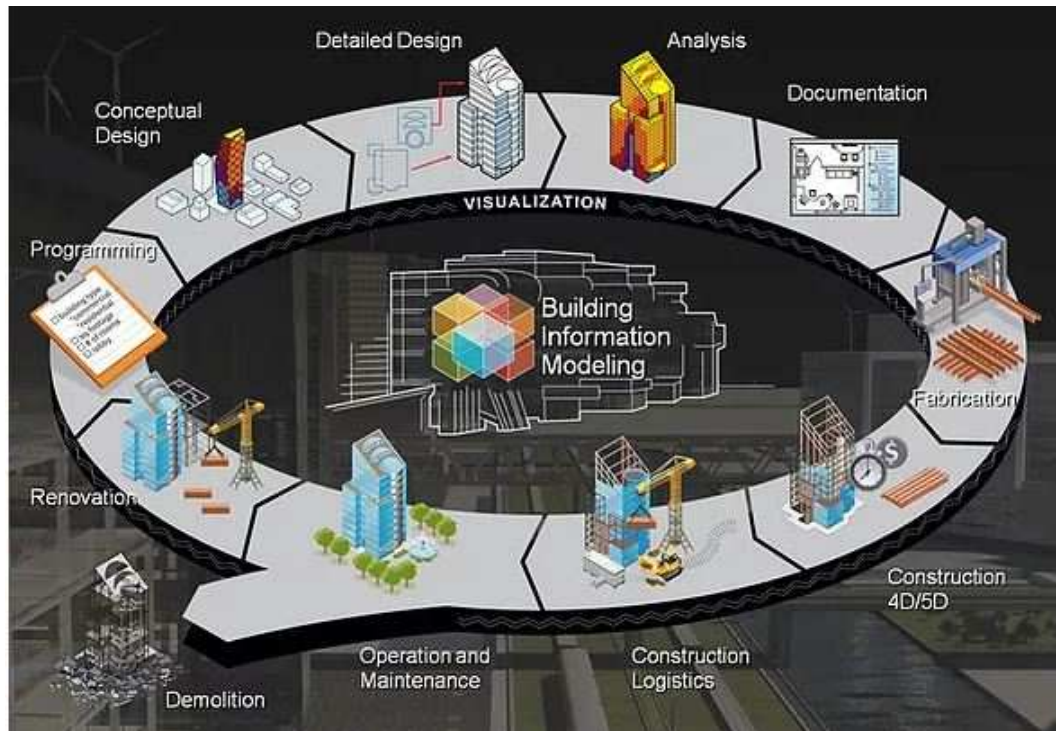


Figura 1. Trabajo colaborativo del BIM [7].

3.1.2. Dimensiones

Esta metodología BIM está formada por varias dimensiones, concretamente 7, aunque algunos textos indican la posibilidad de hasta llegar a nueve en un futuro. Las dimensiones son cualidades donde cada una aporta un valor nuevo [2].

- **3D. Modelado:** Esta dimension se trata de igual forma que en otras metodologías, con la diferencia de que a partir de un modelado tridimensional se puede extraer información en dos dimensiones.
- **4D. Tiempos:** Añadiendo el parámetro tiempo se pueden realizar simulaciones incluyendo la fase en la que se encuentra el modelo, ya sea de construcción o de demolición.
- **5D. Costes:** Cada elemento del modelo lleva asociado un coste. Con lo cual se pueden realizar estimaciones y presupuestos detallados del modelo.
- **6D. Sostenibilidad:** Está dotado de aspecto como duración de los materiales y uso energético.

- **7D. Gestión del ciclo de vida:** La metodología BIM abarca toda la vida útil de un proyecto. El mantenimiento es un aspecto indispensable que muchas veces se olvida al considerarse que el proyecto finaliza con la ejecución.

Se muestra en la figura 2 un esquema de las siete dimensiones que proporciona el uso del BIM.

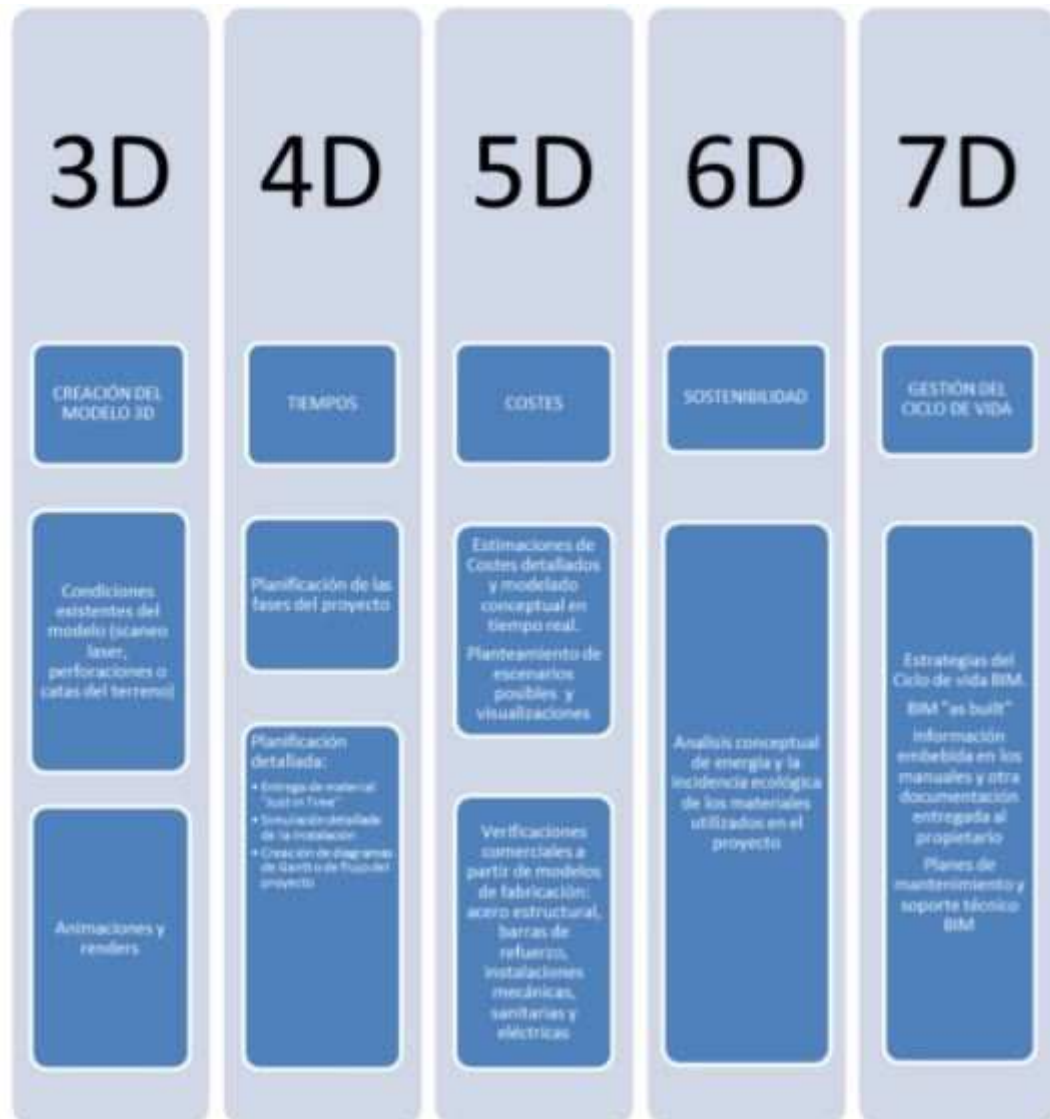


Figura 2. Dimensiones BIM [2].

3.1.3. Aplicación de sistemas BIM

Realizando un esquema para hacer más sencillo su entendimiento, este es el proceso, en forma resumida, que se lleva a cabo en un proyecto BIM [3].

- **Diseño general:** Normalmente dado por los arquitectos donde ellos representan que es lo que quieren. Este diseño general está asistido por ingenieros explicando la viabilidad o no de la estructura. Con este primer paso, tenemos el primer conjunto de archivos en 3D.
- **Diseño en detalle:** Es llevado a cabo por los ingenieros, donde se diseñan todos los elementos, se realizan diseños en 2D y se entregan a los técnicos CAD para su reproducción en 3D dentro del archivo grande. En este proceso suele haber cambios del diseño general por razones estructurales o económicas.
- **Agrupación de archivos en 3D:** Esto consiste en que los técnicos CAD (o BIM), agrupan todos los archivos producidos por los distintos equipos en uno solo para su chequeo en busca de puntos de conflicto.
- **Búsqueda de puntos de conflicto:** Este proceso es básico y primordial en la etapa de diseño. Una vez esos archivos han sido agrupados suele haber reuniones de coordinación donde se estudia el detalle y se comprueba que no haya ningún punto donde existan fallos en diseño y espacio evitando problemas a la hora de la construcción. BIM permite la anotación de esos puntos en tiempo real, lo que permite crear secciones de los puntos de conflicto, enviar esas secciones a los ingenieros o arquitectos a cargo de esas zonas y crear una comunicación interna rápida y sencilla por medio de archivo en 3D.
- **Actualización del archivo:** Una vez esos conflictos han sido resueltos, se actualiza el archivo estando listo para su entrega al cliente para su análisis y evaluación.
- **Coordinación con contratistas y subcontratistas:** Las subcontratistas tienen su forma de trabajar a la hora de la construcción y suele haber puntos donde haya que realizar cambio en post de un proceso constructivo más eficaz y seguro.
- **Actualización del archivo:** Este archivo se actualiza tras los cambios en coordinación con las subcontratistas y está listo para ser entregado al cliente.
- **Entrega de planos y modelos:** Tras este punto, el diseño está cerrado y se producen todos los planos y modelos listos para la construcción.

3.1.4. Niveles de madurez y desarrollo

Los niveles de madurez que tiene la metodología BIM han sido discutidos por diferentes autores. El modelo desarrollado por Mervyn Richards y Mark Bew (BewRichards BIM Maturity Model) es el modelo más utilizado en la industria y adoptado por el Reino Unido [4].

Este modelo es un esquema (Figura 3) para ilustrar los niveles de madurez y adaptación de BIM. Los cuatro niveles, adecuadamente numerados del 0 al 3, requieren una exigencia mayor conforme su avanza de nivel.

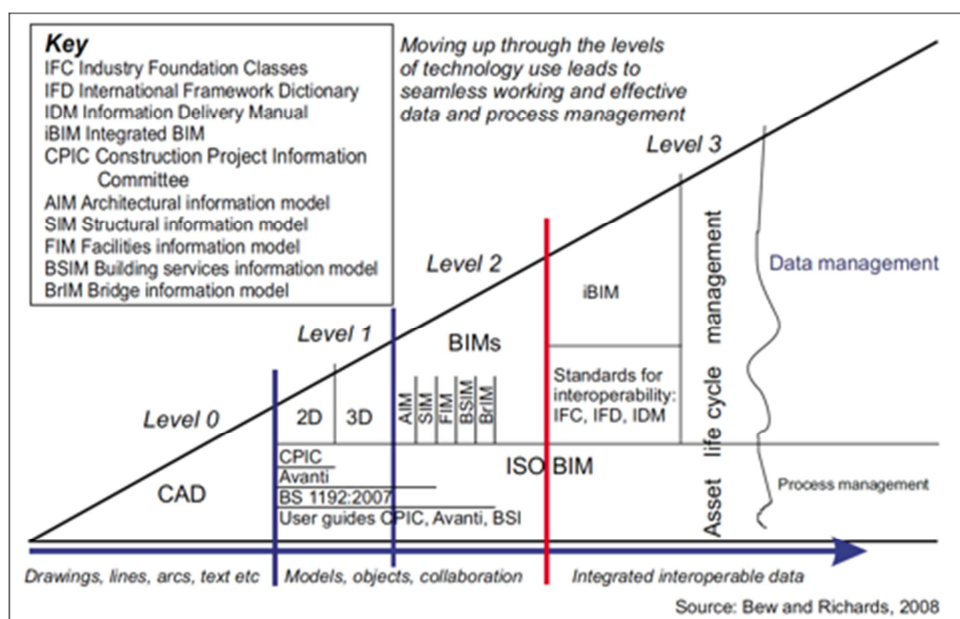


Figura 3. Modelo de madurez BIM [4].

Los cuatro niveles que aparecen en el diagrama son [4]:

- **Nivel 0:** Describe un procedimiento en el cual se sigue utilizando el CAD, ya como sustituto de los planos tradicionales en papel.
- **Nivel 1:** Comienza con la introducción de prácticas para la gestión de la producción, la distribución y la calidad de la información de la construcción, incluyendo los generados por sistemas CAD, usando un proceso normalizado para la colaboración.
- **Nivel 2:** Supone la gestión con herramientas BIM de entornos 3D de las distintas disciplinas del proyecto y los datos asociados.

- **Nivel 3:** Supone la integración de los datos en servicios web que permitan la colaboración y la interoperabilidad. Es el nivel más avanzado por el momento.

Como se puede apreciar en la figura 3, a partir del nivel 3 es necesaria la creación de un modelo 3D BIM. A continuación se explican los conceptos de Nivel de detalle (Level of Detail) y Nivel de desarrollo (Level of Development).

El Nivel de desarrollo viene definido por las siglas LOD (Level of development). Se define como el nivel de desarrollo o madurez de la información que posee un elemento del modelo, y éste es la parte de un componente, sistema constructivo o montaje del edificio [2].

El uso de las siglas LOD puede dar a confusión con el Nivel de detalle (Level of Detail) ya que éste contiene las mismas siglas.

Intentando concretar en ambas definiciones y buscando entender sus diferencias, se puede decir que el nivel de detalle representa la cantidad de información que se aporta y el nivel de desarrollo la calidad de la información. Los niveles de detalle están relacionados con la fase de desarrollo de proyecto en la que nos encontramos mientras que los niveles de desarrollo están orientados a mostrar la información que cada fase o dimensión BIM requiere [2].

La Asociación Americana de Arquitectos, en su documento G202 de 2013, ampliación del documento E202 del año 2008, define cinco tipos de niveles de desarrollo [2]:

- **LOD 100 (Simbólico):** El nivel básico. Representa simbólicamente un objeto que puede estar a escala o no. Se pueden determinar costes en función de la longitud, área o volumen.
- **LOD 200 (Conceptual):** Nivel donde el elemento comienza a definirse gráficamente especificando forma y tamaño. Es el primer nivel donde se puede incluir información no gráfica como puede ser el coste real, el peso o el fabricante.

- **LOD 300 (Genérico):** En este nivel se definen ya gráficamente la forma y el tamaño preciso del elemento además de quedar detallado geométricamente, también se especifica su posición y orientación.
- **LOD 400 (Específico):** El elemento contiene las dimensiones exactas y está suficientemente modelado para poder identificar perfectamente sus materiales y componentes. Además contiene información de fabricación específica para el proyecto, puesta en obra/montaje e instalación.
- **LOD 500 (Construcción):** El elemento constructivo está definido geométricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación. También se indica la posibilidad de incluir información no gráfica vinculada al elemento [2].

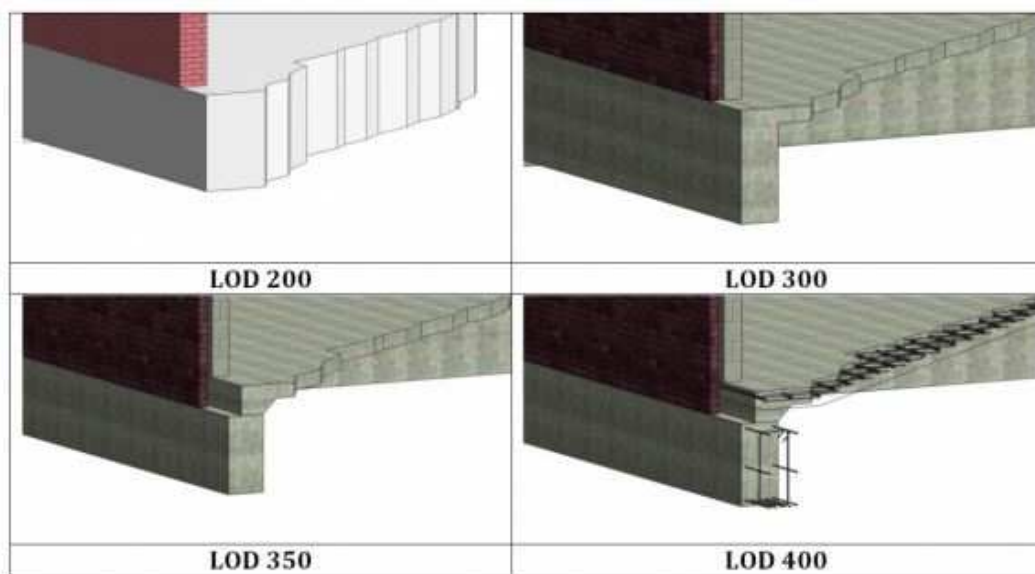


Figura 4. Niveles de desarrollo (LOD) [2].

En este TFG se ha llegado al nivel de desarrollo 300 ya que no se ha colocado armado en el hormigón.

3.1.5. Beneficios y limitaciones del BIM

En los anteriores apartados se ha explicado en qué consiste el BIM con algunas de las ventajas que éste proporciona. En este apartado se resumirán esas ventajas y también se hablará de las limitaciones que tiene utilizar esta metodología. La referencia tomada para resumir los beneficios y limitaciones es [5]:

- **Visión tridimensional:** El modelado de un edificio permite su visión desde todos los ángulos.
- **Corrección de errores:** En CAD se encuentra la problemática de la incoherencia entre los planos en la fase de construcción. Con el modelado se pueden corregir problemas desde su fase de creación.
- **Trabajo colaborativo:** Es la mayor ventaja que proporciona esta metodología en la que varios sectores pueden trabajar en un mismo modelo.
- **Componentes:** Esta metodología cuenta con componentes de distintas propiedades y características los cuales se pueden reconfigurar dependiendo de los requisitos de cada ocasión.
- **Gestión de modificaciones:** Otro gran beneficio es el de poder modificar y actualizar un modelo por diferentes profesionales que estén trabajando con él, incluso crear anotaciones. Estas actualizaciones de la modificación se realizan casi a tiempo real.

Por otro lado, esta nueva tecnología también cuenta con algunas limitaciones o desventajas que se explican a continuación:

- **Coste del hardware y software:** Cada empresa que utiliza un software de dibujo CAD está asumiendo una serie de gastos debidos a la compra, actualización de las licencias y mantenimiento para tener una ventaja en el mercado. Los paquetes de software BIM son más caros que los de CAD además de obtener un mejor hardware que pueda soportar los requerimientos del software BIM.
- **Coste de la formación:** A parte de tener gastos en el hardware y software hay que realizar un gasto más en la formación de personal en esta tecnología.

- **Transición dibujo-modelo:** La transición desde el CAD tradicional al BIM da lugar a un incremento del nivel de responsabilidad del diseñador para asegurar que todos los componentes del sistema se coordinan con los demás profesionales del diseño y que los errores se reduzcan al mínimo.
- **Compatibilidad entre software:** Uno de los mayores problemas de las empresas que adoptan BIM de forma temprana es la compatibilidad entre productos. Cada desarrollador de software hace algo diferente con sus programas.

3.1.6. Software BIM

Existen diversos software que se dedican a la metodología BIM, algunos específicos de arquitectura, otros de estructura, otros de instalaciones eléctricas y otros que contienen todas esas especialidades separadas en módulos. Algunos de los software más utilizados son los siguientes:

- ArchiCAD: Primer software BIM. Desarrollado por la empresa Graphisoft.
- AllPlan: Desarrollado por la empresa AllPLAN del grupo Nemetschek.
- Vectorworks: También del grupo Nemetschek.
- Microstation: Desarrollado por la empresa Bentley Systems.
- Revit: Desarrollado por la empresa Autodesk.

El software utilizado en este Trabajo Fin de Grado es **Autodesk Revit** en su versión 2016 ya que ofrece una versión para el estudiante con la que se puede trabajar libremente durante un periodo de tiempo concreto. A continuación se explica detalladamente en qué consiste Revit.

Se dice que Revit significa "Revise it" or "Revise Instantly", de un verbo en inglés que significa hacer cambios o revisiones al proyecto; "revise it": cámbielo, actualízelo, haciendo referencia a que todas las vistas en Revit se actualizan con cualquier cambio en cualquier vista [6].

Revit tiene una pantalla de trabajo (Figura 5) bastante fácil de manejar con diferentes aplicaciones que a continuación se explican brevemente.

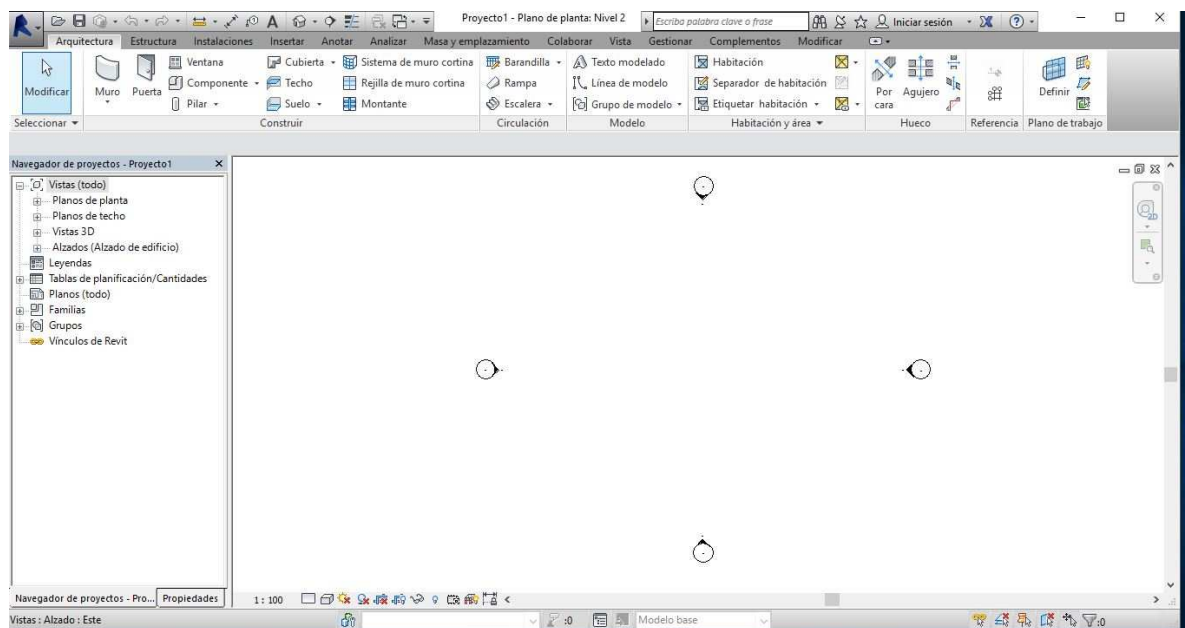


Figura 5. Pantalla de trabajo Revit.

En la esquina izquierda superior, con un icono de una R, se encuentra el menú en el cual se puede abrir un nuevo proyecto, guardar el existente, exportar datos o incluso imprimir.

A la derecha de este menú se coloca la barra de herramientas de acceso rápido. Este menú es modificable y se pueden añadir o quitar acciones como guardar, medir, abrir un proyecto, insertar cotas o acceder a la vista 3D.

Más a la derecha se encuentra un texto informativo donde se muestra el nombre del proyecto y la vista con la que se está trabajando actualmente.

En la esquina superior derecha, más a la izquierda del icono de minimizar se encuentran unas opciones creadas por Autodesk 360 con la que se pueden subir documentos a la nube. Se necesita estar registrado en esta aplicación.

Debajo de estas opciones se encuentran todas las fichas, divididas por disciplinas como Arquitectura, Estructura, Masa y emplazamiento etc.

La ventana de la izquierda central es el Navegador de proyectos, donde, aumentando opción en el icono “+” se abre un desplegable con todos los niveles creados, planos de planta y techo, planos creados, familias y tablas de planificación creadas. En la pestaña de abajo a la derecha del navegador de proyectos se

encuentra la ventana Propiedades donde se pueden ver las propiedades de cada componente insertado en el proyecto y modificarse. Estas dos ventanas son unas de las más importantes.

Toda la parte central es la ventana de dibujo donde se observará el progreso del proyecto.

En la parte de abajo se encuentran opciones bastante utilizadas como la escala, el nivel de detalle, la escala o opciones para ocultar o aislar componentes.

En la esquina superior derecha de la ventana de dibujo se encuentran las opciones de movimiento dentro del modelado como rotación o zoom.

En la figura 6 se muestra la pantalla de inicio del software.



Figura 6. Inicio del software Revit.

Es el software BIM más utilizado en todo el mundo. En comparación a otros software BIM que existen en el mercado Revit obtiene los mejores resultados en cuanto a sus posibilidades de diseño, desempeño, rapidez y trabajabilidad. Se van a detallar las razones mas importantes que harán entender por qué las principales marcas se están volcando a Revit desde hace una década [7]:

- **Flujo de Trabajo:** Esto significa que posee óptima compatibilidad con una amplia gama de programas líderes en el mercado tales como AutoCAD, 3DsMax, Civil 3D Robot, Naviswork, etc que benefician a todo el ciclo de

diseño del proyecto. Esto le brinda a Revit un máximo de rendimiento ya que no se generan errores de importación o exportación lo cual ahorra muchísimo tiempo.

- **Ciclo del proyecto:** La herramienta permite trabajar con el proyecto desde las etapas mas tempranas y tomar importantes decisiones de diseño cuando es mas simple y económico hacerlo. Luego nos permite crear la documentación de construcción desde sus planos, fachadas y cortes, hasta cómputos métricos o detalles constructivos, para finalmente imprimir los planos de obra.
- **Asociatividad bidireccional:** A diferencia del resto de los software BIM, Revit proporciona una asociación bidireccional entre su modelo y sus módulos. Podrá modificar el diseño directamente desde cualquier gráfico, incluso desde las tablas de cómputos.
- **Materiales físicos:** Autodesk Revit cuenta con una amplia biblioteca de materiales arquitectónicos, los cuales poseen propiedades físicas (térmicas, acústicas y mecánicas). También es posible saber la temperatura de los diferentes ambientes, dependiendo de la orientación del edificio en diferentes horas del día.
- **Tablas de cómputos y presupuestos:** Como Revit trabaja con información, cada uno de los elementos del proyecto tiene datos relacionados. Basta con pedirle al programa qué necesitamos saber sobre muros, puertas, ventanas, pisos, etc y se generará una tabla de cómputos con todos los elementos que cumplen esas condiciones.
- **Renderizado:** Una de las novedades mas importantes de Revit es la incorporación de V-Ray como motor de Render, lo mejor para los que buscan realismo y buena calidad de Figura.

3.1.7. El BIM en España

La utilización del BIM en España ha ido aumentando cada año en empresas pioneras cuyo objetivo es tener la última tecnología para obtener ventajas y ser más competitivas.

Esta metodología no es obligatoria en Europa, sin embargo el Parlamento Europeo emitió una directiva en 2014 por la cual instaba a los 28 países miembro de la Unión a implementar la metodología BIM en todos aquellos proyectos constructivos de financiación pública. A partir de esta directiva, España se ha centrado más en este tema y en agosto de 2015 el Ministerio de Fomento creaba la “Comisión BIM” la cual establece una hoja de ruta que convertirá el uso de BIM en obligatorio para toda licitación pública en dos fases: 17 de diciembre de 2018 en el caso de Licitaciones Públicas de Edificación, ampliándose el 26 de julio de 2019 para Licitaciones Públicas de Infraestructuras [8].

La noticia de la creación de la “Comisión BIM” se puede leer en un artículo de prensa online en la web del Ministerio de Fomento [9], donde esta noticia tiene el siguiente título: *“El Ministerio de Fomento constituye la Comisión para la implantación de la metodología BIM”*.

Esta Comisión BIM tiene su propia página web [10] y está compuesta por diferentes agentes y organizadores pertenecientes tanto al sector público como privado.

Los objetivos de la Comisión BIM para la implantación del BIM en España son [10]:

- Impulsar el mandato que acelere los objetivos de implantación.
- Definir la estrategia de implantación: plan de acción y hoja de ruta.
- Fortalecer la capacidad del sector público en la aplicación BIM.
- Fomentar la interoperabilidad entre herramientas como gabinete del libre acceso a la tecnología.

Esta comisión cuenta con un Comité Técnico y cinco grupos de trabajo, cada cual con un objetivo [10].

- GT1 – Estrategia.
- GT2 – Personas.
- GT3 – Procesos.
- GT4 – Tecnología.
- GT5 – Internacional.

La composición de los Grupos de Trabajo es abierta, pudiendo incorporarse a cada uno de los grupos todas las organizaciones o personas que consideren que pueden aportar a las temáticas definidas en cada uno de ellos [10].



Figura 7. Organismos e Instituciones [10].

3.2. Ingeniería inversa mediante BIM

La ingeniería inversa es un proceso donde se obtiene un diseño o información de un producto el cual ya ha sido construido o fabricado e incluso se puede obtener el proceso de fabricación. Uno de los principales objetivos de este Trabajo Fin de Grado es ese, realizar el proceso de ingeniería inversa con el pabellón e instalaciones de la Universidad de Jaén.

La mayoría de construcciones comienzan en la fase de diseño para su posterior construcción. En este caso, y utilizando BIM, se ha realizado el proceso contrario, se han modelado unas instalaciones que ya están construidas con el objetivo de aplicar las ventajas que ofrece BIM para su gestión y reducir tiempos.

Con el modelado en ingeniería inversa de estas instalaciones pueden realizarse cambios como insertar nuevas puertas o ventanas y observar previamente cual será su resultado. Otra ventaja es que se pueden generar presupuestos directamente antes de consultar a proveedores. También se pueden realizar estudios en el modelado para observar cómo se va a comportar la estructura e incluso los materiales.

En conclusión, realizar ingeniería inversa con un software BIM es más resultante ya que tiene ventajas en la fase de post-construcción que no se podrían tener de un proyecto realizado con otra metodología.

3.3. Descripción del ámbito de estudio

En este apartado se comienza a ubicar el emplazamiento objetivo de este TFG y a explicar de forma general las salas que forman el pabellón y las instalaciones con una breve descripción de su función.

3.3.1. Localización

La edificación de estas instalaciones y pabellón se encuentra en la localidad de Jaén, concretamente en la carretera Madrid, 6, 23009 Jaén.

- Latitud Norte 37° 47' 17.545" y Longitud Oeste 3° 46' 51.752".
- Clase: Urbano.
- Uso principal: Deportivo.
- Superficie construida: 29.774 m²
- Año construcción: 2002

PARCELA CATASTRAL



Parcela construida sin división horizontal

Localización	CR MADRID 6 JAEN (JAÉN)
Superficie gráfica	35.961 m ²

CONSTRUCCIÓN

Uso principal	Escalera	Planta	Puerta	Superficie m ²	Tipo Reforma	Fecha Reforma
ENSEÑANZA	1	00	01	5.962		
APARCAMIENTO	1	00	04	5.140		
DEPORTIVO	1	00	02	4.909		
DEPORTIVO	1	00	03	13.733		

Figura 8. Información catastral del emplazamiento.

Siendo su referencia catrastal [1528414VG3812N](#).



Figura 9. Ubicación de las instalaciones (Google Maps).

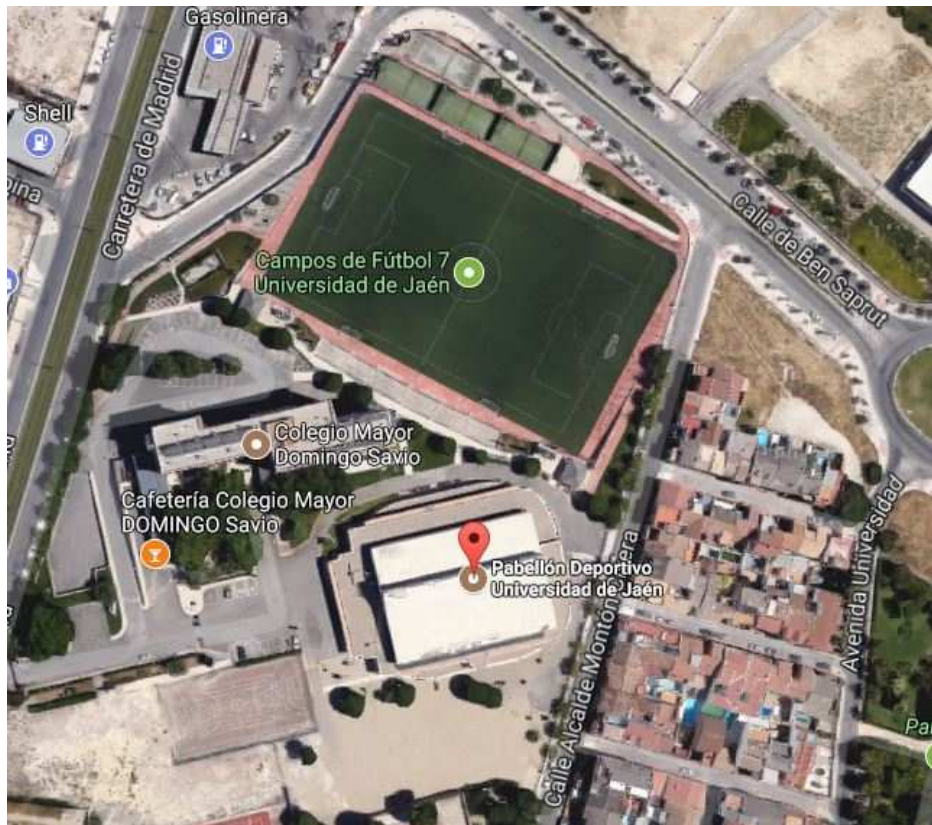


Figura 10. Emplazamiento de las instalaciones (Google Maps).

3.3.2. Descripción general

Como es una instalación ya construida, cumple con todos los requisitos y normativa de la construcción.

El emplazamiento cuenta con un pabellón polideportivo que está formado, en la planta baja, por una pista multideportiva de 50 x 30 m para practicar deportes en grupo como fútbol sala, baloncesto, voleibol, balonmano etc, con sus respectivas porterías, redes y canastas. También tiene una sala de musculación de 17 x 8 m, otra de spinning de las mismas dimensiones, dos salas de 10 x 11 m para realizar clases en grupo, trece habitaciones de diferentes dimensiones dedicadas a almacenaje de utensilios deportivos y cuatro baños con duchas colectivas. En la primera planta se encuentran las oficinas del Servicio de Deportes de la Universidad de Jaén (SAFYD), una sala de 10 x 6 m para realizar actividades colectivas, cuatro baños para los espectadores y los trabajadores de la oficina y una pista de Squash en la entreplanta.

En las instalaciones exteriores se halla un campo de rugby/fútbol de 100 x 64 m, dos edificios que albergan tres baños con duchas cada uno en la planta baja, y un baño para los espectadores en la planta superior. Además cuenta con tres pistas de pádel y una tenis de 20 x 10 m cada una.

En el **Anexo II: Planos** aparecen todas las habitaciones existentes etiquetadas con el área de cada una.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Software y hardware utilizado

Como se ha dicho anteriormente, el software BIM elegido para realizar este TFG ha sido **Autodesk Revit 2016**. La elección de este programa se debe a que se ha podido conseguir una licencia de estudiante donde se puede utilizar el software sin ninguna limitación. A parte de este motivo, su elección también se debe a su fácil manejo de la interfaz, su multitud de ventajas expuestas en apartados anteriores y a que el alumno ya tenía conocimiento previo de nociones básicas sobre la utilización de este software.

El hardware utilizado para la realización de este modelado tiene las siguientes características:

- Ordenador portátil
- Edición de Windows: Windows 10 Pro
- Procesador: Intel® Core™ i7-471MQ CPU @ 2.30GHz
- Memoria instalada (RAM): 8,00 GB
- Tipo de sistema: Sistema operativo de 64 bits, procesador x64

4.2. Metodología desarrollada

Los pasos a seguir para el desarrollo de este Trabajo Fin de Grado se desarrollan brevemente a continuación:

- 1) Obtención de planos por el Servicio de Obras y Servicio de Mantenimiento y Vigilancia de las instalaciones.
- 2) Toma de datos e imágenes in situ de las instalaciones y pabellón para completar las medidas no observadas en los planos anteriores.
- 3) Búsqueda de información sobre el uso del BIM.
- 4) Desarrollo del modelado de las instalaciones.
 - a. Realización del modelo estructural y analítico.
 - b. Realización del modelo arquitectónico.
 - c. Realización del modelo y georreferenciado.
- 5) Obtención de planos y renderizados a partir del modelo.

4.3. Material obtenido y mediciones in situ

Al tratarse de unas instalaciones y edificios ya construidos, se ha tenido que recoger material previamente antes de comenzar a realizar el modelado de tales instalaciones.

Los planos han sido facilitados por el Servicio de Obras y el Servicio de Mantenimiento y Vigilancia de las Instalaciones (Unidad Técnica) de la Universidad de Jaén, dependiente funcionalmente del Vicerrectorado competente en Infraestructuras.

No se pudo disponer de ningún documento en papel del proyecto, los planos que se consiguieron son los mostrados en las figuras 11, 12, 13 y 14.

En primer lugar, se obtuvieron unos planos en formato CAD (DWG) de la planta baja y de la primera planta del pabellón, dos planos cortantes por ambos ejes, horizontal y vertical, donde se podían apreciar las alturas de las diferentes plantas y cubierta y un plano en planta en el cual se veía todo el terreno donde se situaba el pabellón y el campo de fútbol.

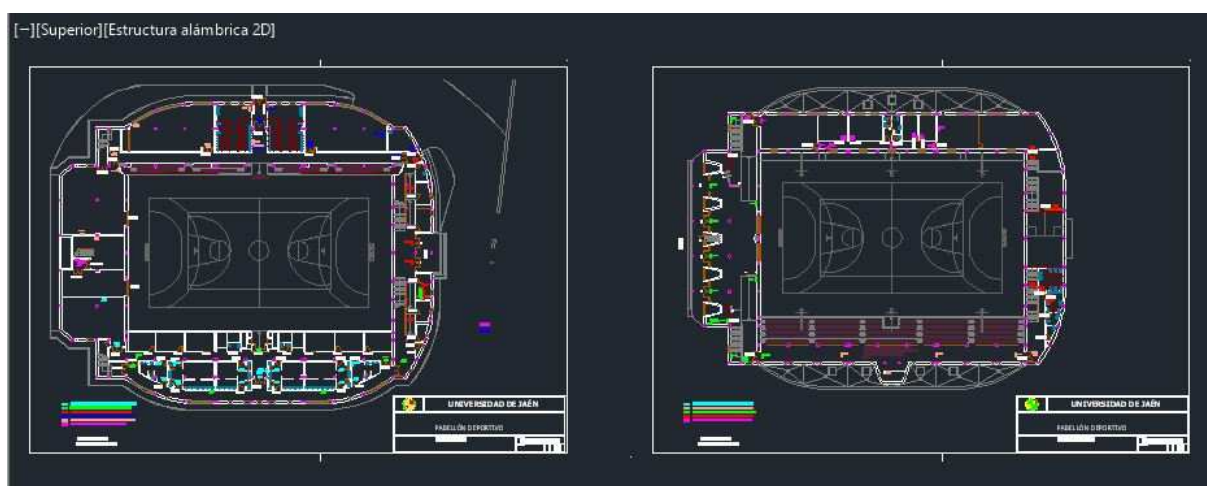


Figura 11. Planos de planta baja y primera planta.

