
CREACIÓN, ALMACENAMIENTO Y GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN DE CONSTRUCCIÓN MEDIANTE LA METODOLOGÍA BUILDING INFORMATION MODELING (BIM).

AUTOR: ESTHER MARHUENDA PÉREZ.

TUTORES ACADÉMICOS: BEGOÑA FUENTES GINER
INMACULADA OLIVER FAUBEL.
Departamento de Construcciones
Arquitectónicas.

CURSO 2013/2014

12/09/2014



RESUMEN

En este Trabajo de Fin de Grado se analiza una nueva metodología de trabajo que ha ganado fuerza en los últimos años, llamada 'Building Information Modeling' (BIM), y que está llamada a ser el futuro en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) y a sustituir casi por completo los métodos de trabajo utilizados tradicionalmente para la redacción de proyectos.

Se pretende realizar un análisis teórico de esta metodología, estudiando sus orígenes, características, y con esto comparar y demostrar la eficacia de ésta frente a la metodología tradicional de realización de proyectos.

Más adelante, basándonos en la creación de un modelo digital en 3D, analizaremos su aplicación práctica para poder entender las ventajas y el alcance que los procesos BIM nos ofrecen. El modelo a analizar será de un edificio situado en Lliria (Valencia), y con éste se estudiarán las ventajas a la hora de trabajar con esta metodología.

Palabras clave: BIM, Building Information Modeling, gestión de la información, proyectos de construcción, software BIM.

ABSTRACT

This degree final project analyses a new methodology of work that has gained strength in recent years, called 'Building Information Modeling' (BIM), and which is set to be the future of architecture, engineering and construction (AEC) industry, and to replace completely the working methods traditionally used.

Intends to produce a theoretical analysis of this methodology, studying their origins, characteristics, and compare and demonstrate effectiveness of this in front of the traditional methodology of projects.

Later, based on the creation of a digital 3D model, we will discuss practical implementation in order to understand the advantages and scope offered by BIM processes. The model to analyze will be a building in Lliria (Valencia), and with this the advantages when working with this methodology will be studied.

Keywords: BIM, BIM softwares, Building Information Modeling, building projects, information management.

DEDICATORIAS

M'agradaria dedicar aquest Treball de Fi de Grau a la meua tia, una de les persones que més important ha sigut per a mi, que m'ha acompanyat durant tota la meua vida.

Sé que, allà on estigues, et sentiries orgullosa de vorem entregar aquest Treball i de tot lo que allò suposa: acabar la carrera, seguir creixent personal i professionalment, i el començament d'una nova etapa.

Gràcies per ser sempre tan forta, valenta, per ensenyar-me tantes coses bones i per deixar-me tants bons moments i records meravellosos amb tu.

Per sempre, t'estime teta Lucia.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría dar las gracias a mis dos tutoras, Begoña Fuentes e Inmaculada Oliver, por adentrarnos en el BIM, por su dedicación para darnos a conocer este mundo de muchas maneras, y por su orientación, conocimientos y motivación para realizar este Trabajo Final de Grado.

A Alberto Cerdán, por enseñarme a utilizar la herramienta Revit, transmitirme su pasión por este mundo y por estar siempre disponible para responder mis dudas.

Agradecer también a Nevado, Torner y Torres, Arquitectos Asociados S.L.P., por proporcionarme toda la información referente al proyecto de ejecución sobre el que he trabajado.

A mis compañeros de TFG “Equipo BIM”, en especial a Héctor, Anaïs y Alejandro, por las horas juntos haciendo este Trabajo, por estar en todo momento para no perder la motivación y ayudarnos siempre.

Por supuesto, a mis incondicionales compañeros de clase, trabajos y fatigas, Alejandro, Belén y Nuria por su amistad y cariño durante estos cuatro años de carrera.

A mis amigos, en especial a Lorena González por su amistad, paciencia y comprensión, además de ayudarme en la redacción y corrección de este trabajo, y a Álvaro Martínez, por estar siempre dispuesto a escucharme y tener unas palabras de ánimo.

Y por último, no por ello menos importante, gracias a mi familia por su apoyo moral y ánimo incondicional con el que he podido contar siempre.

A todos, gracias.

ACRÓNIMOS UTILIZADOS

BIM: Building Information Modeling.

AEC: Architecture/Engineering/Construction.

TFG: Trabajo Final de Grado.

CAD: Computer Aided Design.

LOD: Level of Development.

2D: Dos dimensiones.

3D: Tres dimensiones.

AIA: American Institute of Architects (Instituto Americano de Arquitectos).

MEP: Mechanical/Electrical/Plumbing (Mecánica/Eléctrica/Fontanería).

ADP: Procesos de Datos Automáticos.

IFC: Industry Foundation Classes.

CONTENIDO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	3
1.1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.2. ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN.	6
1.3. OBJETIVOS.....	7
1.4. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	8
CAPÍTULO II. ANÁLISIS TEÓRICO DE LA METODOLOGÍA ‘BIM’.....	9
2.1. ‘BIM’: BUILDING INFORMATION MODELING. SIGNIFICADO.....	10
2.1.1. Diseño basado en parámetros.....	12
2.2. ANTECEDENTES.....	14
2.2.1. Origen del concepto.....	14
2.2.2. Origen del software. Evolución del CAD al BIM.....	15
2.2.3. Softwares BIM.....	16
2.3. FORMA DE TRABAJO.....	18
2.3.1. Agentes intervinientes.....	19
2.4. NIVELES DE DESARROLLO.....	20
2.5. VENTAJAS Y CARENCIAS.....	22
2.6. NUEVAS TENDENCIAS: BIM 4D, 5D, 6D y 7D.....	24
2.7. INTEROPERATIVIDAD E IFC.....	26
2.8. DIFERENCIAS CON METODOLOGÍA DE TRABAJO TRADICIONAL.....	27
CAPÍTULO III. EL PROYECTO: EDIFICIO ‘PLA DE L’ARC’.....	29
3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA PARCELA.....	30
3.2. PROGRAMA DE NECESIDADES.....	31
3.3. TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA.....	31
3.4. PLANOS.....	32
CAPÍTULO IV. EL PROYECTO EN BIM.....	35
4.1. SOFTWARE REVIT.....	36
4.1.1. Funcionamiento de Revit.....	37
4.1.2. Disposición de términos de Revit.....	38
4.1.3. Comportamiento de los elementos en un modelador.....	42
4.2. ESTUDIO PREVIO AL MODELADO.....	43
4.2.1. Incongruencias entre documentos.....	43
4.3. MODELADO - NIVEL LOD 100.....	44
4.3.1. Incongruencias LOD 100.....	48
4.3.2. Conclusiones LOD 100.....	50

4.4. MODELADO - NIVEL LOD 200.....	51
4.4.1. Incongruencias nivel LOD 200.....	54
4.4.2. Conclusiones LOD 200.....	54
4.5. MODELADO - NIVEL LOD 300.....	55
4.5.1. Incongruencias nivel LOD 300.....	58
4.5.3. Conclusiones LOD 300.....	59
4.6. GESTIÓN DEL MODELO.....	60
4.6.1. Habitaciones.....	60
4.6.2. Planos de área.....	61
4.6.3. Tablas de Planificación.....	62
CONCLUSIONES.....	65
BIBLIOGRAFÍA.....	67
TABLA DE CONTENIDOS E ILUSTRACIONES.....	67
ANEXO I – PLANOS ADJUNTOS ‘EDIFICIO PLA DE L’ARC’.....	72

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.

1.1. INTRODUCCIÓN.

Este Trabajo Final de Grado (TFG) se engloba dentro de la modalidad de Proyectos Técnicos de Construcción, en el área temática de Gestión de Proyectos de Construcción.

Ha sido tutelado por dos profesoras de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación (ETSIE), de la Universitat Politècnica de València, María Begoña Fuentes Giner e Inmaculada Oliver Faubel. Ellas se han encargado de proporcionarnos la información del proyecto de ejecución realizado, así como de asistirnos a todos los compañeros en las tutorías necesarias para el desarrollo del mismo.

Desde la Escuela se han organizado una serie de charlas obligatorias y necesarias para el desarrollo del proyecto: Búsqueda de información y Referencias Bibliográficas, Objetivos, planificación, desarrollo y conclusiones del TFG, Herramientas básicas para el desarrollo del TFG y Exposición y Defensa del TFG.

Paralelamente a estas charlas, las tutoras han organizado para el grupo de alumnos que realizamos este proyecto en concreto, una serie de conferencias a cargo de empresas y personas dedicadas al campo del BIM en España, bajo el título “Café con BIM”, con la intención de restarles formalidad y convertirlas en reuniones más familiares y amenas entre los ponentes y los alumnos. Los ponentes han sido: los integrantes de la empresa iBIM Building Twice S.L., Sergio Muñoz (Director de innovación de AIDICO y presidente de Building Smart en España), David Barco (Avatar BIM), e Ilse Verly (Project Manager de Autodesk para España).

También, al margen del BIM, pudimos contar con la presencia de Elias Azulay, de Jacobson, Steinberg & Goldman, quien nos habló sobre el ADN emocional, y sobre diversas técnicas de comunicación a utilizar en una exposición.



Figura 1 - Cartel Café con BIM, 2014.

Fuente: Begoña Fuentes Giner.

Asimismo, tuve la oportunidad de asistir al Segundo Congreso Nacional BIM (EUBIM), en cuya organización participan nuestras tutoras y que se celebra en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. En el mismo pude asistir a talleres prácticos de Medit (herramienta para realizar mediciones con Revit) y de Lumion (programa para realizar animaciones), además de a diversas ponencias relacionadas con BIM que me han servido para conocer y aprender nuevas aplicaciones del mismo.



Figura 2 - Cartel anunciador del Congreso EUBIM, 2014.

Fuente: EUBIM.

Actualmente existen múltiples soluciones de software para la aplicación de esta metodología BIM, pero en este caso, se ha elegido la herramienta Revit, de Autodesk. Para el correcto aprendizaje de ésta, he asistido a un curso de “Iniciación al BIM – Revit”, de 40 horas, impartido por Alberto Cerdán Castillo, por el cual se ha obtenido un certificado oficial de Autodesk, y he realizado también un curso de “Análisis energético y de rendimiento de edificios (BPA)” de Autodesk, en el cual hemos aprendido a usar la herramienta Vasari.

1.2. ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN.

La idea de realizar este Trabajo de Fin de Grado sobre la aplicación teórica y práctica de la tecnología 'BIM', Building Information Modeling, parte de la idea de la necesidad de cambio en el sector de la construcción en cuanto a los métodos tradicionales que se vienen utilizando desde hace varios años para la realización de proyectos. Esta tecnología (CAD), que supuso en su momento la digitalización de los métodos más antiguos de delineación con papel y lápiz, ha de verse complementada por muchos otros software, lo que hace que la cantidad de archivos y errores finales pueda ser enorme.

Y parece ser que con 'BIM' este momento ha llegado. La mentalidad y la forma de trabajo tradicional están empezando a cambiar por esta nueva tecnología, mejor y más eficaz, ya que la información se concentra en su totalidad en una única base de datos, a la que pueden acceder todos los agentes intervinientes en el proyecto. Con esto, la información repetida y la multitud de archivos se eliminan. Además, esta tecnología evita las futuras interferencias entre elementos constructivos, ya que con BIM se construye virtualmente el edificio; interferencias que en CAD se pueden esconder o hacer desaparecer, pues los elementos constructivos no tienen relación unos con otros, con los problemas que supondrá esto posteriormente, durante el proceso constructivo del edificio.

En unos años, en algunos países será obligatorio el uso de la tecnología BIM para cualquier proyecto. Y aunque aún son necesarios muchos cambios y mejoras, creo firmemente que es el futuro en cuanto a la industria de la construcción, y ese es el motivo de este TFG, el estudio de esta nueva tecnología, así como su aplicación práctica sobre un proyecto de ejecución.

1.3. OBJETIVOS.

El objetivo fundamental de este TFG es comparar la metodología de trabajo tradicional de realización de proyectos de construcción con la metodología BIM.

Para alcanzar este objetivo, en primer lugar, se realizará un análisis teórico de ambas metodologías, sus ventajas y sus inconvenientes, en lo que respecta a la fase de redacción de proyectos de ejecución.

Por otra parte, se aplicará la metodología BIM a un caso práctico. Esto nos permitirá comparar la forma tradicional de redacción de un proyecto con la forma en que se realiza la gestión de la información dentro de la metodología BIM. Esta fase práctica de modelado y gestión la haremos en tres niveles diferentes de desarrollo de un proyecto de ejecución de un edificio de 9 viviendas, con planta baja almacén y sótano aparcamiento, situado en la Calle Plà de l'Arc, nº40, de la localidad de Lliria (Valencia), del cual se dispone toda la información de proyecto.

1.4. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

El presente Trabajo de Fin de Grado tiene como principal objetivo comparar la metodología de trabajo tradicional de realización de proyectos con la metodología BIM. Para que la comparativa fuese integral, en primer lugar se ha desarrollado un análisis teórico y comparativo entre ambas metodologías y posteriormente, se ha aplicado a un caso práctico en el que se ha trabajado con la metodología BIM. Tras realizar ambas fases del TFG se han llegado a unas conclusiones que se plasmarán al final del presente trabajo, consiguiendo así los objetivos establecidos.

Para el análisis teórico de ambas metodologías, se parte de la base de los cuatro años de estudio en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, en los que se ha aprendido a trabajar con CAD y con los métodos utilizados hasta el momento. A partir de ahí, se realiza un estudio de toda la metodología BIM, su origen, los diferentes software existentes, la forma de trabajo, etc., y se realiza una comparativa entre ambas, estableciendo al final las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas.

Para la aplicación práctica, se realizó un curso de Iniciación al BIM con la herramienta Revit de Autodesk Inc., en su versión 2014, impartido por Alberto Cerdán, en el que nos adentramos en el mundo BIM, y en el que pudimos trabajar y aprender la aplicabilidad y funcionalidad de esta herramienta. Con esos conocimientos se ha desarrollado el proyecto en BIM, tras lo que se han podido detectar las diferencias entre el proyecto dado en CAD y éste.

El uso de una herramienta BIM en este análisis práctico nos permite demostrar la eficacia que esta tecnología aporta a la toma de decisiones iniciales en la fase de proyecto y durante la ejecución del mismo, la detección de incongruencias y errores contenidas en la información 2D, que pueden ser detectadas y corregidas de inmediato en el modelo 3D.

CAPÍTULO II. ANÁLISIS TEÓRICO DE LA METODOLOGÍA 'BIM'.

2.1. 'BIM': BUILDING INFORMATION MODELING. SIGNIFICADO.

Existen diferentes definiciones sobre lo que es BIM. A continuación se exponen dos de ellas:

Autodesk, compañía dedicada al software de diseño en 2D y 3D para las industrias de manufacturas, infraestructuras, construcción, medios y entretenimiento y datos transmitidos vía inalámbrica, establece:

“BIM es un proceso que implica la creación y el uso de un modelo inteligente en 3D para informar y comunicar las decisiones del proyecto. Diseño, visualización, simulación y colaboración habilitada por soluciones BIM brindan mayor claridad para todas las partes interesadas a lo largo del ciclo de vida del proyecto. BIM hace que sea más fácil alcanzar los objetivos del proyecto y de los negocios”.