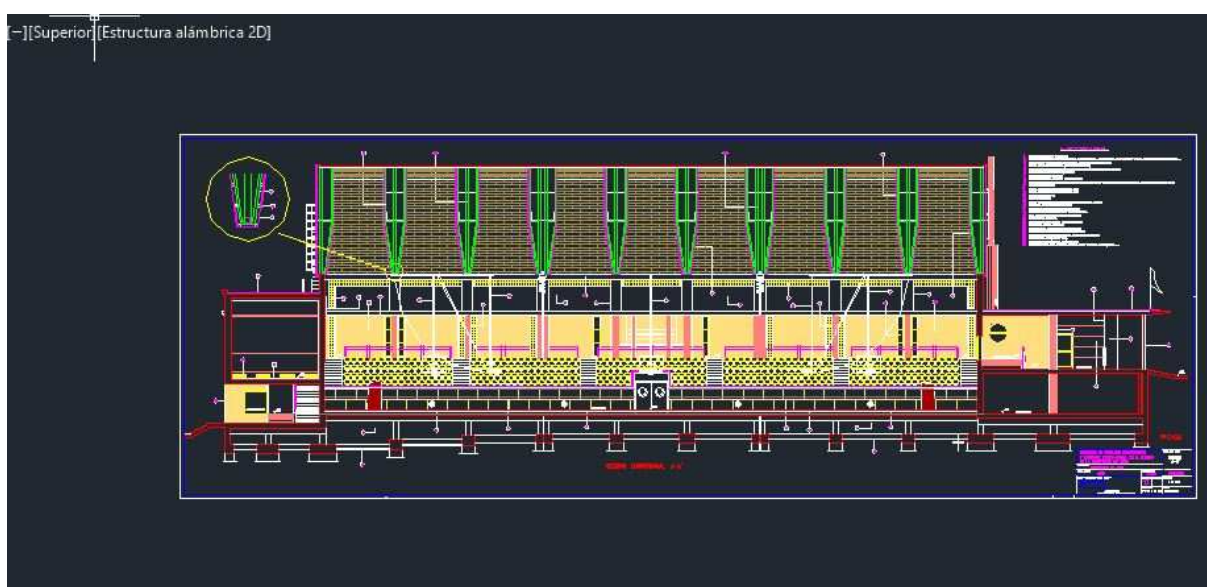


Figura 12. Corte transversal. Alzado del pabellón.

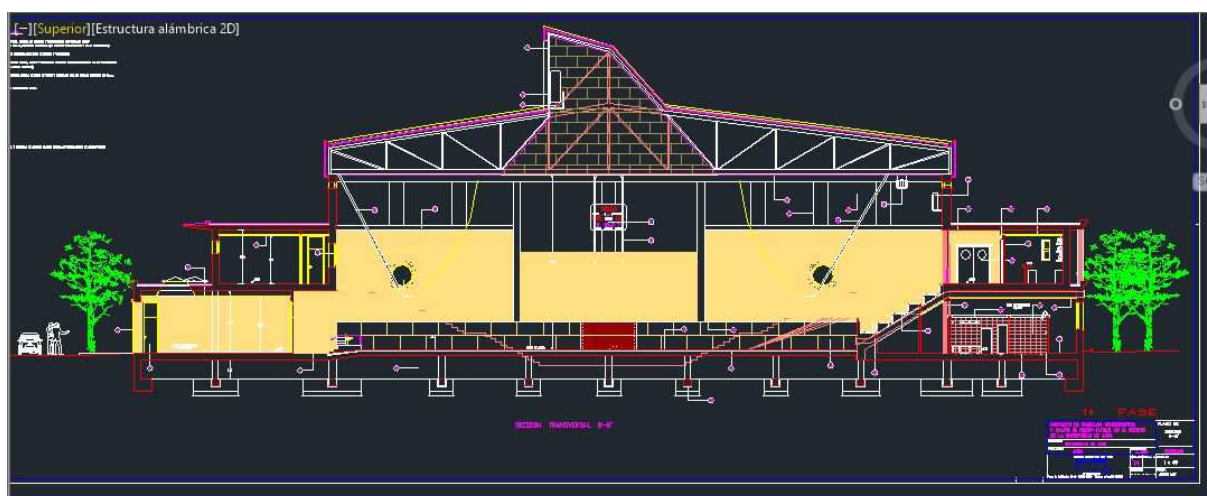


Figura 13. Corte horizontal. Alzado del pabellón.

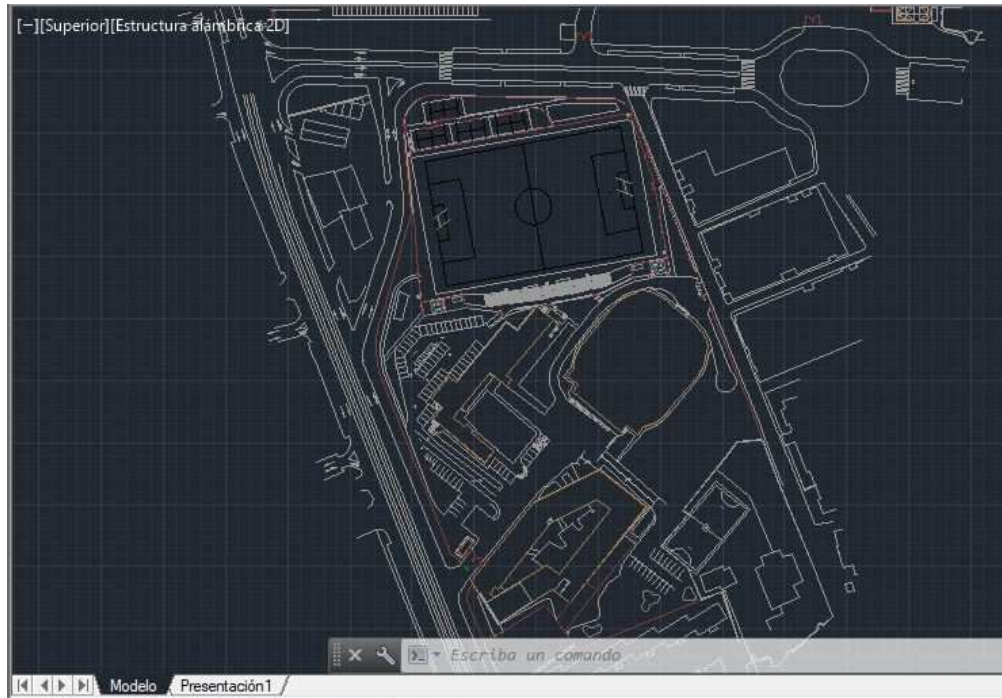


Figura 14. Plano de zona de pabellón e instalaciones deportivas.

En segundo lugar, se realizó un desplazamiento para realizar toma de datos, medidas in situ y multitud de fotos en el lugar del emplazamiento para poder realizar el modelado por el interior del pabellón, datos que no figuraba en la información obtenida del proyecto.

En este desplazamiento se realizaron medidas y fotos de los siguientes elementos:

- **Medida y material de las puertas:** Ya que se encontraron que había diferentes tipos de puertas y de diferentes materiales.
- **Medida y material de muros:** Sabiendo que el pabellón estaba compuesto de muros con, al menos, cinco grosores diferentes, se comprobaron diferentes grosores para confirmar que concuerda con el plano en DWG. Se observaron y anotaron también el acabado y el material de estos diferentes muros.
- **Material y desniveles de suelos y rampas:** Se comprobó el material del suelo y se tomaron medidas de las diferentes rampas de acceso.
- **Medida y diseño de ventanas:** Tanto en el interior como en el exterior del pabellón existe una gran variedad de ventanas las cuales se midieron una a una y se realizó fotos para su posterior diseño.

- **Medida de las gradas:** Se tomaron medidas y referencias de las gradas del pabellón y de las exteriores, del campo de rugby. También se fotografiaron para poder realizar las escaleras de acceso.
- **Medida y tipos de barandillas y escaleras:** Se han fotografiado todos los tipos de barandillas y se midió su altura. También el material de las escaleras de entradas y las de acceso a la planta baja.
- **Medida de alturas del campo de rugby y pistas de pádel:** Al no tener ninguna información sobre la altura del nivel, se midió in situ.

5. MODELO ESTRUCTURAL

Dentro del modelo estructural, se realizó el armazón estructural del pabellón por una parte y, por otra, los dos edificios del campo de rugby en los cuales están los baños y duchas de los deportistas y árbitros. Se creó un modelo analítico de la estructura física y por último se generó una tabla con los pilares, zapatas y vigas insertadas y sus respectivos tipos y dimensiones.

5.1. Armazón estructural del pabellón

En este apartado se explica el proceso que se ha seguido para elaborar el armazón estructural del pabellón.

Hay que tener en cuenta que en este TFG no se han realizado cálculos ni análisis estructural ya que la construcción ha sido ya realizada y cumple correctamente con los requisitos de equilibrio estructural.

Para empezar, se generaron los niveles y rejillas del proyecto. Los niveles son planos horizontales se utilizan para definir la altura vertical de las diferentes plantas y las rejillas son líneas rectas para poder colocar los pilares.

Por defecto, Revit proporciona unos niveles que se podrán modificar posteriormente, para ello, se seleccionó un plano de alzado dentro del Navegador de proyectos y se crearon todos los niveles necesarios.

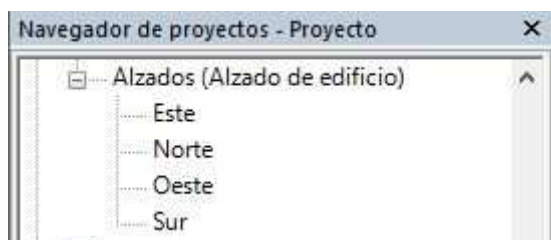


Figura 15. Selección del alzado.

Al seleccionar cualquier plano de alzado, se mostrarán los niveles y la altura a la que están. Para poder crear más niveles, en la pestaña Estructura, se seleccionó el icono de Nivel.



Figura 16. Icono "Nivel".

Sólo queda insertar los niveles y darle su altura correspondiente. Las cotas de altura que se crearon se han basado en los planos de alzado en formato DWG.

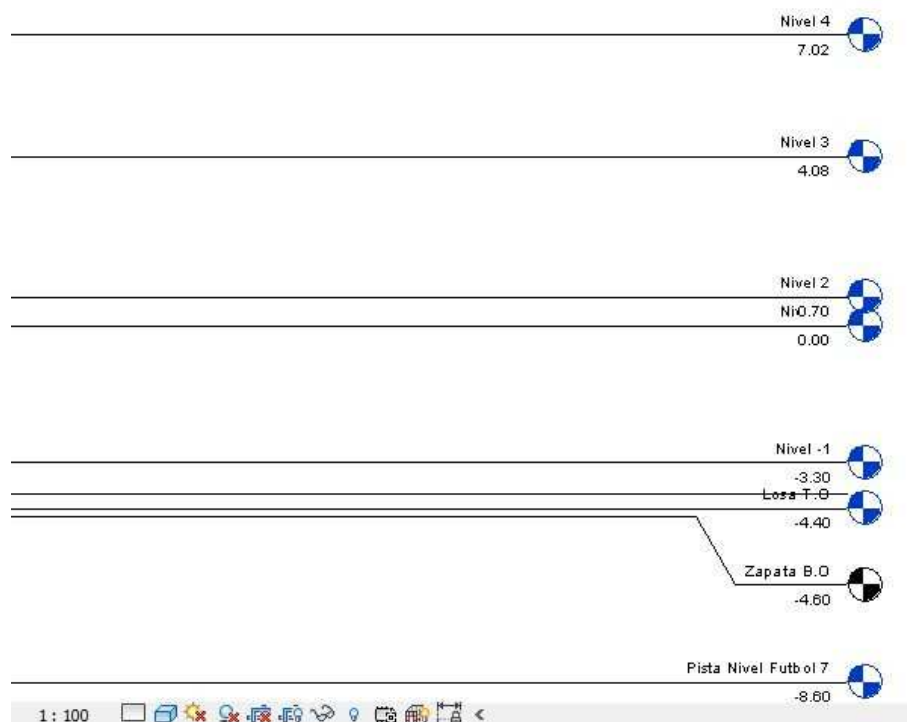


Figura 17. Niveles del proyecto.

En el modelo se han incluido 8 niveles:

- Nivel Pista Futbol: Es el nivel más bajo donde está construido el campo de rugby y fútbol además de ser la base de los dos edificios de los baños y de las pistas de pádel y tenis.
- Losa: Nivel donde se situará la losa de cimentación del pabellón.
- Zapata: Nivel en el cual están situadas las zapatas y las conexiones estructurales inferiores.
- Nivel -1: es la base de la planta baja del pabellón y la parte superior de los servicios del campo de rugby.
- Nivel 1: es el nivel de la entre planta, donde se sitúa la entrada del pabellón para los espectadores y donde se ubica la pista de Squash.
- Nivel 2: es el nivel base de la primera planta del pabellón donde se encuentran las oficinas del Servicio de Deportes y la zona superior de las gradas de la pista interior, además de servicios y una sala de multideporte, también es la parte superior de la planta baja, donde va situada la primera cubierta en los laterales del pabellón.
- Nivel 3: es la parte superior del nivel 2, donde se encuentra la segunda cubierta del pabellón.
- Nivel 4: Parte más alta del pabellón a la cual alcanza los pilares que rodean la pista central y en la que se encuentra las celosías y la cubierta central.

Al insertar las rejillas, se necesita saber la ubicación exacta de los pilares, por tanto, primeramente, hay que insertar el plano de planta. Se inserta en Revit el plano de planta adquirido previamente en formato DWG.

Para insertar en plano .dwg en Revit, se escoge el icono de Vincular CAD en el apartado Insertar como se muestra en la figura 18.



Figura 18. Icono “Vincular CAD”.

Se busca la ubicación del archivo dentro del ordenador y se escoge la opción de Capas/Niveles en Especificar, las unidades en las que se encuentra el archivo y el nivel donde se colocará.

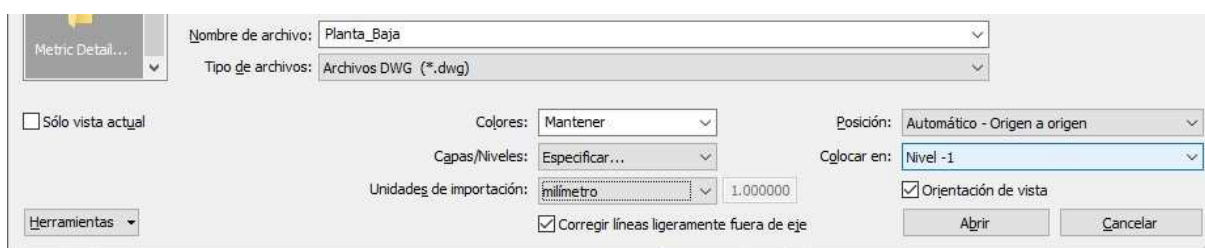


Figura 19. Condiciones para insertar el archivo CAD.

A continuación se mostrará una ventana para elegir las capas que queremos que se muestren en Revit y por último se acepta la operación.

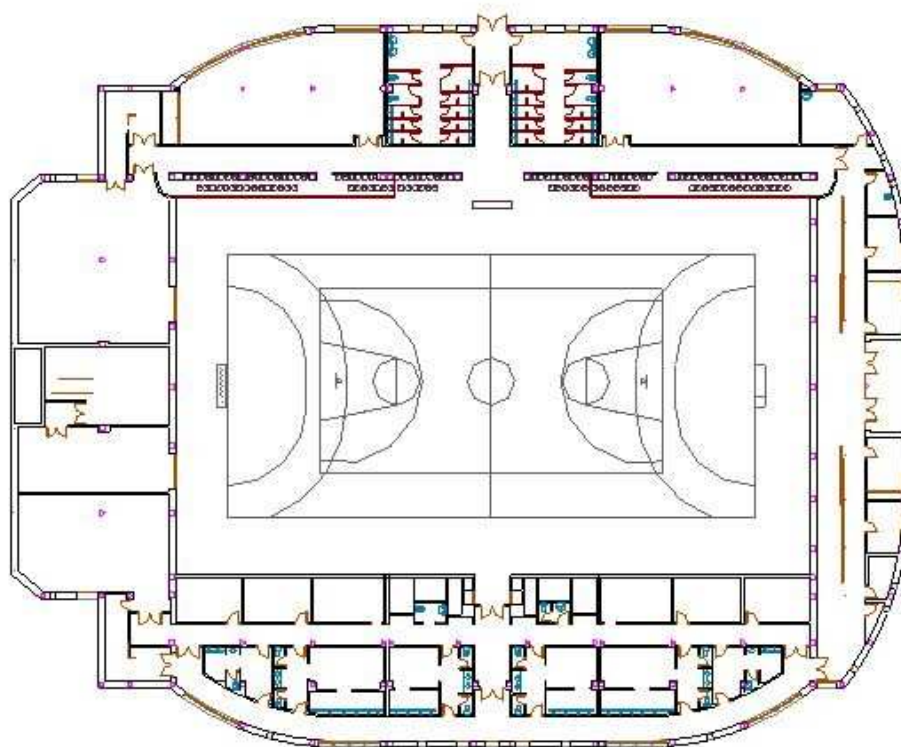


Figura 20. Plano CAD insertado en Revit.

Con ayuda del plano se crean las rejillas que serán la referencia en la cual nos basamos para insertar posteriormente los pilares. Para insertar rejillas se selecciona en el Navegador de proyectos el nivel donde se sitúa el plano, en este caso, el Nivel -1 y dentro de la pestaña de Estructura, se selecciona el icono Rejilla.



Figura 21. Icono “Rejilla”.

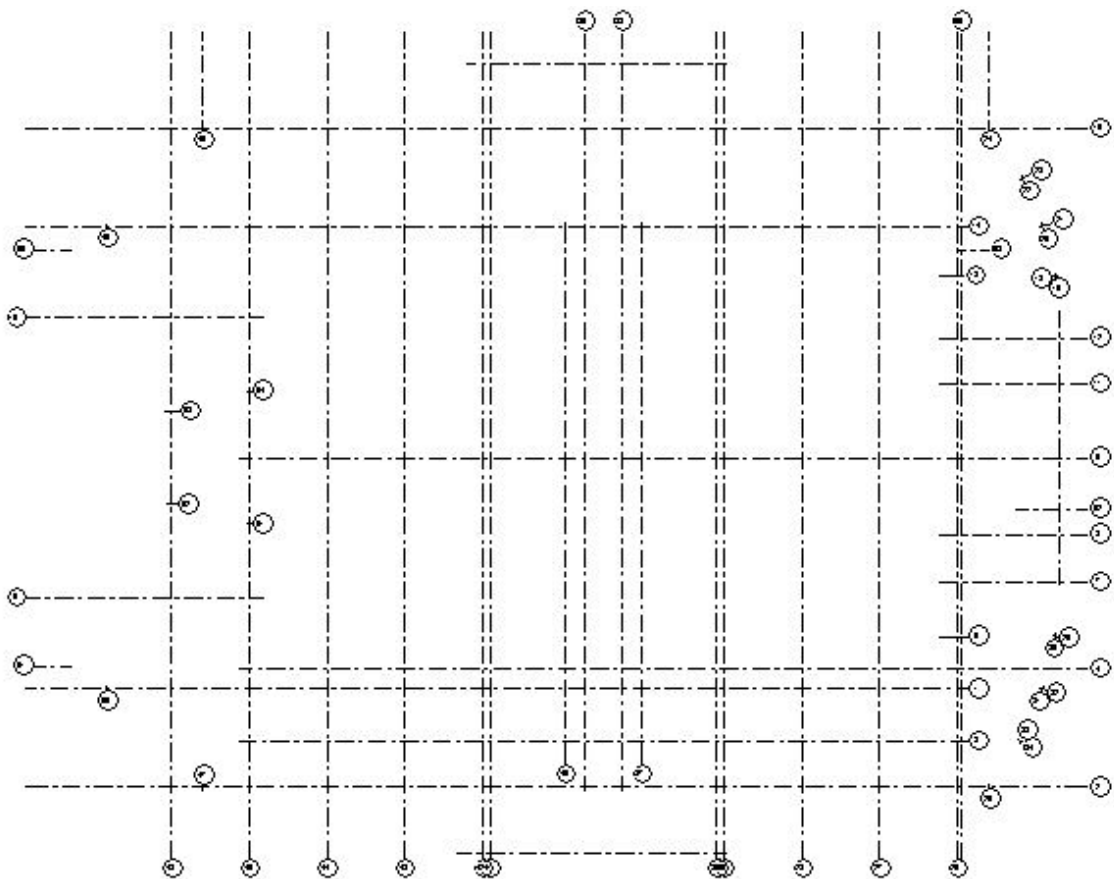


Figura 22. Rejillas del proyecto.

Se comienza el modelado de la estructura colocando los pilares tomando como referencia las rejillas y el plano de la planta baja. Ya que no se ha obtenido

información real del grosor de cada uno de los pilares y el material, se han colocado pilares de hormigón armado y del grosor que aparece en el plano adquirido.

Para colocar los pilares se selecciona el icono “Pilar” dentro de la pestaña de Estructura.

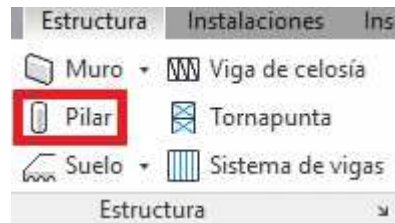


Figura 23. Icono “Pilar”.

Por defecto en Revit, sólo viene cargada una familia de pilares. Se debe de cargar la familia que se necesita seleccionando el icono de “Cargar Familia” que se muestra en la figura 24.



Figura 24. Icono “Cargar Familia”.

Automáticamente, Revit abre la ubicación donde se encuentran por defecto guardadas todas las familias. Esta carpeta se encuentra dentro de la carpeta donde se ha instalado Revit.

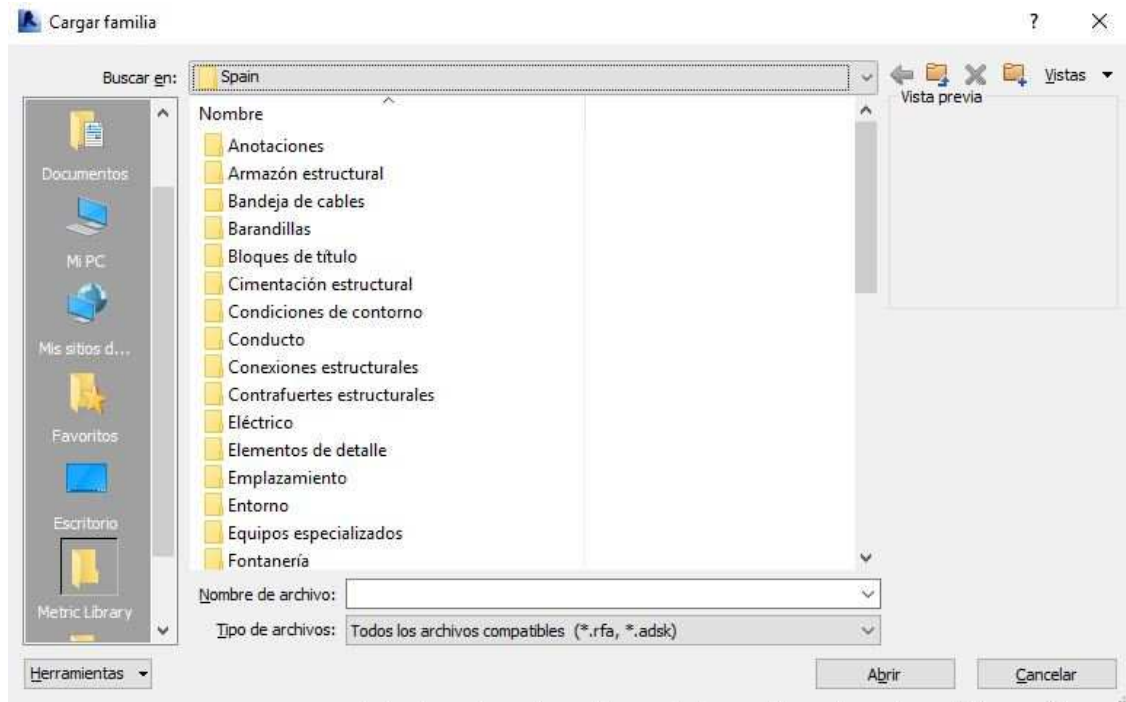


Figura 25. Carpetas de familias de Revit.

Se selecciona la carpeta de Pilares y abrimos los dos tipos que van a ser utilizados en este proyecto, asemejándose a la construcción real y basándose en el plano. Estos pilares son hormigón rectangular y hormigón circular.

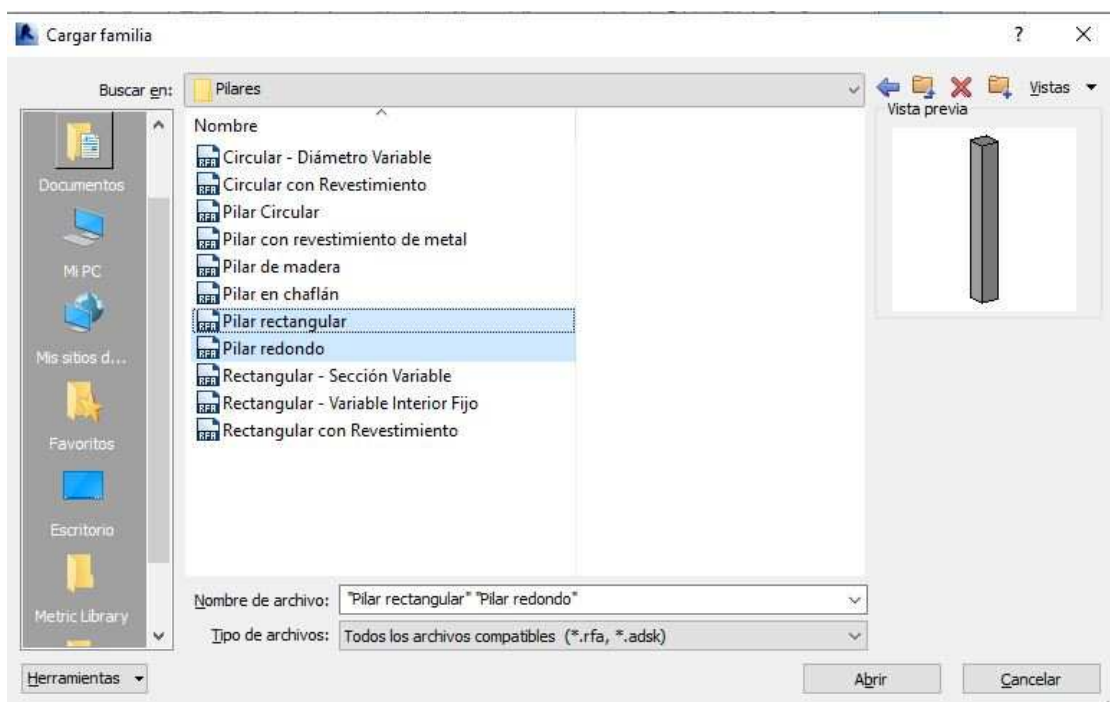


Figura 26. Familias de pilares de Revit.

Revit carga esas dos familias en nuestro proyecto con diferentes tipos de grosores. A continuación se modificarán los pilares añadiendo los grosores que se necesitan. Para ello, en la sección de propiedades, se selecciona el pilar y se hace click en la pestaña “Editar tipo”.



Figura 27. Ventana “Propiedades” del pilar.

Dentro de esta pestaña, antes de cambiarle las dimensiones, se debe duplicar el elemento (Figura 28) y ponerle el nombre de las nuevas dimensiones (Figura 29) y ya se pueden realizar dichos cambios.



Figura 28. Icono “Duplicar”.

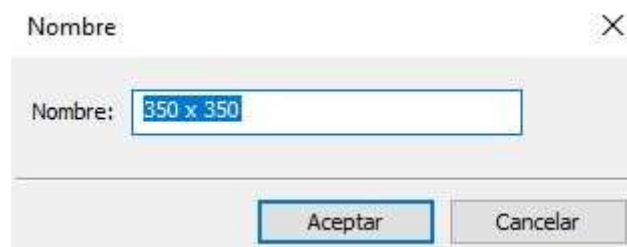


Figura 29. Pestaña para cambiar el nombre.

Cuando esté duplicado, en el apartado de “cotas”, se modifica para el valor requerido, un ejemplo es este pilar creado de 350 x 350 mm.

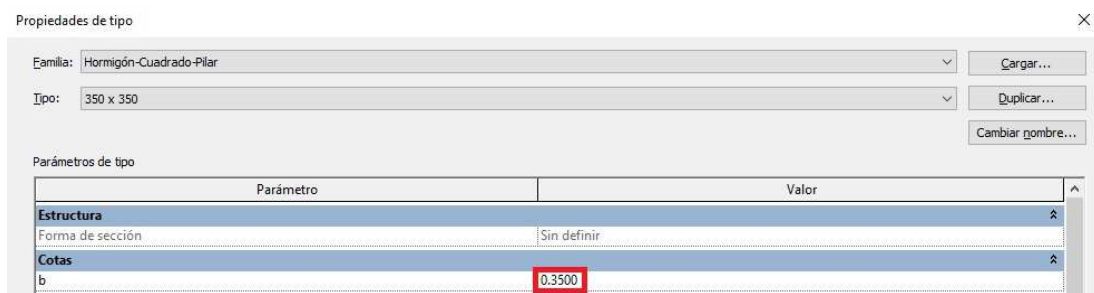


Figura 30. Modificación de dimensiones.

Cuando ya se han creado todos los pilares de diferentes dimensiones que se requieren en el proyecto, se comienza a insertar pilares seleccionando el icono de “Pilar Vertical”.



Figura 31. Icono “Pilar vertical”.

Cada pilar se inserta tomando como referencia las rejillas creadas anteriormente. En la siguiente Figura se muestra una vista 3D de todos los pilares del pabellón colocados.

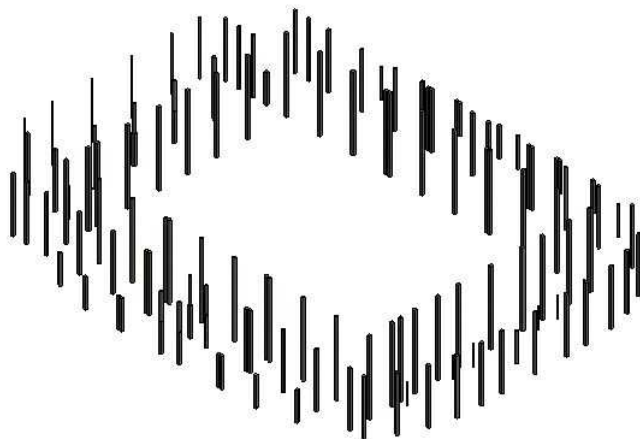


Figura 32. Distribución de los pilares en 3D.

Como se puede observar, cada pilar tiene una altura diferente dependiendo si sólo soportan hasta la primera planta o hasta la última cubierta. Para cambiar la altura de los pilares se utilizan los niveles creados anteriormente y se modifica en la pestaña de propiedades.

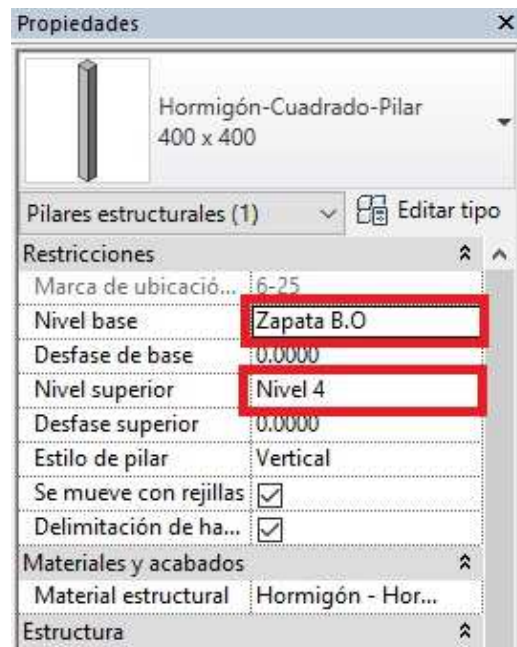


Figura 33. Niveles del pilar.

El siguiente paso se colocó a cada pilar su zapata aislada correspondiente. Para ello se entra dentro de la pestaña de “Estructura” y se elige el icono “Aislada” (Figura 34). En la pestaña de propiedades se elige el tipo de zapata, que en esta construcción he creído aceptables unas dimensiones de 1500 x 1500 x 500 mm (Figura 35). Éstas se colocan en la base de los pilares en el nivel de planta “Zapata B.O.” (Figura 35).



Figura 34. Icono “Aislada”

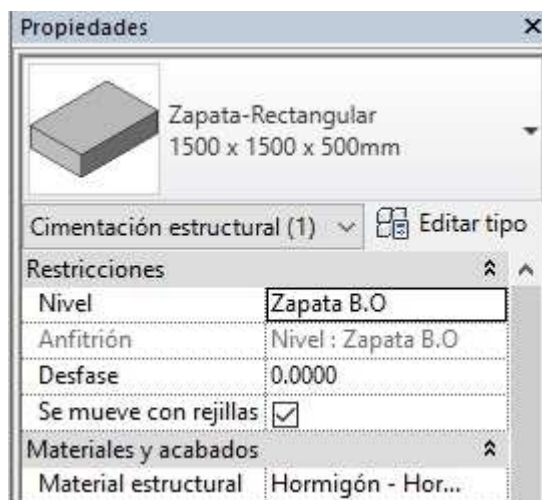


Figura 35. Ventana “Propiedades” de la zapata.

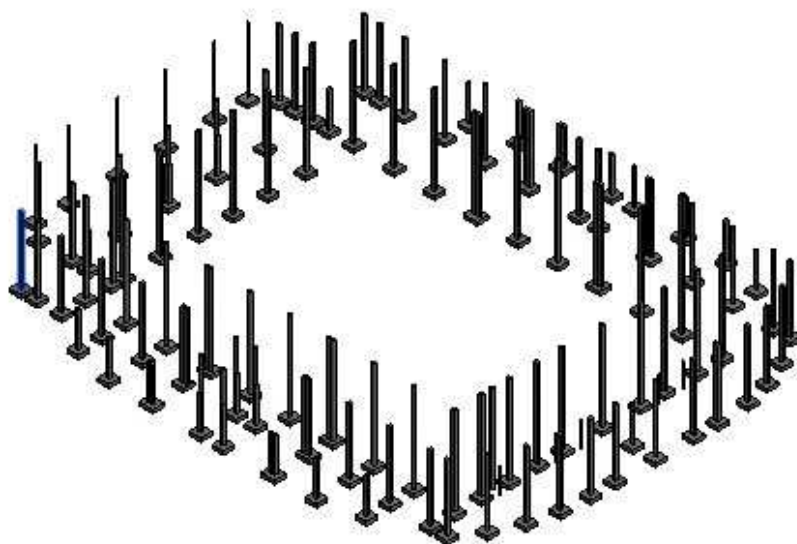


Figura 36. Pilares y zapatas.

Para finalizar con la cimentación, se colocan las vigas de atado entre zapatas. Para poder insertar este tipo de vigas, se accede al icono “Viga” dentro de la pestaña “Estructura”.



Figura 37. Icono “Viga”.

Se ha considerado un atado unidireccional de las zapatas con una viga de dimensiones 30 x 40 cm. Este dato no ha sido proporcionado y se optó por esas dimensiones orientativas.

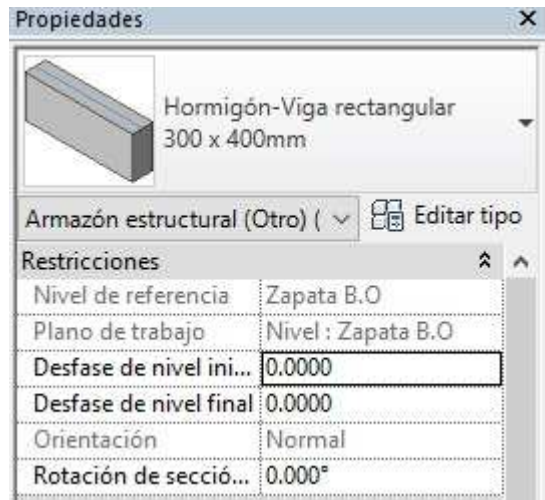


Figura 38. Ventana “Propiedades” de la viga de atado.

Estas vigas se colocan en el plano de zapata, insertándose como líneas entre centros de zapatas.

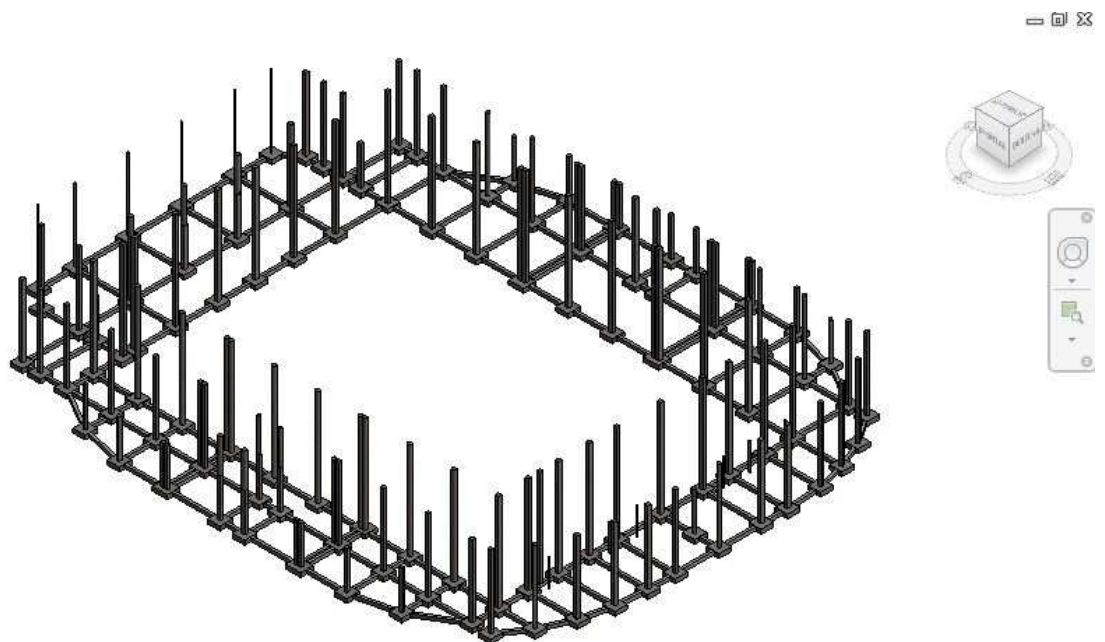


Figura 39. Pilares con zapatas atadas.

A continuación se colocan las vigas de atado por la parte superior de los pilares. Se ha seleccionado un perfil conveniente “IPN 280” (Figura 40) dado que no se obtuvo información del proyecto respecto a este tipo de viga.

Estas vigas no están cargadas en Revit por lo que se realiza el mismo procedimiento para cargar la familia de vigas buscando ese perfil en la biblioteca que nos proporciona el programa. Estas vigas se colocaron a los niveles superiores correspondientes con la altura que tienen los respectivos pilares.

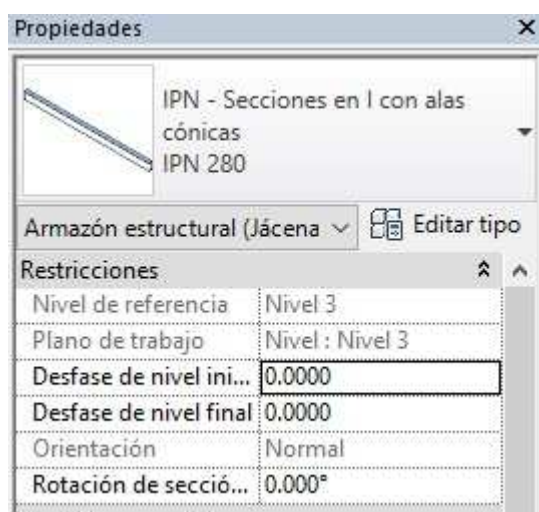


Figura 40. Ventada “Propiedades” de la viga de atado superior.

En la figura 41 se muestra el resultado en 3D de esta operación.

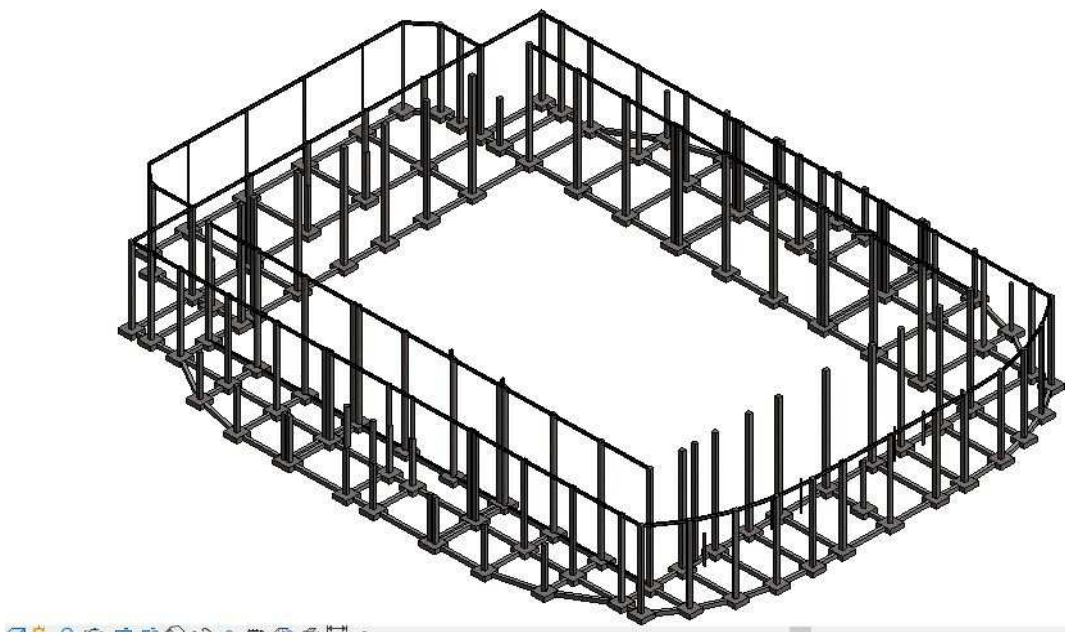


Figura 41. Atado superior.

Continuando con la creación del modelo estructural se incluyeron las cerchas de cubierta, para ello se selecciona la opción “Viga de celosía” dentro de la pestaña de “Estructura”.

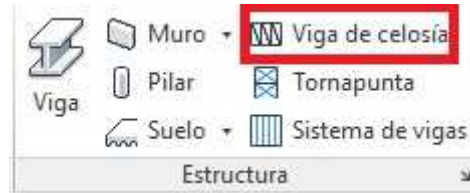


Figura 42. Icono “Viga de celosía”.

Por defecto, Revit tiene cargada sólo la familia de “Viga reticulada recta Howe” por lo tanto, debemos de cargar la familia de cerchas que se ha creado.

La familia de cerchas se creó basándose en la forma de la viga observada en el plano de alzado obtenido previamente y se le puso el nombre de Viga de celosía Pabellón.

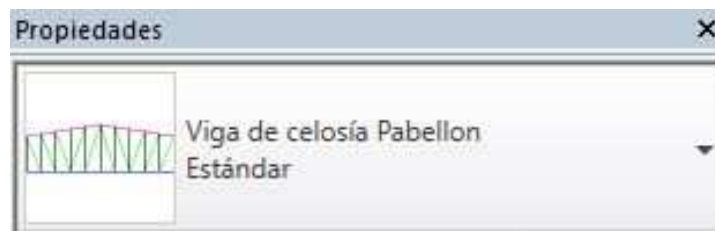


Figura 43. Viga de celosía Pabellón.

Estas vigas se pueden colocar de dos maneras, directamente en la vista 3D seleccionando los punto o desde el plano de planta del nivel en la cual se quiera insertar. En este caso se ha elegido la segunda opción y se colocarán en el nivel 4 donde se sitúa la cubierta superior.

En primer lugar se dibuja la línea en planta en la cual se va a situar la cercha.

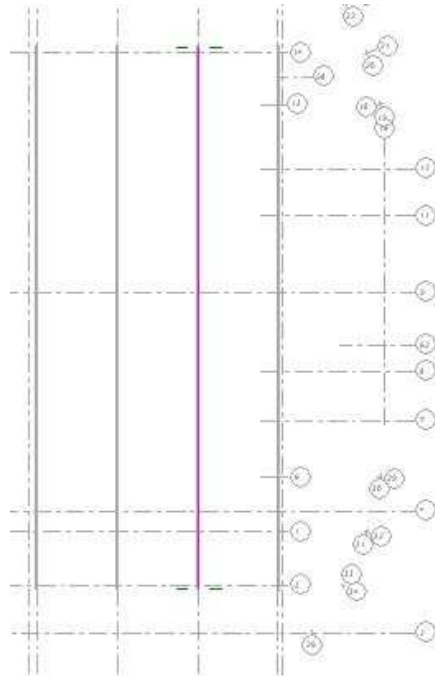


Figura 44. Colocación de cercha en planta.

Cuando ya se ha dibujado esta línea, se debe de dar la altura correspondiente, la cual ha sido medida en el plano DWG. Para ello, se selecciona la opción “Editar perfil” que aparece cuando se selecciona la cercha.

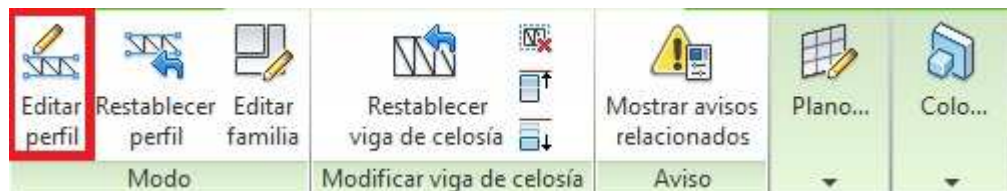


Figura 45. Icono “Editar perfil”.

Automáticamente, Revit pide que se seleccione un plano de alzado para modificar el perfil. Se selecciona Este u Oeste y se edita el perfil tal y como se asemeja en la realidad.

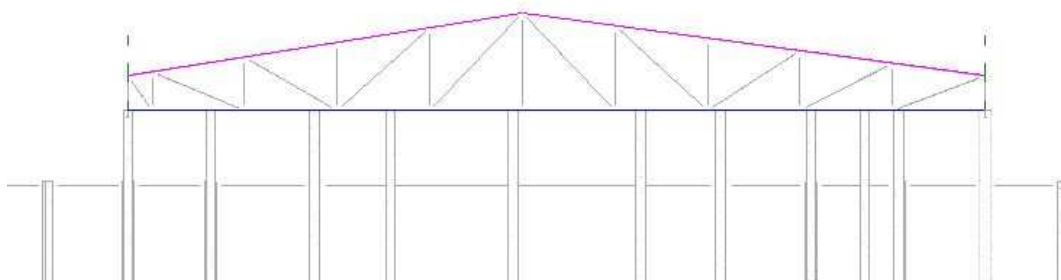


Figura 46. Editor del perfil de cercha en alzado.

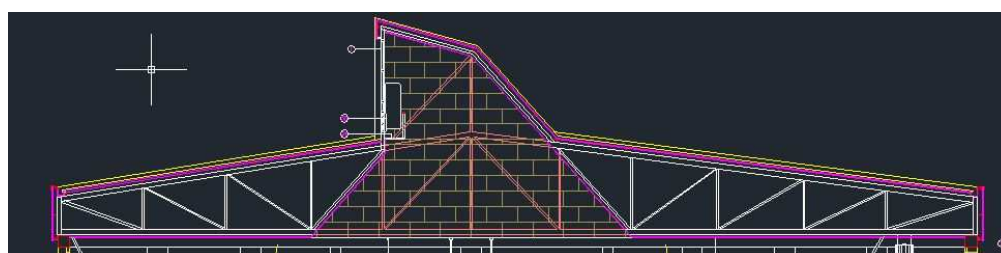


Figura 47. Plano .dwg de alzado.

Esta operación se realizó tantas veces como cerchas existen. En la figura 48 se muestra el resultado final con todas las cerchas creadas.

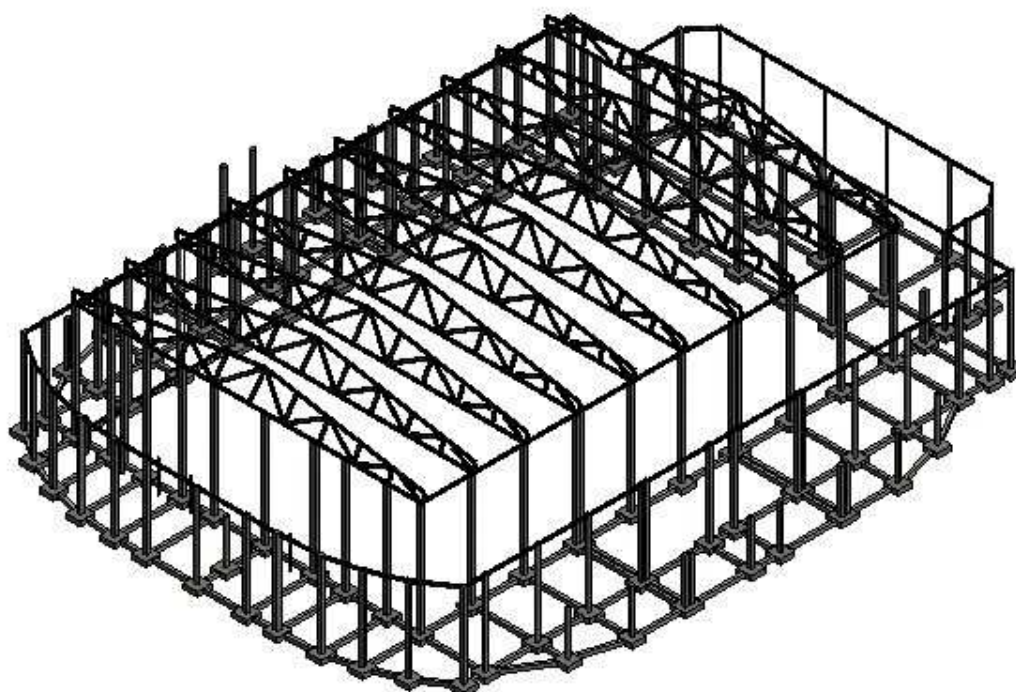


Figura 48. Modelo estructural del pabellón.

5.2. Armazón estructural de los edificios exteriores

A continuación se realizaron las mismas operaciones anteriores para generar el la cimentación y estructura de los dos edificios del campo de rugby que son utilizados como baño y duchas.

Previamente hay que insertar el plano adquirido en DWG en el cual se refleja la ubicación exacta del campo de fútbol, las pistas de pádel y tenis, la grada y los edificios de los baños.

Los pasos a realizar son los ya explicados anteriormente, seleccionando “Vincular CAD” dentro de la pestaña de “Insertar” y seleccionado el plano requerido encontrándose ahora en el plano de planta “Nivel Pista de Futbol”. En la figura 49 se muestra el plano ya insertado en Revit.

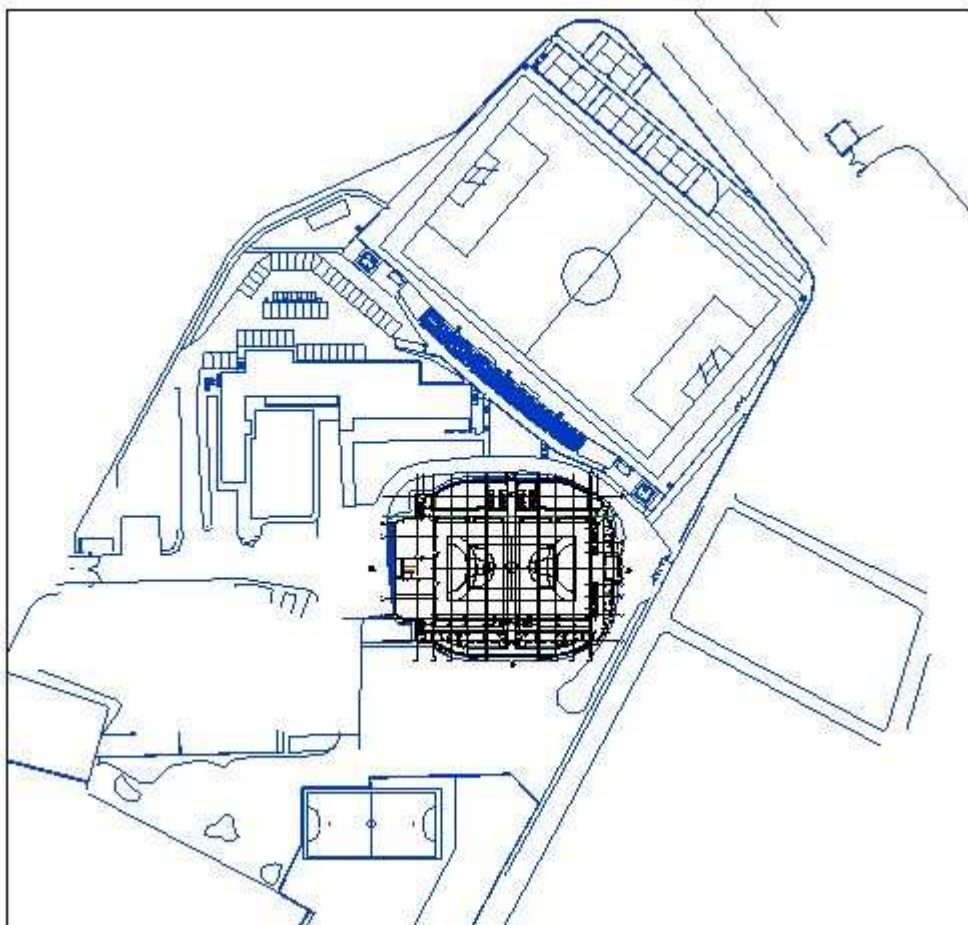


Figura 49. Plano de zona general insertado en Revit.

Con el plano ya vinculado, se procedió a insertar las columnas, las zapatas y las uniones inferiores y superiores de los dos edificios en sus niveles correspondientes. En la figura 50 se muestra el resultado de tal operación.

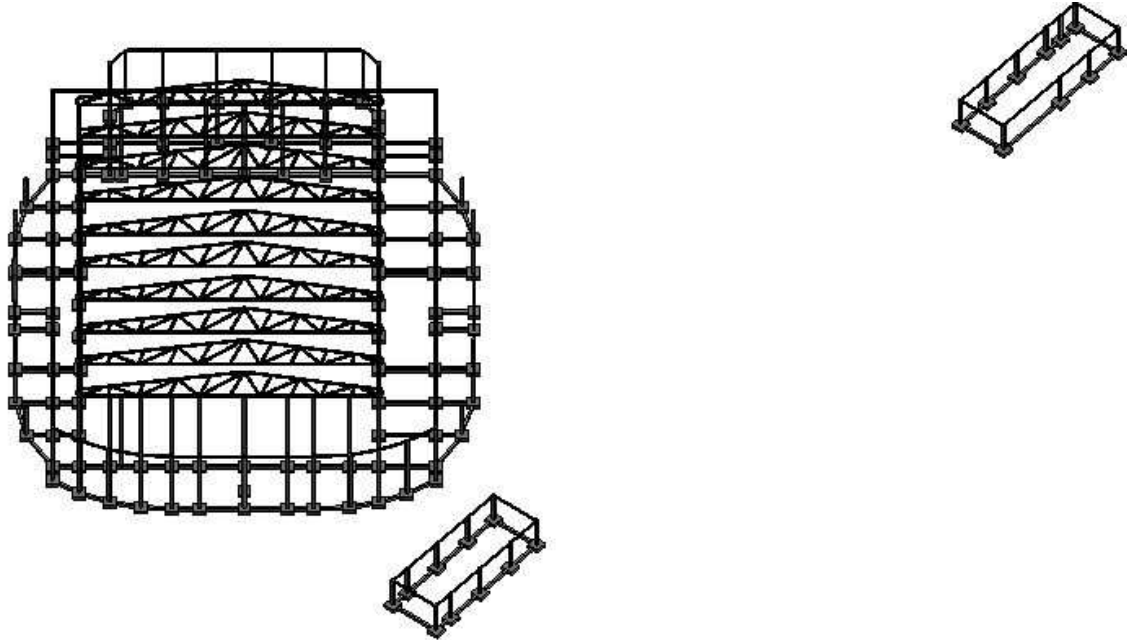


Figura 50. Modelo estructural de pabellón y exteriores.

5.3. Suelo estructural

Para finalizar el modelado estructural es necesario añadir los forjados que se encuentran en la entreplanta (Nivel 1) y en la planta superior del pabellón (Nivel 2). Esto se realizó con la opción “Suelo” dentro de la pestaña “Estructura” eligiendo en el desplegable “Suelo: estructural” (figura 51). Se ha optado por un forjado de hormigón in situ que se muestra en la figura 52.

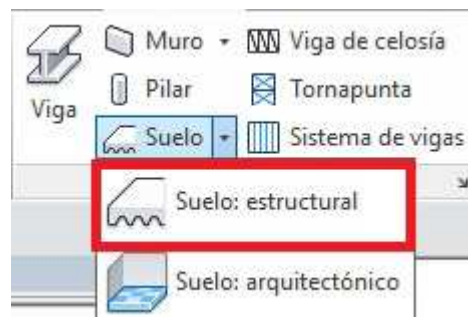


Figura 51. Icono “Suelo: estructural”.

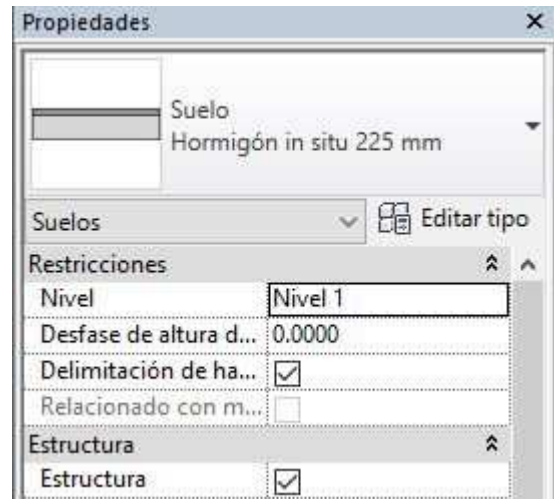


Figura 52. Ventana “Propiedades” de suelo estructural.

Al elegir el tipo de suelo, se debe de dibujar en el plano de planta en el que irá situado el contorno que tendrá este forjado. En este proyecto se crearon cuatro suelos estructurales.

En el nivel de entreplanta (Nivel 1) se encuentra el suelo de la entrada a los espectadores y el suelo para la pista de Squash.

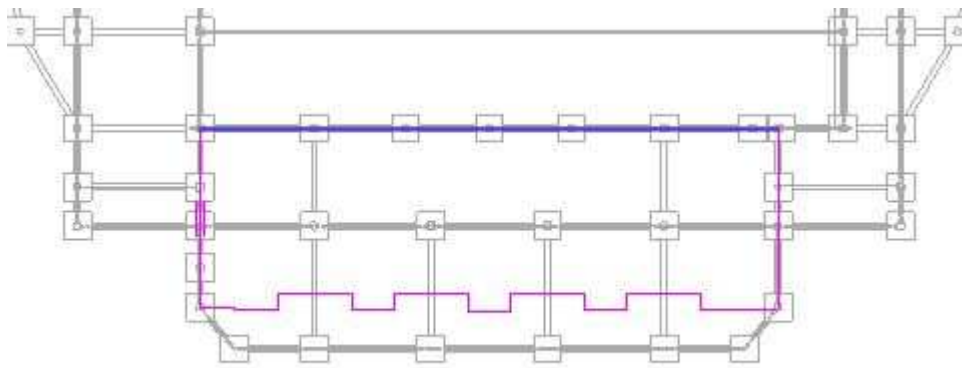


Figura 53. Contorno suelo entrada.

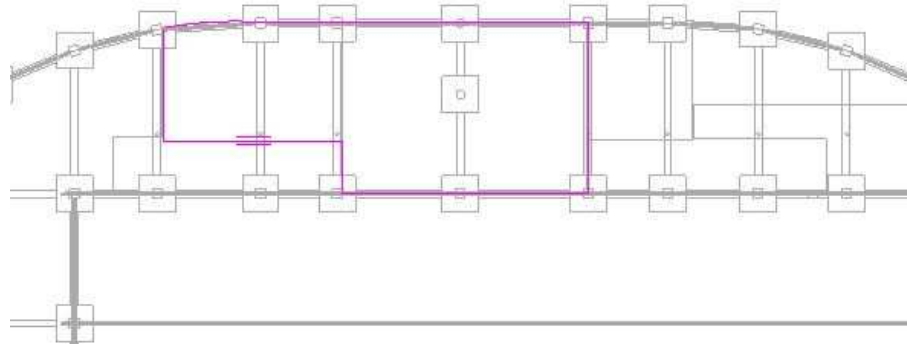


Figura 54. Contorno suelo pista de squash.

En la planta superior (Nivel 2) se crea el suelo de la parte de las oficinas y la sala de multideporte y por la otra parte, el suelo para el pasillo de las gradas y baños.

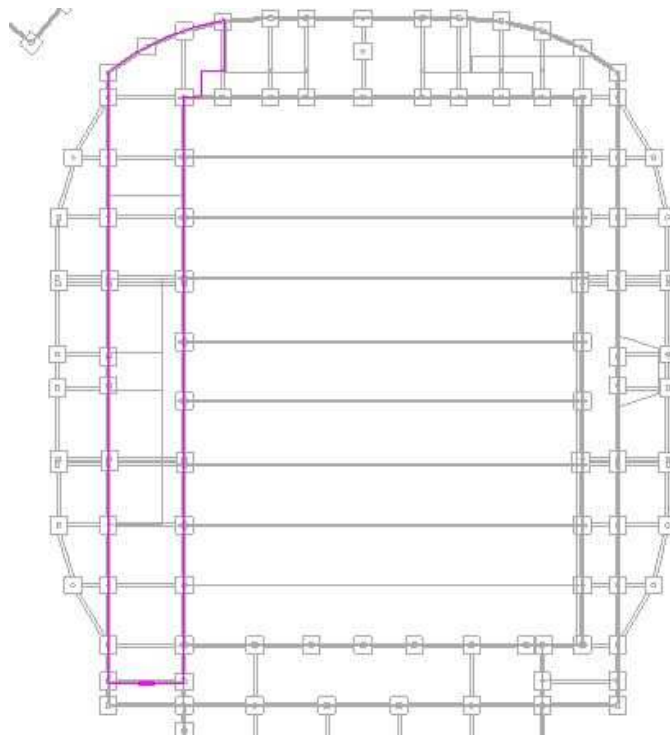


Figura 55. Contorno suelo oficinas.

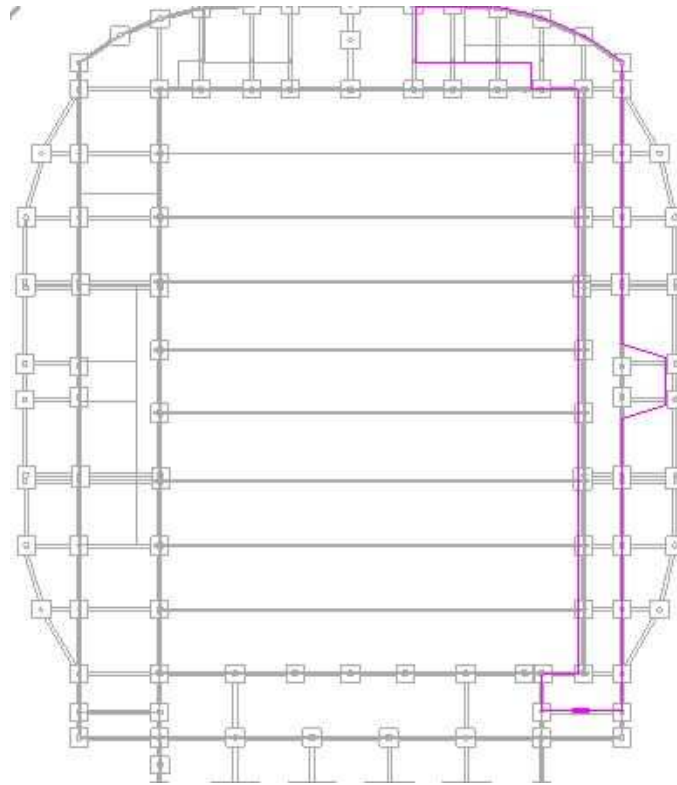


Figura 56. Contorno suelo pasillo gradas.

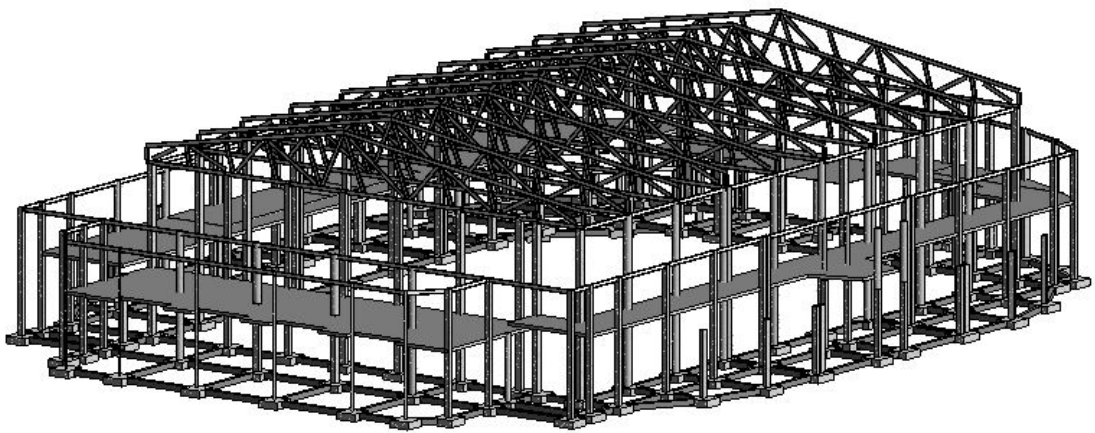


Figura 57. Vista estructural 3D con suelos.

5.4. Modelo analítico

En este apartado se muestra el modelo analítico de la estructura, es decir, del modelo físico estructural. El modelo analítico es una representación de los componentes de la estructura (vigas y pilares) con líneas de diferentes colores, también está formado por las propiedades de materiales, cargas estructurales y la

geometría. Este modelo analítico tiene la ventaja de que se puede exportar a programas que se dediquen a realizar análisis. En la figura 58 se muestra el modelo analítico de la estructura creada anteriormente. Lo que está en azul son pilares y lo que está en naranja son vigas.

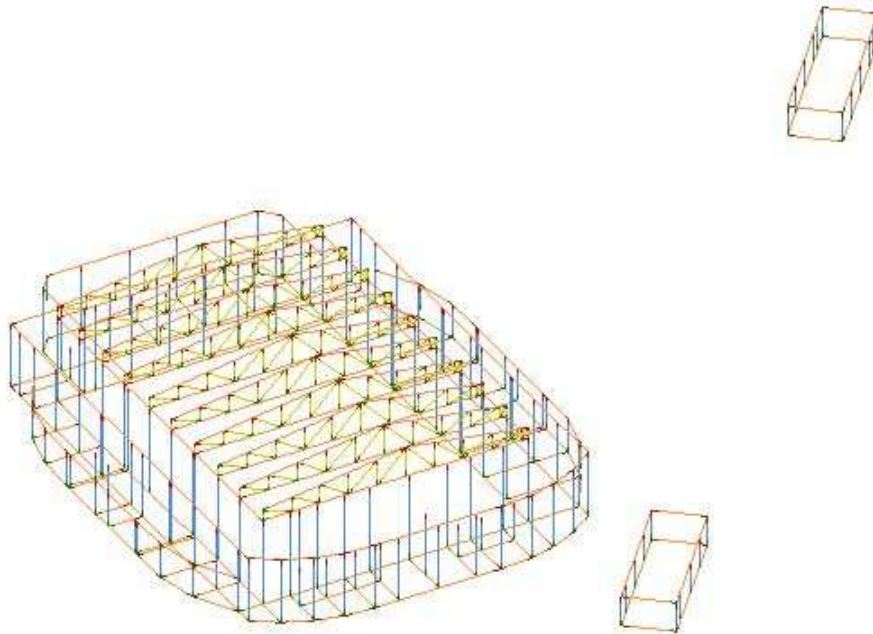


Figura 58. Modelo analítico del proyecto.

5.5. Dimensionamiento estructural

Como ya se ha mencionado anteriormente, el objetivo de este TFG no es realizar cálculos de estructura ya que se consideran correctos al estar el modelo ya construido. También se ha de destacar que las dimensiones de los pilares, zapatas y vigas se han basado únicamente en el plano que se ha conseguido ya que no se ha podido acceder a más información del proyecto.

A continuación se muestra una tabla en la cual se observan el tipo y las dimensiones de pilares, zapatas y vigas utilizadas en este modelo estructural.

Materiales usados	
Cimentación	Material estructural
Zapata-Rectangular: 1500 x 1500 x 500 mm	Hormigón modelado in situ
Pilares	Material estructural

Hormigón-Cuadrado Pilar: 400 x 400 mm	Hormigón modelado in situ
Hormigón-Cuadrado Pilar: 350 x 350 mm	Hormigón modelado in situ
Hormigón-Redondo Pilar: 500mm	Hormigón modelado in situ
Hormigón-Redondo Pilar: 400mm	Hormigón modelado in situ
Hormigón-Redondo Pilar: 350mm	Hormigón modelado in situ
Hormigón-Redondo Pilar: 300mm	Hormigón modelado in situ
Hormigón-Redondo Pilar: 160mm	Hormigón modelado in situ
Vigas	Material estructural
Hormigón-Viga Rectangular: 300x400mm	Hormigón modelado in situ
IPN-Secciones en I con alas cónicas	Metal-Acero-345 MPa

Tabla 1. Materiales usados.

6. MODELO ARQUITECTÓNICO

Cuando ya se tiene el modelo estructural creado, se comenzó a realizar el modelado arquitectónico, en el cual se crean los elementos de detalle como muros, puertas, ventanas, rampas escaleras con el fin de que el modelo final (estructural y arquitectónico) dé una imagen en 3D de la construcción final a realizar, en el caso de este TFG, el pabellón y las instalaciones deportivas.

Para comenzar, se abre un nuevo proyecto en Revit, en este caso “Plantilla Arquitectónica”. En ella se inserta el modelo estructural anteriormente creado seleccionando el icono “Vincular Revit” dentro de la pestaña de Insertar.

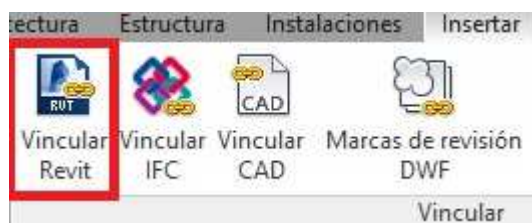


Figura 59. Icono “Vincular Revit”.

Al vincular un modelo en otro, si se modifica la el modelo estructural tambien se modificará el modelo arquitectónico. Esto hace referencia a una de las características de Revit en la cual pueden estar varias personas trabajando en un

mismo proyecto a la vez en diferentes modelados, los cambios que realicen unas le aparecerán a las otras automáticamente.

Una vez seleccionado el icono de Vincular, Revit solicita la ubicación del archivo y se podrán modificar algunos parámetros haciendo click en el icono “Gestionar vínculos”.



Figura 60. Icono “Gestionar vínculos”.

En el modelo arquitectónico se pueden usar otros niveles diferentes a los del modelo estructural, pero en este caso interesa tener los mismos niveles, los cuales se definen en el icono “Nivel” dentro de la pestaña de “Arquitectura” y se seleccionan los mismos niveles que los del modelo estructural.

Cuando ya se ha insertado el modelo estructural, éste se inserta como un único bloque que se puede apreciar al pasar el cursor por encima en la vista 3D.

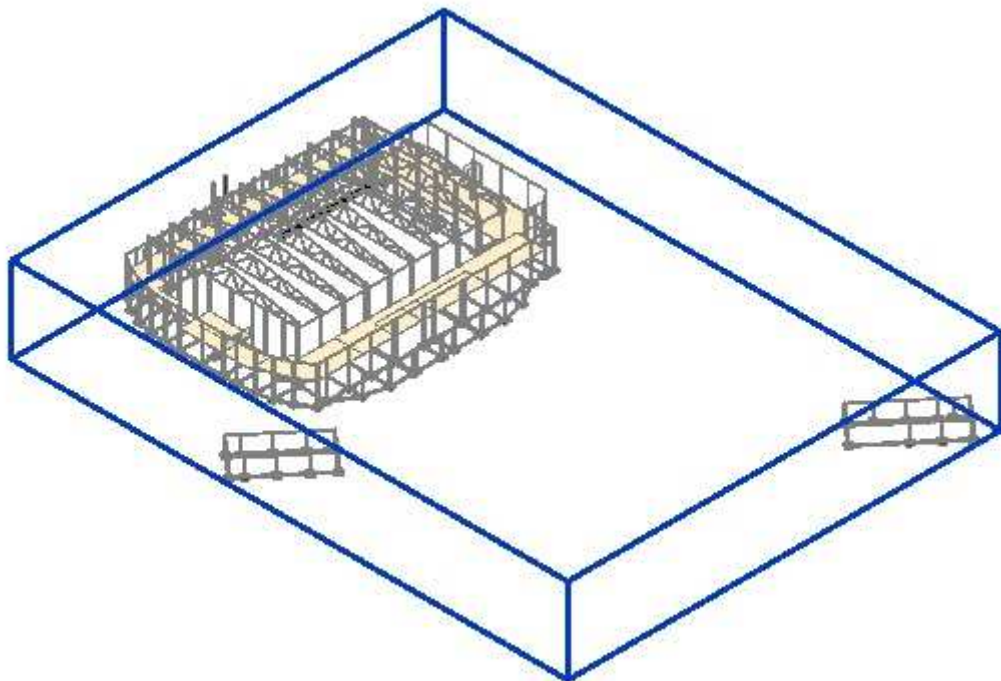


Figura 61. Modelo estructural 3D vinculado.

6.1. Suelo

Para comenzar con el modelo arquitectónico, se inserta el suelo de la base del pabellón y de los edificios exteriores, primeramente, se tiene que volver a insertar el plano de la planta baja en .dwg para basarse en él. Se sigue el mismo procedimiento de insercción utilizado anteriormente en el punto 5.1.

Realizado este paso se crean los suelos restantes, que son los que están ubicados en la planta baja. Para ello, se selecciona el icono de “Suelo” (figura 62). A continuación se crea el contorno de cada suelo. Se ha creado un contorno diferente por cada sala de la planta para posteriormente, al insertar el material, se le pueda asignar diferentes a cada habitación según su función.

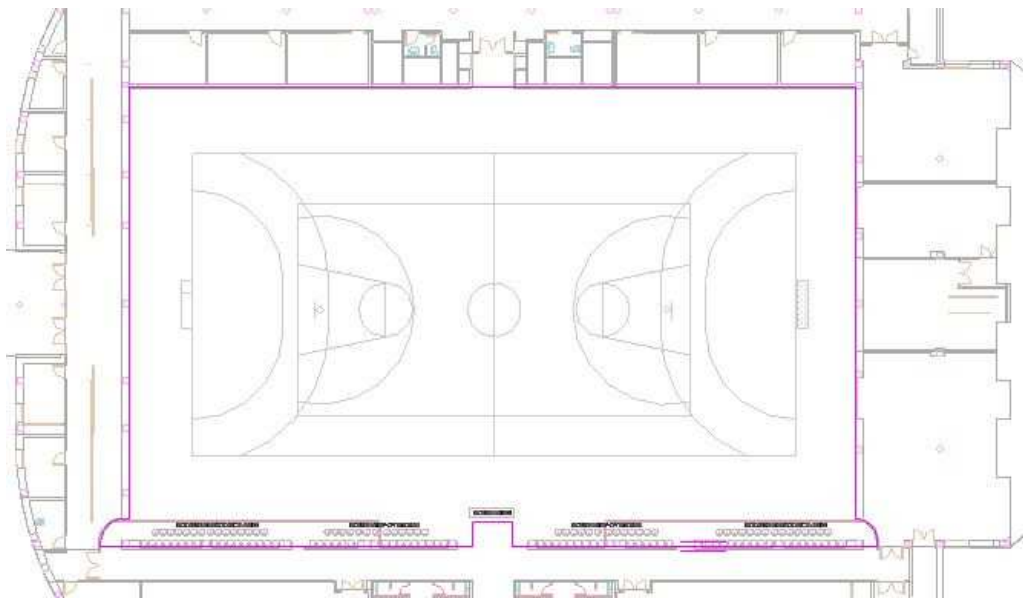


Figura 62. Contorno suelo de la pista.