BuildingSmart, asociación sin ánimo de lucro cuyo objetivo es fomentar la eficacia en el sector de la construcción, a través de estándares abiertos de interoperabilidad sobre BIM y de modelos de negocio orientados a la colaboración, define BIM como:

“BIM es una representación digital de las características físicas y funcionales de un edificio o una infraestructura. Permite compartir la información relativa a un edificio a lo largo de todo su ciclo de vida. BIM facilita la interoperabilidad y la colaboración entre los distintos agentes que participan en las distintas fases de un proyecto de edificación, así, cada uno de los agentes puede añadir, eliminar, actualizar o modificar la información contenida en un proyecto BIM”.

Tal y como dice Coloma Picó (2008) en su libro 'Introducción a la metodología BIM', esta metodología de trabajo se caracteriza por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua, empleando una o más bases de datos compatibles que contengan toda la información referente al edificio que se pretende diseñar, construir o usar. Esta información puede ser de tipo formal, pero también puede referirse a otros aspectos como materiales empleados, calidades físicas, los usos de cada espacio, la eficiencia energética de cada cerramiento, etc.



Figura 3 - BIM en el ciclo de vida de un edificio, 2014.

Fuente: www.nanconstruccion.es

Se tiende a confundir los modelos BIM con modelos 3D, los cuáles sólo incorporan la geometría del edificio. BIM, además de esto, incorpora información no gráfica relevante del proyecto que se queda guardada en la base de datos del modelo.

En BIM se incorpora toda la información necesaria para facilitar el diseño, construcción y operación de cualquier proyecto de construcción.

Con esto, se podría resumir que BIM, acrónimo de la frase inglesa 'Building Information Modeling', es un sistema de gestión de información que engloba el ciclo de vida íntegro de cualquier construcción, desde que se concibe la idea inicial, hasta el posterior uso, mantenimiento y explotación del edificio construido.

2.1.1. Diseño basado en parámetros.

En primer lugar, ¿qué es el diseño basado en parámetros? En el blog Parametriccamp (2014) hablan de que la base de este diseño es la generación de geometría a partir de la definición de unos parámetros iniciales y la programación de las relaciones formales que guardan entre ellos. Estos nos permiten manipular con mayor precisión nuestro diseño para llegar a resultados óptimos.

Hasta ahora, las herramientas de diseño con las que se venía trabajando (CAD) en el campo de la arquitectura no se adecuaban al planteamiento del diseño paramétrico. Estas herramientas forzaban a fijar unas condiciones iniciales de proyecto, que normalmente cambiaban durante el ciclo de vida del mismo, por lo que era necesario actualizar los dibujos de forma manual varias veces. La probabilidad de cometer errores con estas técnicas era muy elevada, la documentación se creaba mediante extracción de coordenadas del modelo y la generación de dibujos 2D independientes, que eran muy difíciles de editar. (blogthinkbig, 2013).

Por todo esto, es necesario plantearse: ¿por qué es tan importante para BIM el modelado de construcción paramétrico? Tal y como cuenta Autodesk en su artículo “El modelado de construcción paramétrico: la base de BIM”, la tecnología BIM, como se ha descrito anteriormente, se caracteriza por la creación y el uso de información computable, coordinada y con coherencia interna sobre un proyecto de construcción, por lo que la fiabilidad de la información del edificio es la característica esencial de BIM y de sus procesos digitales de diseño. Las soluciones BIM que utilizan modeladores de construcción paramétricos proporcionan información del edificio más coordinada, fiable, de mejor calidad y con mayor coherencia interna que los software de CAD.

A través de las técnicas de diseño paramétrico se consigue que estos procesos dejen de ser rígidos e imprecisos.

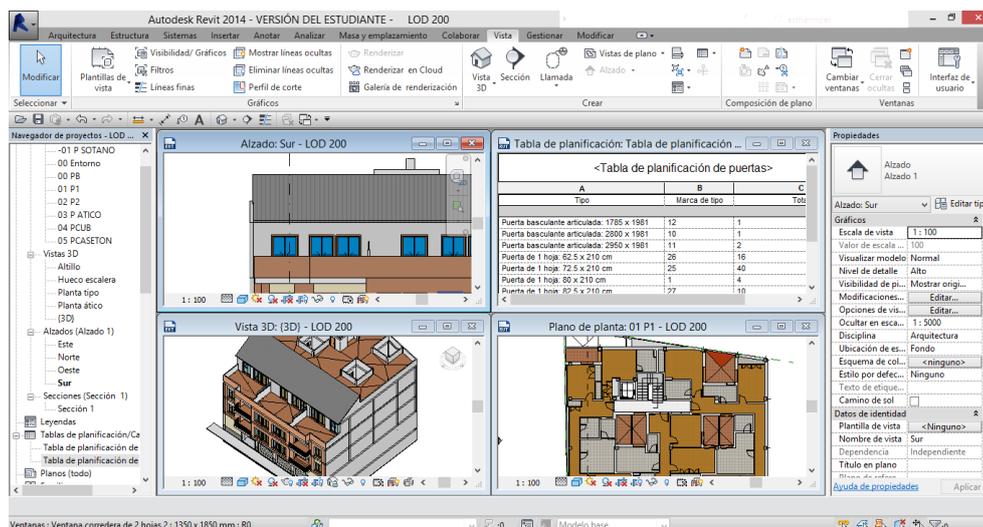


Figura 4 – Interfaz de trabajo Revit, 2014.

Fuente: Propia.

En esta imagen se observa la interfaz de trabajo del software Revit, la herramienta informática de modelado utilizada en este TFG, en la que aparecen cuatro ventanas del proyecto sobre el que se trabaja. Si realizásemos cualquier cambio en una de ellas, éste se vería reflejado en las otras ventanas inmediatamente, ya sea en las vistas (planos), o en las tablas de planificación (mediciones).

Las tablas de planificación se pueden crear a partir de un elemento del proyecto, como podrían ser muros, ventanas, puertas, suelos, etc., y a partir de ellos, escoger qué parámetros o características interesa mostrar en la misma. Las posibilidades de estas tablas son infinitas, los parámetros escogidos se pueden filtrar para mostrar unos u otros en función de lo que se quiera mostrar. Por ejemplo, se pueden mostrar solamente los elementos de una planta del edificio, ordenar estos elementos de mayor a menor o viceversa, hacer que solamente aparezcan los que tienen un valor determinado, o los que no lo tienen, etc. (Crcoedificacion, 2014).

Se podría decir que el verdadero valor de BIM es el trabajar con parámetros que permiten establecer relaciones entre los distintos elementos del edificio y que se pueden gestionar en cualquier momento.

Como se ha dicho anteriormente, la información está totalmente coordinada dentro del proyecto, sin posibilidad de error o repetición de la misma, y actualizada al instante.

2.2. ANTECEDENTES.

2.2.1. Origen del concepto.

Los conceptos y metodologías de trabajo que hoy se incluyen bajo el termino BIM datan de hace más de treinta años. Prueba de ello es que en 1975 Charles M. Eastman, redactor del American Institute of Architects (AIA), ya describía su concepto de ‘Building Description System’ en su libro “The Use of Computers Instead of Drawings In Building Design” con las siguientes palabras:

“...definiendo interactivamente elementos, derivando secciones, planos, vistas isométricas o perspectivas de la misma descripción de elementos. Cualquier cambio o arreglo sería hecho solamente una vez para todos los dibujos. Todos los dibujos derivados de la misma disposición de elementos sería automáticamente consistente, cualquier tipo de análisis cuantitativo podría ser generado fácilmente, proporcionando una sola base de datos integrada para análisis visuales y cuantitativos...”



Figura 5 – Charles M. Eastman, 2014.

Fuente:

<http://www.coa.gatech.edu/>

En Europa, especialmente en Reino Unido, al final de los años 70 y principios de los 80, se realizaron trabajos de investigación y desarrollo comparables a los de Eastman en América.

Ya durante los 80, este método fue descrito con mayor frecuencia en Estados Unidos como “Building Product Models” (Construcción de modelos de producto) y en Europa como “Product Information Models” (Información de modelos de producto), términos que acabaron fusionándose y derivando en “Building Information Model”, término que se utiliza actualmente. (Eastman, Teicholz, Sacks y Liston, 2008).

Paralelamente, en muchas publicaciones, se habla de que fue Jerry Laiserin quien popularizó el término BIM como un concepto común para la representación digital de procesos de construcción, con el objetivo de intercambiar e interoperar la información en formato digital. (“Dataedro”, 2013).



Figura 6 - Jerry Laiserin

Fuente: Dorothy Alexander.

Sin embargo, el propio Laiserin, en el libro “BIM Handbook – A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors” (Eastman, Teicholz, Sacks y Liston, 2007), en el cual realiza el prólogo, se autodefine como “Padrino del BIM” y asigna a Charles M. Eastman la autoría de “Padre del BIM”. Laiserin establece:

“...en lugar de “Padre de BIM” – como algunos bienintencionados pero demasiado entusiastas compañeros me han etiquetado – prefiero el epíteto de “padrino del BIM” ... Si hay alguien que merece el título de “padre del BIM”, seguramente es Charles Eastman...”

2.2.2. Origen del software. Evolución del CAD al BIM.

Aunque el origen del concepto BIM data de los años 70, el origen del software ocurrió años antes, cuando, en 1961 el Doctor Patrick J. Hanratty, considerado como el padre del CAD, ayudó a desarrollar DAC, uno de los primeros gráficos de diseño asistido por ordenador de sistemas.

A mediados de los años 80, Autodesk lanza por primera vez al mercado su producto insignia: AutoCAD. Este supuso una revolución en cuanto a la modalidad de trabajo de arquitectos, ingenieros y constructores. Este nuevo software se basaba conceptualmente en la metáfora del tablero de dibujo y sus herramientas hasta que, progresivamente fue sustituyendo al dibujo técnico manual, en virtud de las indudables ventajas en velocidad y eficiencia que ofrecía. (Arqa, 2009).

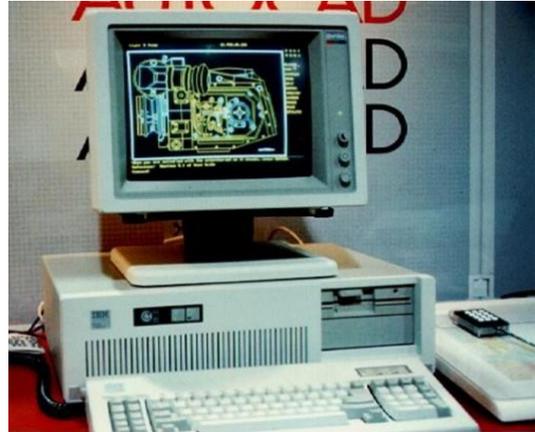


Figura 7 – Primera versión comercial de AutoCAD, 1982.

Fuente: Autodesk.

Existe gran consenso en que fue la empresa húngara Graphisoft la primera en aplicar en concepto BIM bajo el nombre Virtual Building (Edificio virtual) desde 1987 en su programa ArchiCAD, el cual es reconocido como el primer software de CAD para computadora personal capaz de crear tanto dibujos en 2D como en 3D.

Por otra parte, Autodesk comenzó a utilizar el concepto BIM en su tecnología tras la compra en el año 2002 de la empresa texana Revit Technology Corporation, con el objetivo de entrar de lleno en las plataformas BIM, con el software Revit.

Actualmente, hay diferentes proveedores tecnológicos de programas que trabajan con BIM, y que ofrecen una gran diversidad de paquetes de diseño. Entre otras compañías, las más conocidas son Nemetschek (software Allplan) , Sigma Design, Autodesk (software Revit), Bentley System y Tekla. (Comagrap, 2014).

2.2.3. Softwares BIM.

Para la aplicación práctica de la metodología BIM, existen en el mercado multitud de soluciones de software, las cuales se desarrollan a continuación:

- Revit (Autodesk).

Se trata de uno de los softwares más conocidos para trabajar en BIM. A pesar de existir desde 1997, se popularizó en 2002 cuando su empresa desarrolladora, Revit Technology Corporation fue comprada por Autodesk Inc.



Figura 8 – Logotipo de Autodesk.

Fuente: Autodesk

Según cuenta Gómez Fernández en su Trabajo de Fin de Grado, esta aplicación usa un archivo único que contiene toda la información del proyecto, incluidas las vistas, los planos y las bibliotecas de objetos paramétricos. Es una sola aplicación que incluye características de diseño arquitectónico, construcción, ingeniería MEP y estructural.

La estructura interna del programa es muy coherente, ya que cualquier elemento del proyecto es tratado de manera similar, y además, la interfaz gráfica está parametrizada, lo que permite modelar cualquier elemento con independencia de su uso.

- ArchiCAD (Graphisoft).



Figura 9 - Logotipo de Graphisoft.

Fuente: Graphisoft

Graphisoft nació en 1982 en Budapest, Hungría, y en 1984 sacó al mercado la aplicación Radar CH, también conocida como ArchiCAD 1.0, considerado uno de los primeros software de CAD en 3D.

Tal y como hace Revit, ArchiCAD se organiza en torno a un archivo único, con un sistema de librerías que puede ser referido a archivos externos o que pueden pertenecer al propio proyecto. Conserva, al contrario que Revit, algunos vestigios de las herramientas tradicionales de CAD, como el sistema de capas, o el plotteado según conjuntos de plumillas. (Jiménez, Ale., 2013).

- Allplan (Nemetschek).

La empresa Nemetschek fue fundada en 1963, siendo de las primeras en el sector de la construcción en utilizar el ordenador para el diseño y la construcción de obras de ingeniería. En 1984 lanzaron su primer software de CAD, Allplan V1, y con el tiempo han ido incorporando procedimientos BIM en él.



Figura 10 - Logotipo de Nemetschek.

Fuente: Nemetschek

La estructura de documentación de Allplan es radicalmente diferente al del resto de aplicaciones BIM. Los proyectos se guardan en carpetas que contienen multitud de archivos con la información del modelo, que se organizan por plantas y categorías de objetos. Esto lo hace mucho menos ágil a la hora de navegar por el proyecto, si lo comparamos con las aplicaciones desarrolladas

anteriormente, aunque posibilita el trabajo en equipo y permite estructurar el proyecto como se desee, por muy grande que sea. (Gómez Fernández, 2013).

Tekla BIMsight (Tekla).

Otra de las empresas importantes es la finlandesa 'Teknillinen Laskenta Oy', más conocida por su abreviatura, 'Tekla'. Esta empresa fue una de las emprendedoras en el desarrollo de Procesos de Datos Automáticos (ADP).



Figura 11 - Logotipo de Tekla.

Fuente: Tekla.

En el año 1993 sacan al mercado X-Steel, renombrado a Tekla Structures a partir del 2004, una aplicación que permite crear un modelo 3D en tiempo real de la estructura que está siendo diseñada.