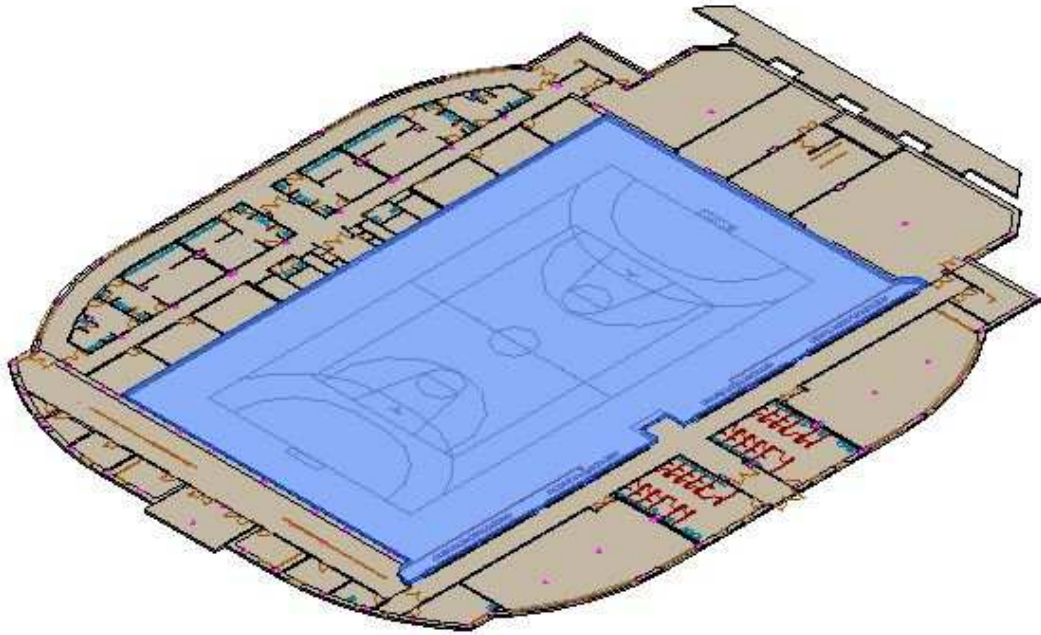


Figura 63. Visualización 3D de los suelos.

En un principio se insertó un tipo de suelo de hormigón in situ para posteriormente editar el tipo y añadirle capas de revestimiento. Este paso se realizará al final ya que al insertarle material consume muchos más recursos del ordenador y el modelado sería más lento.

Todos los suelos se encuentran a nivel de planta baja excepto el suelo de la pista que, según el plano de alzado en .dwg, se encuentra 25cm más alto por tener más capas. Para añadirle 25cm de grosor se debe de crear un tipo nuevo de suelo al que se le pondrá el nombre de Suelo Pista. Para ello, se hace click en “Editar tipo” en la pestaña de propiedades del suelo.

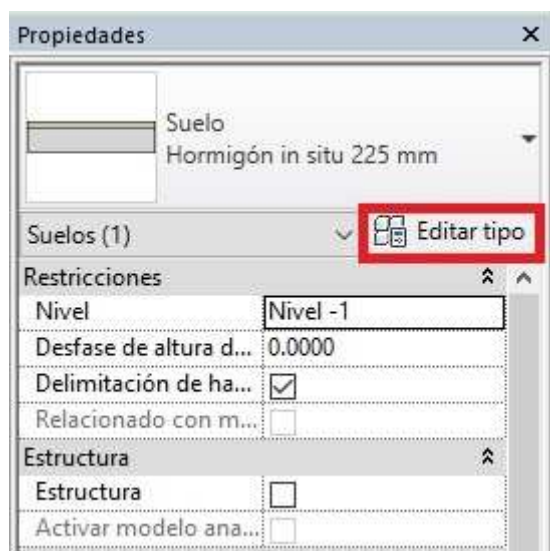


Figura 64. Ventana “Propiedades” del suelo.

Antes de editar el grosor del suelo se recuerda que hay que duplicar el material y asignarle un nuevo nombre, en este caso, Suelo Pista. Cuando se tiene el nuevo suelo creado se modificó el grosor seleccionando el icono de “Editar”.

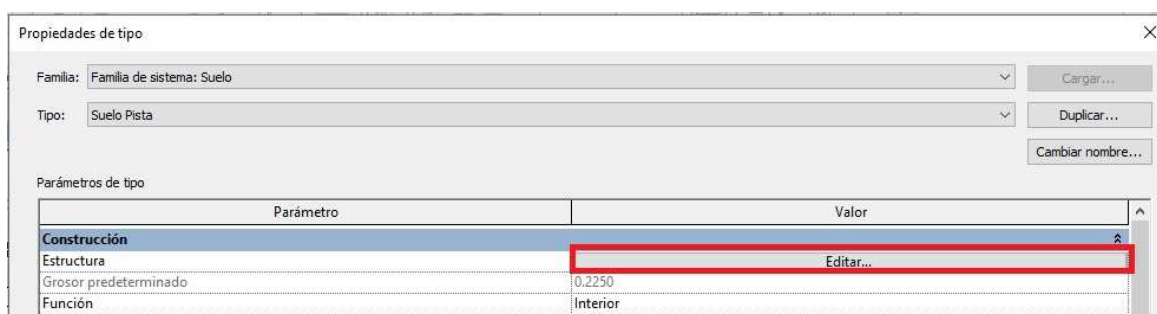


Figura 65. Ventana “Propiedades de tipo” del suelo.

El último paso fue añadirle los 25cm de grosor al material estructural.

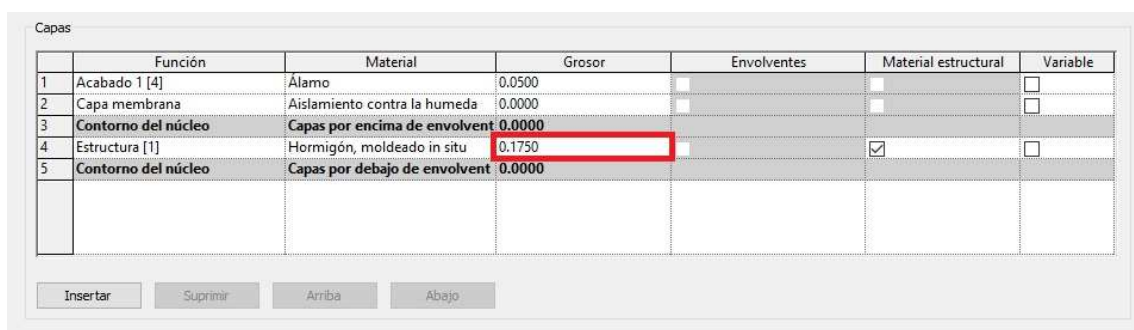


Figura 66. Ventana “Estructura” del suelo.

Como último paso, teniendo en cuenta que la pista está 25 cm por encima del resto del suelo, se le da un desfase en la ventana “Propiedades” del suelo de la pista.

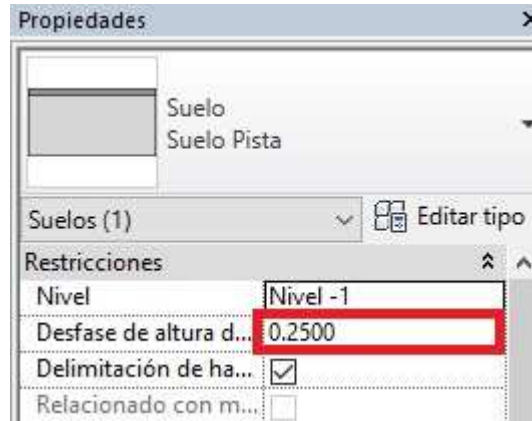


Figura 67. Ventana “Propiedades” del suelo (II).

6.2. Cerramientos

En este apartado se realizan los cerramientos de las fachadas y interiores del pabellón y de los edificios exteriores. Para ello, hay que basarse en el plano de planta insertado anteriormente y se debe de insertar el plano de la planta superior en el nivel 1 siguiendo el mismo procedimiento que para insertar el anterior plano de planta.

Para realizar los cerramientos se utilizan muros que para insertarlos hay que hacer click en la opción “Muro: arquitectónico” dentro de la pestaña “Arquitectura”.



Figura 68. Icono “Muro: arquitectónico”.

Basándose en los planos de planta que se han insertado, se observa de que existen diferentes grosores de muro que van desde los 70 mm hasta los 550 mm, por lo que se crean todos esos muro siguiendo el mismo procedimiento que para crear un nuevo suelo; seleccionando “Editar tipo” en la pestaña de propiedades, “Duplicar” y se le asigna un nuevo nombre y el grosor que le corresponda.

En un principio se insertaron muros básicos con un mismo material de hormigón, más adelante se modificarán indicándole el material de cada uno.

Primeramente se colocan todos los muros de la planta baja con el grosor indicado y posteriormente, desde el plano de planta del nivel 1, se colocan los muros de la entreplanta y planta superior.

Como último paso, se modifica la altura de los muros ya que cada muro tiene una altura diferente. Dentro de esta construcción existen muros con varios tipos de alturas, unos que van desde la planta baja hasta la entreplanta hasta otros que van desde la planta baja hasta la última cubierta. Esta modificación se realiza en la pestaña “Propiedades” habiendo seleccionado el muro previamente.

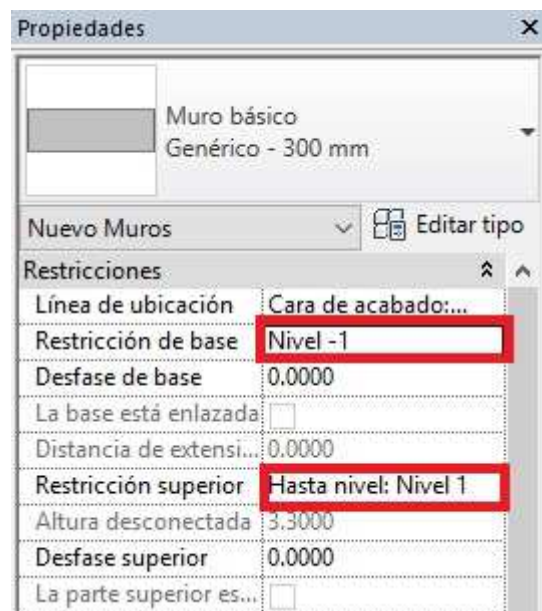


Figura 69. Ventana “Propiedades” del muro.

Una vez realizadas las restricciones de cada muro y asignarle el grosor indicado finaliza el trabajo de cerramientos. Se procede a editar la forma de unos muros en los cuales se encuentran huecos para colocar cristales o para adaptarse a

la grada que estará colocada encima, para ello se selecciona el muro a modificar y se hace click en el icono “Editar perfil”.

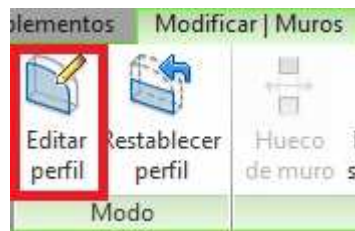


Figura 70. Icono “Editar perfil”.

Por último, se edita el contorno del muro con las medidas que se han tomado in situ.

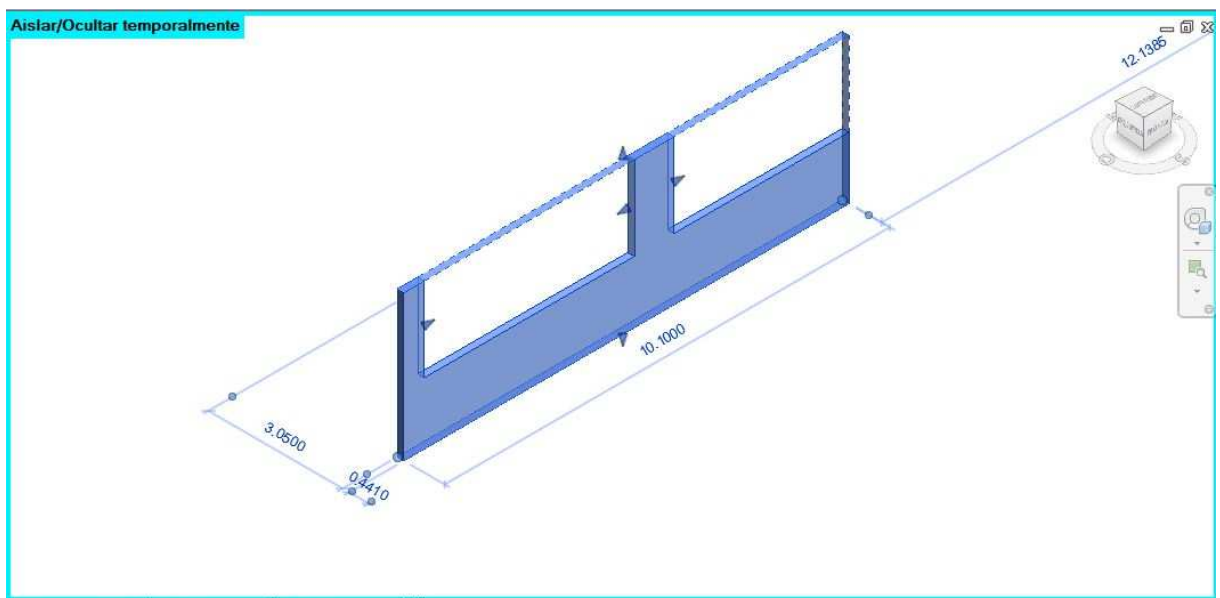


Figura 71. Edición del muro.

En las imágenes 72 y 73 se muestra el resultado de los muros modificados y el resultado final de todos los muros.

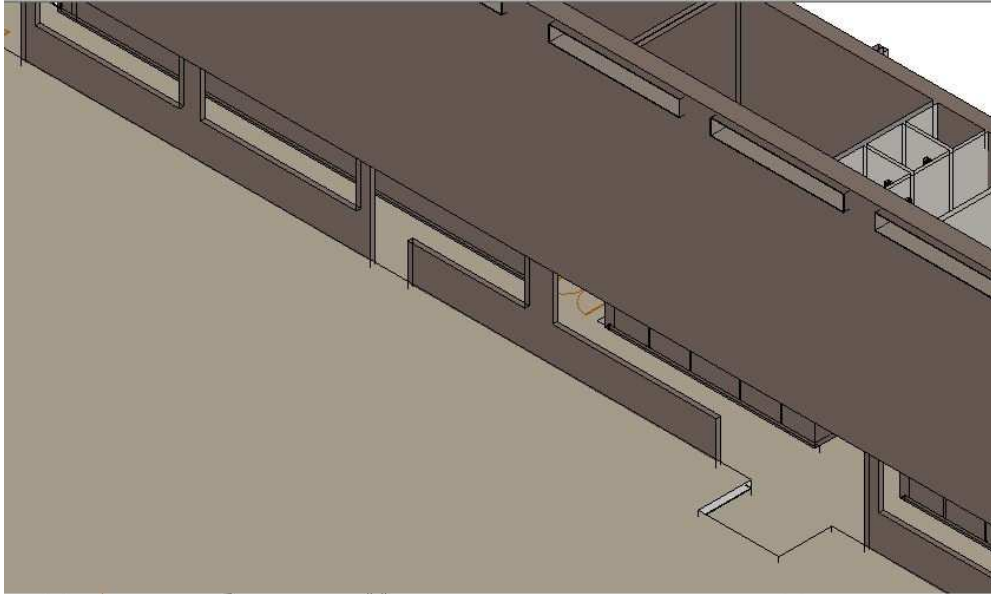


Figura 72. Visualización 3D de los muros editados.

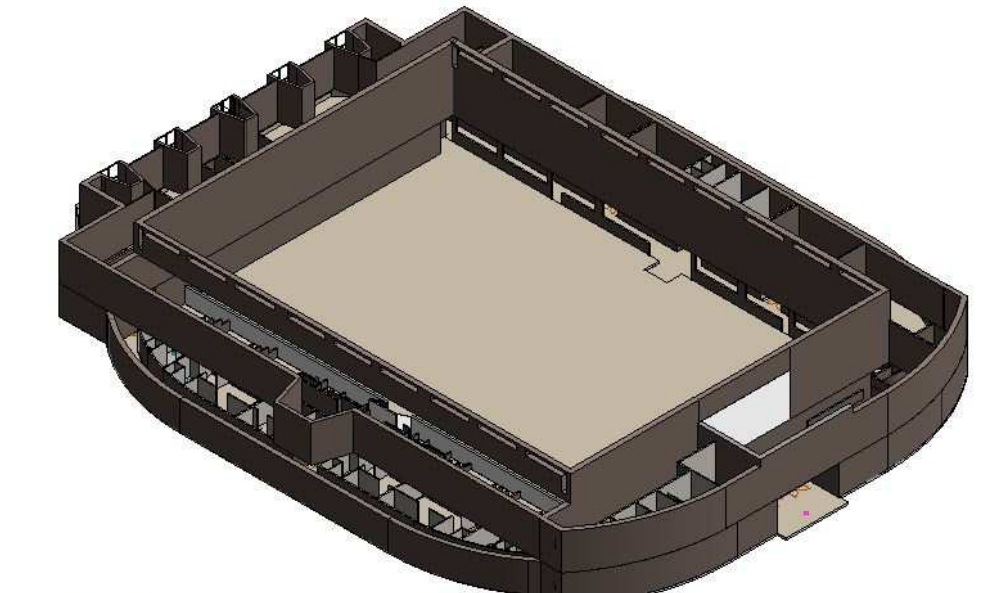


Figura 73. Visualización 3D de los muros.

6.3. Muros cortina

A parte de los muros de hormigón, existen en la entrada al pabellón para los espectadores cinco cristaleras que se colocan como muros cortina. Para insertar estos muros, se elige la opción “Muro cortina” en la ventana de propiedades después de haber seleccionado el icono de “Muro”.

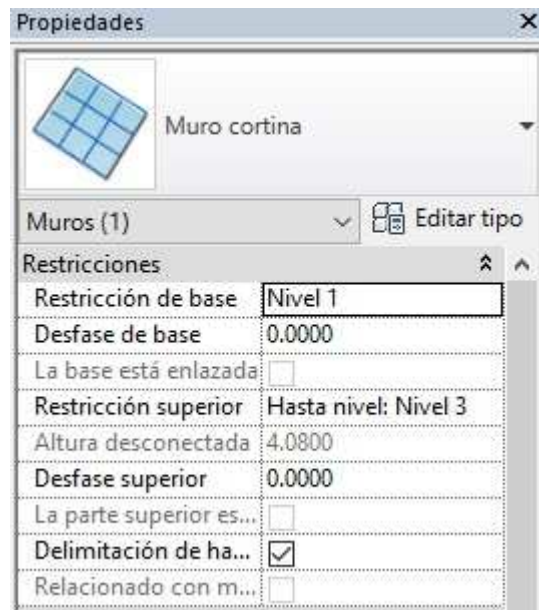


Figura 74. Ventana “Propiedades” del muro cortina.

Al cambiar al tipo muro cortina, éste aparece como un único cristal al cual hay que colocarle las rejillas y los montantes. Para ello se aísla el muro cortina haciendo click en el icono mostrado en la siguiente figura y seleccionando “Aislar elemento” y se trabaja con él individualmente.

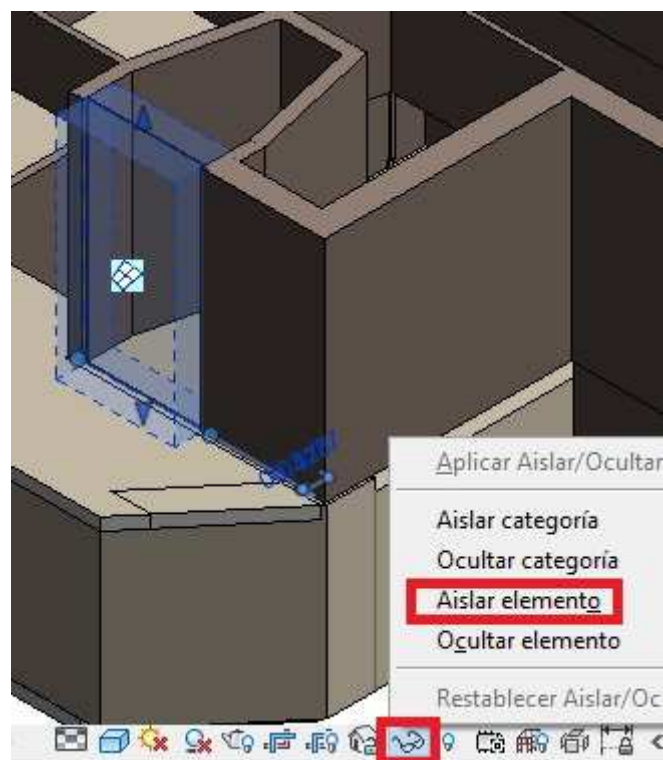


Figura 75. Icono “Aislar elemento”.

Revit permite trabajar con algún elemento individualmente en una ventana a parte (figura 76). Ahora se le deben de insertar las “rejillas muro cortina” que se utilizarán como guía para posteriormente insertar los “montantes muro cortina”. Estas dos opciones se encuentran en la pestaña “Arquitectura” (figura 77).

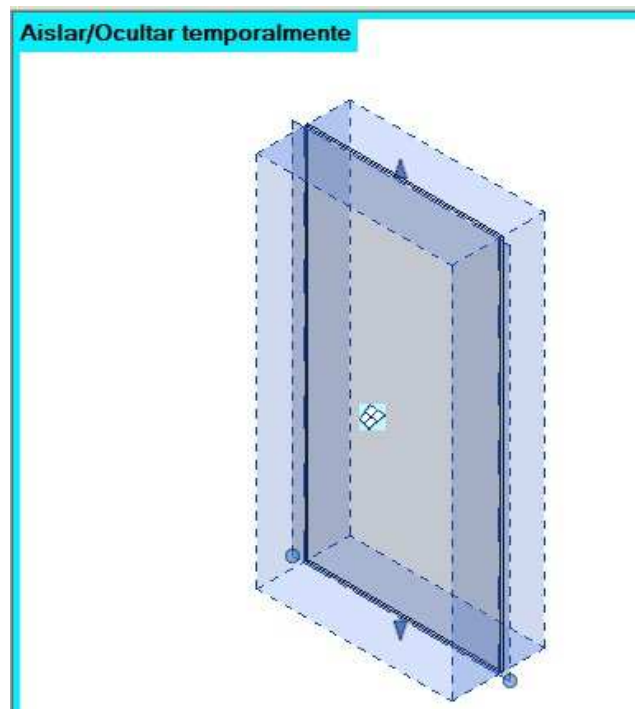


Figura 76. Muro cortina aislado.

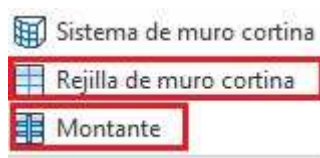


Figura 77. Opción Rejilla y montante de muro cortina.

Una vez insertadas las rejillas y los montantes se muestra el resultado en la figura 78.

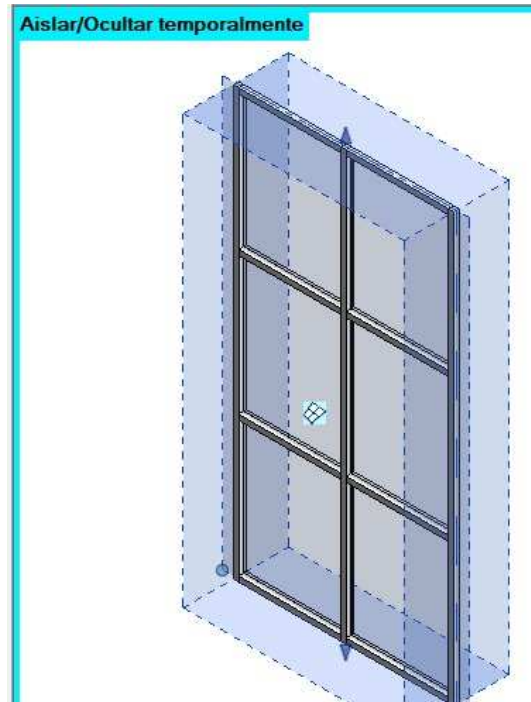


Figura 78. Muro cortina.

Este proceso se realiza para cada muro cortina, los cuales se han creado intentando asemejarse a la construcción real. En la figura 79 se muestra una imagen real y en la figura 80 una imagen del resultado virtual.



Figura 79. Foto entrada de los espectadores al pabellón.

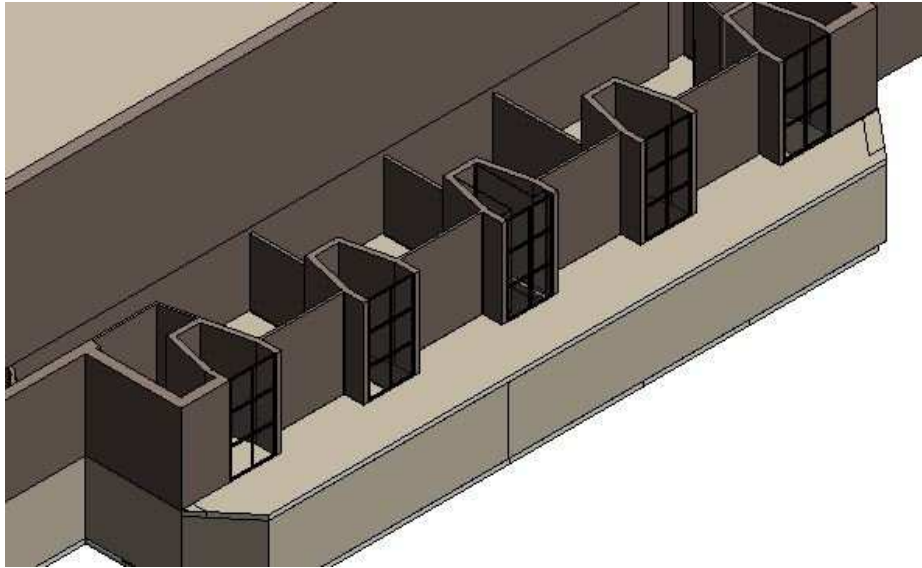


Figura 80. Entrada de los espectadores en Revit.

6.4. Puertas

En la construcción real, objetivo de este TFG, se ha encontrado diferente variedad de puertas con distintas dimensiones las cuales se han medido in situ y tomado capturas de ellas.

Para insertar una puerta hay que situarse en el nivel en la que se encontrará y seleccionar el icono “Puerta” dentro de la pestaña “Arquitectura”.



Figura 81. Icono “Puerta”.

El programa por defecto tiene unas pocas familias cargadas. Como en este caso se requieren tipos de puertas específicas, se debe de cargar su familia, y si es necesario, modificarla para crear una familia nueva.

Se comienza por el tipo de puerta que se encuentra en más cantidad pero con distintas dimensiones de anchura y altura para cada ubicación. Este tipo de puerta se muestra en la figura 82.



Figura 82. Foto pasillo baños planta superior pabellón.

Se debe de cargar una familia la cual se asemeje mucho para tener que realizar las mínimas modificaciones. Para cargar una familia se sigue el mismo procedimiento explicado en el punto 5.1. En este caso, se seleccionará la carpeta “Puertas” dentro de la biblioteca que proporciona Revit y se elige este tipo de puerta.

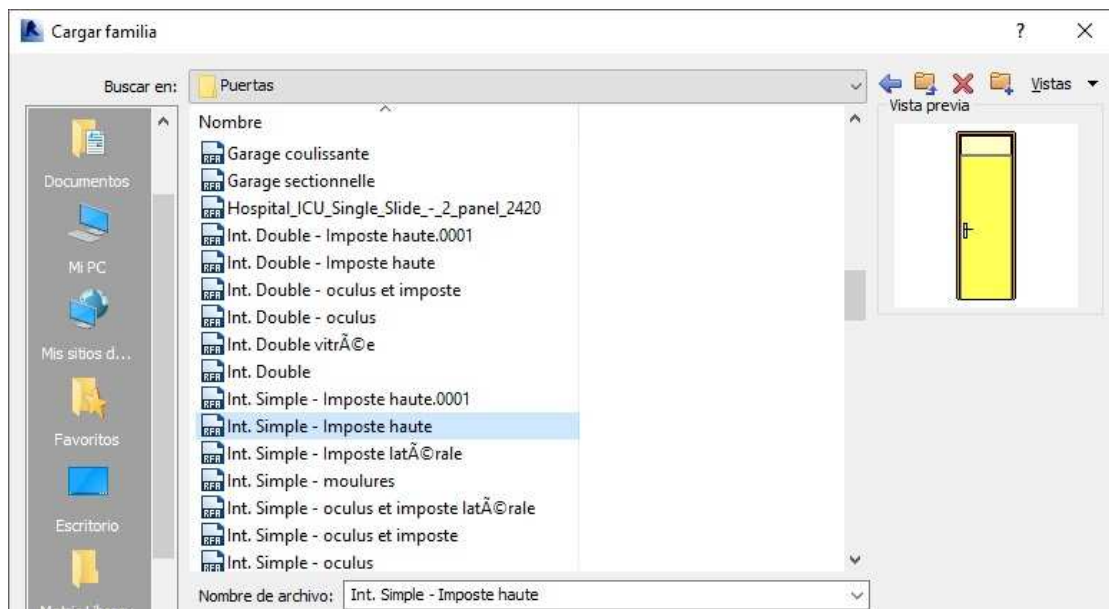


Figura 83. Ubicación carpeta de Puertas.

Al cargar la familia, se crean las diferentes puertas dentro de esta familia acuerdo a las dimensiones que tienen en cada caso. Esto se realiza siguiendo los pasos del punto 5.1. para duplicar el tipo etc.

Cuando ya se tienen todas las puertas insertadas con sus respectivas dimensiones, se cambió el material para que se parezca más a la realidad. Esto se realiza dentro de la pestaña “Editar tipo” de la ventana de “Propiedades”. Cuando se está en esta pestaña de tipo, dentro del apartado de Materiales y acabados, se inserta el material.

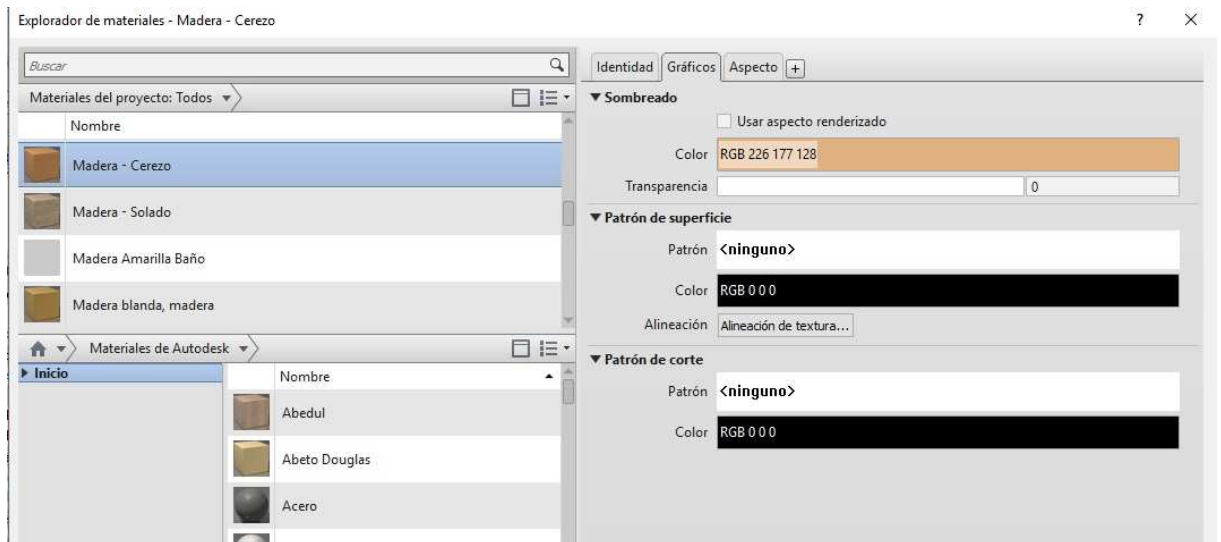


Figura 84. Explorador de materiales.

Por defecto, aparece madera, pero se va a cambiar por madera con pintura verde oscura y verde más claro para que sea igual que la existente en la realidad (figura 85). Al seleccionar el material requerido, se acepta la operación y siguiendo el mismo procedimiento se cambia el material de cada parte de la puerta quedando la ventana de material y acabados como en la figura 86.

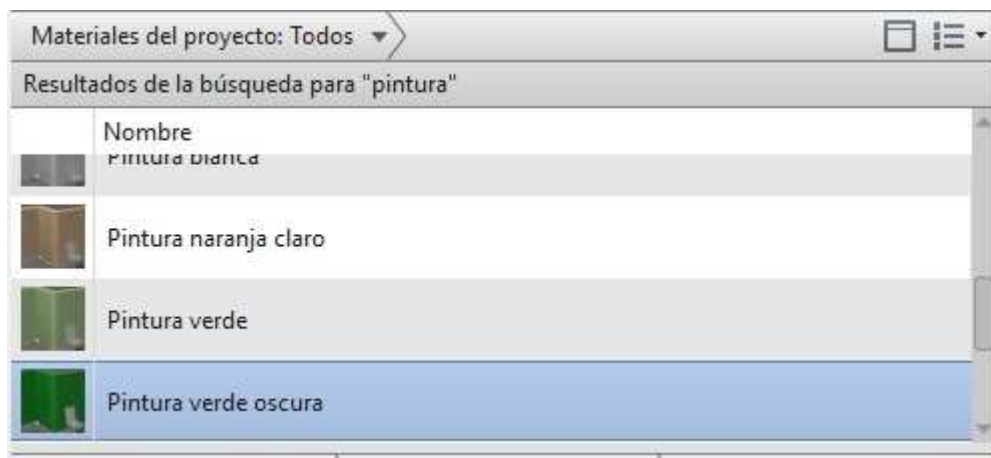


Figura 85. Material de revestimiento de pintura.

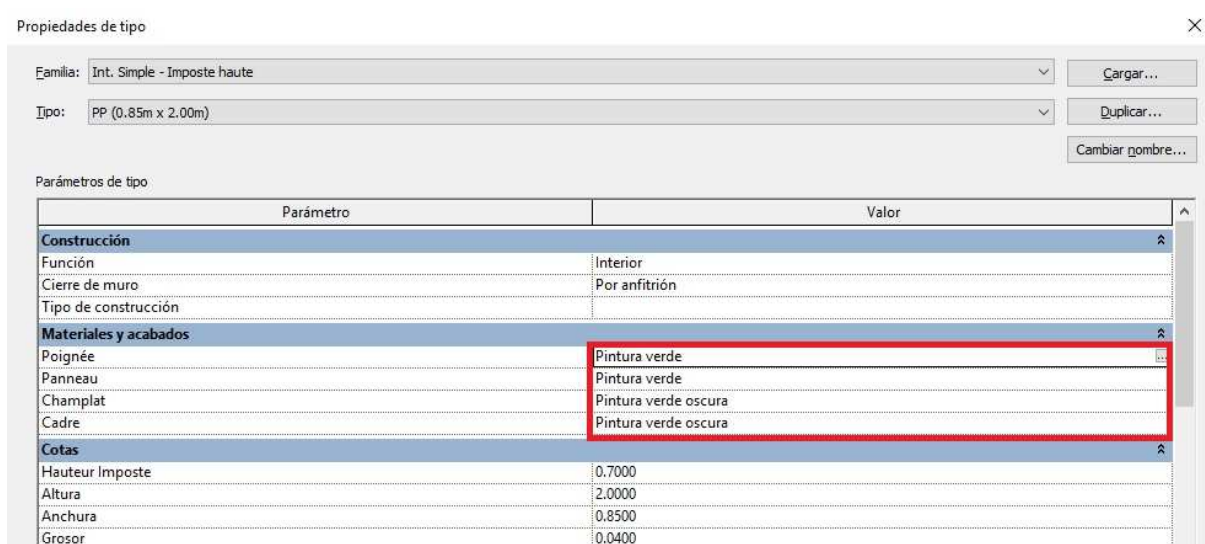


Figura 86. Propiedades de tipo de la puerta.

El resultado final del acabo de la puerta se muestra en la figura 87.

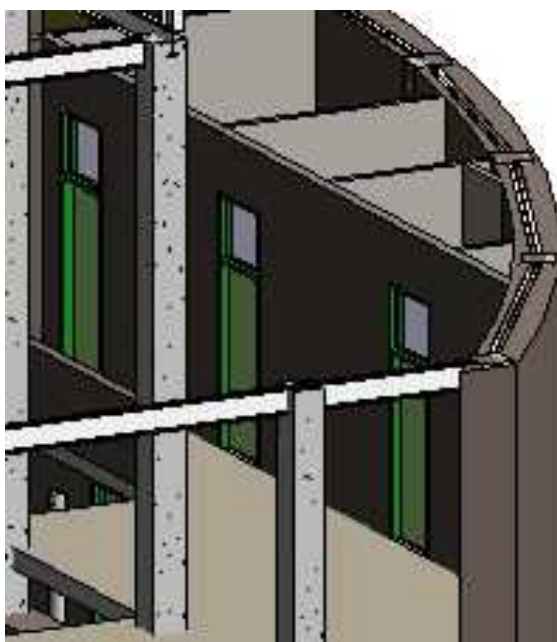


Figura 87. Visualización 3D de la pasillo superior pabellón.

Siguiendo el mismo procedimiento se colocan ahora las puertas dobles de emergencia que se encuentran tanto en la planta baja como en la planta superior. Se carga la familia parecida y ahora en el material se inserta madera con pintura blanca. En las imágenes 88 y 89 se muestra la puerta original y la puerta creada en Revit.



Figura 88. Foto puertas dobles blancas.

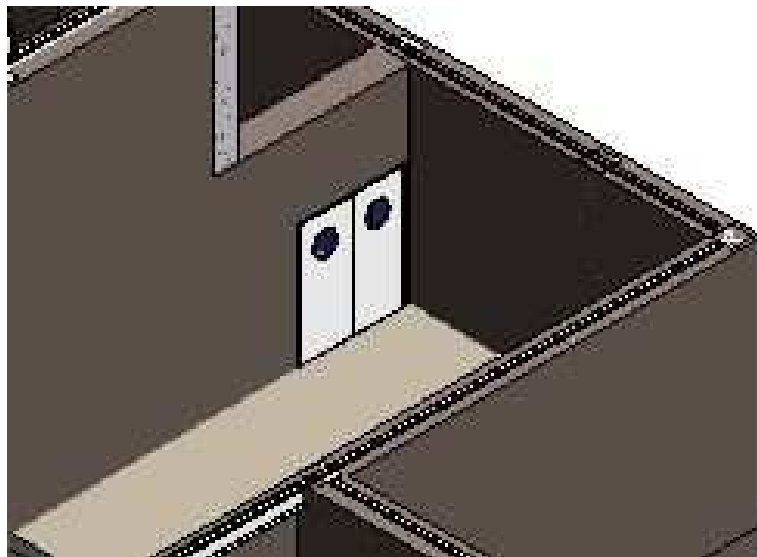


Figura 89. Puertas dobles blancas Revit.

A continuación se crearán las puertas dobles de entrada al pabellón. Se realiza el mismo procedimiento para cargarlas pero en este caso no existe ninguna familia igual, por lo que habrá que editar la familia.

Para ello, se insertan primeramente las puertas en el nivel 1 de entreplanta y al seleccionarla con el cursor, se hace click en el icono “Editar familia”.



Figura 90. Icono “Editar familia”.

Al seleccionar ese icono, Revit aísla la puerta para poder modificar el tamaño de puertas, cristales, marcos etc. Si selecciona cualquier elemento, por ejemplo una puerta, se puede modificar su forma haciendo click en el icono de “Editar extrusión” (figura 91) y aparece la puerta con líneas de color rosa para poder editar (figura 92).



Figura 91. Icono “Editar extrusión”.

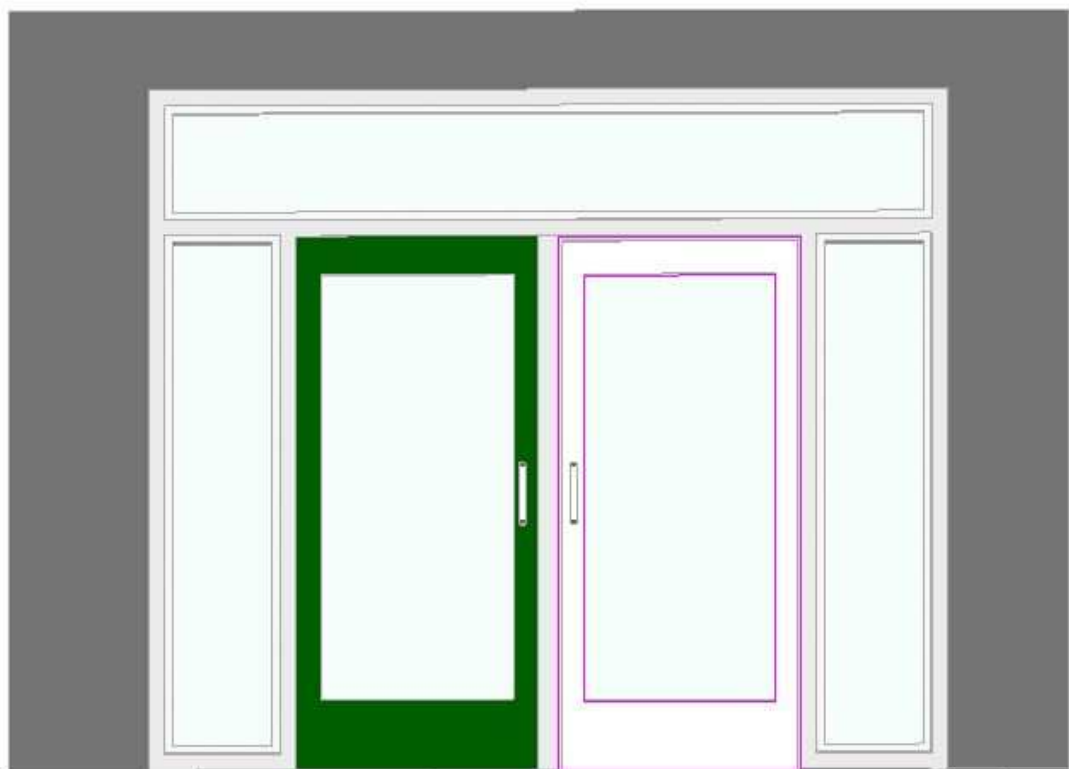


Figura 92. Edición de puertas de entrada.

Finalmente, cuando ya se ha modificado todo, se hace click en “Cargar en proyecto” y se guarda con otro nombre.



Figura 93. Icono “Cargar en proyecto”.

El resultado obtenido, que se muestra en la figura 94, es muy parecido a las puertas de la realidad.

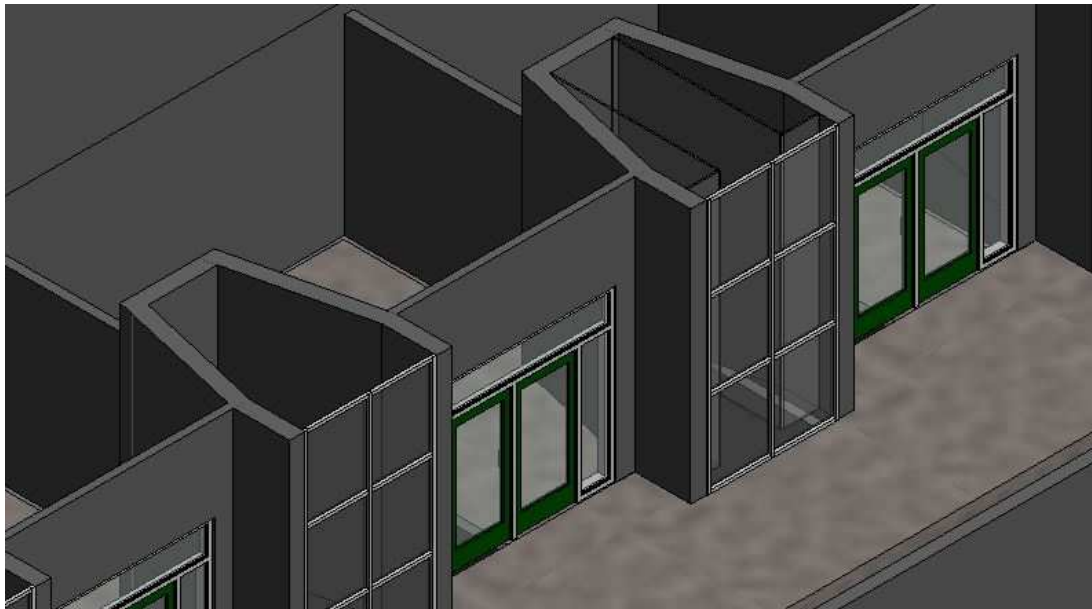


Figura 94. Visualización 3D de la entrada al pabellón en Revit.

Siguiendo todos los pasos explicados en el este apartado, se crean y colocan las demás puertas de los baños, puertas laterales y entrada. En las figuras 95 y 96 se muestran los resultados finales.

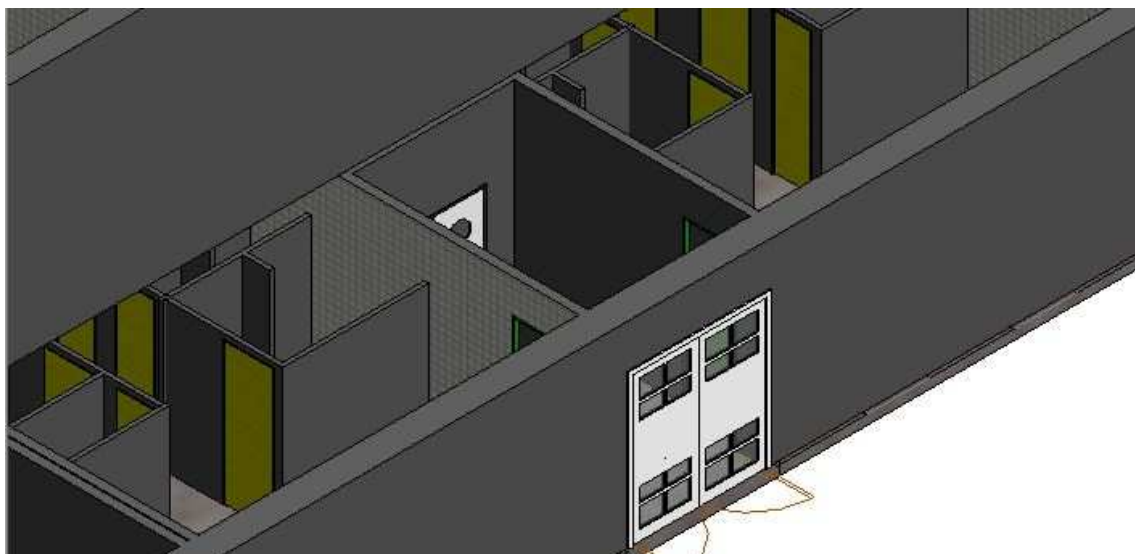


Figura 95. Puerta lateral y puertas baños.



Figura 96. Puerta de cristal entrada a planta inferior.

6.5. Ventanas

En este apartado se explica cómo se han instalado las ventanas en el proyecto. El procedimiento a seguir es el mismo que para insertar las puertas, pero esta vez se selecciona el icono de “Ventana” situado en la pestaña “Arquitectura”.



Figura 97. Icono “Ventana”.

Al realizar la toma de datos in situ, se encuentra con que existen diferentes tipos de ventanas instaladas en el pabellón. Al igual que con las puertas, se carga la familia correspondiente, esta vez dentro de la carpeta “Ventanas”, y se deben de modificar para crearlas con las mismas dimensiones y forma existente en la realidad.

Una vez realizado el trabajo de crear las familias y colocarlas con sus dimensiones tanto en el interior y exterior del pabellón, se procede a insertarle el material correspondiente. La mayoría de los tipos están formadas por cristal y marco de aluminio blanco en el exterior y verde en el interior.

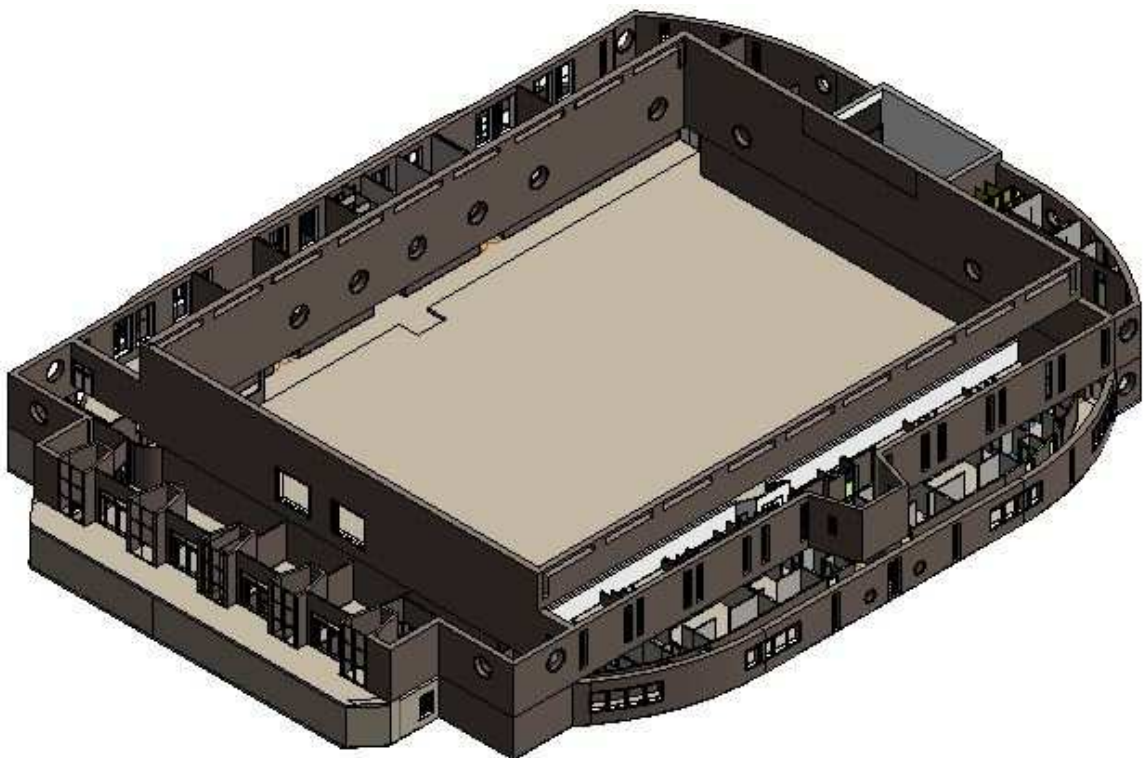


Figura 98. Visualización 3D de las ventanas del pabellón.

En las figuras de la 99 a la 102 se muestra una comparativa de las ventanas existentes en la construcción real con las creadas en este proyecto.



Figura 99. Parte lateral del pabellón.

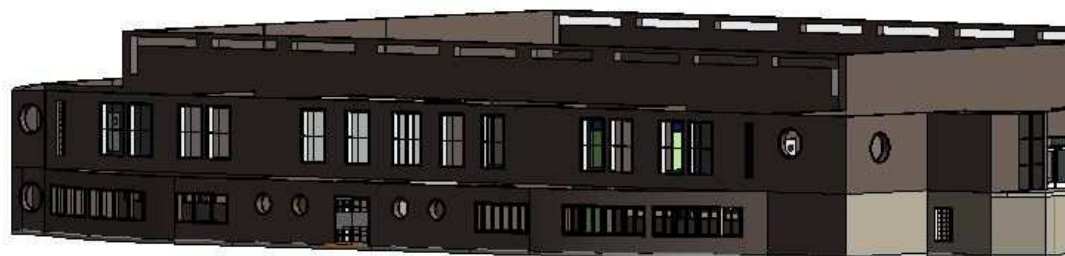


Figura 100. Parte lateral del pabellón en Revit.



Figura 101. Entrada a la planta inferior del pabellón.

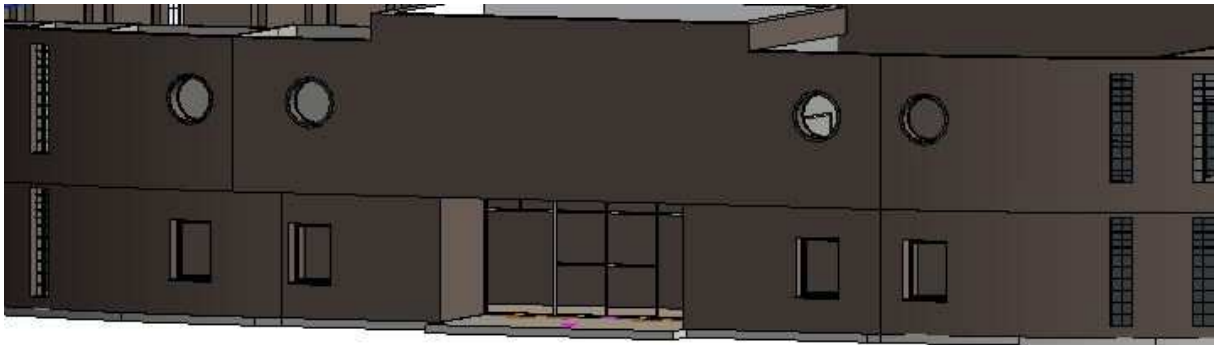


Figura 102. Entrada a la planta inferior del pabellón en Revit.

6.6. Escaleras

En este apartado se explica la manera de crear escaleras y rampas. El pabellón cuenta con seis escaleras y cuatro rampas. Cuatro escaleras, una por cada esquina del pabellón, para acceder a la planta baja y otras dos para acceder a las puertas de entrada, una por cada entrada. Las rampas están situadas una en la entrada al pabellón por la planta baja, para acceso de minúsválidos, dos rampas en la entrada principal, en la entreplanta, para acceder al nivel de oficinas y gradas y la última en la entrada a la pista.

Para crear las escaleras se selecciona la opción “Escalera por boceto” dentro del icono “Escalera”.

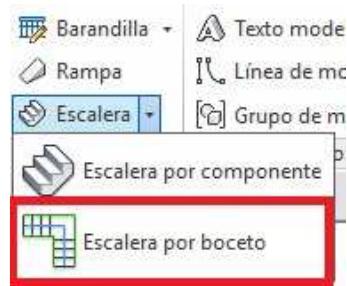


Figura 103. Icono “Escalera por boceto”.

Se abre una pestaña nueva en la cual primeramente hay que seleccionar el icono “Contorno” (líneas verdes) para indicar los límites de anchura que tendrá. A continuación se selecciona el icono de “Contrahuella” (líneas negras) para dibujar el espacio que habrá entre peldaño y peldaño y también si existe descansillo.



Figura 104. Iconos Contorno y Contrahuella.

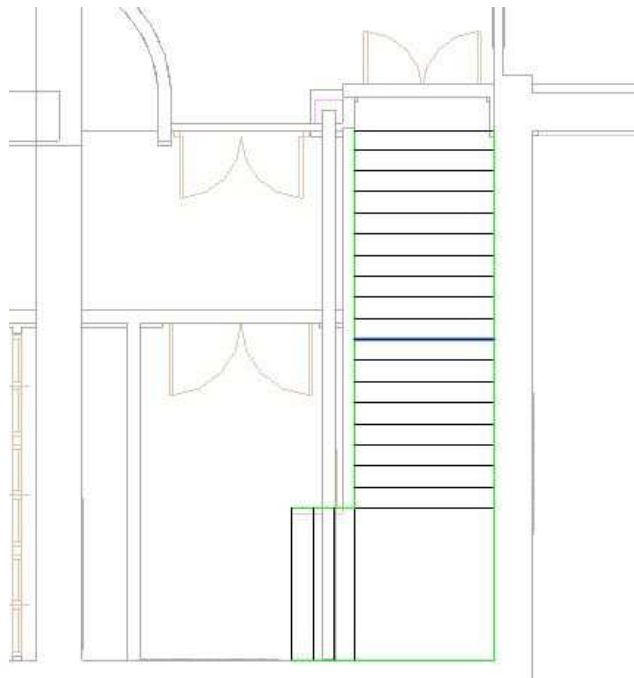


Figura 105. Contorno y peldaños de la escalera.

Por último, en la ventana de “Propiedades” se eligen las restricciones de altura que tendrá y se elige el material de la huella y contrahuella.

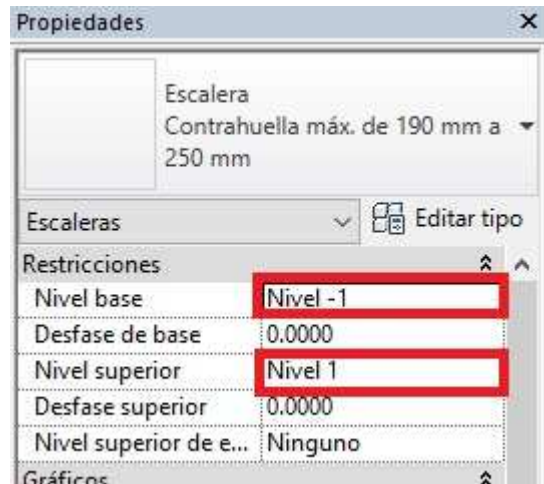


Figura 106. Ventana propiedades de la escalera.

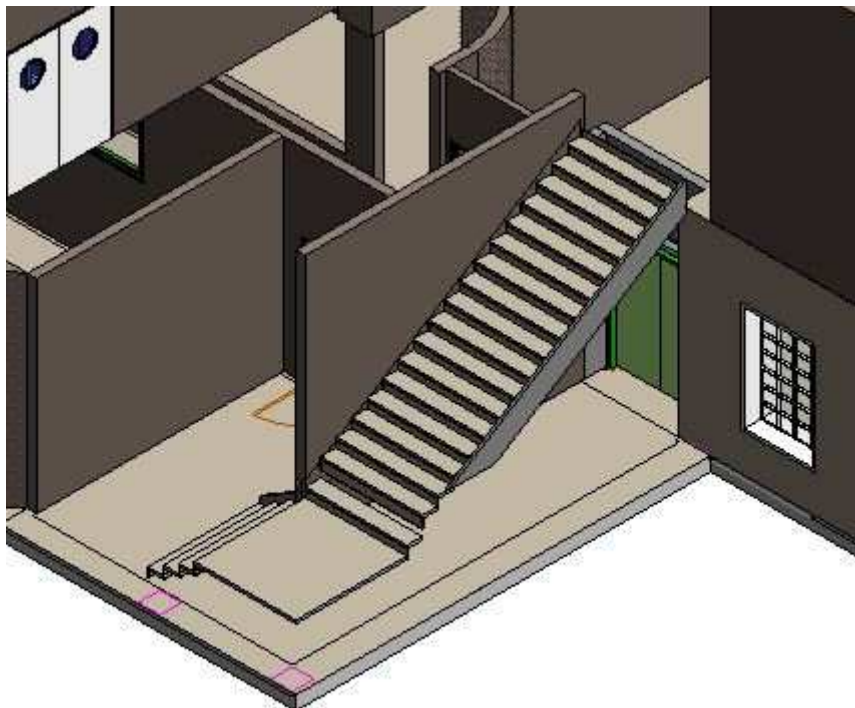


Figura 107. Visualización 3D escalera acceso a planta inferior (I).

Se sigue este procedimiento para crear todas las escaleras. En la siguientes figuras se muestra el resultado de las restantes escaleras creadas.

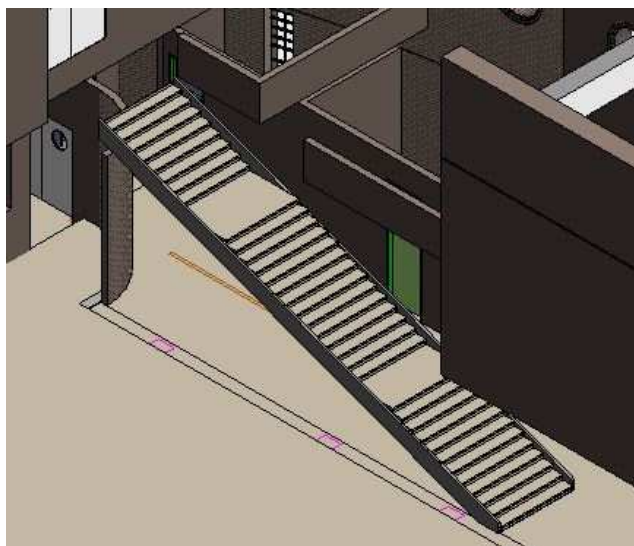


Figura 108. Visualización 3D escalera acceso planta inferior (II).

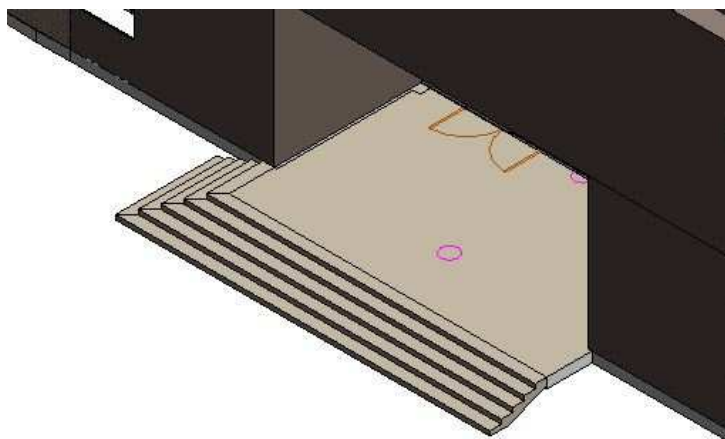


Figura 109. Escalera entrada a la planta inferior del pabellón.

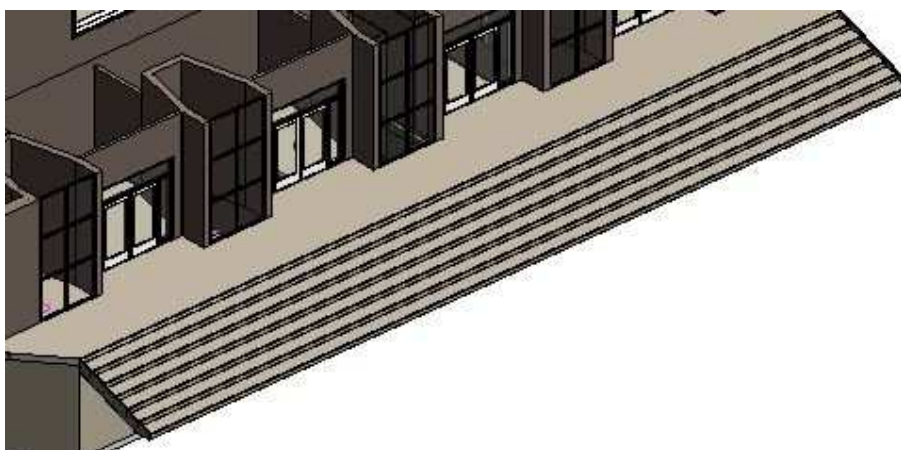


Figura 110. Escalera entrada a la entreplanta del pabellón.

6.7. Rampas

El procedimiento para crear las rampas es igual que para las escaleras pero esta vez se debe de elegir el icono de Rampa.



Figura 111. Icono “Rampa”.

Se dibujan el contorno y dos líneas de contrahuella, una para el inicio de la rampa y otra para el fin seleccionando los iconos “Contorno” y seguidamente “Contrahuella”.

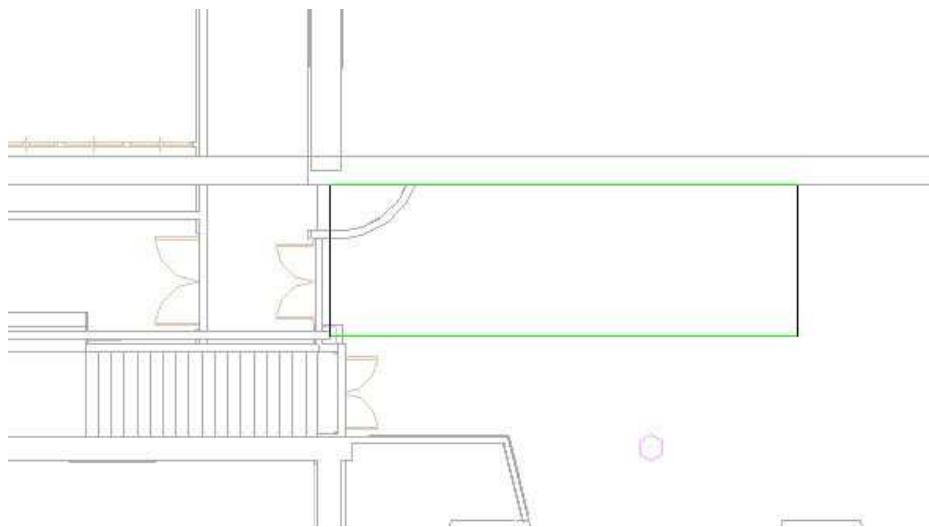


Figura 112. Contorno rampa.

En este caso, la rampa va desde el nivel de entre planta (nivel 1) hasta el nivel de oficinas y gradas (nivel 2). Esto se tiene que indicar en la ventana de propiedades.



Figura 113. Ventana “Propiedades” de la rampa.

A continuación, a diferencia de las escaleras, en la pestaña de Editar tipo se debe de indicar la longitud máxima de inclinación y la pendiente que tendrá la rampa que se puede calcular sencillamente con las nociones básicas de ecuaciones lineales. En este caso, para la rampa de acceso a gradas y oficina, estas son sus propiedades.

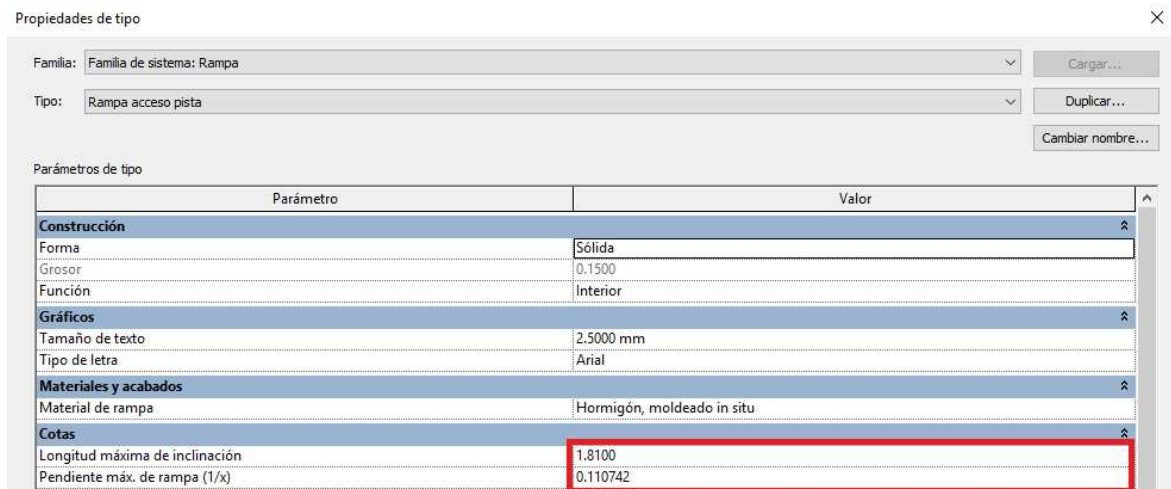


Figura 114. Ventana “Propiedades tipo” de la rampa.

En la figura 115 se muestra el resultado en 3D de la rampa finalizada.



Figura 115. Visualización 3D de la rampa acceso a oficinas.

Para finalizar este apartado, se muestran las demás rampas creadas de la misma manera que se ha explicado.

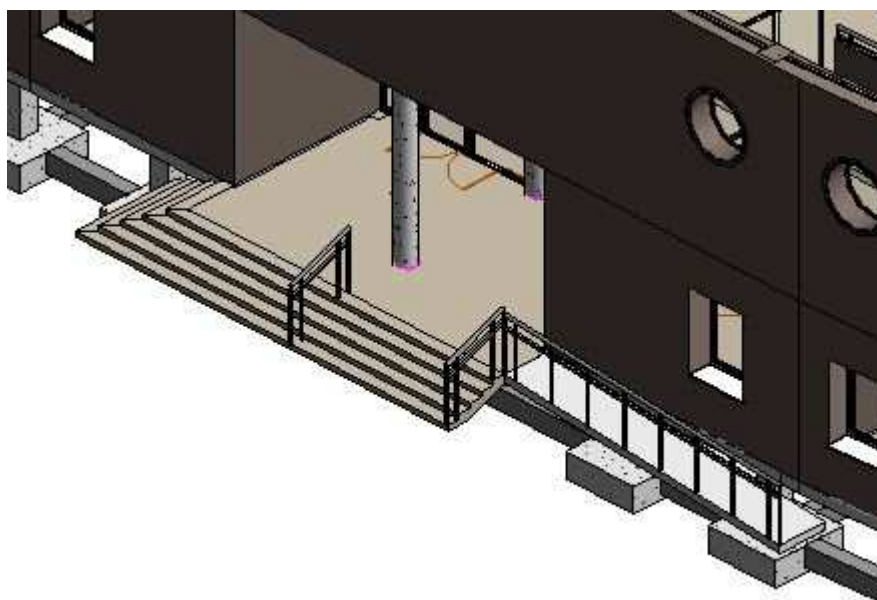


Figura 116. Visualización 3D rampa acceso minusválidos.

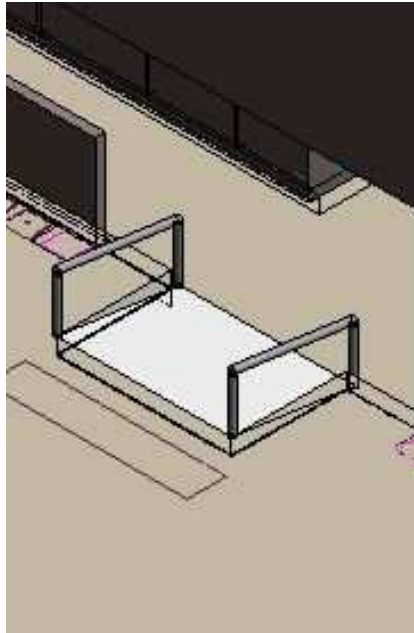


Figura 117. Visualización 3D rampa acceso pista.

6.8. Cubierta

Para continuar, se colocan las cubiertas de la edificación. Consta de seis cubiertas: dos en los laterales del pabellón, siendo el techo de la planta baja, una siendo el techo de la planta superior, otra como techo de la pista de squash y dos para la pista central, una como falso techo, para no visualizar las cerchas, y otra como tejado.

Para crear una cubierta, en este proyecto se ha creado de dos maneras diferentes, una dibujando el contorno de ésta en planta (icono “Cubierta por perímetro”) y otra dibujando el perfil y extruyendo (icono “Cubierta por extrusión”).

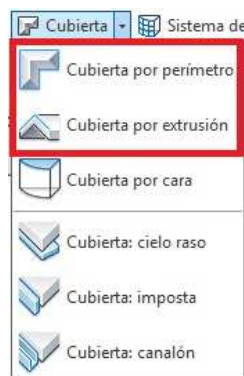


Figura 118. Icono “Cubierta”.

Un ejemplo de “Cubierta por extrusión” es la cubierta de la planta superior. Al seleccionar esa opción, se debe de dibujar el contorno y quitar el tick en el cuadro que pone Pendiente para que la cubierta sea totalmente plana.

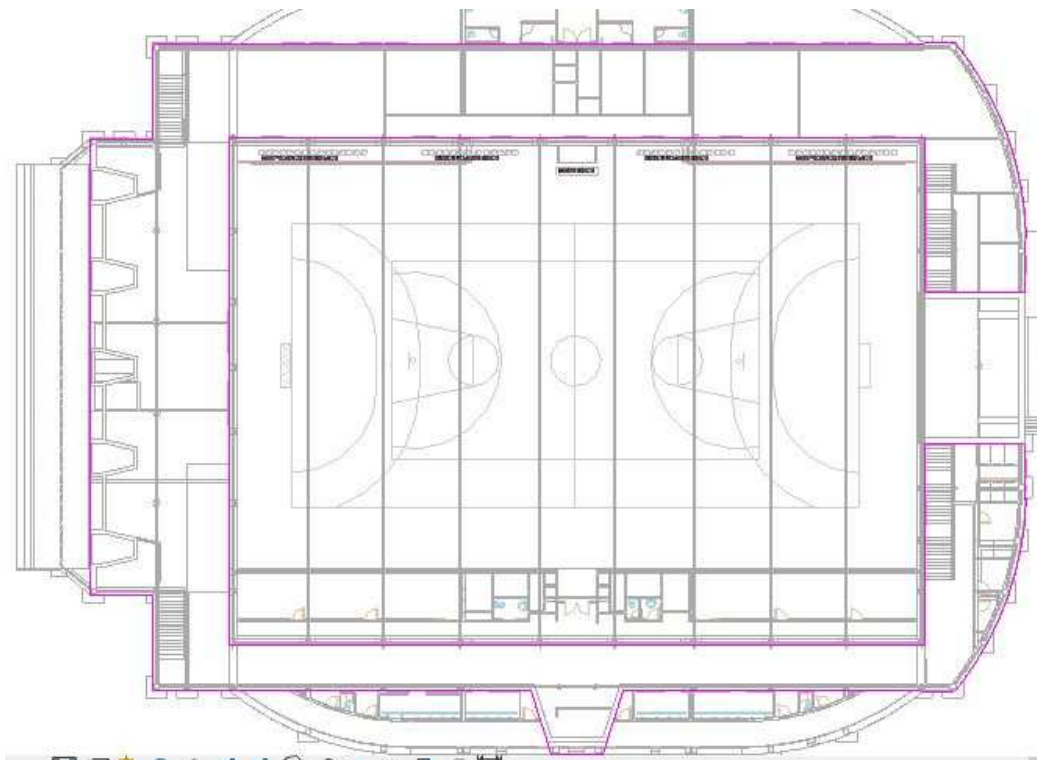


Figura 119. Contorno cubierta planta superior.

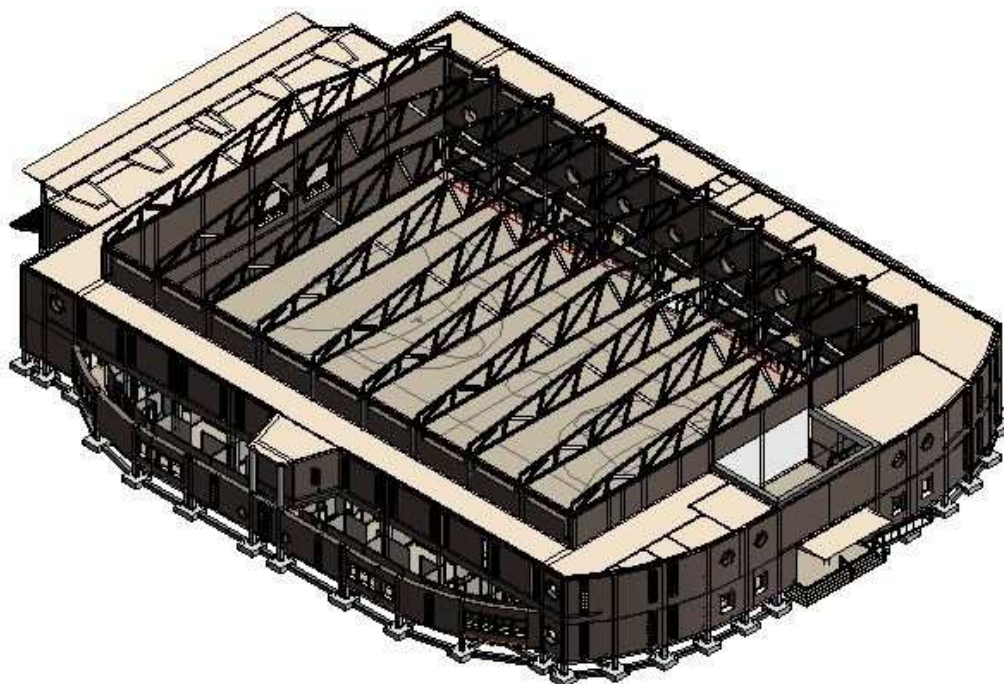


Figura 120. Visualización 3D cubierta planta superior.

Con el mismo procedimiento se crean las dos cubiertas laterales y la de la pista de squash.

Para crear la cubierta falso techo y el tejado, se realizan con la opción “Cubierta por extrusión” (figura 118). A continuación Revit pide un plano o una rejilla para realizar la extrusión. Se selecciona y se dibuja el perfil que se quiere desde un plano de alzado.