Más tarde, en 2011, lanzan Tekla BIMsight, una aplicación de software de colaboración en proyectos de construcción basada en BIM. (Gómez Fernández, 2013).

Debido a la diversidad de soluciones en cuanto software que el mercado BIM ofrece, se podría llegar a pensar que una de ellas es mejor que las demás, pero lo cierto es que cada una de estas aplicaciones ofrece múltiples características y funcionalidades, por lo que la elección de uno u otro software para trabajar en BIM debe basarse en la propia persona que los utiliza y en las características o la comodidad que le ofrezca esta aplicación en su día a día.

2.3. FORMA DE TRABAJO.

Plasmando lo desarrollado por Gómez Fernández (2013), llegados a este punto, se puede llegar a atribuir los errores en ejecución de obras a la falta de coordinación entre los distintos agentes que intervienen a lo largo de todo el proyecto. Esto ocasiona, en muchos casos, errores e interferencias entre los diferentes modelos CAD (arquitectónico, instalaciones, estructural), lo que genera un retraso en la ejecución, y también en muchos casos, pérdidas económicas.

Con la tecnología BIM, se parte de la idea de centralizar en una única base de datos todo el modelo de información de un edificio, y poder analizar de antemano las posibles colisiones entre ellos.

Es necesario comentar también la multitud de problemas que se encuentran con las aplicaciones CAD tradicionales: diversidad de archivos, inexistencia de un software que facilite la administración de estos, trabajo con archivos e información diferente entre cada agente, actualización manual de la información..., lo que dificulta poder asegurar que la información entre cada uno de estos archivos está actualizada y corresponde con el resto.

Con la tecnología BIM esto se acaba, ya que se parte de la idea de centralizar en una única base de datos, es decir, un único archivo para cada modelo, toda la información del edificio, y poder analizar de antemano las posibles colisiones entre ellos. Supone, por tanto, un sistema de trabajo colaborativo entre todos los agentes participantes en el proyecto, sin posibilidad de error o repetición en la información final.

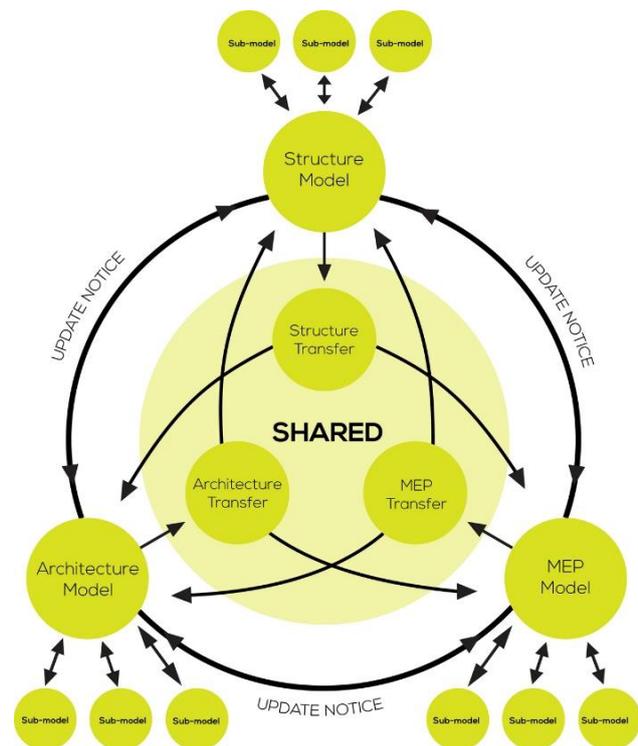


Figura 12 - Forma de trabajo a nivel interno y externo en BIM, 2012.

Fuente: www.mv-bim.com.

Si se consigue que toda la información de un proyecto esté coordinada, se conseguirá llevarlo a cabo con la colaboración de diversos agentes, ocupados cada uno de ellos de disciplinas diferentes. Es decir, los agentes pueden trabajar en el mismo proyecto, con la seguridad de que la información con la que trabaja está totalmente actualizada.

2.3.1. Agentes intervinientes.

El BIM en sí, no es sólo un sistema que maneja datos que sólo afectan a unos cuantos intervinientes, si no que va mucho más allá.



Figura 13 - Agentes intervinientes en un proyecto BIM, 2014.

Fuente: García Pedraza, G.

La escuela Metropa School de Madrid establece en su página web que, en primer lugar, BIM permite a los propietarios analizar viabilidades y elaborar sus programas de necesidades de forma más eficaz. A los arquitectos, les permite diseñar el edificio cumpliendo los requerimientos del cliente y del lugar, visualizar la arquitectura en un entorno 3D y en tiempo real, y mantener la consistencia de la documentación de forma más eficiente, ante cambios que se actualizan en todos los planos automáticamente.

Además, permite coordinar e integrar en el modelo el trabajo con los ingenieros, consultores, calculando interferencias y problemas derivados.

Permite a los ingenieros y consultores desarrollar las estructuras y las instalaciones, coordinándose en el mismo modelo. A las constructoras les permite planificar adecuadamente el proceso constructivo y prever interferencias, solapamientos de subcontratas, comprobar mediciones y prescripciones. Por su parte, permite a las subcontratas planificar su trabajo, entender estas interferencias, comprobar trazados y mediciones.

BIM permite a proveedores y fabricantes suministrar sus productos en formato BIM, para garantizar la idoneidad de ser incorporados en el proyecto. Al usuario del edificio le permite realizar una gestión del edificio más eficiente y profesional, conociendo de manera detallada los planos, los recorridos de instalaciones, etc., para mantenimiento y futuras reformas. Y en último lugar, la tarea del Facility Manager (mantenimiento posterior del edificio) es llevada a otro nivel al implementar BIM en el edificio.

2.4. NIVELES DE DESARROLLO.

Existe cierta confusión sobre el significado de los Niveles de Desarrollo, y sobre cómo éstos deberían ser utilizados.

Atendiendo a la necesidad de normalizar el nivel de detalle en un trabajo en BIM, parece ser que fue la empresa Vico Software, dedicada a producir aplicaciones de control de costes, junto con Jim Bedrick, la primera en hablar de este concepto. Lo llamaron “Nivel de Detalle” (Level of Detail), para medir la cantidad de información que contenía un modelo (Practicalbim, 2013).

El AIA (*American Institute of Architects*), consideró válido este concepto para valorar la calidad de un modelo BIM, aunque decidió cambiar “Nivel de Detalle” por “Nivel de Desarrollo” (*Level of Development, LOD*), ya que el Nivel de Detalle se enmarca en lo visual del modelo, y el de Desarrollo concreta el grado de definición geométrica y de información que contiene un elemento, y estableció además, en su Documento E202 – 2008, los protocolos y los niveles esperados de desarrollo, con los requisitos específicos de los mismos, divididos en cinco niveles, detallados a continuación. (Rodríguez Antúnez, 2014).



THE AMERICAN INSTITUTE
OF ARCHITECTS

Figura 14 – Logotipo de The American Institute of Architects, 1857.

Fuente: www.aia.org

Esta articulación permitiría a los autores de los modelos definirlos de modo seguro, según el uso que fuese a hacerse de ellos, y además, a los usuarios intermedios, entender la utilidad y las limitaciones de los modelos que reciben.

En 2013, el AIA publicó otro Documento (G202 – 2013, Building Information Modeling Protocol Form)), actualizando la versión nombrada anteriormente de 2008.

Cada uno de los niveles se basa en lo desarrollado en el nivel anterior a él, e incluye todas sus características. Como bien aparece en el Documento G202-2013, Building Information Protocol Form del AIAj:

_ LOD 100. Equivale a un diseño conceptual que contiene todos los elementos del edificio, y permite analizar su mejor implantación y orientación. Se puede realizar ya una estimación de costes a partir de estos conceptos (por ejemplo, m² de área de suelo...).

_ LOD 200. Aporta una visión general con cantidades aproximadas, tamaño, forma, ubicación y orientación. Se pueden desarrollar estimaciones aproximadas de costes sobre los datos facilitados y técnicas de estimación conceptuales (por ejemplo, volumen y cantidad de elementos o tipo de sistema seleccionado...).

_ LOD 300. En este nivel ya se aporta información y geometría precisa, el nivel de detalle externo empieza a ser importante, aunque aún no es del todo completo. Se pueden desarrollar estimaciones de costes sobre los datos específicos proporcionados. Además, en cuanto a programación, el modelo puede mostrarse de una manera ordenada en una escala temporal.

_ **LOD 400.** Los elementos del modelo son representaciones virtuales del edificio propuesto, y ya es adecuado para su construcción o fabricación. Estos elementos ya son precisos en tamaño, forma, localización, cantidad y orientación. Los costes, por tanto, se basan en el coste real de los elementos específicos, y en cuanto a programación, el modelo se puede mostrar de manera ordenada en una escala temporal, y además, se pueden incluir elementos y sistemas específicos, incluyendo medios y métodos de construcción.

_ **LOD 500.** Los elementos del modelo son reales y precisos en términos de tamaño, forma, localización, cantidad y orientación. El modelo se puede utilizar para el mantenimiento y el funcionamiento del edificio.

Respecto de la edición publicada en 2008, en la edición de 2013 se identificó la necesidad de un LOD que definiera los elementos del modelo suficientemente desarrollados para permitir la coordinación entre disciplinas, por ejemplo, la detección y prevención de conflictos y de diseños. Este LOD requiere más detalle que el LOD 300, pero menos que el LOD 400, por ello se ha empezado a hablar del LOD 350. (G202 – 2013, Building Information Modeling Protocol Form, AIA).

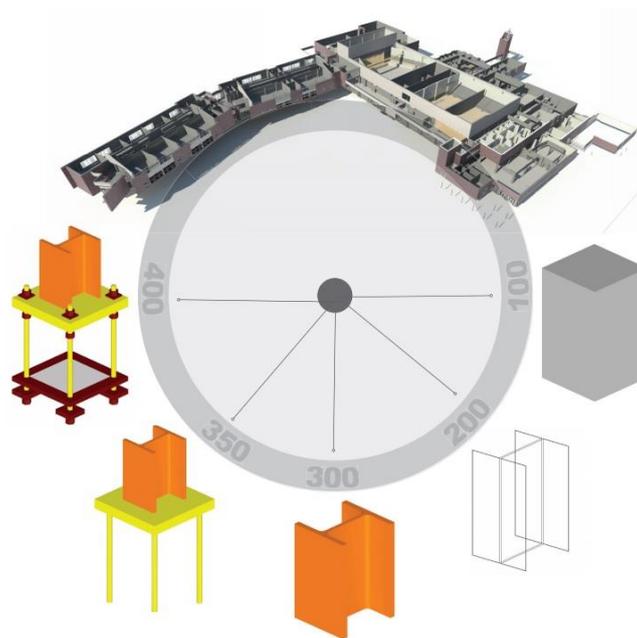


Figura 15 - Niveles de Desarrollo en BIM, 2013.

Fuente: www.bimforum.org

El marco de trabajo que representan los Niveles de Desarrollo solucionan varios de los problemas que surgen cuando BIM se utiliza para intercambiar datos, o como herramienta de colaboración, es decir, cuando una persona distinta del autor debe extraer información de él, ya que es fácil malinterpretar la precisión con la que está modelado un elemento. Por ello, el establecer unos Niveles de Desarrollo en un entorno de colaboración, donde existen personas que dependen de la información de éste modelo, adquiere gran importancia.

A pesar de las ventajas que presenta, los LOD todavía no se han convertido en un añadido formal en cualquier proyecto en muchos países.

2.5. VENTAJAS Y CARENCIAS.

Se podrían resumir las ventajas de esta metodología en el siguiente cuadro:

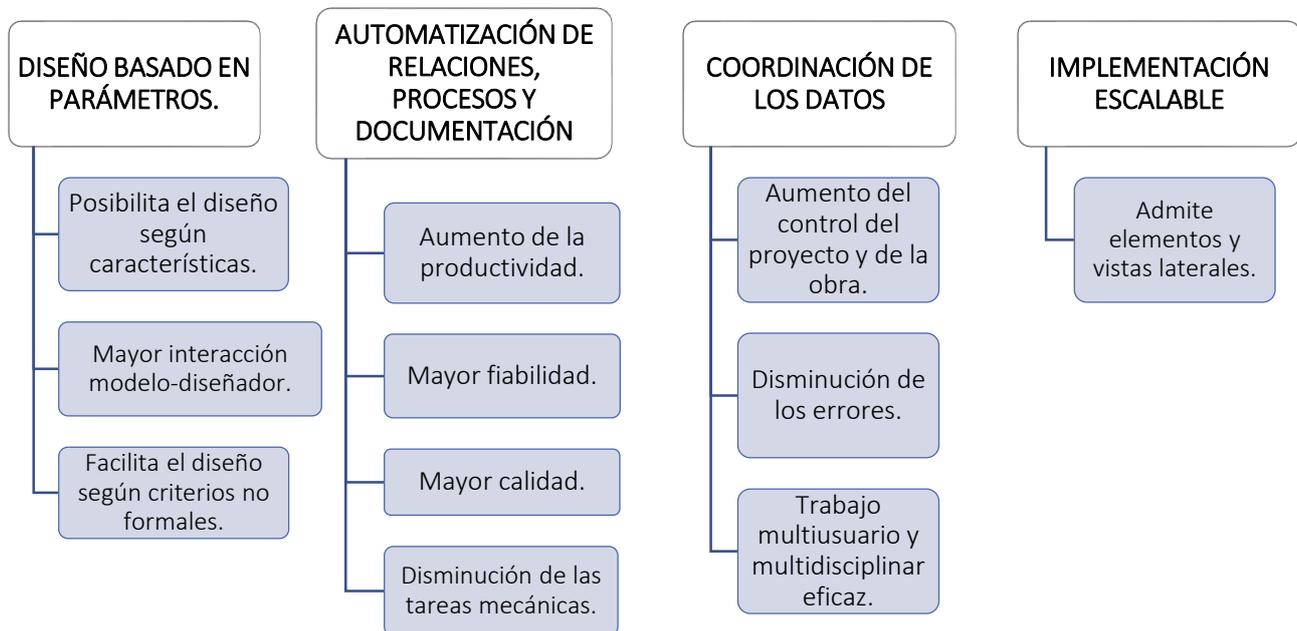


Figura 16 – Ventajas de la metodología BIM, 2008.

Fuente: Adaptación propia del original de Coloma Picó.

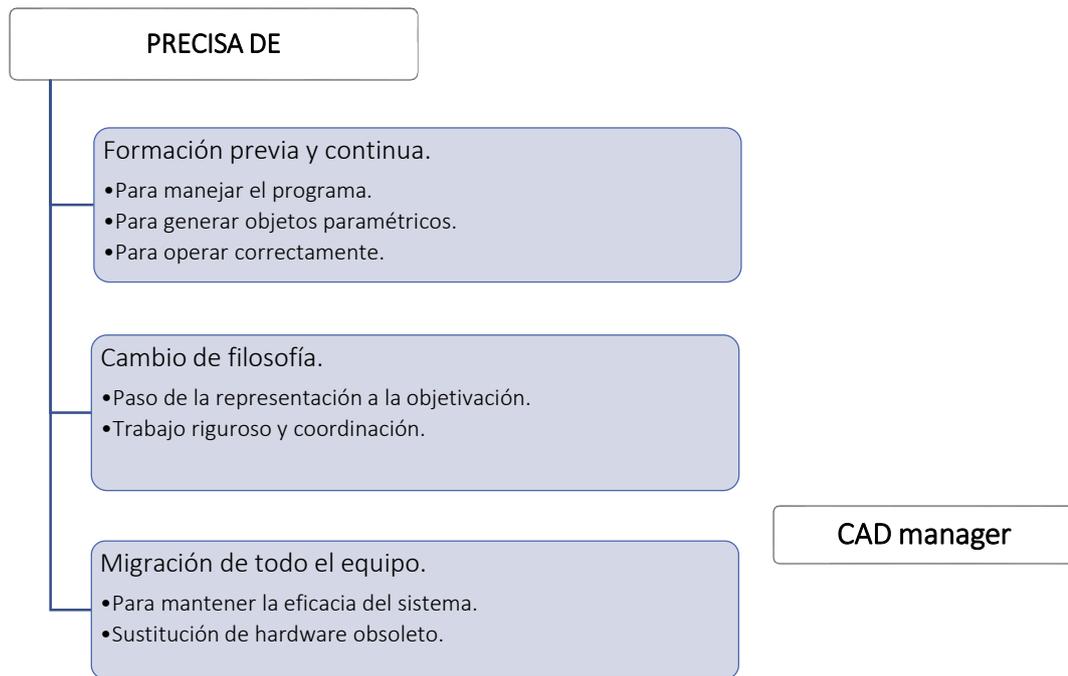
Exponiendo lo dicho por Coloma Picó en su libro “Introducción a la tecnología BIM”:

El diseño basado en parámetros es una ventaja por sí misma, ya que permite diseñar en función de los condicionantes reales del elemento que se estudia, lo que incrementa la interacción entre el modelo y el diseñador; el proyectista está frente a la obra virtual, puede realizar cortes instantáneos y evaluar la repercusión de cada cambio.

La automatización de las relaciones, los procesos y de la documentación es consecuencia de la tecnología de objetos. La interacción entre objetos agiliza mucho las tareas de modelar la información del edificio. La automatización de procesos, por ejemplo, facilita las tareas rutinarias que nada tienen que ver con los procesos creativos ni con el diseño en sí del edificio. Además, el hecho de contar con un modelo centralizado hace que la documentación esté siempre actualizada. Todo esto repercute en un aumento de la productividad, una mayor fiabilidad del diseño y, en definitiva, una mayor calidad global de éste.

La coordinación entre todos estos datos permite controlar mucho mejor el proyecto, tanto desde el punto de vista de su gestión documental, como de su contenido. Los problemas de coordinación entre disciplinas y usuarios disminuyen en gran medida, lo que hace que aumente la calidad y la productividad del proyecto. Toda la información perteneciente al modelo resulta coherente, en la medida en que es coordinada por el sistema. Por ejemplo, si cambiamos la ubicación de una ventana en la fachada, todos los demás accesos se actualizarán inmediatamente (plantas, 3D, carpinterías, etc.) (Arqa, 2009).

Es obvio que no todo son ventajas en BIM, como se detalla en este otro esquema:



*Figura 17 – Carencias de la metodología BIM, 2008.
Fuente: Adaptación propia del original de Coloma Picó.*

Siguiendo con lo expuesto por Coloma Picó:

El uso de esta tecnología requiere formación, como casi cualquier herramienta actual, aunque se requiere un conocimiento mayor de la misma, lo que puede dificultar el paso al uso de estas herramientas. No obstante, en cada equipo de trabajo deberá haber un integrante que cuente con formación avanzada, para que sea capaz de solucionar tareas más complejas.

No obstante, el obstáculo más difícil de superar es el cambio de filosofía que implica el uso de la tecnología BIM. No sólo por el hecho de tener que invertir tiempo en gestión tecnológica, sino también porque implica un abandono de las técnicas de representación.

Todos estos factores hacen que la migración hacia la tecnología BIM se torne una operación delicada y de envergadura. Resulta necesario hacer un cambio en el equipo de trabajo, ya que, la nueva tecnología no se puede aprovechar correctamente si hay parte de la plantilla que sigue con la mentalidad de trabajo anterior.

Esta migración puede implicar también, en muchos casos, la sustitución de hardware obsoleto, que no sirve para trabajar con aplicaciones BIM, lo cual puede significar una primera inversión notable para el despacho.

2.6. NUEVAS TENDENCIAS: BIM 4D, 5D, 6D Y 7D.



Figura 18 - BIM, del 3D al 7D, 2014.

Fuente: García Pedraza, G.

Uno de los desarrollos más recientes en el mundo BIM ha sido la introducción de una nueva dimensión en los proyectos. Mientras en un modelo en 3D se puede visualizar cómo se verá el proyecto, como se integra en el paisaje, etc., **BIM 4D** integra el tiempo en el proceso.

Esto significa que a los elementos del modelo se les asigna una secuencia de construcción lógica y se ponen juntos en una animación que muestra cómo se irán completando los distintos trabajos.

Además de aportar una fácil colaboración para el diseño y la construcción de edificios, esta cuarta dimensión entrelaza esta información con la programación del proyecto (Diagramas de Gantt, CPM...), optimizando así la cadena de suministro, los plazos y operaciones de obra, colocando todos estos datos en un modelo 3D. (Rodríguez Eugenio, 2012 y vicosoftware.com, 2014).



Figura 19 - Interfaz de trabajo de Navisworks, 2014.

Fuente: www.mrasbuilt.com

En la imagen anterior se observa la interfaz del programa Navisworks de Autodesk, que sirve para la revisión de modelos 3D, en la que se realiza, a través de la combinación del modelo 3D con el Diagrama de Gantt del proyecto, la secuencia de trabajos a realizar, con la duración de cada una de las tareas, que se puede modificar, adelantar o atrasar, y ver cómo quedaría entonces la secuencia constructiva.

Se habla también de una dimensión más, el **BIM 5D**. Esta nueva dimensión abarca todo lo relacionado con el control de costes y la estimación de gastos del proyecto, logrando un mayor control sobre la gestión contable y financiera del proyecto.

Con esto, además, logramos controlar y mejorar la rentabilidad del proyecto, sabiendo cuándo, cómo y dónde se invierte más, y además, planificar de forma detallada cuándo, cómo, y dónde se realizará esa inversión. Se puede observar también lo que sucede con el calendario y el presupuesto cuando se realiza un cambio significativo en el proyecto, antes de ejecutarlo, y valorar si realizarlo o no. (Engarc, 2013 y Vicosoftware, 2014)

En lo referente a la sostenibilidad del proyecto, existe el **BIM 6D**. Según la página web *Impararia* (2014), esta tecnología puede dar lugar a estimaciones más completas y precisas de la energía al inicio del proceso de diseño, lo cual conduce a una reducción general en el consumo de energía del proyecto.

Y por último, Facility Management, o **BIM 7D**, se utiliza por el propietario una vez construido el edificio, para el mantenimiento, la seguridad, la utilización de la energía y las futuras renovaciones a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio. En este modelo "as-built" se vincula información del fabricante y de la construcción, así como manuales e información de garantía.

2.7. INTEROPERATIVIDAD E IFC.

El formato IFC, “Industry Foundation Classes”, es un formato de datos de especificación abierta. Fue desarrollado por el IAI (International Alliance for Interoperability), predecesora de la actual Building Smart, con el propósito de convertirse en un estándar que facilite la interoperatividad entre programas del sector de la construcción.



Figura 20 - Logotipo de formato de intercambio IFC.

Fuente: buildingsmart.org

Actualmente, la funcionalidad no es total entre las diferentes aplicaciones BIM, anteriormente explicadas. Sin embargo, sólo el hecho de poder traspasar de un programa a otro un elemento y sus relaciones geométricas con otros, ahorra muchísimo tiempo, y es una herramienta muy eficaz para el desarrollo del proyecto, la entrega, la documentación as-built o la gestión del mantenimiento.

Entre sus múltiples ventajas, se puede destacar la comunicación entre los diferentes agentes que intervienen en el proceso constructivo, que permite dar soporte a la interacción entre ellos mediante un formato estándar.

De esta forma, los datos relativos al modelo son definidos solamente una vez por el agente responsable, y compartidos a su vez por los demás agentes intervinientes. Con todo ello se consigue un aumento de la calidad, la reducción de los costes, así como una consistencia en la información en la fase de proyecto y durante el uso de las construcciones.

Para que sirva de ejemplo, en algunas de las primeras implementaciones prácticas de archivos IFC llevadas a cabo hasta la fecha, el ahorro en el coste final se estima en un 15% del coste total del proyecto, lo cual es una cantidad muy elevada que repercute en los agentes intervinientes, la constructora y la propiedad. (¿Qué es IFC?, 2014).



Figura 21 - Interfaz de Revit para la exportación del modelo 3D al formato IFC, 2014.

Fuente: Propia.

2.8. DIFERENCIAS CON METODOLOGÍA DE TRABAJO TRADICIONAL.

A lo largo de este TFG ya se han establecido algunas diferencias entre la metodología de trabajo tradicional (CAD), y la metodología BIM, objeto de este trabajo. A continuación se van a establecer ventajas e inconvenientes de ambas técnicas.

Metodología tradicional (CAD)	
Ventajas	Inconvenientes
Método conocido por muchos.	Gran número de software (para trabajar, para procesos intermedios, y para documentación final)
Compatibilidad entre personas y programas	Muchos pasos intermedios → riesgo de errores.
	Riesgo de “olvidar” algún archivo.
	Actualización a las últimas versiones de software, pero desconocimiento de las nuevas funcionalidades.

Figura 22 – Ventajas e inconvenientes de la metodología de trabajo tradicional (CAD), 2011.

Fuente: Adaptación propia a partir del original de Carlos Cámara.

De esta tabla podríamos obtener varias conclusiones:

En primer lugar, un punto a favor muy importante de la metodología de trabajo tradicional es que es el método que se lleva utilizando en los despachos de arquitectura desde hace muchos años. Esto conlleva una mentalidad casi generalizada de trabajo, unas herramientas y softwares para llevar a cabo los proyectos, etc., que se encuentran muy arraigados en casi todos los agentes del sector.

Por otra parte, se deben tener en cuenta la cantidad de pasos intermedios que se dan desde el inicio de un proyecto hasta el final, y por la cantidad de agentes que pasan la multitud de archivos que se generan. Esto, sumado a la variedad de softwares diferentes que se utilizan, provoca que se puedan cometer errores al actualizar archivos, que se repita o se obvie información, etc., y en definitiva, que el proyecto pueda llegar a quedar indefinido, o con errores que a la hora de la ejecución pueden ser importantes.

Metodología 'BIM'

Ventajas	Inconvenientes
Consistencia de los proyectos (único modelo del que se extrae toda la información).	Poca implantación dentro del mercado español, a pesar de sus innegables ventajas.
Se representan los elementos con propiedades físicas (materiales, acabados, precios...).	Supone un cambio de la filosofía y la forma de trabajo.
Bases de datos relacionadas en un contenedor único de información	Mitos sobre estos programas: coste elevado, rigidez proyectual...
Metodología pensada para trabajar en grupo.	

Figura 23 - Ventajas e inconvenientes de la metodología BIM, 2011.

Fuente: Adaptación propia a partir del original de Carlos Cámara.

Resultan evidentes las múltiples ventajas que la metodología BIM nos ofrece tanto en la realización de proyectos como en su posterior gestión y mantenimiento.

Como se ha explicado a lo largo de este desarrollo teórico del TFG, en la metodología BIM se trabaja sobre un contenedor único de información, es decir, un archivo desde el que todos los agentes intervinientes trabajan y desde el que se obtiene toda la información de proyecto. La repetición de información y la multitud de archivos que se pueden generar en CAD desaparecen al utilizar BIM, gracias a la actualización constante de información.

Además, los elementos constructivos que antes eran simples líneas son ahora elementos con propiedades físicas: materiales, acabados, fabricantes, precios, etc. Con estos datos, además, podemos gestionar el modelo sobre el que trabajamos. Podemos, por ejemplo, obtener las mediciones directamente desde el modelo, por lo que es posible saber con certeza que la información obtenida es correcta, ya que está basada en estos elementos constructivos.

En contra de esta metodología está la gran estandarización de la metodología tradicional que hay en el sector de la ingeniería y la construcción, como se ha comentado en la tabla anterior. Trabajar con BIM supone un cambio de mentalidad a la hora de trabajar: pasar de trabajar individualmente y de generar la información de proyecto a través de distintos agentes que trabajan por separado y probablemente sin intercambiar información, a trabajar en un entorno de trabajo colaborativo en el que la información de proyecto se va generando conjuntamente con todos los agentes que intervienen, en el que los cambios que se realizan se actualizan automáticamente en todo el proyecto.

CAPÍTULO III. EL PROYECTO: EDIFICIO 'PLA DE L'ARC'.

3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA PARCELA.

Tras introducir y comparar teóricamente la metodología BIM con la metodología tradicional de realización de proyectos, se comenzará con la parte práctica del TFG.

En este tercer Capítulo se va a describir el Proyecto de Ejecución sobre el que se ha realizado la aplicación práctica de esta metodología.

Se trata de un edificio de cuatro plantas que cuenta con 9 viviendas distribuidas en dos plantas tipo y una planta ático, planta baja-almacén y sótano aparcamiento, situado en la Calle Pla de l'Arc, número 40, de la localidad de Lliria, Valencia.

La parcela donde está ubicado el edificio tiene la condición de solar, con todos los servicios urbanísticos exigibles en normativa, y cuenta con 404,45 m² de superficie.



Figura 24 - Carrer Pla de l'Arc, 40, Lliria, 2014.

Fuente: Google Maps.



Figura 25 – Ubicación del edificio en Calle Pla de l'Arc, nº 40 de Lliria (Valencia), 2014.

Fuente: Google Earth.

3.2. PROGRAMA DE NECESIDADES.

Según el programa de necesidades planteado por el promotor, se proyecta lo siguiente:

- Planta Sótano. El uso principal a que está destinada esta planta es el de garaje, y cuenta con 12 plazas de aparcamiento. A la misma se accede mediante rampa, como se observa en los planos en el apartado 3.4.
- Planta baja. El uso de esta planta es el de almacén, y se ha dejado diáfana a petición del promotor. En el zaguán de la misma se encuentran los recintos para las instalaciones (caja general de protección, contadores, armario R.I.T.I.), los buzones, así como la escalera y el ascensor para el acceso a las plantas de viviendas del edificio.
- Viviendas: El edificio cuenta con tres plantas destinadas a viviendas, divididas en dos plantas tipo y en una planta ático, tal como vemos en los planos del apartado 3.4. Cada una de las plantas cuenta con tres viviendas, nueve en total.