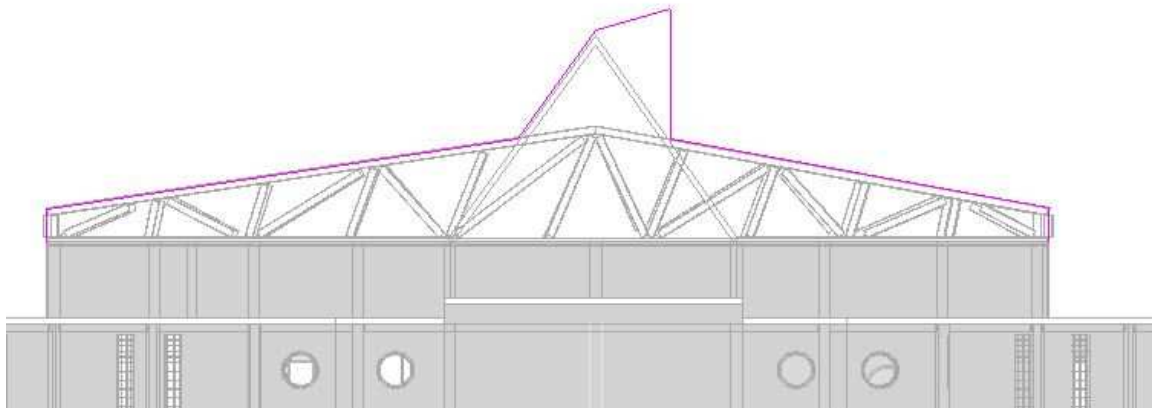


Figura 121. Contorno perfil de la cubierta.

Por último, en la ventana de propiedades se indica la longitud de esa extrusión y el material y queda finalizada la cubierta. El material insertado es contrachapado con revestimiento de pintura color álamo.

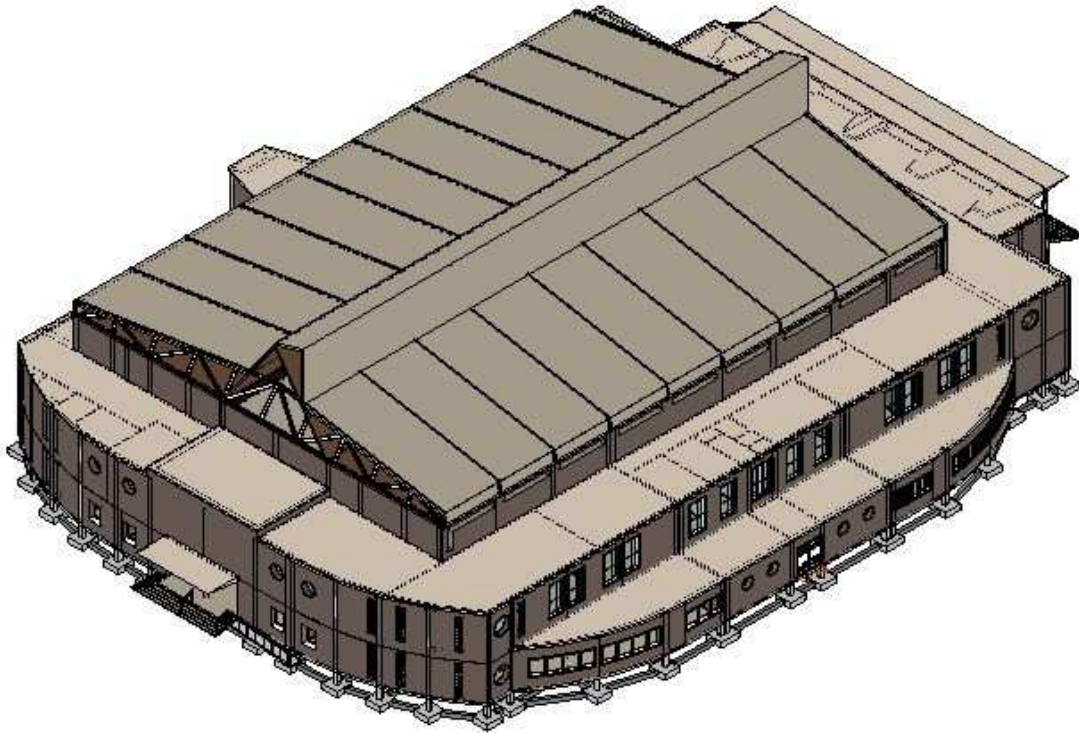


Figura 122. Visualización 3D de las cubiertas.

6.9. Gradas

Las gradas para los espectadores se crean desde el icono “Componente” dentro de “Arquitectura”, pero como no es ningún componente que se encuentre dentro de las familias de la biblioteca que proporciona Revit, se debe de crear realizando extrusiones (figura 124) seleccionando la opción “Modelar in situ” (figura 123) y a cada peldaño darle la altura correspondiente (imágenes 125 y 126).

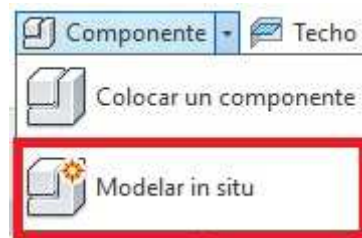


Figura 123. Icono “Modelar in situ”.

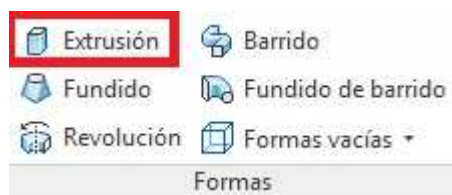


Figura 124. Icono “Extrusión”.

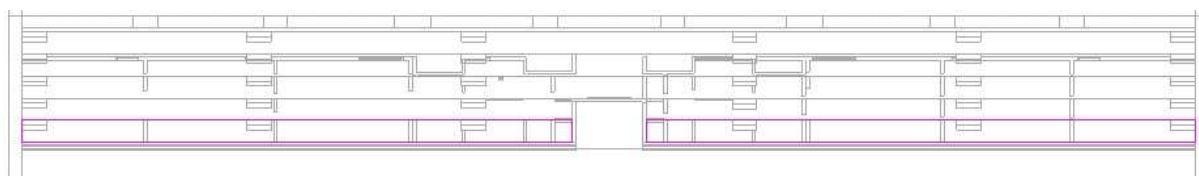


Figura 125. Contorno primer peldaño gradas.

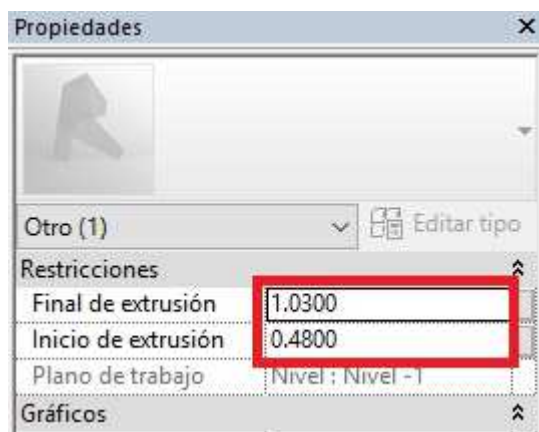


Figura 126. Ventana “Propiedades” de la grada.

Realizando este paso por cada peldaño que tiene la grada y modificando su altura, obtenemos el resultado final, tanto para las gradas de los espectadores, como para los de los jugadores, mostrado en las figuras 127 y 128 respectivamente.

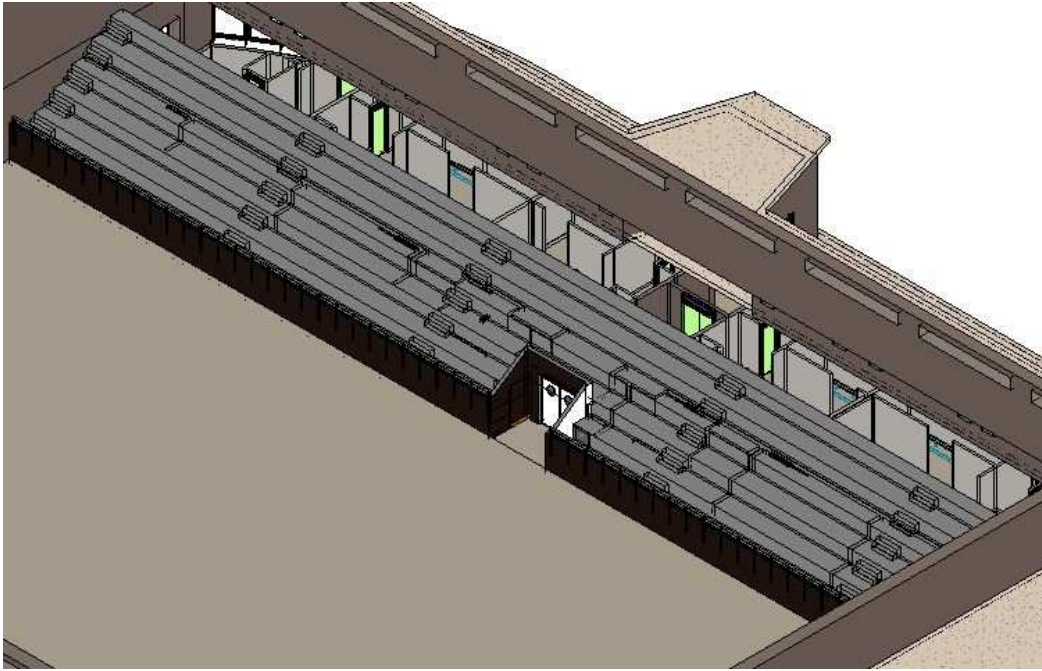


Figura 127. Visualización 3D de las gradas para espectadores.

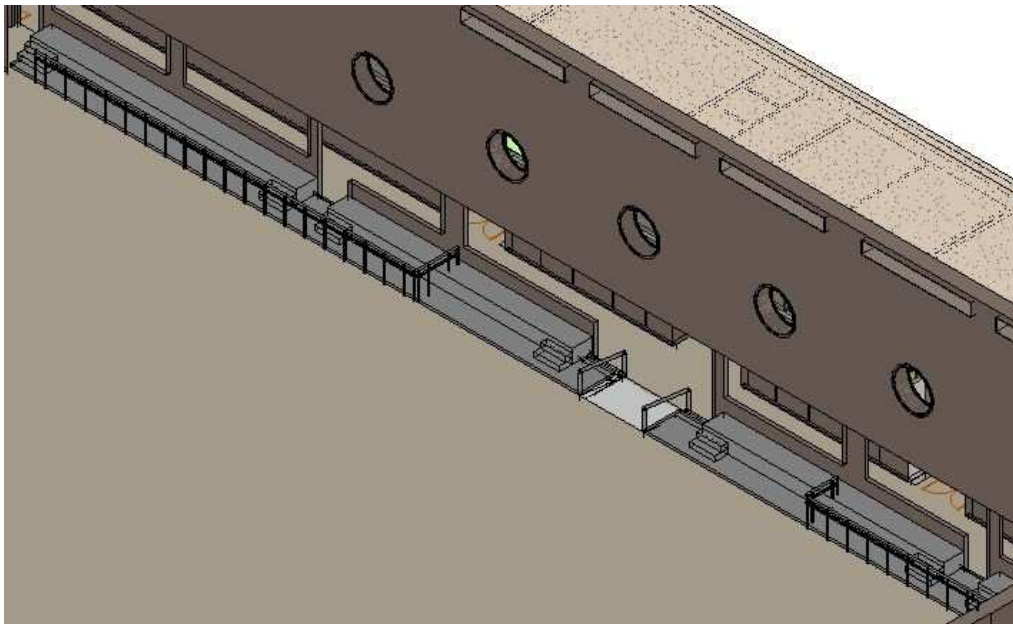


Figura 128. Visualización 3D de las gradas para los jugadores.

6.10. Materiales

Aunque algunos materiales ya han sido insertados en componentes como las puertas, ventanas, cubiertas, falta por insertar los materiales de muros y suelos que es lo que más trabajo conlleva ya que, dentro de la gran variedad de muros que hay

colocados, algunos llevan revestimientos diferentes como por ejemplo los del interior del baño y los de la pista de squash.

Para comenzar, se selecciona el muro y en la ventana de propiedades, se hace click en la pestaña de “Editar tipo”. Dentro de esta pestaña, se hace click en “Editar estructura” y se busca el material que se requiera. La mayoría de muros son de ladrillo, así que se buscó ese material.

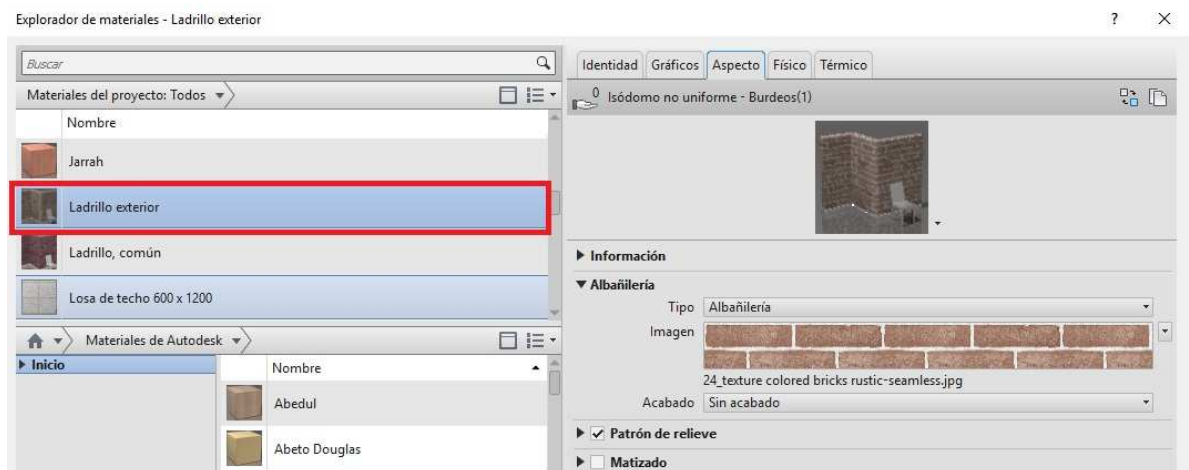


Figura 129. Ventana de materiales para muro.

Este proceso se realiza cambiándole el material a todos los subtipos con diferentes grosores. Los muros del baño tienen un azulejo blanco en el interior y por el exterior ladrillo, con lo cual hay que añadirle capas de revestimiento con el icono “Insertar” y seleccionar el material adecuado.

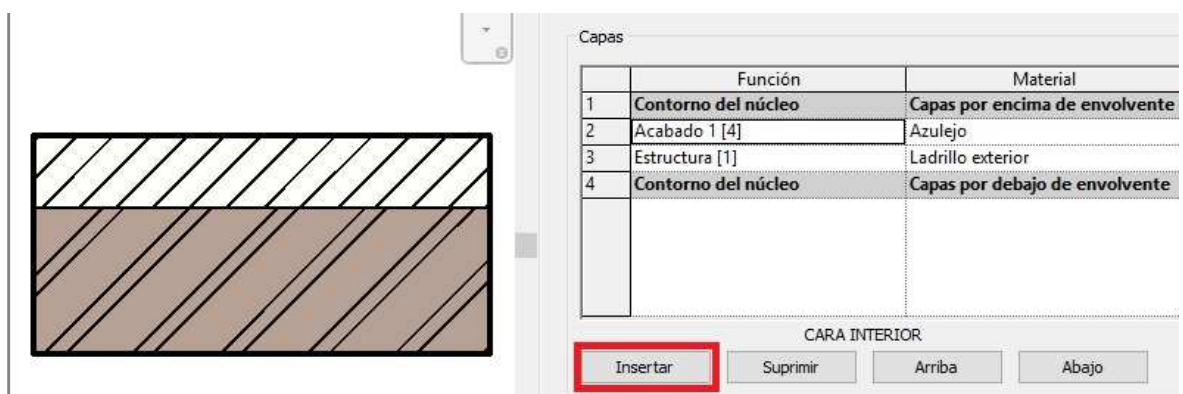


Figura 130. Ventana “Estructura” del muro.



Figura 131. Visualización 3D muros baño.

Para el suelo se elige un material de mármol excepto para el suelo de la pista central y el de la pista de squash, que será uno de goma naranja y otro de madera.

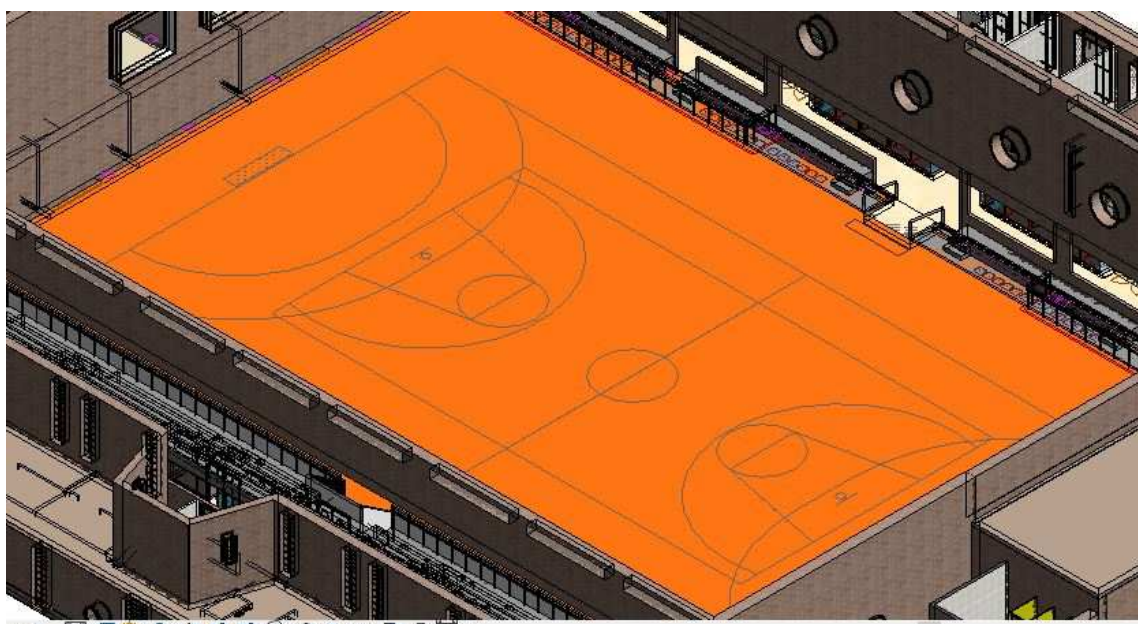


Figura 132. Visualización 3D suelo de la pista.

6.11. Componentes

Una vez insertados los materiales, como último paso se insertan los componentes ya creados de las familias Revit como aparatos sanitarios (WC, lavabos, duchas), asientos de las gradas, asientos de vestuario y porterías. Para ello se selecciona el icono “Colocar componente” dentro de la pestaña “Arquitectura”.

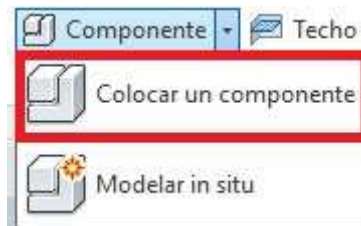


Figura 133. Icono “Colocar un componente”.

Se comienza insertando los wc, lavabos y duchas de todos los baños tanto de la planta baja como de la superior. Para ello, hay que situarse en el plano en el cual se vaya a insertar y seleccionar el icono “Cargar familia”. Se busca el tipo de wc, lavabo y ducha parecido a los de la realidad. Estos se encuentran dentro de la carpeta “Fontanería” y a continuación “Instalaciones”.

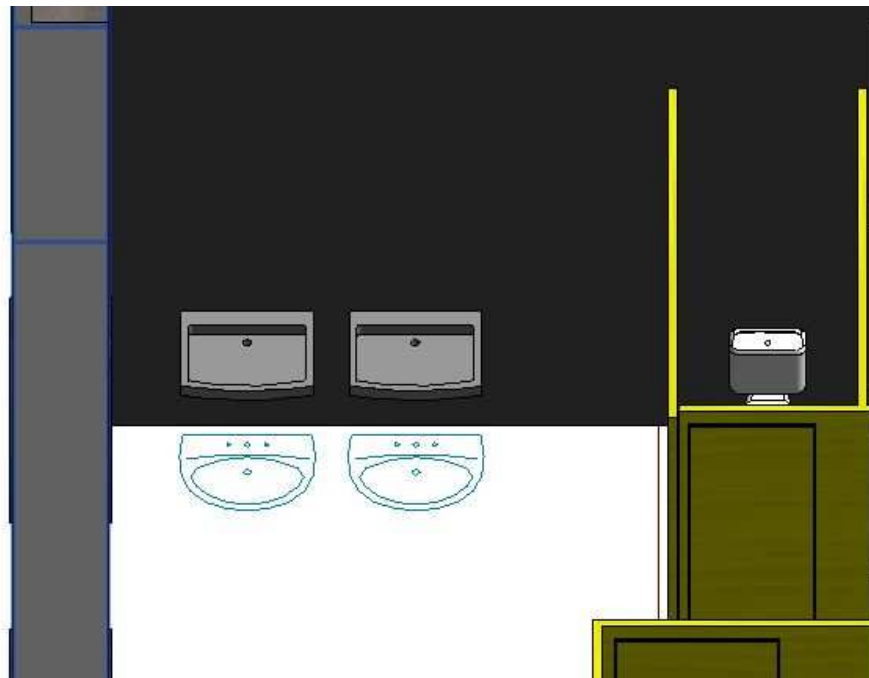


Figura 134. Visualización 3D lavabos y WC.

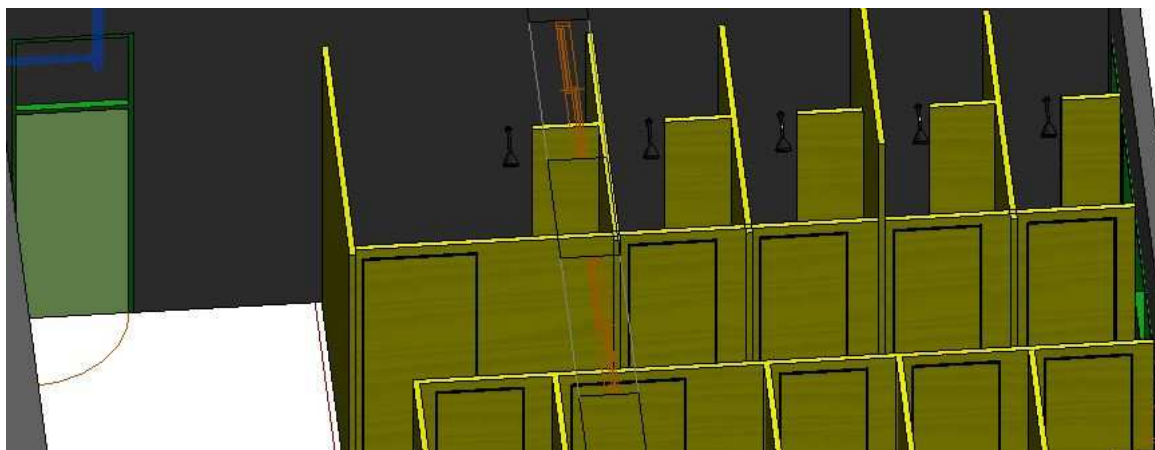


Figura 135. Visualización 3D duchas.

Para la colocación de los asientos de vestuario y de gradas se ha seguido el mismo procedimiento además de tener que cambiarle las dimensiones en la pestaña de Editar tipo.

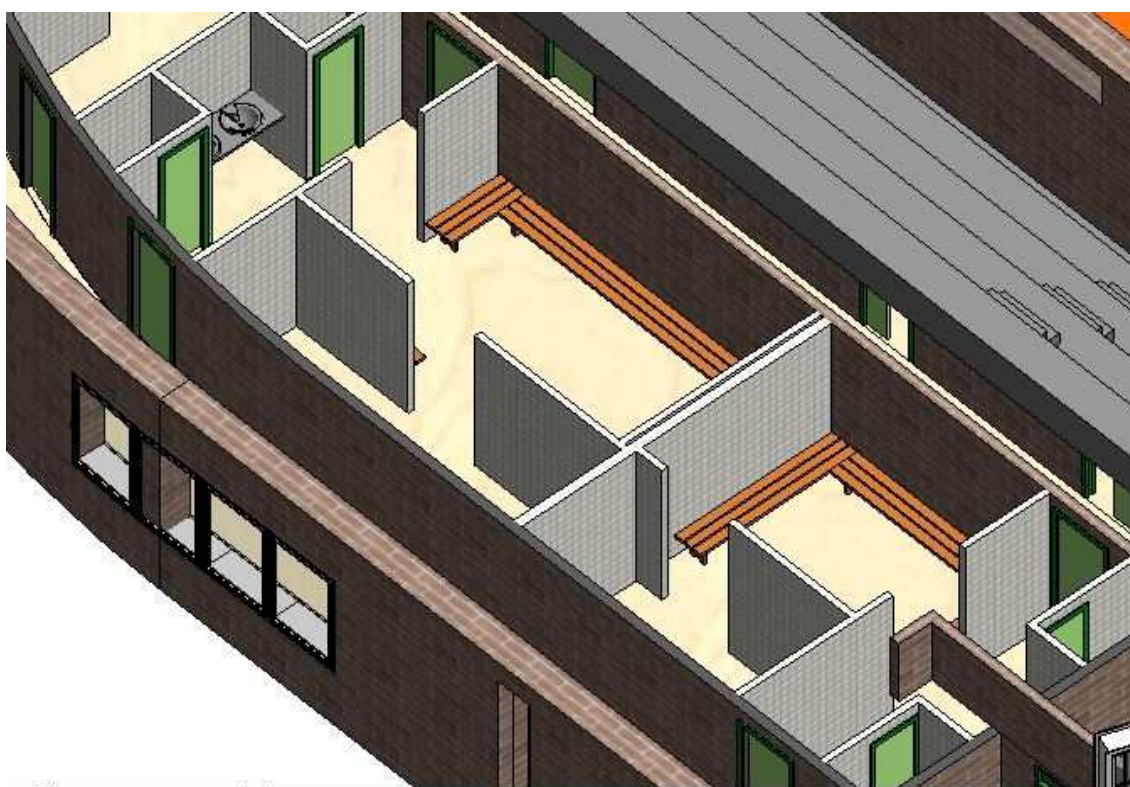


Figura 136. Visualización 3D asientos vestuarios.

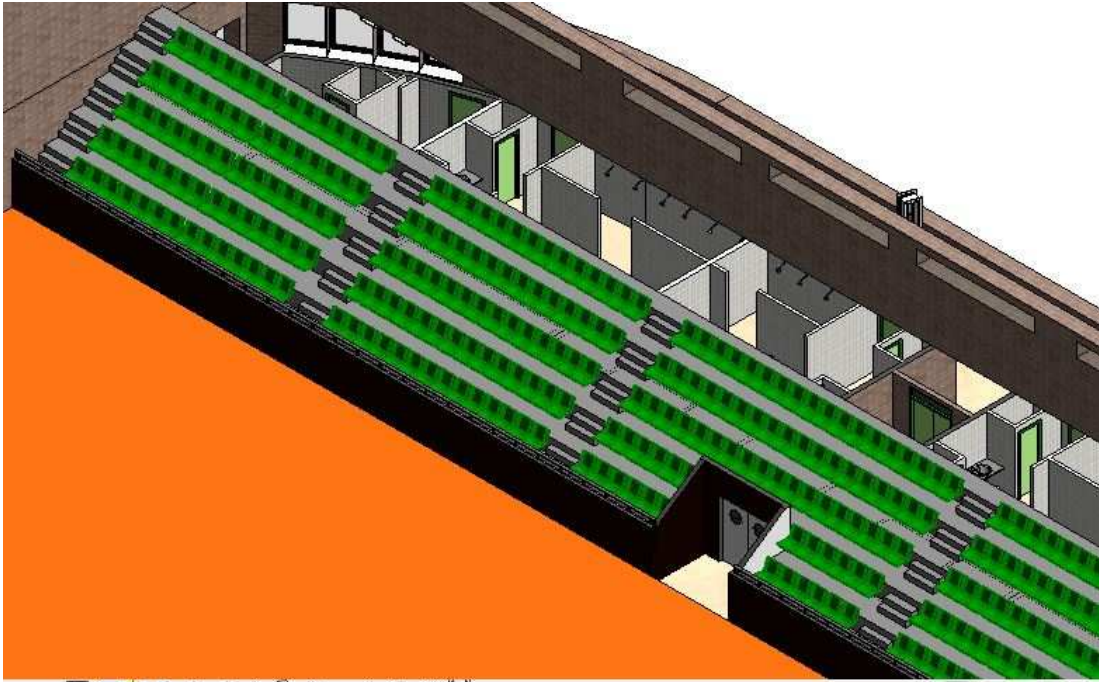


Figura 137. Visualización 3D asientos espectadores.

A continuación, se crean las líneas de la pista como una extrusión del contorno, y por último, se añaden las porterías.

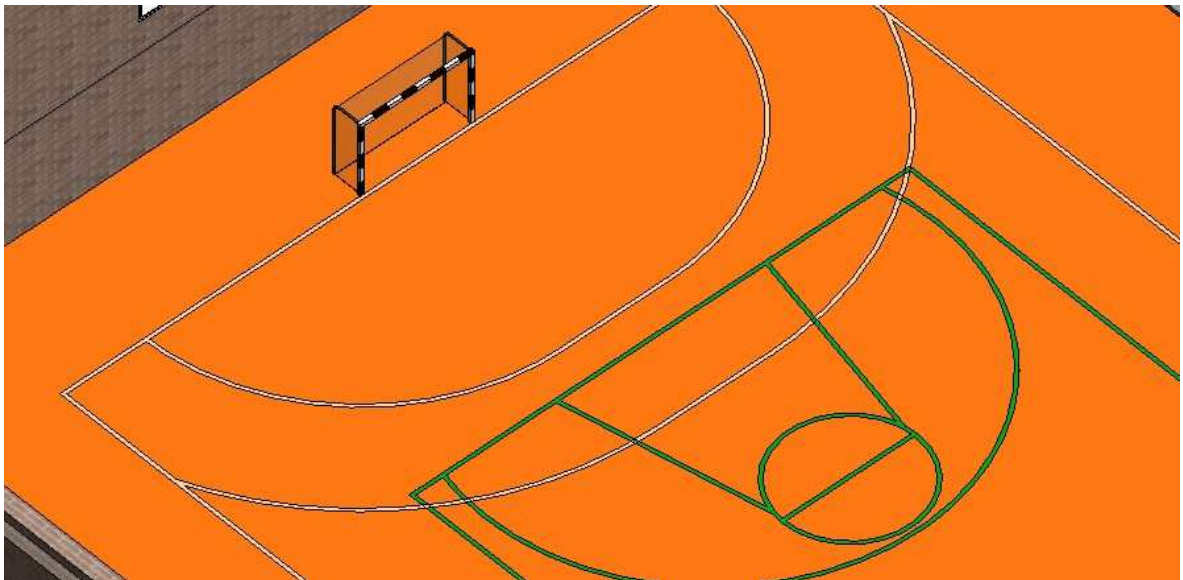


Figura 138. Visualización 3D portería y líneas de pista.

Cabe destacar que algunos de los componentes insertados como porterías o asientos de las gradas no se encuentran en la biblioteca de Revit y se han tenido que descargar externamente de una página web dedicada a diseñar componentes de Revit [11].

Para finalizar, se quiere informar de que se pueden insertar muchísimos más componentes como bicicletas para la sala de spinning, canastas de baloncesto, redes, etc, pero sólo sería como función estética.

6.12. Etiquetado de habitaciones

Las etiquetas resultan fundamentales para identificar los objetos que componen un proyecto. Una de ellas son las etiquetas que se utilizan para distinguir una habitación.

Primero se crearon las habitaciones, para ello, se selecciona el icono “Habitación” que está dentro de la pestaña “Arquitectura”.

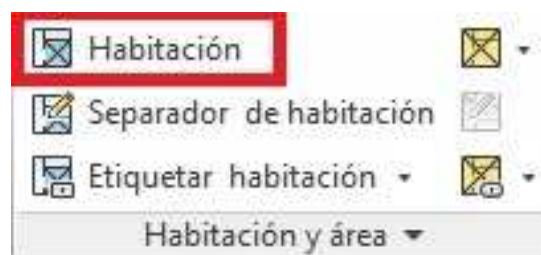


Figura 139. Icono "Habitación".

Al seleccionar ese icono, se abre una pestaña en la que existen diversos modos para crear la habitación (Figura 140), en este caso se seleccionó “Etiquetar al colocar”, donde Revit reconoce la habitación pasando el cursor por encima. También se pueden colocar todas las habitaciones automáticamente en el icono “Colocar habitaciones automáticamente”, que se muestra en la figura 140.



Figura 140. Iconos creación de habitaciones.

Después de crear la habitación, se modificó el nombre de ésta. Además de aparecer el nombre de cada habitación, también aparece el área, información que se puede modificar desde la edición de la familia Etiquetado de habitación.

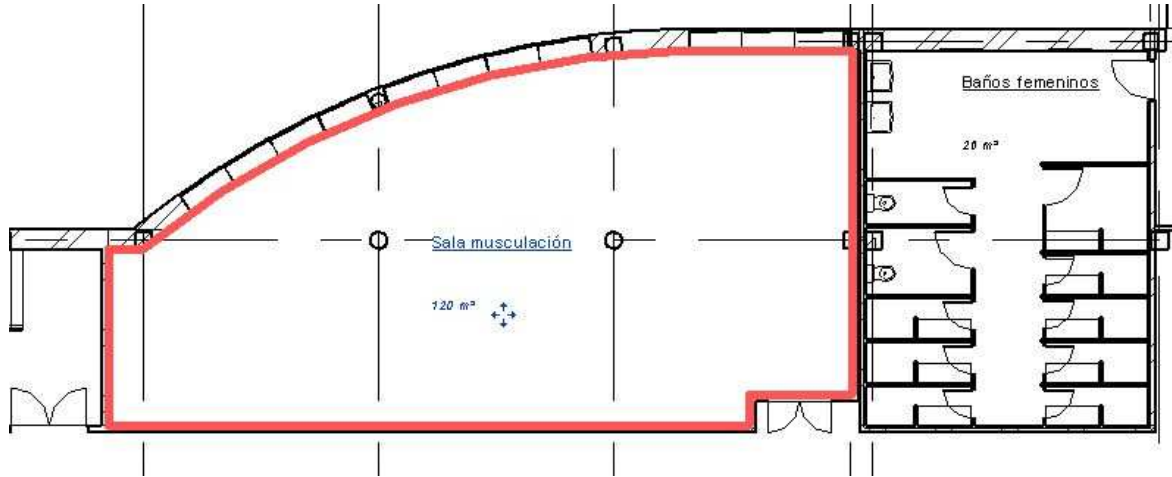


Figura 141. Habitaciones creadas.

Este etiquetado es una función que se utiliza mucho a la hora de la creación de planos. De la misma manera se pueden etiquetar puertas, pilares y todo lo necesario para crear un plano 2D con más información.

6.13. Modelo arquitectónico instalaciones exteriores

Siguiendo los mismos pasos que para el pabellón, empezando desde los cerramientos hasta los componentes, se realiza el modelo arquitectónico de las instalaciones exteriores, en las cuales se encuentran dos edificios de dos plantas para los baños, unas gradas para los espectadores, un campo de rugby y fútbol, tres pistas de pádel y una tenis.

A continuación se muestran imágenes en visualización 3D donde se puede observar el mismo progreso que en el punto 6.2. hasta obtener el resultado final.

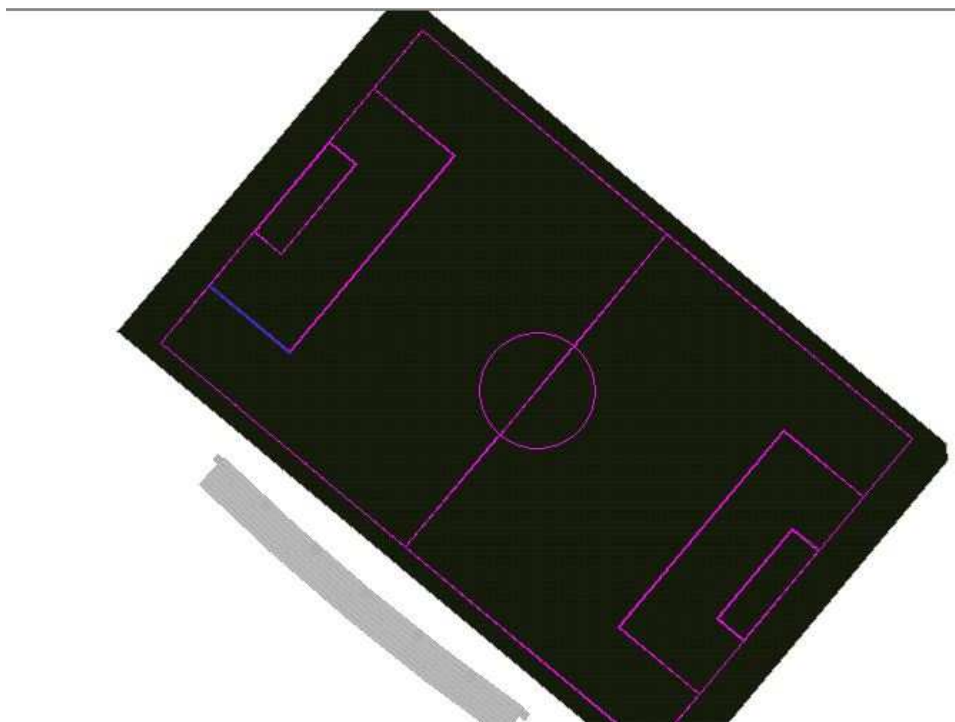


Figura 142. Contorno líneas campo de fútbol.



Figura 143. Muros y ventanas planta baja instalaciones.

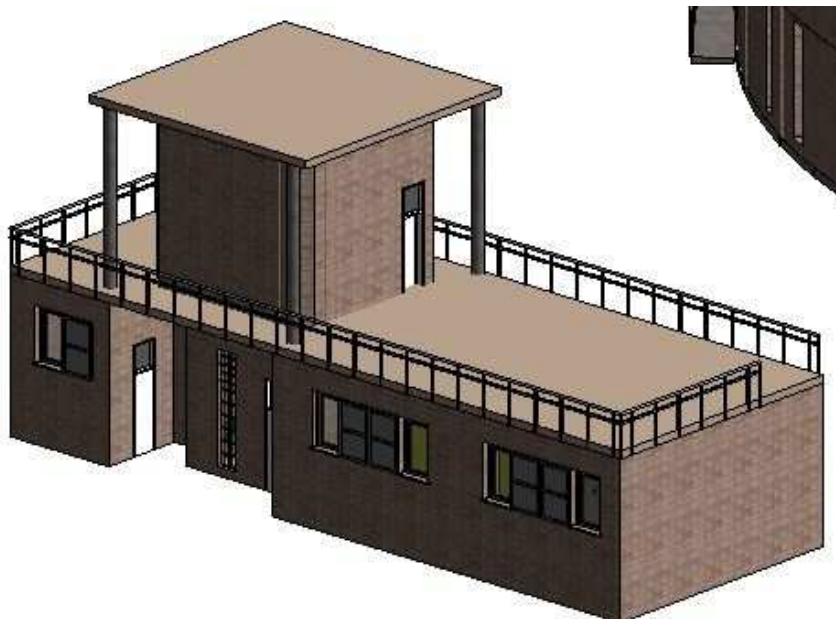


Figura 144. Visualización 3D edificio instalaciones.