3.3. TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA.

El edificio cuenta con cimentación a base de losa de hormigón armado y muro de contención. La estructura es la convencional para un edificio de estas características, con pilares y forjados de hormigón armado.

En cuanto a la envolvente, la fachada principal es de ladrillo cara-vista, y las medianeras son las convencionales, a base de dos hojas de ladrillo cerámico revestidas por ambas caras.

Las cubiertas son planas en la azotea principal, balcones y patios de luces, y los trasteros están terminados con cubierta inclinada revestida de chapa de acero.

Al igual que la estructura y la envolvente del edificio, las instalaciones del mismo son también las convencionales para un edificio de estas características: red de saneamiento de PVC y red de agua fría y caliente con tuberías de cobre.

3.4. PLANOS.

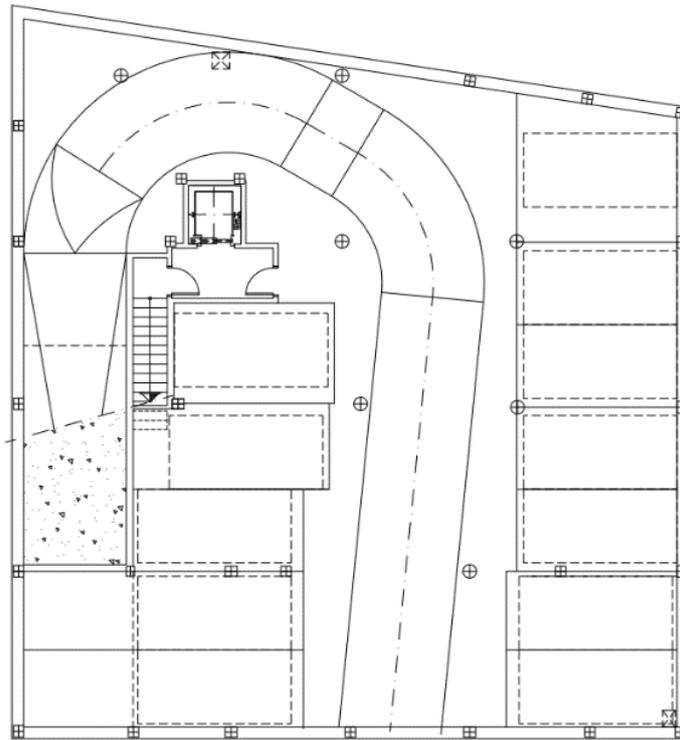


Figura 27 – Planta Sótano Edificio Pla de l'Arc, 2010.
Fuente: Nevado, Torner y Torres, Arquitectos Asociados SLP.

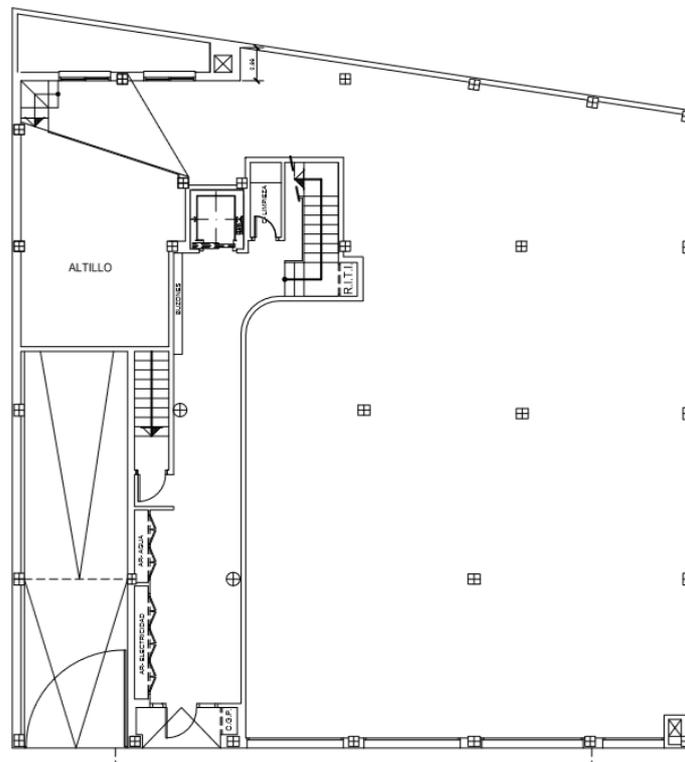


Figura 26 - Planta Baja Edificio Pla de l'Arc, 2010.
Fuente: Nevado, Torner y Torres, Arquitectos Asociados SLP..

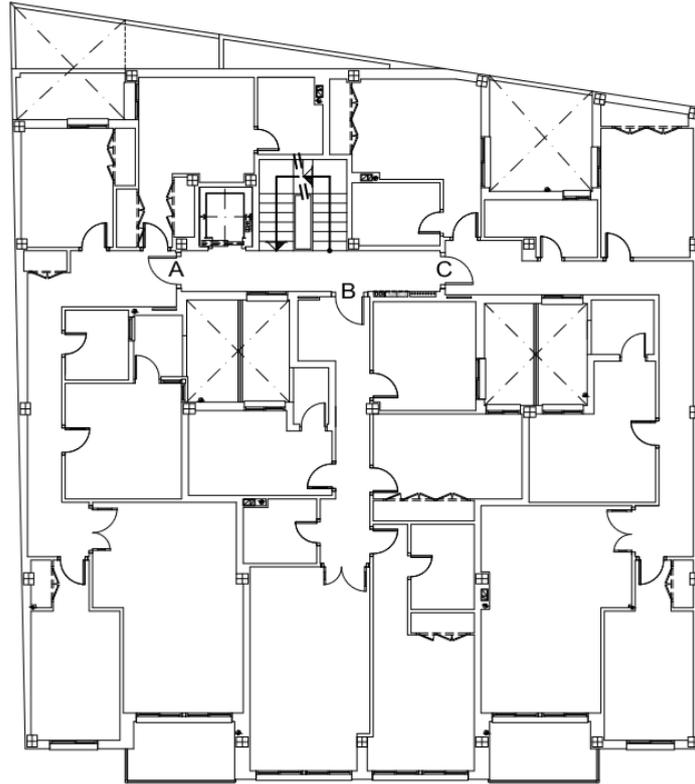


Figura 28 - Planta Tipo Edificio Pla de l'Arc, 2010.

Fuente: Nevado, Torner y Torres, Arquitectos Asociados SLP.

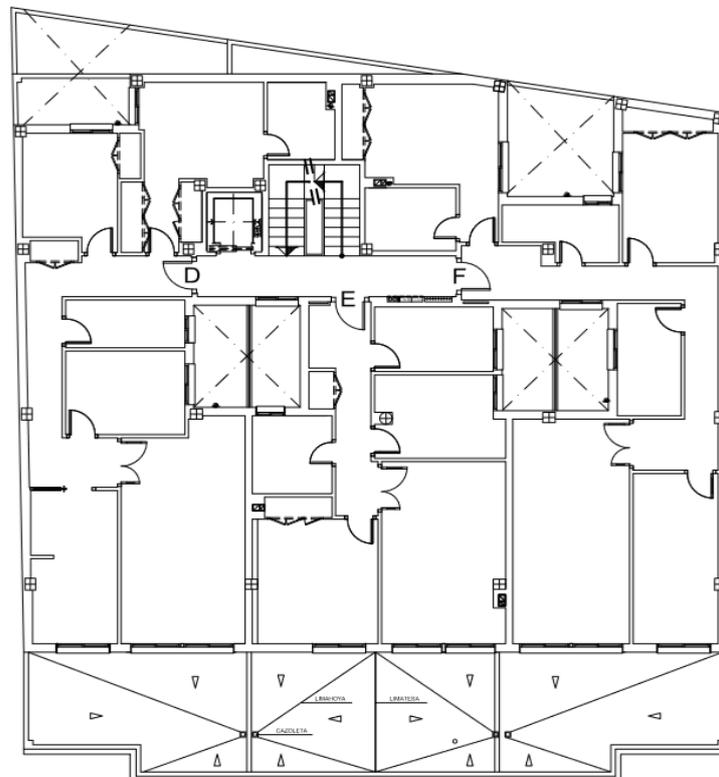


Figura 29 - Planta Ático Edificio Pla de l'Arc, 2010.

Fuente: Nevado, Torner y Torres, Arquitectos Asociados SLP.

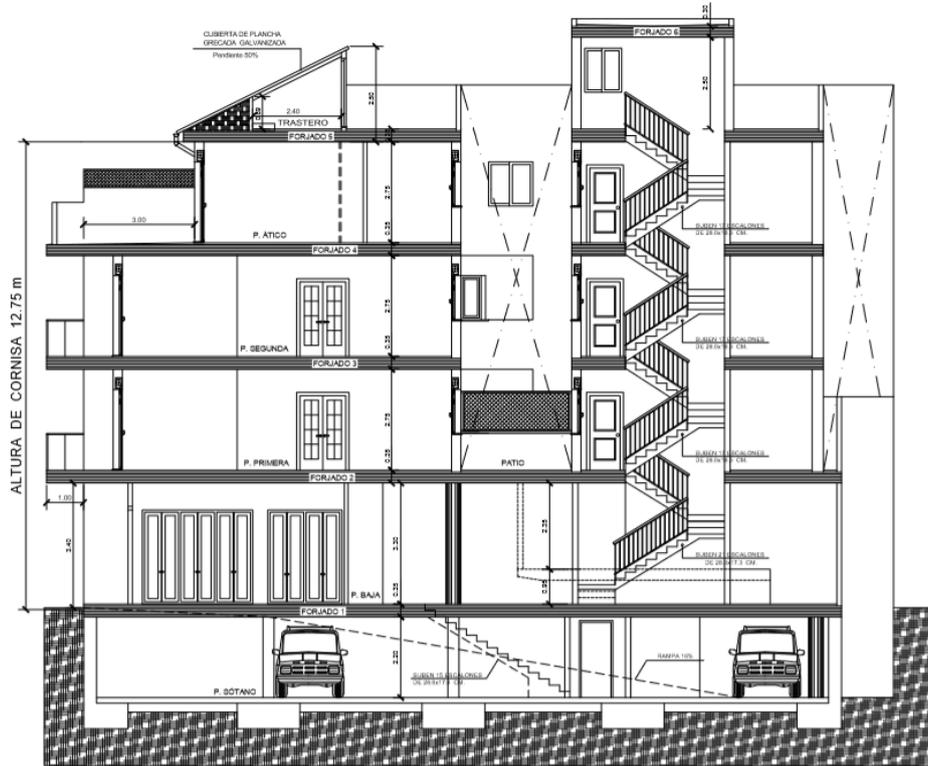


Figura 30 - Sección Edificio Pla de l'Arc, 2010.

Fuente: Nevado, Torner y Torres, Arquitectos Asociados SLP.



Figura 31 - Alzado Principal Edificio Pla de l'Arc, 2010.

Fuente: Nevado, Torner y Torres, Arquitectos Asociados SLP.

CAPÍTULO IV. EL PROYECTO EN BIM.

4.1. SOFTWARE REVIT.

Para el desarrollo práctico de este TFG hemos elegido la herramienta Revit, de la empresa Autodesk Inc., que cuenta con una amplia oferta de software para estudiantes, a los que se les ofrecen 36 meses de licencia gratuita del programa. En concreto elegimos la versión de Revit 2014, la más actual en el momento de comienzo del trabajo.

Revit es uno de los programas estrella en el mundo del BIM, ya que es muy completo e intuitivo, y cuenta con tres programas dentro del mismo, uno para realizar el modelo arquitectónico (Revit Architecture), otro para realizar las estructuras del edificio (Revit Structure) y por último, uno para el diseño de las instalaciones de éste (Revit MEP).

Además de esto, tuvimos la oportunidad de asistir a un curso de Iniciación al BIM, y la herramienta utilizada fue Revit, por lo que era la más indicada para adentrarnos de lleno en el mundo BIM.



Figura 32 – Pantalla de inicio de Autodesk Revit 2014.

Fuente: Propia.

4.1.1. Funcionamiento de Revit.

En primer lugar, debemos recordar que Revit es un sistema de diseño y documentación que admite el diseño, los dibujos y las tablas de planificación para un proyecto de construcción. BIM aporta información sobre la envergadura, las cantidades y las fases de un proyecto cuando se necesita.

En el modelo de Revit, mientras se trabaja en las vistas de dibujo y en las tablas de planificación, el programa recopila información sobre el proyecto de construcción y la coordina en las demás representaciones del proyecto y es el motor de cambios paramétricos de Revit el que coordina automáticamente los cambios realizados en cualquier sitio del modelo.

Una característica fundamental de Revit es la capacidad para coordinar cambios y mantener la consistencia en todo momento. El usuario no tiene que intervenir para actualizar dibujos o vínculos. Cuando éste cambia algo, es Revit quien determina a qué elementos afecta el cambio.

Este programa usa dos conceptos clave que lo hacen particularmente eficaz y fácil de utilizar. El primero es la captura de relaciones mientras el diseñador trabaja, y el segundo, su enfoque de la propagación de cambios de construcción. El resultado de ambos es un software que trabaja igual que el usuario, sin requerir la entrada de datos que no son importantes para el diseño. (Autodesk WikiHelp, 2013).

4.1.2. Disposición de términos de Revit.

A continuación, y para entender mejor el funcionamiento interno de Revit, se procede a explicar la distribución interna y la forma de trabajo del mismo, tal y como lo explica la WikiHelp de Autodesk:

EL PROYECTO.

Es la base de datos única con información sobre el diseño, que contiene desde la geometría hasta los datos de construcción. Al utilizar un solo archivo de proyecto, Revit facilita las alteraciones del diseño y permite reflejar los cambios en todas las áreas asociadas, además de facilitar la gestión del mismo.

NIVEL.

Son planos horizontales infinitos que constituyen una referencia para los elementos a los que se asocian, como por ejemplo suelos, techos o cubiertas.

Se utilizan para definir una altura o planta vertical dentro de un edificio.

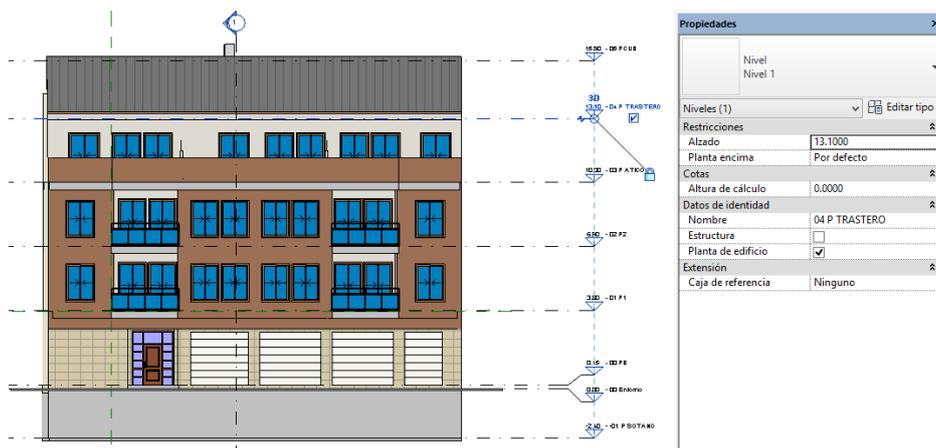


Figura 33 - Niveles del Edificio Pla de l'Arc, 2014.