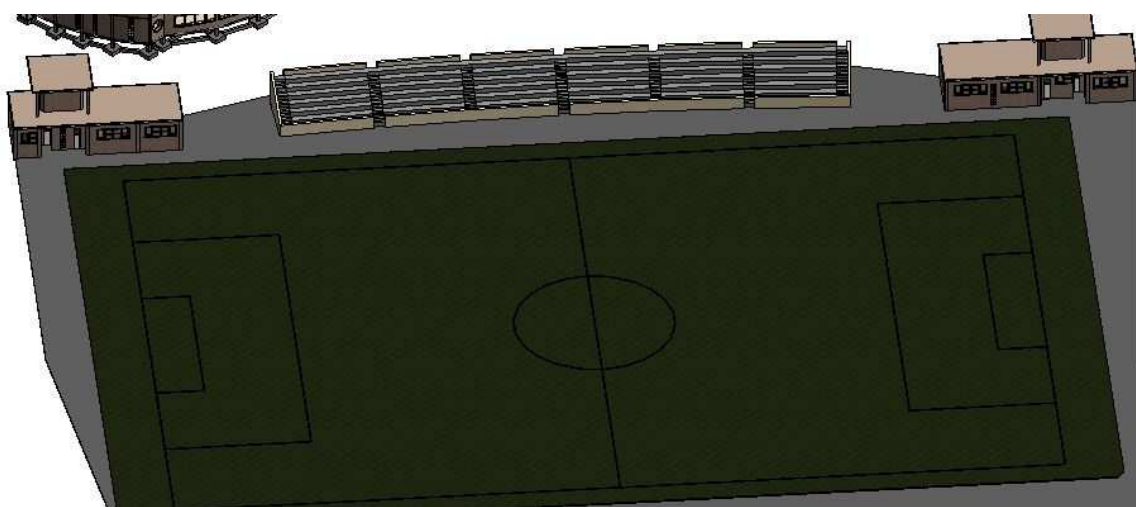


Figura 145. Visualización 3D gradas y edificios.

A continuación se crean las pistas de pádel y tenis con muros estructurales y muros cortina con sus respectivas puertas. Por último se insertan las porterías y se crean las líneas del campo y pistas.



Figura 146. Visualización 3D de las instalaciones deportivas.

7. TOPOGRAFÍA Y EMPLAZAMIENTO

En este apartado se va a realizar el modelado del terreno en el cual se ubica la construcción objeto de este TFG. Además, siendo conocidos los datos geográficos de su situación, se van a indicar sus coordenadas geográficas para obtener así un modelo definido al completo.

En primer lugar, se modela el terreno en el cual se sitúa el pabellón y las instalaciones, para ello se utiliza la pestaña de “Masa y emplazamiento” y se selecciona el icono de “Superficie topográfica”.



Figura 147. Icono “Superficie topográfica”.

Pero antes de comenzar modelando esta superficie de terreno se necesita la información de las curvas de nivel que se han obtenido de la web del Instituto Geográfico Nacional (IGN) [12] obteniendo un plano en formato CAD de estas

curvas. Este plano se inserta en Revit seleccionando el icono “Imagen” dentro de la pestaña “Insertar” (figura 148). Por último se escala a milímetros, unidad utilizada en el proyecto, y se sitúa correctamente tomando como referencia la ubicación del pabellón (figura 149).

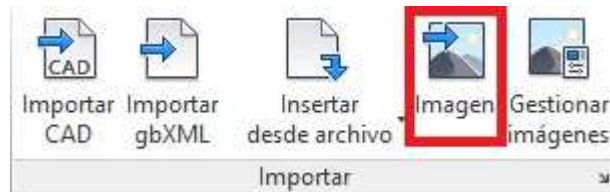


Figura 148. Icono “Imagen”.

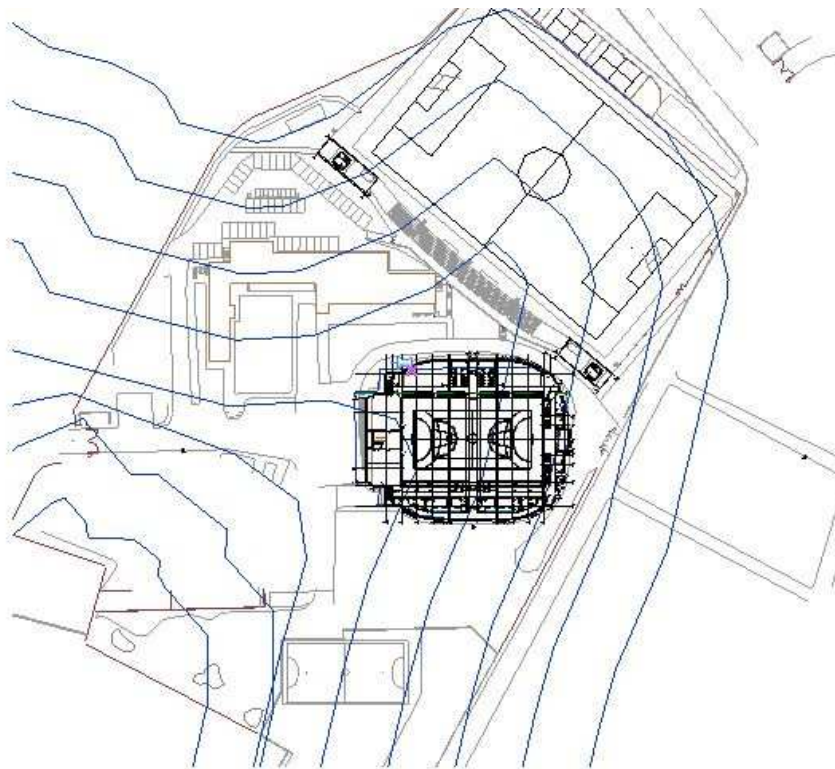


Figura 149. Curvas de nivel insertadas.

Una vez insertada la imagen de las curvas de nivel, es el momento de seleccionar el icono de “Superficie topográfica” (figura 150) y a continuación hacer click en la opción “Colocar punto”.



Figura 150. Icono “Colocar punto”.

Se colocan todos los puntos basándose en las curvas de nivel y asignándole a cada línea de punto su nivel correspondiente según indica el IGN. Tras realizar esta acción queda definida la superficie topográfica se muestra en la siguiente figura.

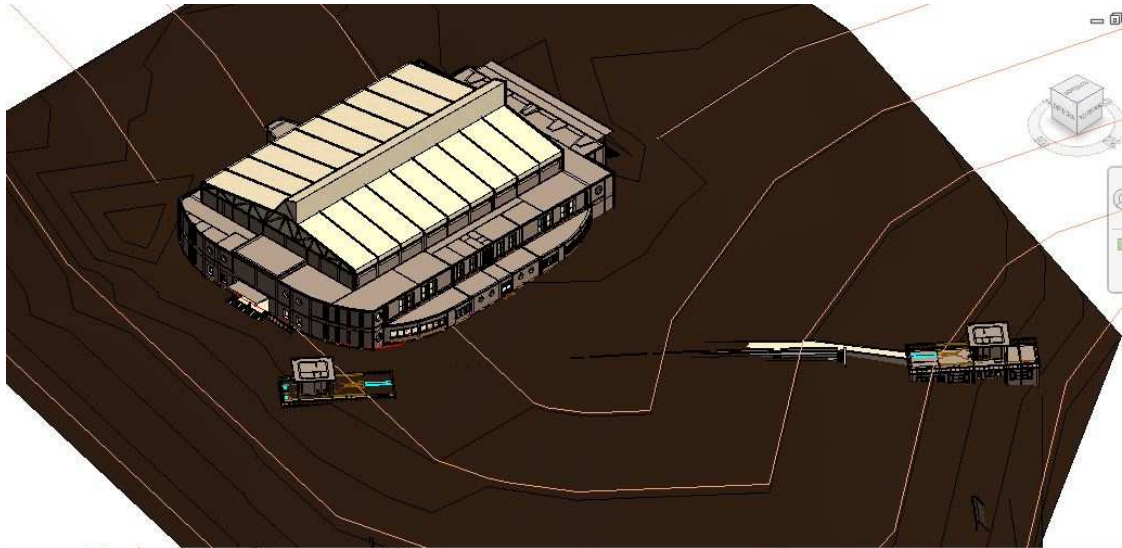


Figura 151. Visualización 3D superficie topográfica.

Como se aprecia en la figura, las instalaciones del campo de rugby no son visibles con la altura del terreno ya que estas se encuentran por debajo del nivel de las curvas del terreno.

Para finalizar el emplazamiento, se requiere insertar dos superficies niveladas en las cuales se apoyarán el pabellón y las instalaciones exteriores y a las cuales se adapta el terreno creado. Estas superficies se crean seleccionando el icono “Plataforma de construcción” (figura 152). Al tener seleccionada esa opción, se crean ambos contornos en el nivel de planta adecuado tanto para el pabellón como para las instalaciones, mostrado en las imágenes 153 y 154 respectivamente.



Figura 152. Icono “Plataforma de construcción”.

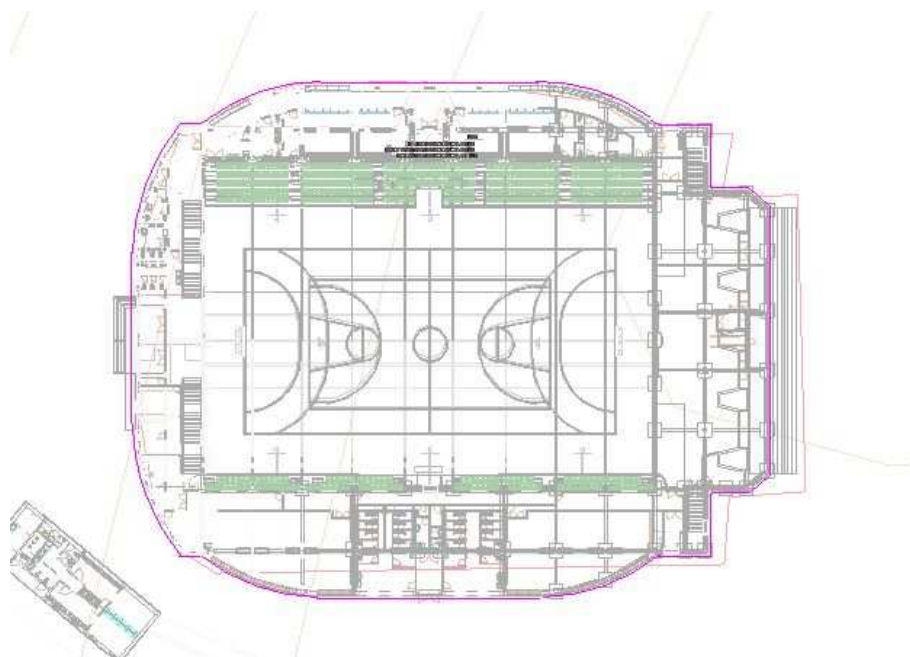


Figura 153. Contorno plataforma del pabellón.



Figura 154. Contorno plataforma de las instalaciones.

Al crear estas plataformas niveladas, el terreno se adapta completamente a ellas y el resultado final en 3D se muestra en la siguiente figura.

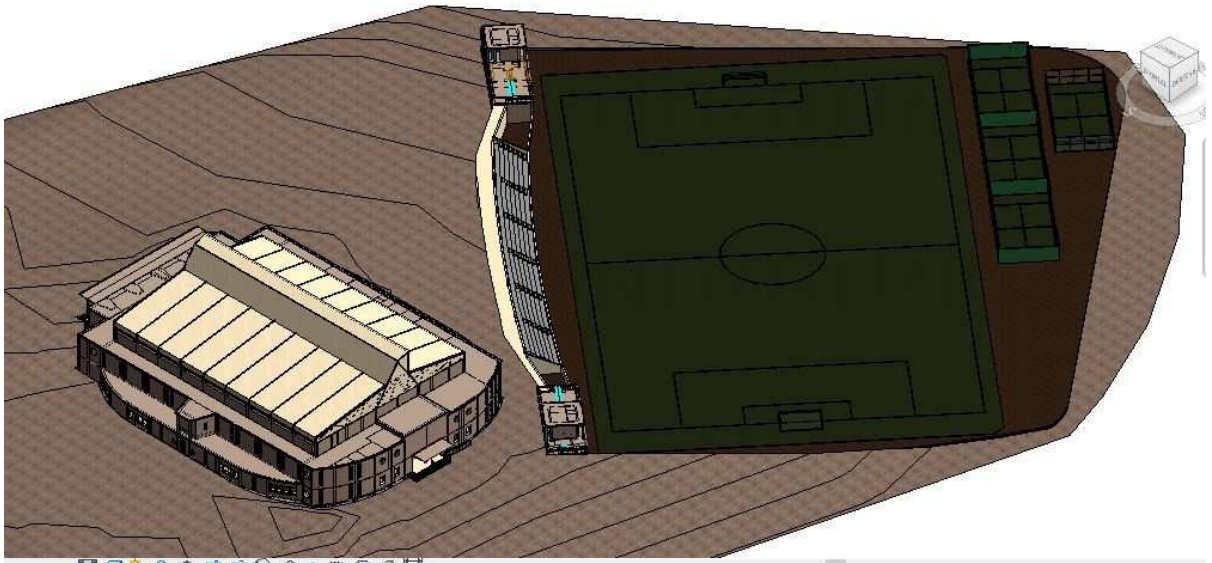


Figura 155. Visualización 3D topografía terminada.

Ahora que ya se encuentra modelada la superficie topográfica y las plataformas de construcción, como último paso, se van a indicar las coordenadas geográficas del modelo definiendo su ubicación. Esto sirve para hacer posteriores análisis de temperatura y realizar los cálculos necesarios para la adecuada instalación de calefacción y refrigeración. Aunque Revit da una idea bastante profundizada en este tema, existen software más específicos para realizar esta tarea.

Para indicar la ubicación del emplazamiento se selecciona el icono “Ubicación del proyecto” dentro de la pestaña “Gestionar”.



Figura 156. Icono “Ubicación de proyecto”.

A continuación se inserta la ubicación del emplazamiento en el mapa (figura 157) y Revit proporciona las temperaturas en una pestaña basándose vía internet (figura 158).



Figura 157. Ubicación del emplazamiento.

Ubicación, clima y emplazamiento

Ubicación Clima Emplazamiento

☐ Usar estación meteorológica más próxima (GRANADA AIRPORT)

Temperaturas de diseño de refrigeración

	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temperatura seca	13 °C	14 °C	19 °C	24 °C	30 °C	33 °C	34 °C	33 °C	30 °C	24 °C	20 °C	16 °C
Temperatura húmeda	12 °C	11 °C	14 °C	17 °C	21 °C	24 °C	25 °C	25 °C	23 °C	19 °C	17 °C	14 °C
Oscilación media diaria	7 °C	8 °C	8 °C	8 °C	9 °C	9 °C	9 °C	8 °C	8 °C	8 °C	7 °C	7 °C

Temperatura de diseño de calefacción: -14 °C

Valor de claridad: 1.0

Figura 158. Tabla de temperaturas del emplazamiento.

Con la colocación de la ubicación concluye el modelado del pabellón e instalaciones deportivas de este TFG. Se podría completar aún más incluyendo más componentes como por ejemplo el armado de las zapatas, uniones y pilares para mejorar el cálculo estructural, pero como se ha dicho anteriormente, este TFG no tiene como objetivo ese cálculo.

8. OBTENCIÓN DE IMÁGENES

Con el renderizado se pretende aproximarse lo máximo a la realidad obteniendo imágenes en las que se detalla la iluminación, el material, texturas y elementos en su máxima semejanza a la realidad.

Para realizar un renderizado se selecciona el icono “Renderizar” dentro de la pestaña “Vista” (figura 159). Al pulsar el icono, se abre un cuadro con las características de la renderización para indicar todas las condiciones de esa renderización (figura 160). Debido a las características gráficas del ordenador con el que se van a realizar estas renderizaciones, se elegirá una calidad de imagen “Media”.

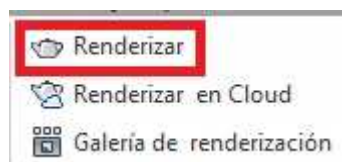


Figura 159. Icono "Renderizar".

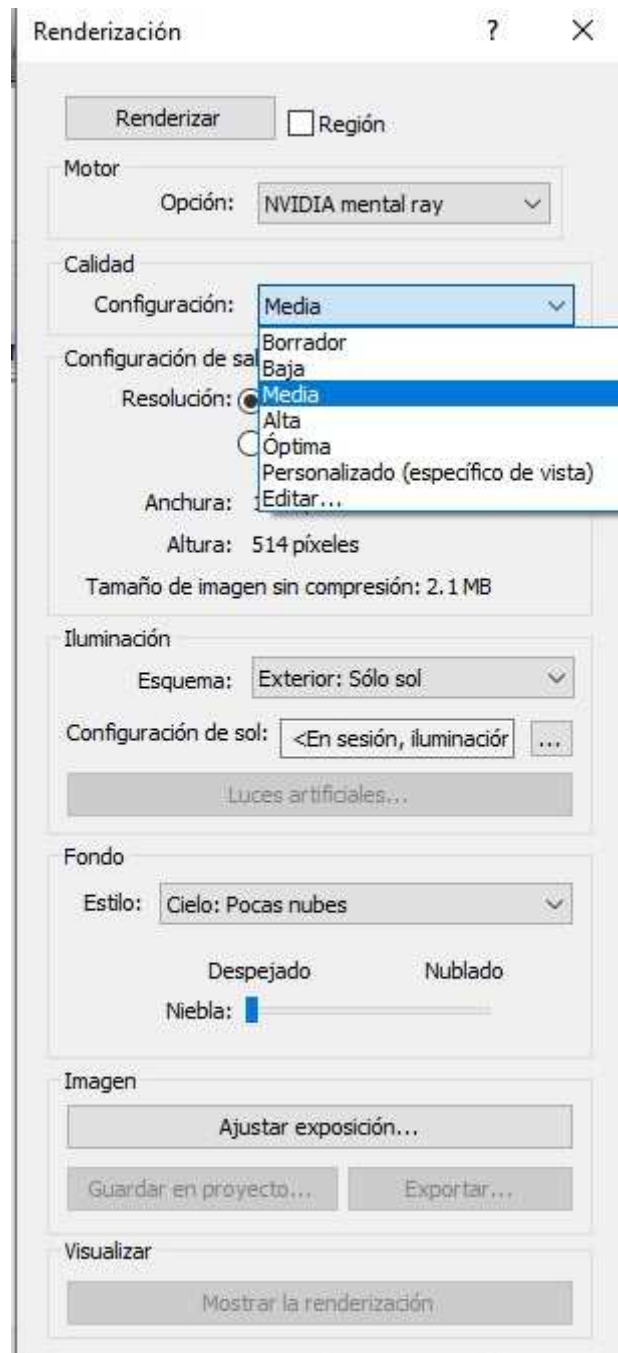


Figura 160. Características de la renderización.

Cuando ya se ha realizado el renderizado deseado, éste se puede guardar en la opción “Exportar” que se encuentra dentro del cuadro de la figura 160.

Estas imágenes renderizadas se obtienen dentro de vistas recortadas en 3D del modelo, ya sea tanto en el interior como en el exterior, colocándose en el plano de nivel donde se quiera realizar la captura y seleccionando el icono “Cámara” dentro de las opciones desplegadas del icono “Vista 3D” (figura 161). A continuación aparecerá en el curso un icono de una pequeña cámara que se colocará en el lugar

que se desea y, arrastrando con el cursor, se obtiene el rango de vista que se alcanzará (figura 162).



Figura 161. Icono "Cámara".

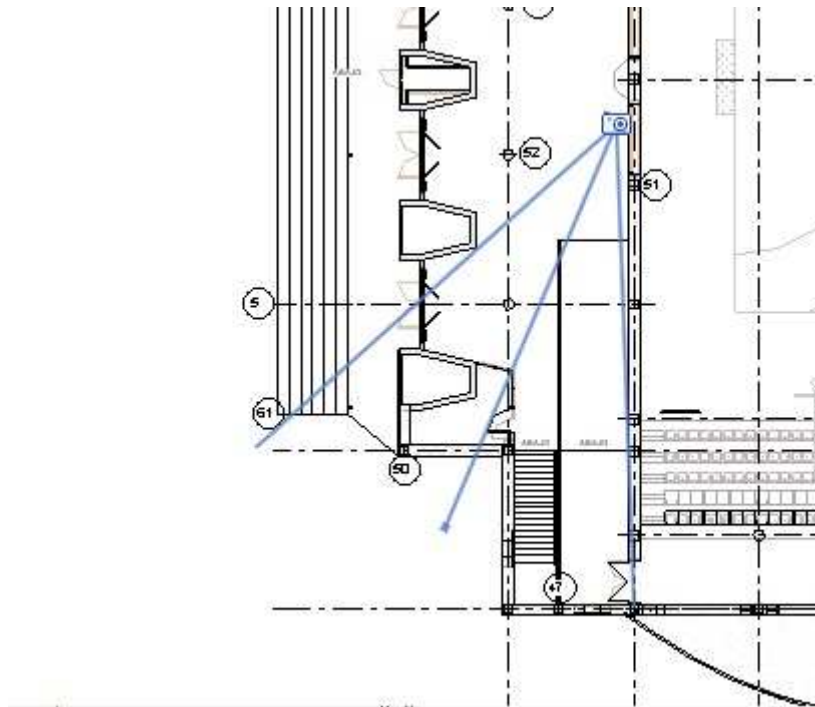


Figura 162. Vista 2D posición de la cámara.

A modo de ejemplo se muestra una imagen renderizada de todo el emplazamiento en la figura 163.



Figura 163. Renderizado de las instalaciones.

Para el renderizado se han tenido que instalar luminaria en el interior aunque, desgraciadamente, las imágenes interiores se ven oscuras. Se muestra una comparación de las capturas tomadas en la realidad con las imágenes obtenidas en el modelo 3D de este proyecto en el **Anexo I: Comparación real con modelado**. Hay que añadir que muchos renderizados del interior del pabellón no se han podido realizar debido a la oscuridad con la que se generaban aunque se le instalase luminaria.

9. GESTIÓN Y MANTENIMIENTO CON BIM

Haciendo referencia al segundo objetivo de este TFG, a continuación se comentan las ventajas que proporciona la metodología BIM para poder gestionar y mantener dichas las instalaciones deportivas durante su vida útil.

9.1. Obtención de planos

La obtención de planos se realiza desde el “Navegador de proyectos”, en la opción “Planos (todo)”. Se hace click con el botón derecho sobre esta opción y se pulsa sobre “Nuevo plano” (figura 164). Al seleccionar esta última opción, aparece

una ventana en la cual hay que cargar el cuadro de rotulación deseado en el cual se van a insertar los planos (figura 165).

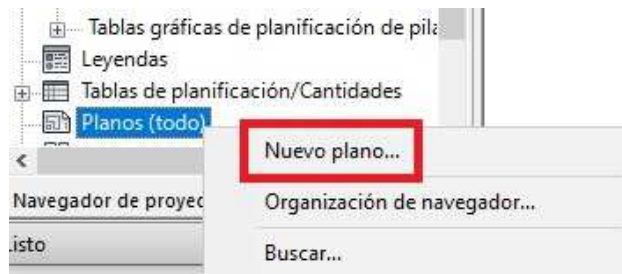


Figura 164. Opción "Nuevo plano".

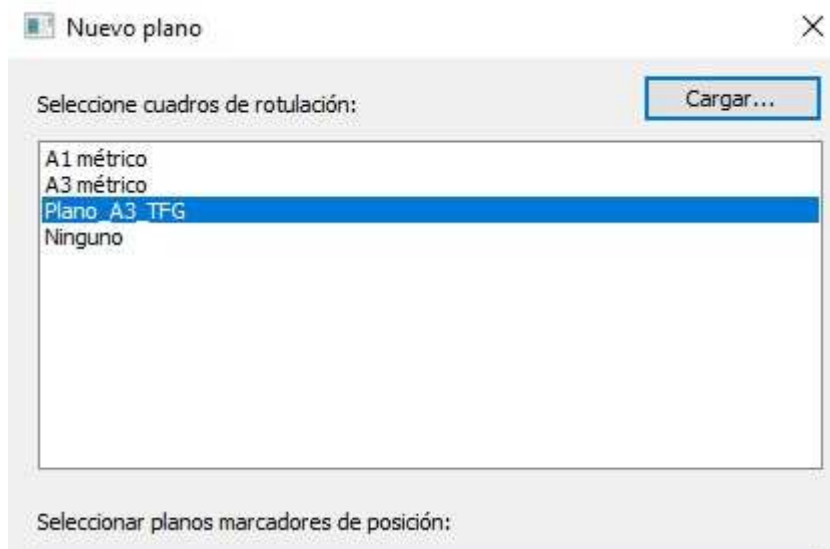


Figura 165. Ventana para cargar el plano.

Se ha cargado un cuadro de rotulación en formato A3 de tamaño de papel el cual se ha personalizado para este proyecto en particular y se le ha puesto el nombre de “Plano_A3_TFG”.

	FECHA:	INTERIOR	PROYECTO	 UNIVERSIDAD DE JAÉN Proyecto de Ingeniería de Edificación
PROYECTO:	08/29/17	Proyecto de obra de obra		
CONSTRUCCIÓN:	08/29/17	Proyecto de obra de obra		
PROYECTO:	Nombre de proyecto			PROYECTO DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN A102
1 : 100	Nombre del plano			

Figura 166. Bloque de títulos personalizado.

La plantilla del cajetín que se va a utilizar para insertar los ejemplos de planos de este proyecto se han creado como una familia de “Bloques de título”. Previamente, desde el menú principal de Revit se debe seleccionar la opción “Nueva” dentro de Familias. Se selecciona un archivo del cual se van a tomar las medidas normalizadas de los bordes y en el cual se basará este nuevo cajetín.

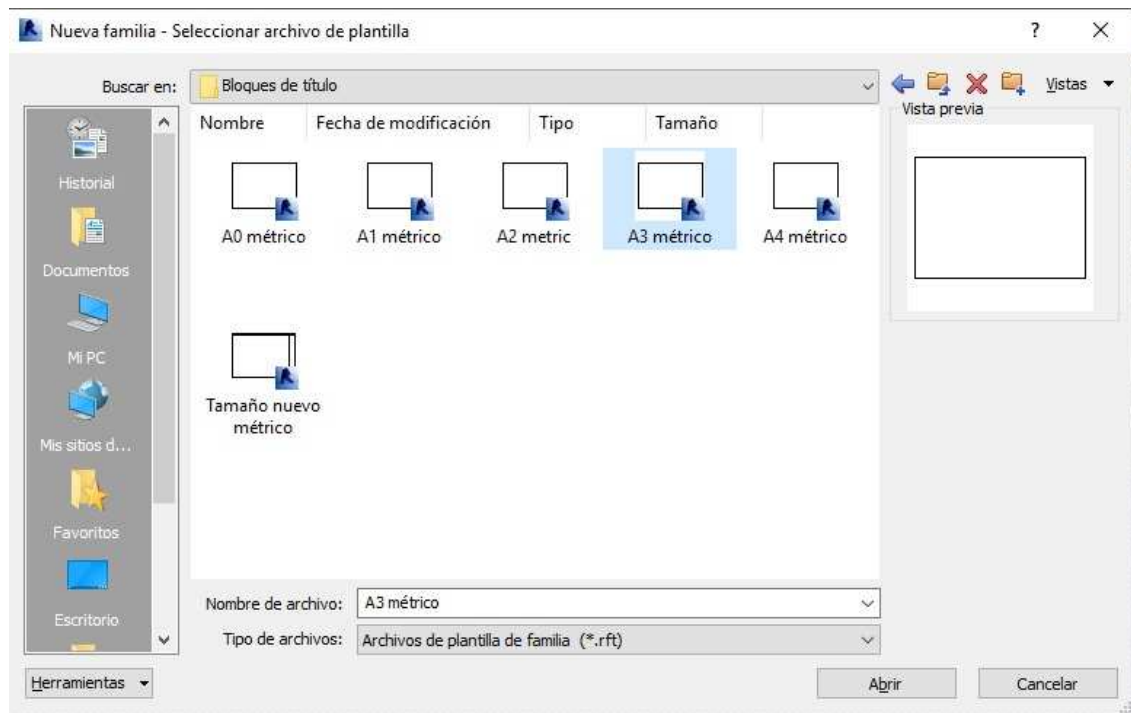


Figura 167. Carpeta ubicación formato de planos.

Ya dentro de la plantilla, ésta se modifica dentro de la pestaña “Crear” seleccionando lo que quiere incluir, ya sean líneas, textos de etiqueta (para posteriormente editar) o textos fijos. En esta creación de la plantilla también se ha insertado la imagen del logo de la Universidad de Jaén desde el icono “Imagen” dentro de la pestaña “Insertar”.



Figura 168. Pestaña “Crear”.

Para introducir las vistas en los planos se debe de pulsar la vista deseada desde el Navegador de proyectos y arrastrarla dentro del cajetín. Cuando ya está la vista insertada, se puede modificar la escala, acotar medidas y varias opciones más. Como ejemplo, se muestra un plano de la vista 3D del pabellón.

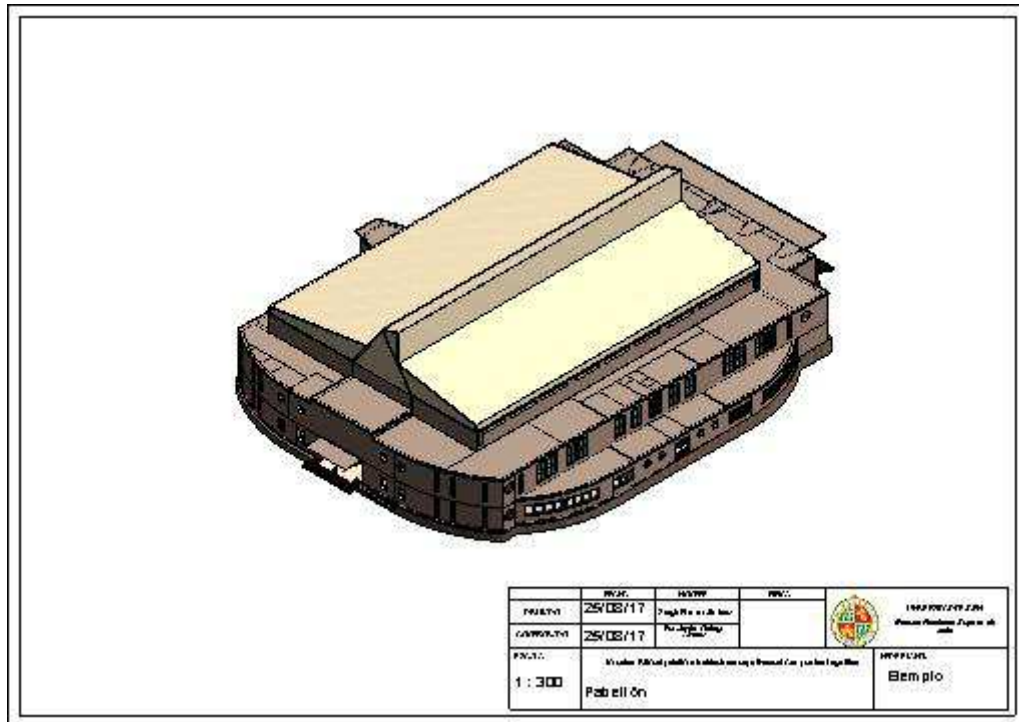


Figura 169. Ejemplo de plano obtenido.

Cuando ya se han creado todos los planos requeridos, el software tiene la opción de exportarlos a diferentes formatos como dwg, dxf o pdf en la opción “Exportar” (figura 170) o tambien se pueden imprimir desde la opción “Imprimir” (figura 171).



Figura 170. Opción "Exportar".

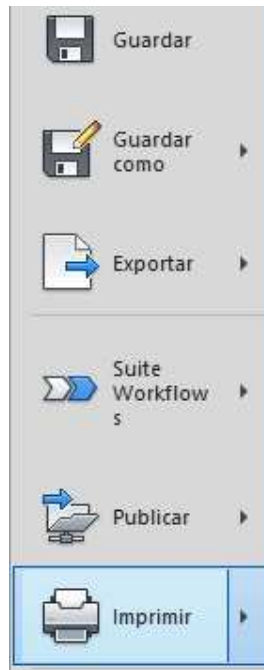


Figura 171. Opción "Imprimir".

Para un proyecto completamente definido se requiere una gran cantidad de planos para definir todos los detalles de la construcción. En este TFG se crearán unos pocos ejemplos para demostrar esta cualidad del software. Estos planos se mostrarán en el **Anexo II: Planos**.

9.2. Documentos entregables del proyecto

Al finalizar el diseño de cualquier proyecto, se deben de entregar unos documentos al cliente con una información completa de la construcción. En este proyecto, al ser realizado en BIM, la documentación entregada tiene la ventaja de que puede modificarse una vez entregada. El cliente podrá visualizar el modelo definitivo y podrá modificar él mismo aspectos como los planos o podrá realizar tablas de presupuestos y materiales.

La documentación que se entrega en formato digital es la siguiente:

- Archivo del modelo estructural y analítico en formato RVT con todas los niveles de altura.

- Archivo del modelo arquitectónico con el modelo estructural vinculado, en formato RVT. Aquí se encuentran insertados todos los planos y renderizados que se han creado del modelo.
- Carpeta de con todas las familias creadas de componentes insertados en el modelo que no se encuentran en la biblioteca que proporciona Revit.
- Carpeta con las texturas de los materiales que se han utilizado y no se encuentran en la biblioteca por defecto.
- Carpeta con renderizado de imágenes en JPG y comparación con el modelo real.
- Carpeta con todos los planos creados en PDF.
- Familia creada de bloque de títulos con el cajetín en formato RFA.

En la figura 172 se observa el contenido de lo anteriormente mencionado.

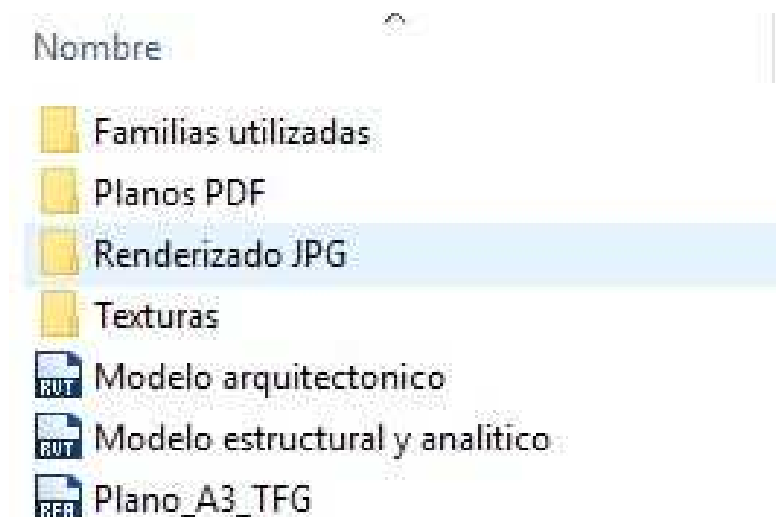


Figura 172. Carpeta entregable del proyecto.

9.3. Utilidades de BIM para el proyecto

Un proyecto en general no concluye con la finalización de la construcción, si no que cada año que pasa, los materiales se van deteriorando por diversos motivos como la influencia de los agentes medioambientales o la ruptura de un conducto de agua por poner algún ejemplo. El software utilizado en este Trabajo Fin de Grado, Revit, tiene la cualidad de que abarca toda la vida útil de un proyecto. El

mantenimiento es un aspecto que algunos olvidan y que BIM tiene en cuenta en su séptima dimensión.

Para poder gestionar la vida útil de estas instalaciones deportivas, o en general cualquier proyecto, Revit proporciona en su amplia biblioteca materiales los cuales contienen información sobre su duración y uso energético, lo que es un punto a favor ya que se pueden obtener tablas de cálculos en las cuales se pueda incluir hasta qué momento va a ser útil un material específico.

Otra ventaja que ofrece Revit es la geolocalización. Con esta propiedad se pueden obtener datos específicos del terreno en el cual están construidas las instalaciones y se puede obtener información climática sobre la zona durante todas las épocas del año. Otro añadido son sus análisis de insolación, a través de los cuales se puede realizar un estudio de las cargas térmicas para, por ejemplo, realizar una nueva instalación de climatización.

Aportando más aspectos beneficiosos para el mantenimiento de las instalaciones, otra cualidad que ofrece BIM es la modificación. Al estar todo interconectado, si se realiza una modificación en la construcción de las instalaciones y se cambia en el modelado BIM, automáticamente se modificará en todos los subproyectos conectados al principal de manera que es un gran ahorro de tiempo ya que todo el personal implicado en este proyecto no tendría que cambiar esa modificación en sus proyectos.

Los elementos de los que no se ha obtenido información previa al modelado y se han insertado con unas dimensiones orientativas se le han colocado en sus propiedades que están en “Fase Provisional” para su posterior confirmación cuando sea necesario.

Como última aportación para la gestión y mantenimiento de la vida útil, se habla de la cuarta dimensión de BIM que se refiere al coste. En Revit, a cada material se le puede asignar un coste, ya sea por m², m³ o por unidad. Gracias a esta utilidad de Revit, se pueden obtener fácilmente presupuestos del cambio que se quiera realizar en las instalaciones.

10. CONCLUSIONES

La metodología BIM y en particular Revit aportan variedad de ventajas con las cuales la realización de este Trabajo Fin de Grado ha sido mucho más fácil que si se hubiese hecho con un software CAD.

Una conclusión en positivo es el trabajo colaborativo que ofrece. La idea de que varias personas de diferentes sectores puedan estar trabajando a la vez en el modelado de las instalaciones significa ahorro de tiempo y costes, que es uno de los objetivos que busca una empresa en la realización de un proyecto.

El modelado creado en Revit ofrece muchas facilidades en el manejo que hace que el uso de este software sea elegido por numerosos arquitectos e ingenieros para realizar un proyecto de construcción.

Debido a su implantación cada vez más fuerte en Europa y particularmente en España hace que empresas tengan que adaptarse a esta metodología para obtener ventaja en el mercado. Eso conlleva la mejora de equipos informáticos y un sobre gasto en licencias y formación de sus empleados, inconveniente que hay que asumir para tener la última tecnología.