Fuente: Propia.

ELEMENTO.

Al crear un proyecto, se añaden al diseño elementos de construcción paramétricos. Revit los clasifica por categorías, familias y tipos.

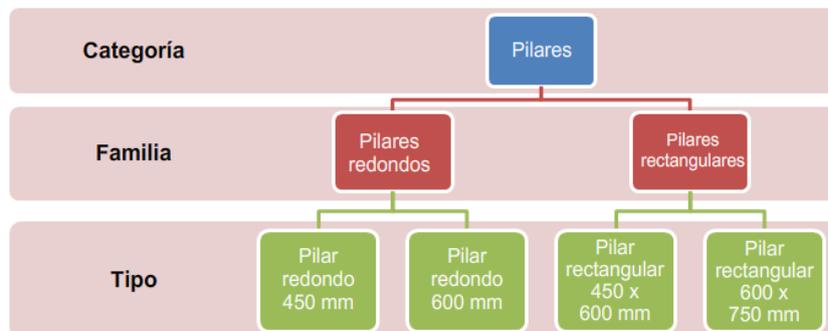


Figura 34 – Elementos de construcción paramétricos de Revit, 2013.

Fuente: Autodesk WikiHelp.

CATEGORÍA.

Es un grupo de elementos que se utilizan para modelar o documentar un diseño de construcción, como por ejemplo muros, pilares o vigas.

FAMILIA.

Son clases de elementos en una categoría. Una familia agrupa elementos con un conjunto de parámetros comunes (propiedades), la misma utilización y representación gráfica similar. Los distintos elementos de una familia pueden tener diferentes valores en alguna o todas sus propiedades, pero tienen el mismo conjunto de propiedades (nombres y significados).

Dentro de las familias podemos encontrar diferentes tipos:

- Familias cargables: se pueden cargar en un proyecto y crear a partir de plantillas de familia.
- Familias de sistema: no se pueden cargar ni crear como archivos independientes, sino que es Revit el que predefine sus propiedades y su representación gráfica, aunque a partir de estos tipos predefinidos se pueden crear tipos nuevos. Por ejemplo: muros, cotas, techos, cubiertas, suelos y niveles.
- Familias in situ: definen elementos personalizados que el usuario crea en el contexto de un proyecto.

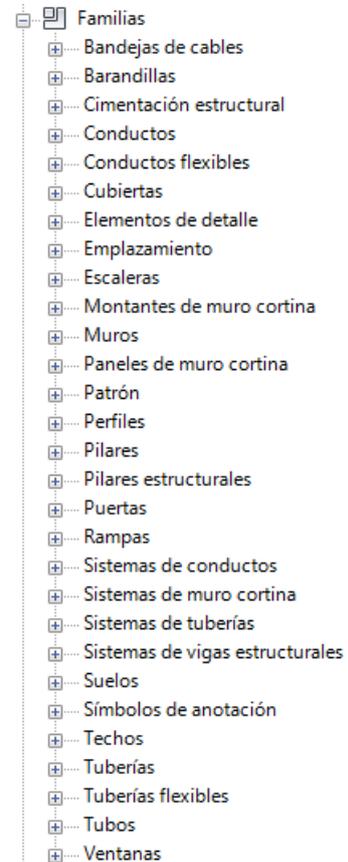


Figura 35 - Familias de un proyecto de Revit, 2014.
Fuente: Propia.

TIPO.

Cada familia puede tener varios tipos. Un tipo puede ser un tamaño específico de una familia, como por ejemplo, un cuadro de rotulación 30"x 42" o un A0.

PROPIEDADES DE TIPO.

El mismo conjunto de propiedades de tipo es común a todos los elementos de una familia y cada propiedad tiene el mismo valor para todos los ejemplares de un tipo de familia concreto.

El cambio de valor de una propiedad de tipo afecta a todos los ejemplares actuales y futuros de ese tipo de familia.

Como vemos en la Figura 36, dentro de la Familia "Puerta de 1 hoja" existen diferentes tipos. Las propiedades de tipo Altura y Anchura son iguales para todas las puertas de ese tipo colocadas en el Proyecto, es decir, si modificamos su valor, modificaremos el valor en todas.

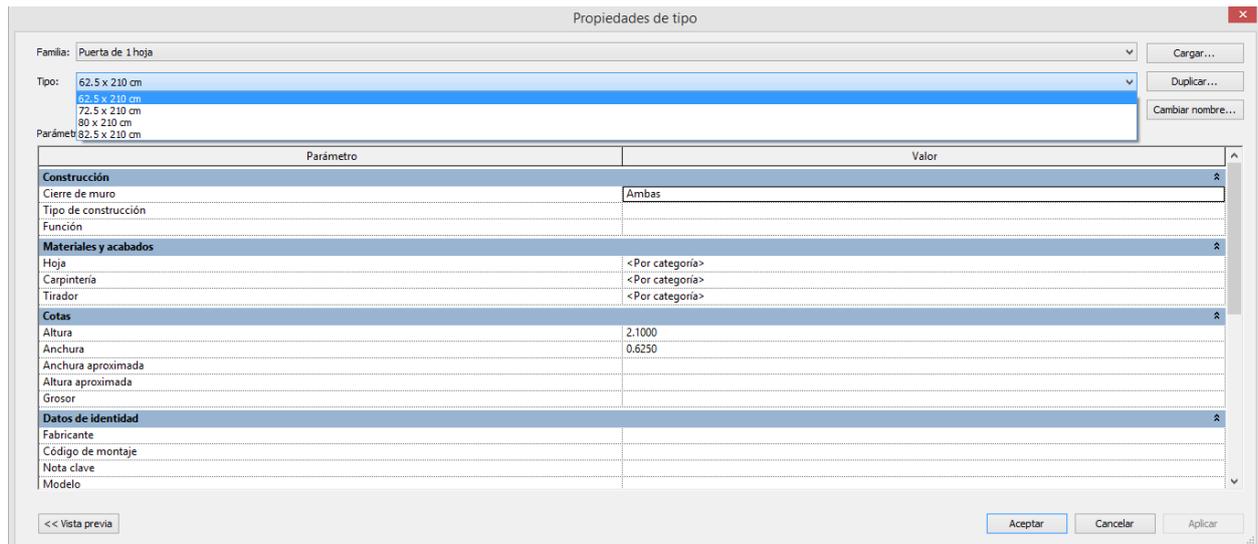


Figura 36 – Ventana de propiedades de tipo de un proyecto de Revit, 2014.

Fuente: Propia.

EJEMPLAR.

Los ejemplares son los elementos reales e individuales que se colocan en el proyecto, y que tienen ubicaciones específicas en la construcción (ejemplares de modelo) o en el plano de dibujo (ejemplares de anotación).

PROPIEDADES DE EJEMPLAR.

También se aplica un conjunto común de propiedades de ejemplar a todos los elementos pertenecientes a un tipo de familia concreto, pero los valores de estas propiedades pueden variar según la ubicación de un elemento o un edificio o un proyecto.

El cambio de valor de una propiedad de ejemplar afecta únicamente a los elementos seleccionados o al elemento que se va a colocar.

En la Figura 37 y Figura 38 vemos las Propiedades de Ejemplar del mismo Tipo de Muro, pero en niveles diferentes. Estas propiedades son individuales para cada ejemplar, por lo que si cambiamos, por ejemplo, la Restricción de base de uno de ellos, sólo afectará a ese muro y no a todos los muros del mismo Tipo del Proyecto.

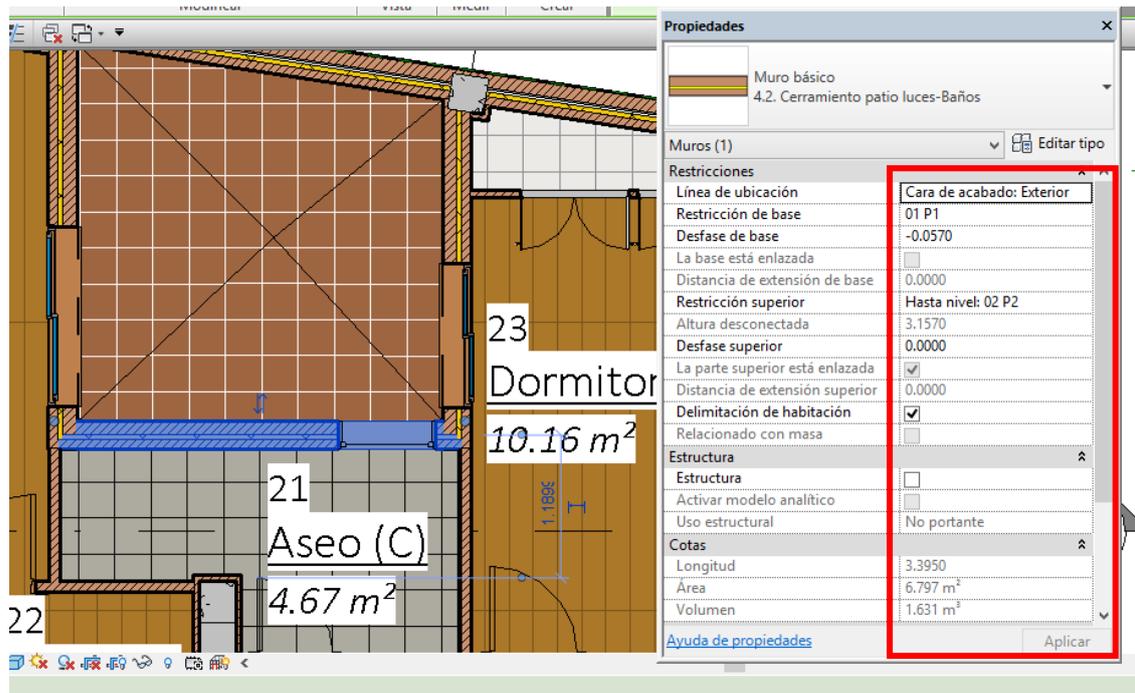


Figura 37 - Propiedades de ejemplar de Muro en Nivel 01 P1, 2014.

Fuente: Propia.

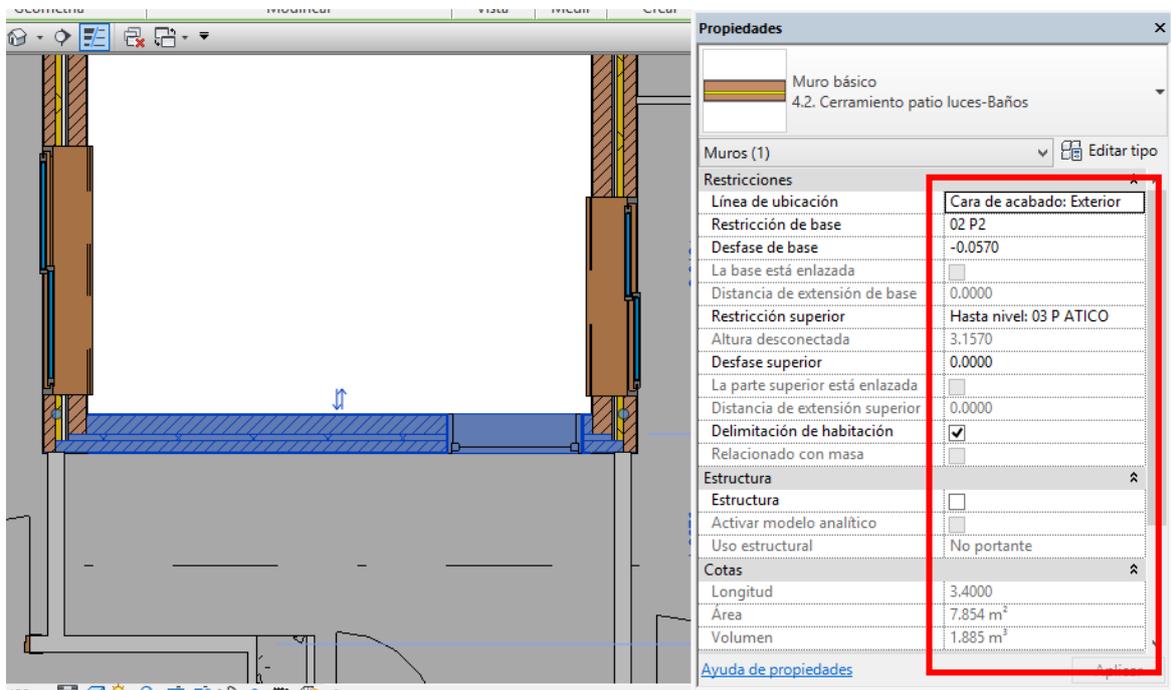


Figura 38 – Propiedades de ejemplar de Muro en Nivel 02 P2, 2014.

Fuente: Propia.

4.1.3. Comportamiento de los elementos en un modelador.

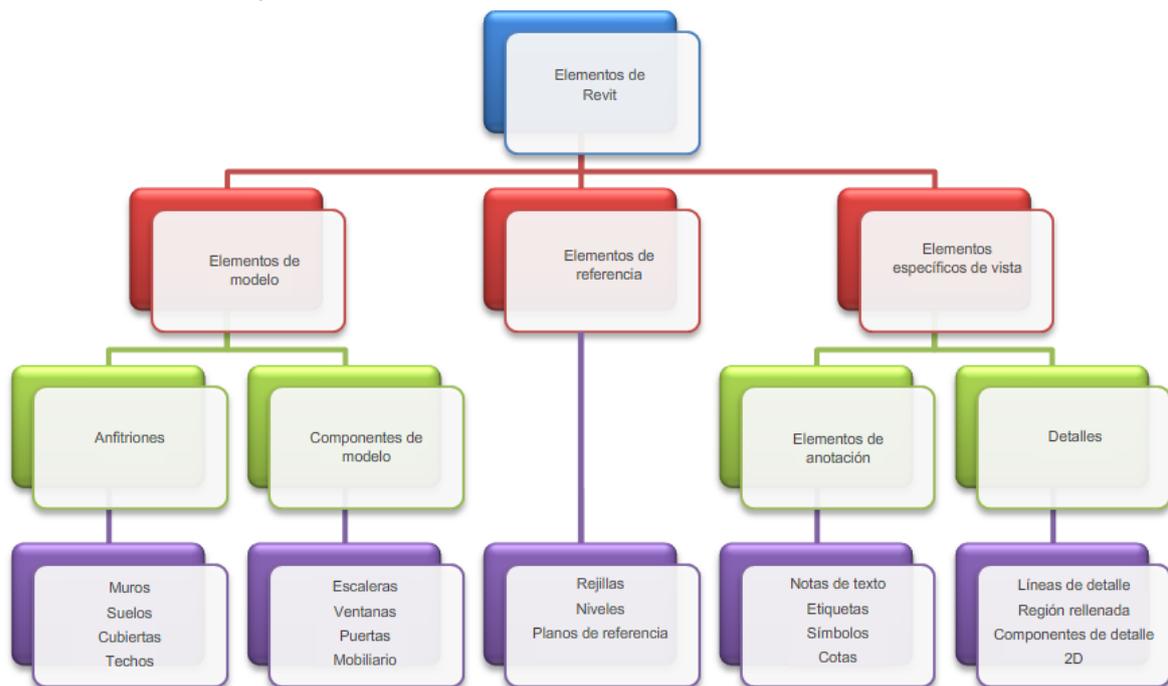


Figura 39 – Comportamiento de los elementos en Revit, 2013.