Una desventaja que se ha observado ha sido la creación de nuevas familias. Resulta un poco complicado crear una nueva familia de cualquier componente en Revit, ya sea ventanas, puertas o barandillas, ya que la interfaz para crear esa familia es complicada y hay que poner muchas restricciones que desde el punto de vista del diseño habría que mejorar.

Se piensa que un cliente escogería este trabajo realizado con BIM porque después de la entrega de toda la documentación, él mismo podría modificar el modelo, podría visualizar los cambios, también podría generar presupuestos o incluso pedir un componente directamente a otro proveedor ya que con esta metodología se pueden incluir propiedades en los componentes tales como el precio, duración del material, coste y proveedor.

A partir del modelo de las instalaciones se pueden generar tablas de planificación en las cuales aparecen todos los datos de los componentes, como la

altura a la que se encuentran, el material, el coste, proveedor y duración (si se insertan) o la fase de construcción en la que se encuentra. Beneficio el cual no se podría obtener a partir de un modelo que esté realizado en un software CAD.

Desde el punto de vista personal, el software de esta metodología ha sido fácil de aprender y se han observado muchas ventajas. La cualidad que más ha impresionado es la de poder insertar materiales y hacer renderizados en los que se pueden observar perfectamente imágenes haciéndose una idea de cómo va a ser el proyecto antes de ser construido. La cualidad de la cual se piensa que se puede sacar mucho más es la obtención de planos, los cuales aparecen con poca información y en este sector el CAD está por encima de Revit.

Para una futura ampliación de este Trabajo Fin de Grado se pueden instalar los conductos de climatización y agua del pabellón e instalaciones, además de realizar un estudio energético para poder reducir gasto en consumo de luminaria o agua de las duchas de los vestuarios. También queda pendiente un estudio de cálculo estructural en otro software dedicado a ello como puede ser Cype.

Como último punto se explica que no se ha podido realizar el modelado de la instalación de luminaria ni de climatización porque no se han podido obtener planos ni información referente a ello.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] PAULO CESAR (2015). *BIM y Revit*.
[Online; Consulta Junio 2017].
<<https://es.slideshare.net/paulocesar52206654/bim-revitpdf-46232369>>
- [2] GONZÁLEZ PÉREZ, C (2015). *Building Information Modeling: Metodología, aplicaciones y ventajas*. Trabajo Fin de Máster (TFM). Universidad Politécnica de Valencia.
- [3] HIJANO, M. (2013). “*Qué es la tecnología BIM*”.
[Online; Consulta Julio 2017].
<<http://caminahora.com/tecnologia-bim/>>
- [4] GUILLÉN, J. (2015). “*Niveles de madurez y dimensiones de BIM*”.
[Online; Consulta Junio 2017].
<<http://jguillen07.blogspot.com.es/2015/11/niveles-de-madurez-y-dimensiones-del-bim.html>>
- [5] LOZANO GABARRE, I. (2015). *Diseño y cálculo de las instalaciones térmicas de una nave industrial con metodología BIM*. Trabajo Fin de Grado (TFG). Valladolid: Escuela de Ingeniería Industrial.
- [6] MEDINA, A. (2015). “*Qué es Revit y su historia*”.
[Online; Consulta Julio 2017].
<<https://forums.autodesk.com/t5/revit-bim-espanol/que-es-revit-y-su-historia/td-p/5660059>>
- [7] ROMAGNOLI, M. (2016). “*Autodesk Revit - la mejor herramienta para arquitectura, ingeniería y construcción*”.
[Online; Consulta Agosto 2017].
<<http://www.capsoft.com.bo/single-post/2016/04/18/10-Importantes-Razones-que-convierten-a-Revit-en-el-programa-BIM-obligatorio>>
- [8] LA ESCUELA PROFESIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS (2016). “*BIM, obligatorio en España desde 2018*” [Online; Consulta Agosto 2017].
<<https://www.cice.es/noticia/landing-blog/bim-obligatorio-espana-2018/>>
- [9] MINISTERIO DE FOMENTO (2015). “*El Ministerio de Fomento constituye la Comisión para la implantación de la metodología BIM*”.
[Online; Consulta Agosto 2017].
<<http://www.fomento.gob.es/MFOMBPrensa/Noticias/El-Ministerio-de-Fomento-constituye-la-Comisi%C3%B3n-la/1b9fde98-7d87-4aed-9a46-3ab230a2da4e>>

- [10] COMISIÓN BIM. “*Implantación del BIM en España*”.
[Online; Consulta Agosto 2017].
<www.esbim.es>

- [11] REVITCITY.COM. Web de descarga de componentes BIM.
[Online; Consulta Mayo 2017].
<www.revitcity.com>

- [12] Portal del Instituto Geográfico Nacional (IGN).
[Online; Consulta Mayo 2017].
<<http://www.ign.es/>>

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1. Trabajo colaborativo del BIM [7].	8
Figura 2. Dimensiones BIM [2].	9
Figura 3. Modelo de madurez BIM [4].	11
Figura 4. Niveles de desarrollo (LOD) [2].	13
Figura 5. Pantalla de trabajo Revit.	16
Figura 6. Inicio del software Revit.	17
Figura 7. Organismos e Instituciones [10].	20
Figura 8. Información catastral del emplazamiento.	22
Figura 9. Ubicación de las instalaciones (Google Maps).	22
Figura 10. Emplazamiento de las instalaciones (Google Maps).	23
Figura 11. Planos de planta baja y primera planta.	26
Figura 12. Corte transversal. Alzado del pabellón.	26
Figura 13. Corte horizontal. Alzado del pabellón.	26
Figura 14. Plano de zona de pabellón e instalaciones deportivas.	27
Figura 15. Selección del alzado.	29
Figura 16. Icono “Nivel”.	29
Figura 17. Niveles del proyecto.	30
Figura 18. Icono “Vincular CAD”.	31
Figura 19. Condiciones para insertar el archivo CAD.	31
Figura 20. Plano CAD insertado en Revit.	31
Figura 21. Icono “Rejilla”.	32
Figura 22. Rejillas del proyecto.	32
Figura 23. Icono “Pilar”.	33
Figura 24. Icono “Cargar Familia”.	33
Figura 25. Carpetas de familias de Revit.	34
Figura 26. Familias de pilares de Revit.	34
Figura 27. Ventana “Propiedades” del pilar.	35
Figura 28. Icono “Duplicar”.	35
Figura 29. Pestaña para cambiar el nombre.	35
Figura 30. Modificación de dimensiones.	36
Figura 31. Icono “Pilar vertical”.	36
Figura 32. Distribución de los pilares en 3D.	36
Figura 33. Niveles del pilar.	37
Figura 34. Icono “Aislada”.	37
Figura 35. Ventana “Propiedades” de la zapata.	38
Figura 36. Pilares y zapatas.	38
Figura 37. Icono “Viga”.	38
Figura 38. Ventana “Propiedades” de la viga de atado.	39
Figura 39. Pilares con zapatas atadas.	39
Figura 40. Ventana “Propiedades” de la viga de atado superior.	40
Figura 41. Atado superior.	40
Figura 42. Icono “Viga de celosía”.	41
Figura 43. Viga de celosía Pabellón.	41
Figura 44. Colocación de cercha en planta.	42
Figura 45. Icono “Editar perfil”.	42
Figura 46. Editor del perfil de cercha en alzado.	43
Figura 47. Plano .dwg de alzado.	43
Figura 48. Modelo estructural del pabellón.	43
Figura 49. Plano de zona general insertado en Revit.	44
Figura 50. Modelo estructural de pabellón y exteriores.	45
Figura 51. Icono “Suelo: estructural”.	45

Figura 52. Ventana "Propiedades" de suelo estructural.....	46
Figura 53. Contorno suelo entrada.....	46
Figura 54. Contorno suelo pista de squash.....	47
Figura 55. Contorno suelo oficinas.....	47
Figura 56. Contorno suelo pasillo gradas.....	48
Figura 57. Vista estructural 3D con suelos.....	48
Figura 58. Modelo analítico del proyecto.	49
Figura 59. Icono "Vincular Revit".....	50
Figura 60. Icono "Gestionar vínculos".	51
Figura 61. Modelo estructural 3D vinculado.....	51
Figura 62. Contorno suelo de la pista.	52
Figura 63. Visualización 3D de los suelos.....	53
Figura 64. Ventana "Propiedades" del suelo.....	54
Figura 65. Ventana "Propiedades de tipo" del suelo.	54
Figura 66. Ventana "Estructura" del suelo.....	54
Figura 67. Ventana "Propiedades" del suelo (II).	55
Figura 68. Icono "Muro: arquitectónico".	55
Figura 69. Ventana "Propiedades" del muro.	56
Figura 70. Icono "Editar perfil".	57
Figura 71. Edición del muro.....	57
Figura 72. Visualización 3D de los muros editados.	58
Figura 73. Visualización 3D de los muros.	58
Figura 74. Ventana "Propiedades" del muro cortina.	59
Figura 75. Icono "Aislar elemento".	59
Figura 76. Muro cortina aislado.	60
Figura 77. Opción Rejilla y montante de muro cortina.	60
Figura 78. Muro cortina.	61
Figura 79. Foto entrada de los espectadores al pabellón.	61
Figura 80. Entrada de los espectadores en Revit.	62
Figura 81. Icono "Puerta".....	62
Figura 82. Foto pasillo baños planta superior pabellón.	63
Figura 83. Ubicación carpeta de Puertas.	63
Figura 84. Explorador de materiales.	64
Figura 85. Material de revestimiento de pintura.	64
Figura 86. Propiedades de tipo de la puerta.	65
Figura 87. Visualización 3D de la pasillo superior pabellón.....	65
Figura 88. Foto puertas dobles blancas.	66
Figura 89. Puertas dobles blancas Revit.....	66
Figura 90. Icono "Editar familia".	67
Figura 91. Icono "Editar extrusión.	67
Figura 92. Edición de puertas de entrada.	67
Figura 93. Icono "Cargar en proyecto".	68
Figura 94. Visualización 3D de la entrada al pabellón en Revit.....	68
Figura 95. Puerta lateral y puertas baños.	69
Figura 96. Puerta de cristal entrada a planta inferior.	69
Figura 97. Icono "Ventana".....	69
Figura 98. Visualización 3D de las ventanas del pabellón.....	70
Figura 99. Parte lateral del pabellón.	71
Figura 100. Parte lateral del pabellón en Revit.	71
Figura 101. Entrada a la planta inferior del pabellón.	72
Figura 102. Entrada a la planta inferior del pabellón en Revit.	72
Figura 103. Icono "Escalera por boceto".	73

Figura 104. Iconos Contorno y Contrahuella.....	73
Figura 105. Contorno y peldaños de la escalera.	73
Figura 106. Ventana propiedades de la escalera.	74
Figura 107. Visualización 3D escalera acceso a planta inferior (I).	74
Figura 108. Visualización 3D escalera acceso planta inferior (II).	75
Figura 109. Escalera entrada a la planta inferior del pabellón.....	75
Figura 110. Escalera entrada a la entreplanta del pabellón.....	75
Figura 111. Icono "Rampa".....	76
Figura 112. Contorno rampa.	76
Figura 113. Ventana "Propiedades" de la rampa.	77
Figura 114. Ventana "Propiedades tipo" de la rampa.	77
Figura 115. Visualización 3D de la rampa acceso a oficinas.....	78
Figura 116. Visualización 3D rampa acceso minusválidos.	78
Figura 117. Visualización 3D rampa acceso pista.	79
Figura 118. Icono "Cubierta".	79
Figura 119. Contorno cubierta planta superior.....	80
Figura 120. Visualización 3D cubierta planta superior.....	80
Figura 121. Contorno perfil de la cubierta.	81
Figura 122. Visualización 3D de las cubiertas.	82
Figura 123. Icono "Modelar in situ".....	82
Figura 124. Icono "Extrusión".	83
Figura 125. Contorno primer peldaño gradas.	83
Figura 126. Ventana "Propiedades" de la grada.	83
Figura 127. Visualización 3D de las gradas para espectadores.....	84
Figura 128. Visualización 3D de las gradas para los jugadores.	84
Figura 129. Ventana de materiales para muro.....	85
Figura 130. Ventana "Estructura" del muro.	85
Figura 131. Visualización 3D muros baño.....	86
Figura 132. Visualización 3D suelo de la pista.	86
Figura 133. Icono "Colocar un componente".....	87
Figura 134. Visualización 3D lavabos y WC.	87
Figura 135. Visualización 3D duchas.	88
Figura 136. Visualización 3D asientos vestuarios.....	88
Figura 137. Visualización 3D asientos espectadores.	89
Figura 138. Visualización 3D portería y líneas de pista.	89
Figura 139. Icono "Habitación".	90
Figura 140. Iconos creación de habitaciones.....	90
Figura 141. Habitaciones creadas.....	91
Figura 142. Contorno líneas campo de fútbol.	92
Figura 143. Muros y ventanas planta baja instalaciones.	92
Figura 144. Visualización 3D edificio instalaciones.	93
Figura 145. Visualización 3D gradas y edificios.....	93
Figura 146. Visualización 3D de las instalaciones deportivas.	94
Figura 147. Icono "Superficie topográfica".	94
Figura 148. Icono "Imagen".	95
Figura 149. Curvas de nivel insertadas.....	95
Figura 150. Icono "Colocar punto".....	95
Figura 151. Visualización 3D superficie topográfica.	96
Figura 152. Icono "Plataforma de construcción".	96
Figura 153. Contorno plataforma del pabellón.	97
Figura 154. Contorno plataforma de las instalaciones.....	97
Figura 155. Visualización 3D topografía terminada.	98

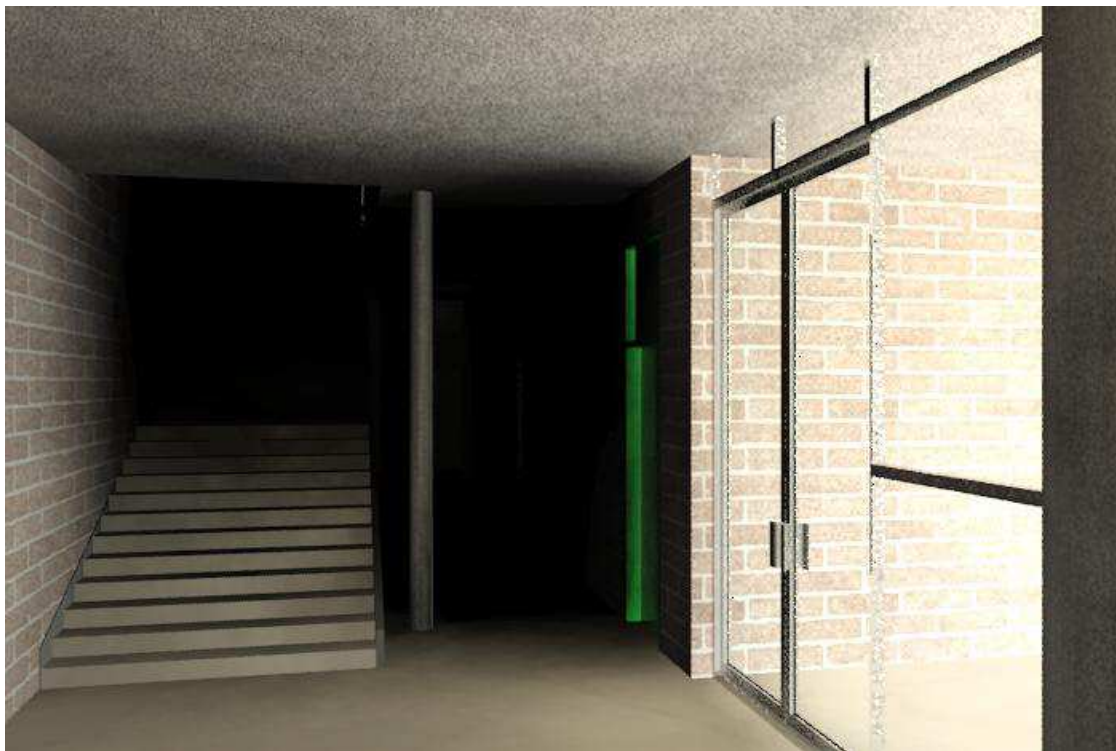
<i>Figura 156. Icono "Ubicación de proyecto".</i>	<i>98</i>
<i>Figura 157. Ubicación del emplazamiento.</i>	<i>99</i>
<i>Figura 158. Tabla de temperaturas del emplazamiento.</i>	<i>99</i>
<i>Figura 159. Icono "Renderizar".</i>	<i>100</i>
<i>Figura 160. Características de la renderización.</i>	<i>101</i>
<i>Figura 161. Icono "Cámara".</i>	<i>102</i>
<i>Figura 162. Vista 2D posición de la cámara.</i>	<i>102</i>
<i>Figura 163. Renderizado de las instalaciones.</i>	<i>103</i>
<i>Figura 164. Opción "Nuevo plano".</i>	<i>104</i>
<i>Figura 165. Ventana para cargar el plano.</i>	<i>104</i>
<i>Figura 166. Bloque de títulos personalizado.</i>	<i>105</i>
<i>Figura 167. Carpeta ubicación formato de planos.</i>	<i>106</i>
<i>Figura 168. Pestaña "Crear".</i>	<i>106</i>
<i>Figura 169. Ejemplo de plano obtenido.</i>	<i>107</i>
<i>Figura 170. Opción "Exportar".</i>	<i>107</i>
<i>Figura 171. Opción "Imprimir".</i>	<i>108</i>
<i>Figura 172. Carpeta entregable del proyecto.</i>	<i>109</i>

ANEXOS

ANEXO I: COMPARACIÓN REAL CON MODELADO







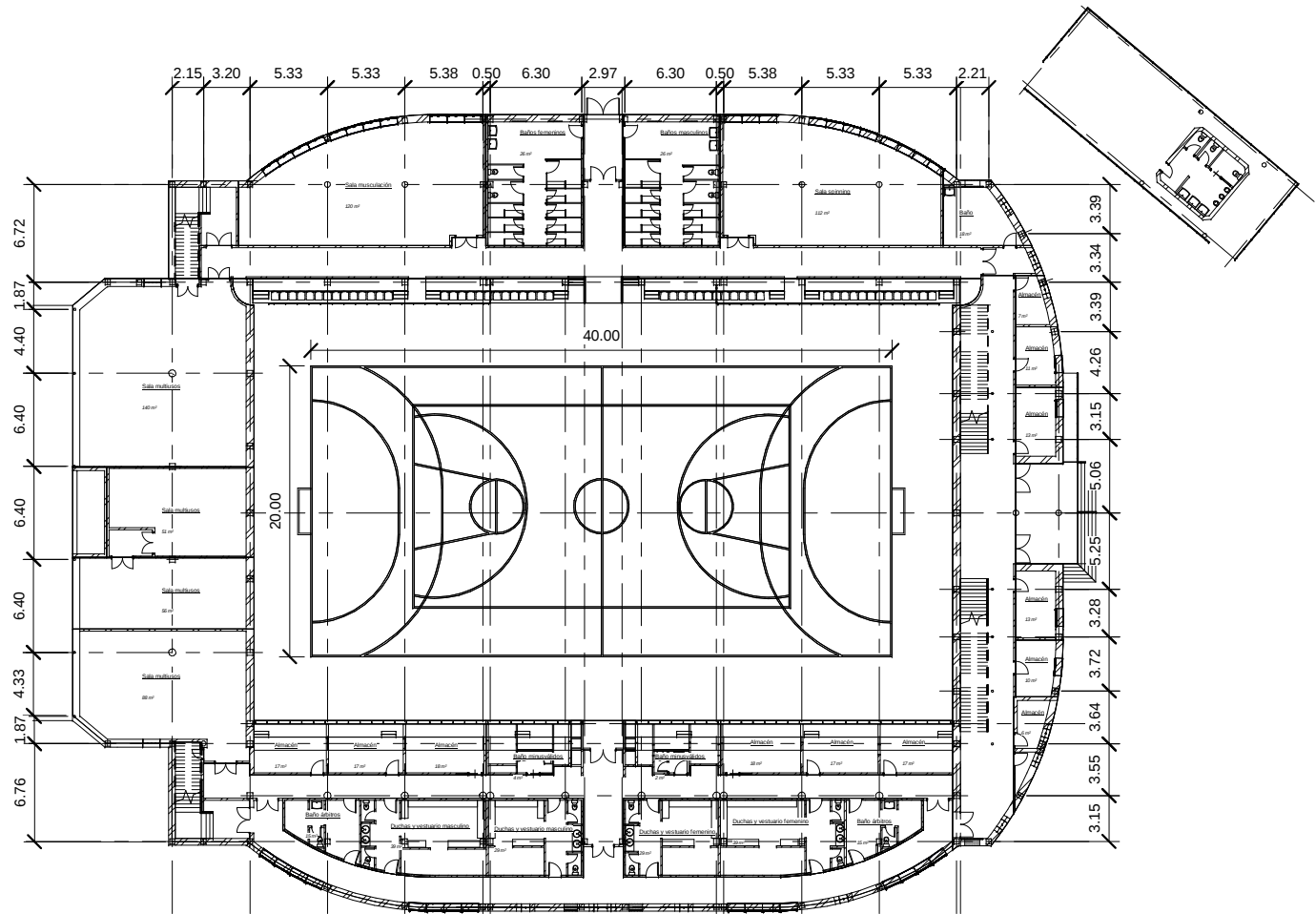




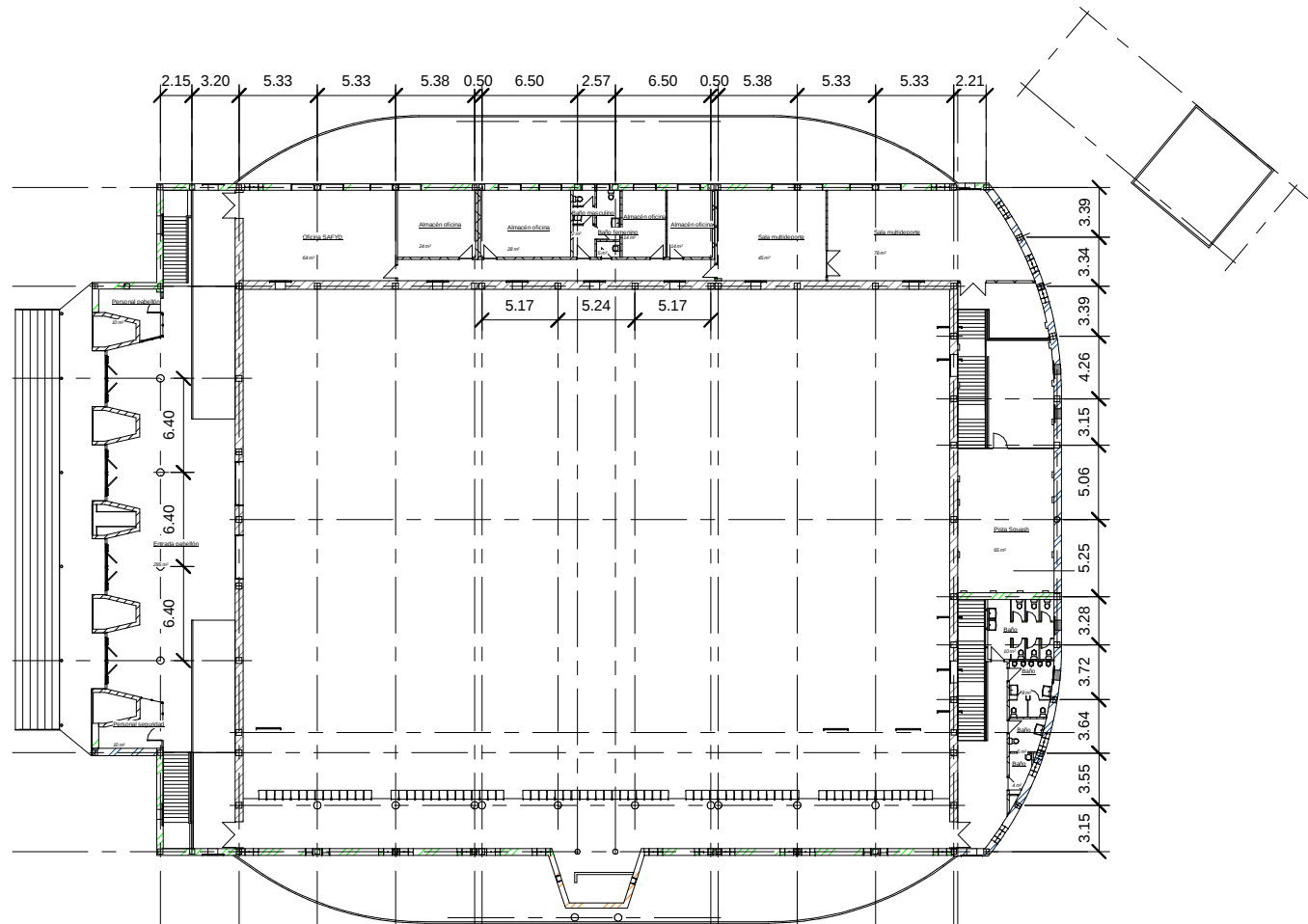




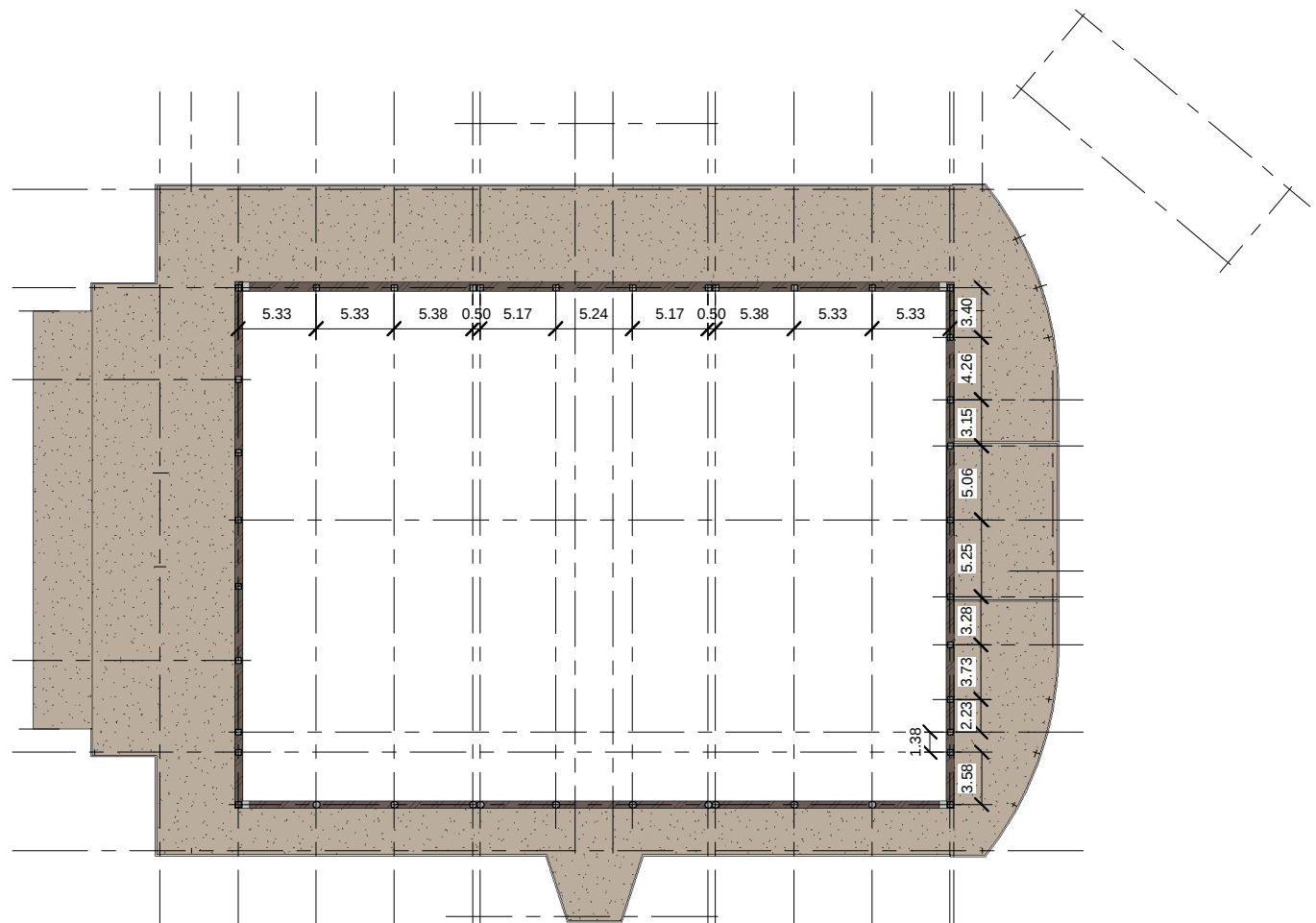
ANEXO II: PLANOS



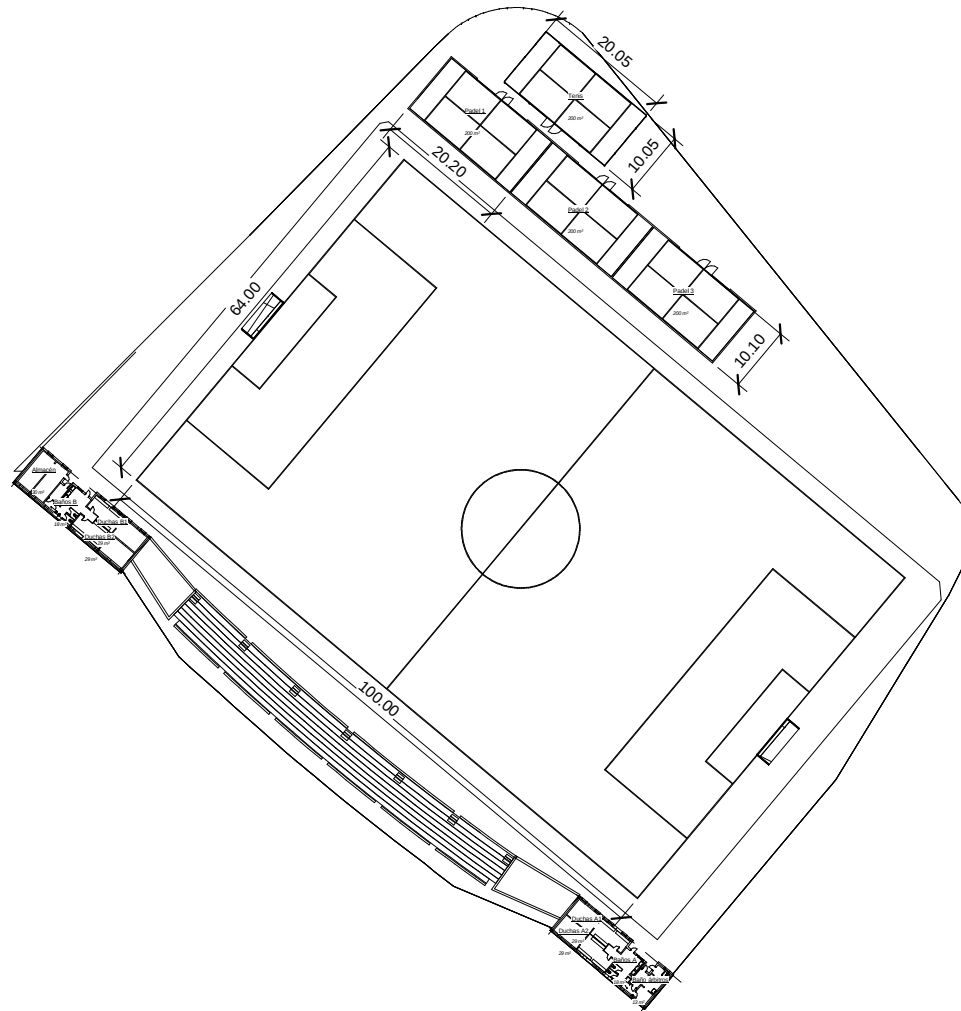
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 UNIVERSIDAD DE JAÉN Escuela Politécnica Superior de Jaén
DIBUJADO:	27/08/17	Sergio Romero Jiménez		
COMPROBADO:	27/08/17	Fco. Javier Gallego Álvarez		
ESCALA:	Modelado BIM del pabellón e instalaciones deportivas del Campus Las Lagunillas			Nº DE PLANO:
1 : 300	Planta baja			A3-01



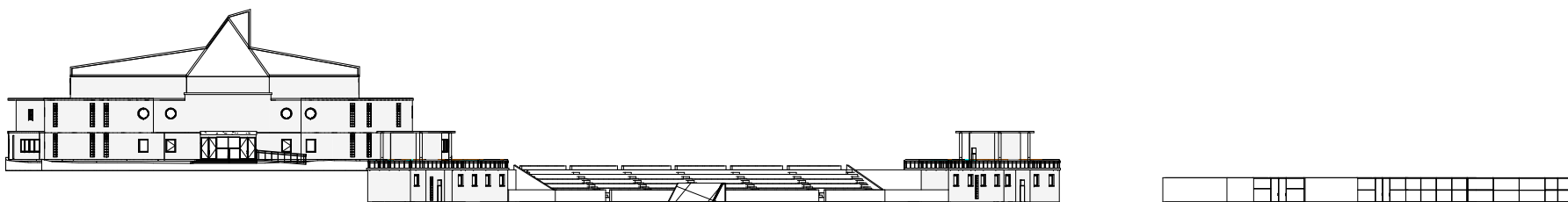
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 UNIVERSIDAD DE JAÉN Escuela Politécnica Superior de Jaén
DIBUJADO:	27/08/17	Sergio Romero Jiménez		
COMPROBADO:	27/08/17	Fco. Javier Gallego Álvarez		
ESCALA:	Modelado BIM del pabellón e instalaciones deportivas del Campus Las Lagunillas			Nº DE PLANO:
1 : 300	Planta superior			A3-02



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 UNIVERSIDAD DE JAÉN Escuela Politécnica Superior de Jaén
DIBUJADO:	27/08/17	Sergio Romero Jiménez		
COMPROBADO:	27/08/17	Fco. Javier Gallego Álvarez		
ESCALA:	Modelado BIM del pabellón e instalaciones deportivas del Campus Las Lagunillas			Nº DE PLANO:
1 : 300	Cubierta			A3-03



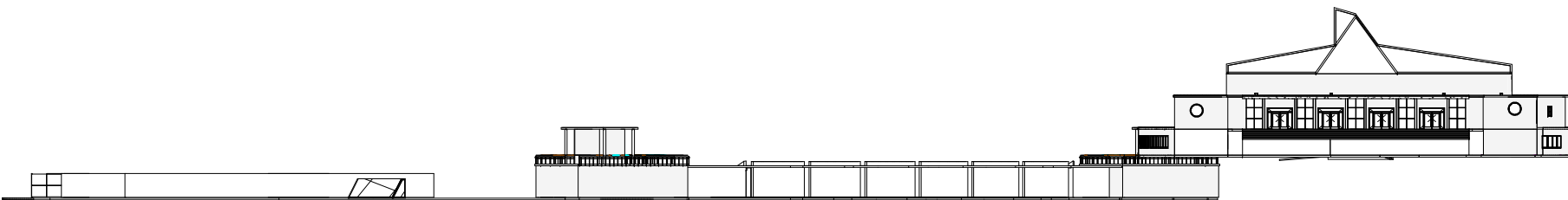
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 UNIVERSIDAD DE JAÉN Escuela Politécnica Superior de Jaén
DIBUJADO:	27/08/17	Sergio Romero Jiménez		
COMPROBADO:	27/08/17	Fco. Javier Gallego Álvarez		
ESCALA:	Modelado BIM del pabellón e instalaciones deportivas del Campus Las Lagunillas			Nº DE PLANO:
1 : 700	Instalaciones deportivas exteriores			A3-04



1

Este

1 : 500

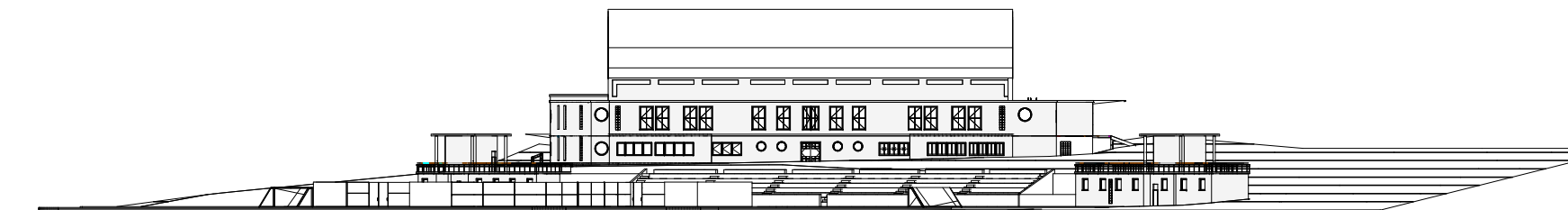


2

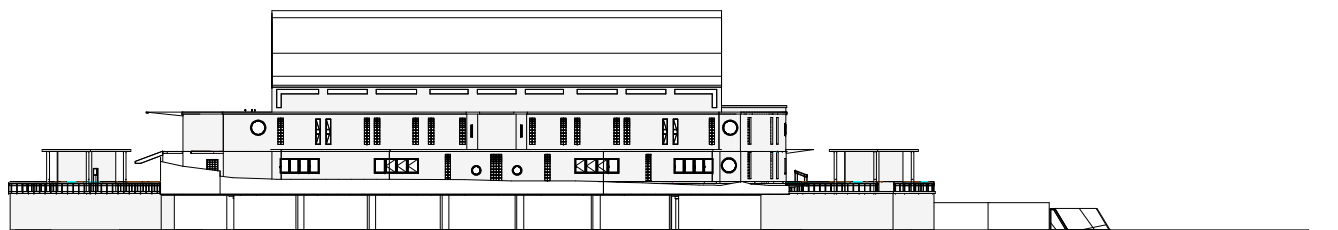
Oeste

1 : 500

	FECHA	NOMBRE	FIRMA		UNIVERSIDAD DE JAÉN <i>Escuela Politécnica Superior de Jaén</i>
DIBUJADO:	25/08/17	Sergio Romero Jiménez			
COMPROBADO:	25/08/17	Fco. Javier Gallego Álvarez			
ESCALA:	Modelado BIM del pabellón e instalaciones deportivas del Campus Las Lagunillas				Nº DE PLANO:
1 : 500	Alzado Este y Oeste				A-05



1 Norte
1 : 500



2 Sur
1 : 500

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 UNIVERSIDAD DE JAÉN <i>Escuela Politécnica Superior de Jaén</i>
DIBUJADO:	25/08/17	Sergio Romero Jiménez		
COMPROBADO:	25/08/17	Fco. Javier Gallego Álvarez		
ESCALA:	Modelado BIM del pabellón e instalaciones deportivas del Campus Las Lagunillas			Nº DE PLANO:
1 : 500	Alzado Norte y Sur			A-06