Fuente: Autodesk WikiHelp.

Dentro del proyecto, Revit utiliza tres tipos de Elementos:

Elementos de modelo: representan la geometría en 3D real de un edificio, como por ejemplo muros, ventanas, puertas y cubiertas. Dentro de éstos, nos encontramos con dos tipos.

- Anfitriones: contruidos normalmente in situ en el emplazamiento de construcción. Por ejemplo: muros, suelos, techos...
- Componentes de modelo: todos los demás tipos de elementos del modelo. Por ejemplo: ventanas, puertas, mobiliario...

Elementos de referencia: ayudan a definir el contexto del proyecto. Por ejemplo: niveles y planos de referencia.

Elementos específicos de vista: aparecen sólo en las vistas en que se encuentran. Por ejemplo: cotas. Podemos encontrar dos tipos de elementos específicos de vista:

- Elementos de anotación: componentes 2D que documentan el modelo mediante la escala en papel, como pueden ser cotas, etiquetas o notas clave.
- Detalles: elementos 2D que proporcionan detalles sobre el modelo de construcción en una vista particular, como por ejemplo: líneas de detalle, regiones rellenadas y componentes de detalle 2D.

4.2. ESTUDIO PREVIO AL MODELADO.

Previamente al modelado del edificio, y como se ha comentado en el capítulo I, en los objetivos del presente TFG, se estableció realizar una comparación teórica de la metodología de trabajo tradicional y la metodología BIM para después poder hacer una comparación práctica de las mismas.

Para empezar a entender el edificio, el primer paso a seguir fue estudiar los documentos de proyecto que se nos facilitaron, en los que se encontraron una serie de incongruencias entre los mismos, que comentaremos a continuación.

4.2.1. Incongruencias entre documentos.

En cuanto a las incongruencias, cabe comentar que se han encontrado de distinto tipo:

- Incongruencias geométricas en los planos. Al superponer las plantas de distribución, vemos que el perímetro de las mismas no coincide entre ellas, por lo que más adelante deberemos resolver esa incongruencia para poder seguir con el proyecto.
- Incongruencias relativas a los materiales. Parece ser que tanto la memoria descriptiva como la constructiva están realizadas para este proyecto en particular, adaptándolas a él, y que las mediciones están obtenidas de una base de precios genérica, por lo que encontramos incongruencias al comparar materiales entre estos documentos.
- Incongruencias entre el modelo BIM y los documentos de proyecto. Es posible también que, una vez realizado el modelo y obtengamos datos cuantitativos del mismo (mediciones de materiales o elementos constructivos), encontremos diferencias entre éstos y los datos de las mediciones de proyecto.

Debemos recordar nuevamente las ventajas que BIM nos ofrece a la hora de hacer desaparecer todos estos fallos en un proyecto de construcción. Los documentos de proyecto en BIM se obtienen con la información del propio modelo, por lo que los datos que aparecen en ellos serán siempre correctos, a diferencia de la metodología tradicional, donde puede que cada documento se realice de forma independiente a los demás, sin coordinación entre ellos.

Por otra parte, tampoco es posible encontrar en BIM incongruencias geométricas entre los distintos planos, ya que, como ya se ha dicho, la información en todo el modelo BIM está coordinada y actualizada en todo momento, y podemos tener la certeza de que los planos que obtengamos son correctos.

Durante el modelado del edificio se han ido encontrando nuevas incongruencias que se han debido resolver más adelante para poder seguir con el proyecto y que se comentarán en los siguientes apartados.

4.3. MODELADO - NIVEL LOD 100.

En Revit tenemos dos posibilidades para comenzar un proyecto. Por una parte, podemos basarnos en algún archivo o proyecto ya existente en 2D y modelar sobre él o, por otra parte, empezar el proyecto de forma natural en Revit, desde cero, modelando cada uno de los elementos sin ninguna base previa.

En este caso, al disponer de la documentación de proyecto en CAD se ha comenzado a modelar sobre los planos, siguiendo el procedimiento que se detalla a continuación:

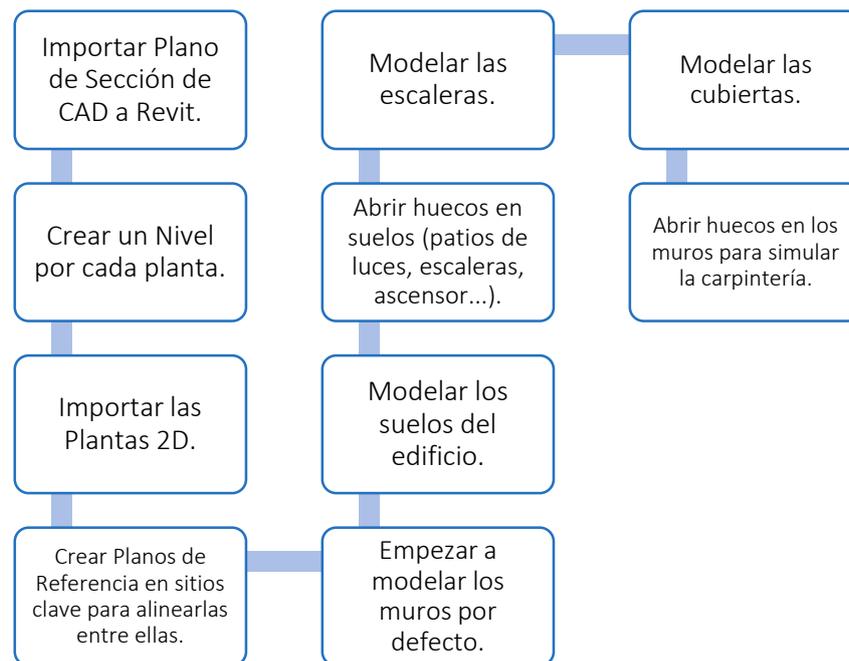


Figura 40 - Procedimiento para realizar el Nivel LOD 100, 2014.

Fuente: Propia.

En primer lugar, se importa una sección del proyecto en CAD para empezar a crear los niveles y sus vistas asociadas, que corresponden a cada una de las plantas existentes (los niveles se marcan sobre la cara superior del forjado de cada planta).

Tras esto, en cada vista importamos la planta 2D correspondiente y, en una de ellas, creamos uno o varios planos de referencia situados en zonas que se repitan en todas las plantas, para poder alinear las demás a ellos y poder empezar a trabajar con el modelo.

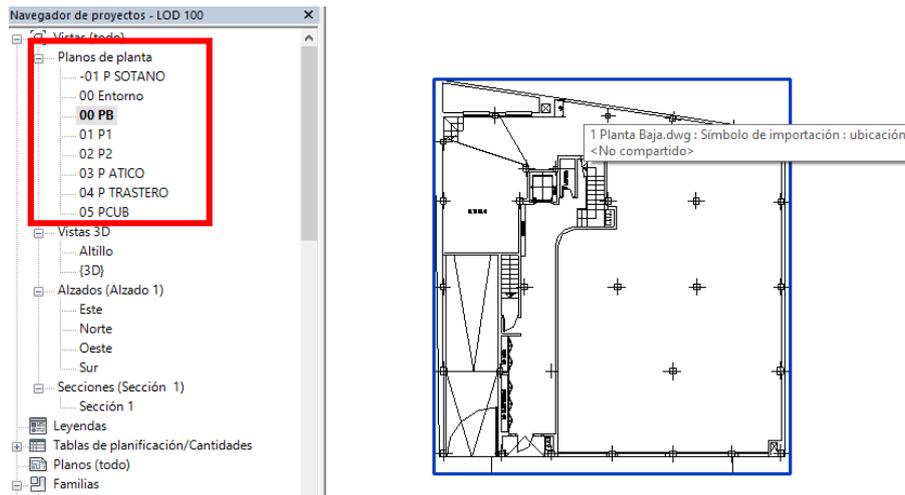


Figura 41 - Planta importada desde CAD en una de las vistas creadas, 2014.

Fuente: Propia.

Los primeros elementos a modelar son los muros de todo el edificio (Figura 42). Los realizaremos con los Muros por defecto de Revit, basándonos en el espesor marcado en las plantas 2D, creando si es necesario nuevos tipos. Tras esto modelaremos todos los suelos de la misma forma que los muros, y abriremos en ellos los huecos para la caja de ascensor, la escalera, los patios de luces, etc., tal y como vemos en la Figura 43.

Seguiremos modelando las escaleras, y después de éstas las cubiertas.

El último paso para terminar con el LOD 100 es abrir huecos para simular la carpintería del proyecto.

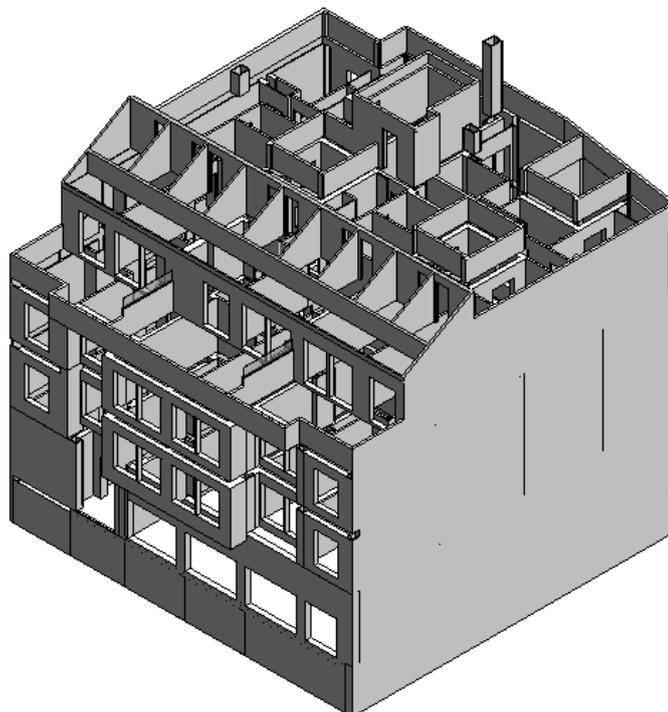


Figura 42 - Modelo 3D con todos los muros creados, 2014.

Fuente: Propia.

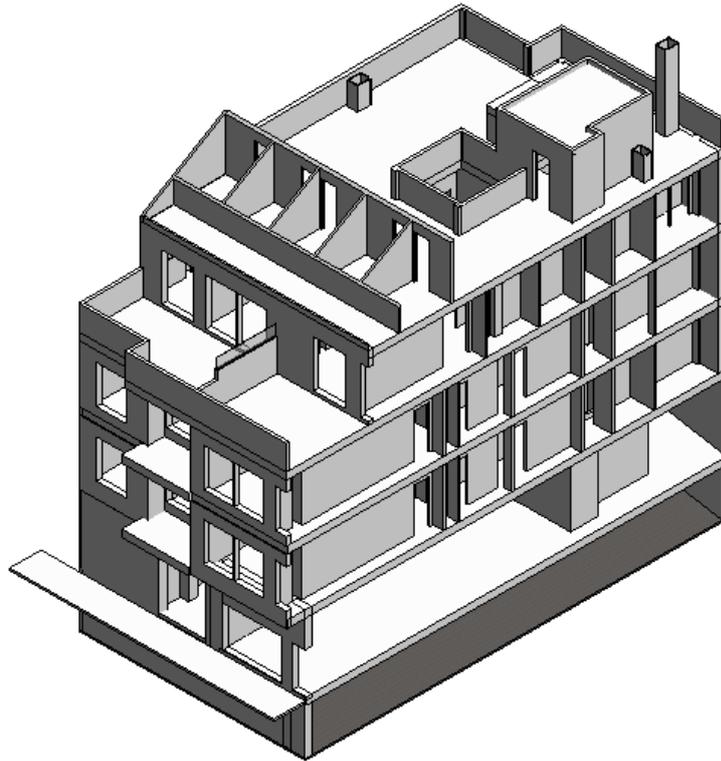


Figura 43 - Muros y suelos creados, 2014.

Fuente: Propia.

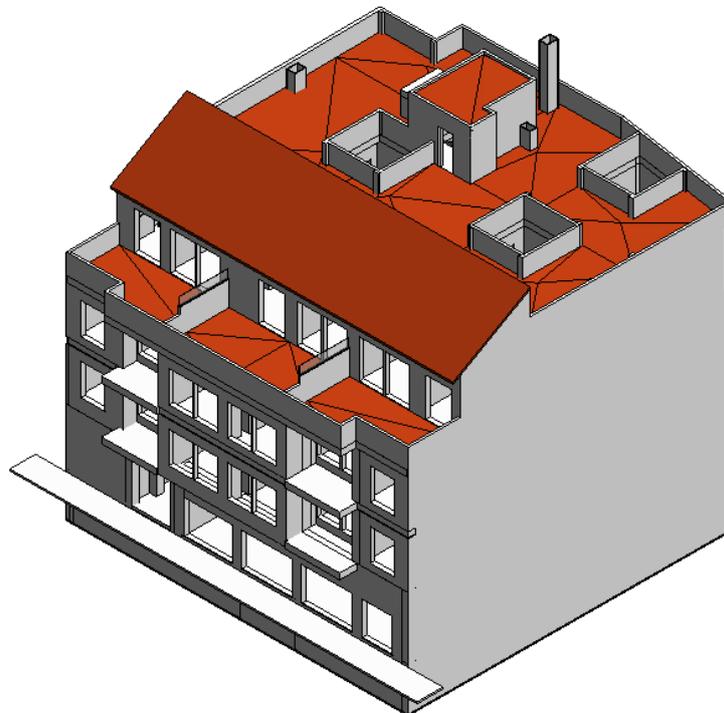


Figura 44 - Modelo terminado LOD 100, 2014.

Fuente: Propia.

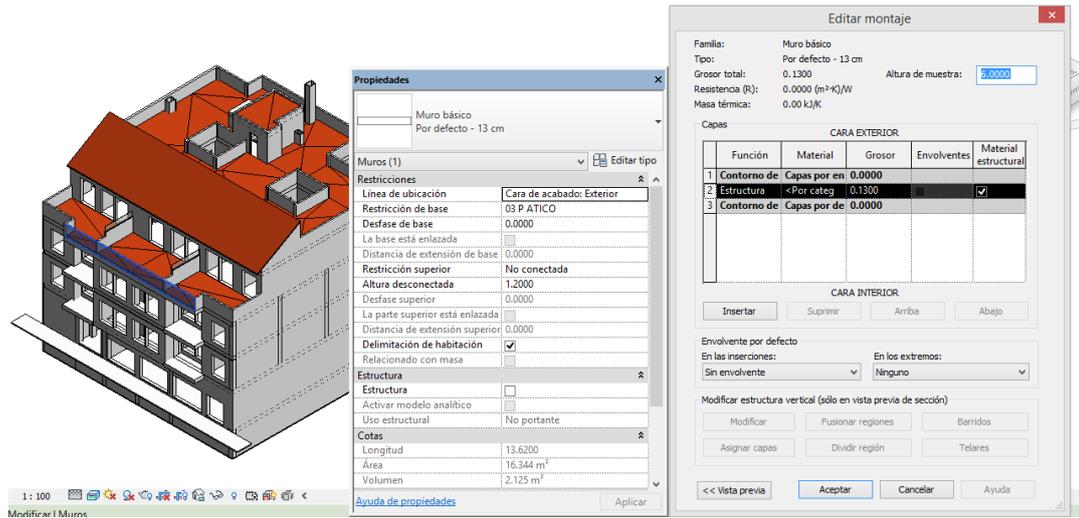


Figura 45 - Propiedades de ejemplar del modelo LOD 100, 2014.

Fuente: Propia.

4.3.1. Incongruencias LOD 100.

En el apartado anterior se han comentado las incongruencias encontradas realizando el Estudio Previo del proyecto. Vamos a comentar ahora las que se han encontrado a la hora de modelar el edificio a Nivel LOD 100.

El fallo más significativo que vemos al comenzar con el modelado, es la inconexión entre las distintas plantas de distribución de proyecto, ya que la envolvente no coincide entre ellas, tal y como vemos en la Figura 46.

Tras estudiarlo, resulta lógico pensar que unas de ellas pertenecen a Proyecto Básico, realizadas sobre el plano del Plan General, que puede alejarse un poco de la realidad, y otras a Proyecto de Ejecución, donde ya se habría realizado una medición mucho más exacta de la parcela del edificio.

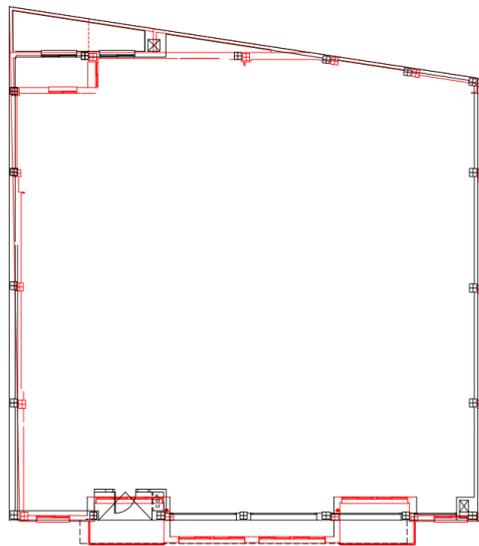


Figura 46 - Superposición de envolvente de Planta Baja y Planta Tipo, 2014.

Fuente: Propia.

Con esta incongruencia sin resolver, que en la metodología tradicional podría no suponer ningún problema, pues las plantas son dibujos independientes y podemos trabajar sobre ellas aunque una contenga errores, en BIM este error nos impide seguir trabajando ya que resulta imposible alinear las plantas entre sí, por lo que al realizar los muros no podemos realizar una envolvente continua.

Para solucionarlo y poder seguir, se tomó como base la envolvente de la Planta Tipo, por pertenecer a Proyecto de Ejecución, y a partir de ella, se realizaron las demás.

Otro fallo encontrado a la hora de continuar con el modelado del edificio fue la imposibilidad de dibujar la rampa de acceso al sótano con las pendientes de los planos.

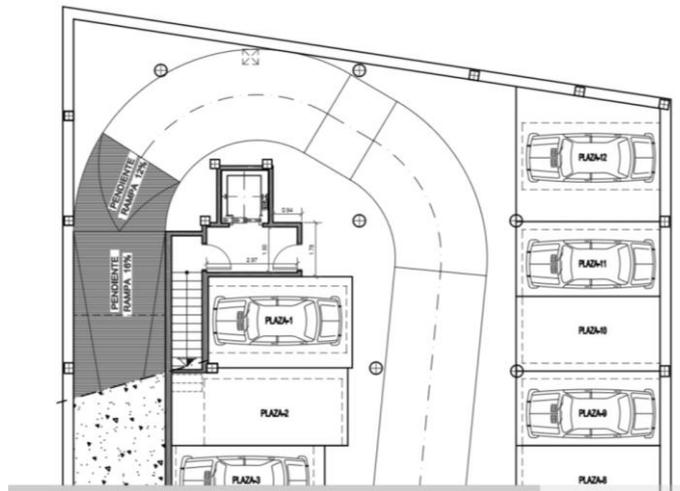


Figura 47 - Plano de Planta Sótano de proyecto, 2010.
Fuente: Nevado, Torner y Torres, Arquitectos Asociados SLP.

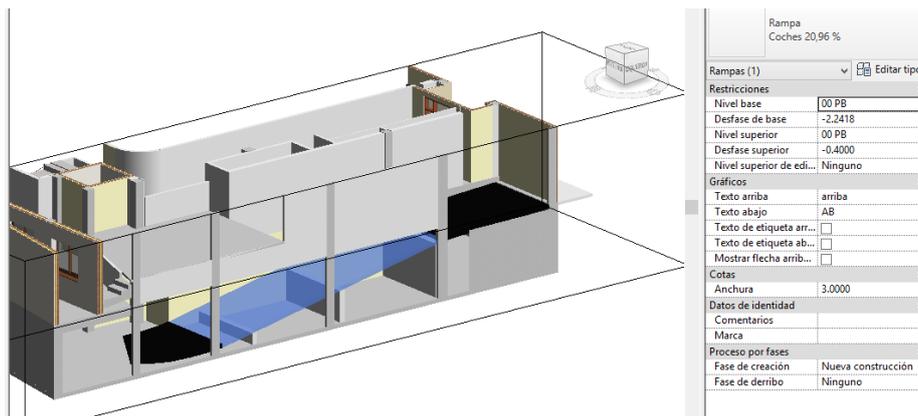


Figura 48 - Rampa de proyecto modificada en Revit, 2014.
Fuente: Propia.

Con la longitud de la rampa dibujada con pendiente del 16% era imposible acceder a la Planta Sótano, por lo que se recalculó para comprobarlo, y la pendiente necesaria para llegar tendría que ser del 20,96%. Al igual que se ha comentado anteriormente, este error en CAD es muy fácil de cometer, ya que la pendiente marcada es un simple cuadro de texto editable, sin coordinación con el elemento rampa.

En BIM, nos es imposible continuar con el modelo sin resolver esa incongruencia, ya que la pendiente está asignada a la rampa.

El objetivo de este proyecto no es solucionar las incongruencias encontradas, sino resolverlas para poder continuar con el modelo. En este caso se ha optado por aumentar la pendiente del tramo marcado de 16 a 20,96% para que el acceso a la Planta Sótano sea posible.

4.3.2. Conclusiones LOD 100.

El modelo a nivel 100 tal y como lo hemos presentado podría ser equivalente a lo que conocemos como Anteproyecto en la metodología tradicional, es decir, a un primer diseño conceptual del edificio que contiene todos sus elementos y nos permite analizar su implantación y orientación.

A efectos de realizar un proyecto con la metodología BIM, este modelo nos serviría para comprobar el cumplimiento de la normativa correspondiente en el municipio donde se realiza el edificio, en este caso en Llíria: alturas construidas, altura de cornisa, número de plantas, retranqueos, edificabilidad máxima y superficies, etc.

En otras palabras, al llegar a este nivel podemos aproximarnos y justificar el programa de necesidades planteado por el promotor del edificio y demostrar que con ese solar y con los metros cuadrados que se construirán, es posible desarrollarlo.

No es el caso de nuestro edificio, ya que se encuentra entre medianeras y no tiene más posibilidades de ubicación que la planteada, pero con el modelo a nivel 100, un modelo aún básico y sin desarrollar, existe la posibilidad de realizar un estudio de soleamiento, que en otro caso podría ayudarnos a justificar las distribuciones interiores, las dimensiones y la orientación de los huecos o la solución de cubiertas planteadas.

Es decir, con un modelo que no contiene casi información del edificio, que solamente contiene los muros, suelos y cubiertas del edificio y cuyo desarrollo no ha supuesto una gran carga de trabajo, podemos obtener ya información relevante del mismo y tomar decisiones importantes como las mencionadas anteriormente (ubicación de los huecos, distribución interior, etc.), sin que ello nos suponga una gran inversión de trabajo y/o dinero.

4.4. MODELADO - NIVEL LOD 200.

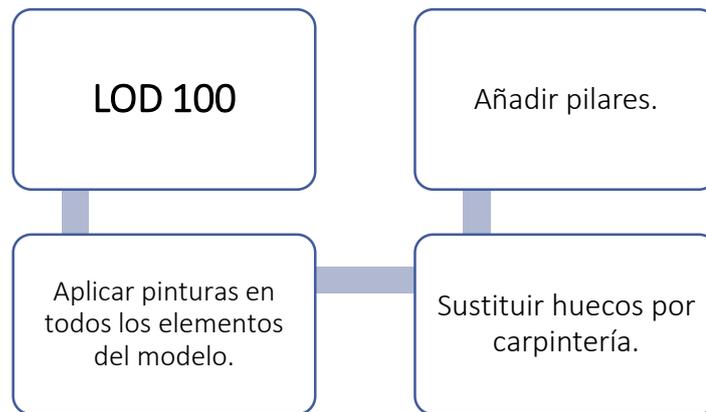


Figura 49 - Procedimiento para realizar el LOD 200, 2014.

Fuente: Propia.

Partimos del modelo a nivel LOD 100 terminado para comenzar a realizar el nivel LOD 200.

En primer lugar, los muros, suelos y cubiertas siguen siendo elementos constructivos por defecto, sin materiales, pero se les aplica pintura (que incluye color y/o trama), para ver el resultado del acabado elegido y realizar los cambios necesarios hasta dar con el posible diseño final.

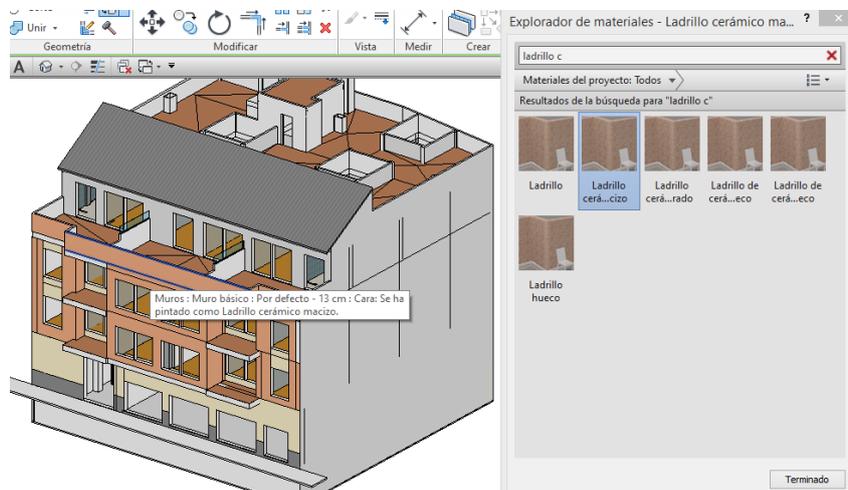


Figura 50 - Pintura aplicada al modelo 3D, 2014.

Fuente: Propia.

Tras esto, se eliminan los huecos que había a modo de carpintería y se colocan todas las puertas, ventanas (tanto interiores como exteriores) y barandillas en balcones.

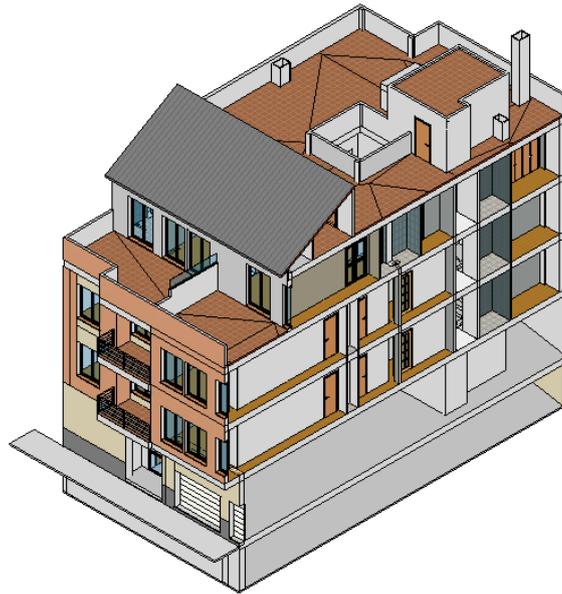


Figura 51 – Modelo con pinturas y la carpintería exterior e interior, 2014.

Fuente: Propia.

El siguiente paso es colocar todos los pilares para tener el modelo completamente terminado para pasar al siguiente nivel LOD 300.

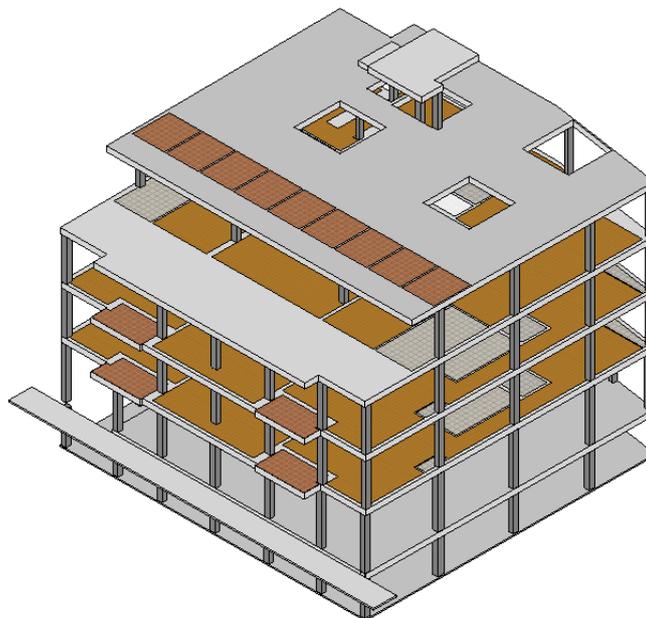


Figura 52 - Estructura del edificio, 2014.

Fuente: Propia.

El modelo LOD 200 no supone un gran avance en el proyecto ya que los elementos constructivos no contienen más información que en el modelo LOD 100 y sólo se ha añadido la carpintería y los pilares.

Como vemos en la Figura 53, las Propiedades de ejemplar del muro no han cambiado desde el modelo a nivel LOD 100, ya que sigue sin tener material asignado, y lo único que se le ha añadido es una pintura.

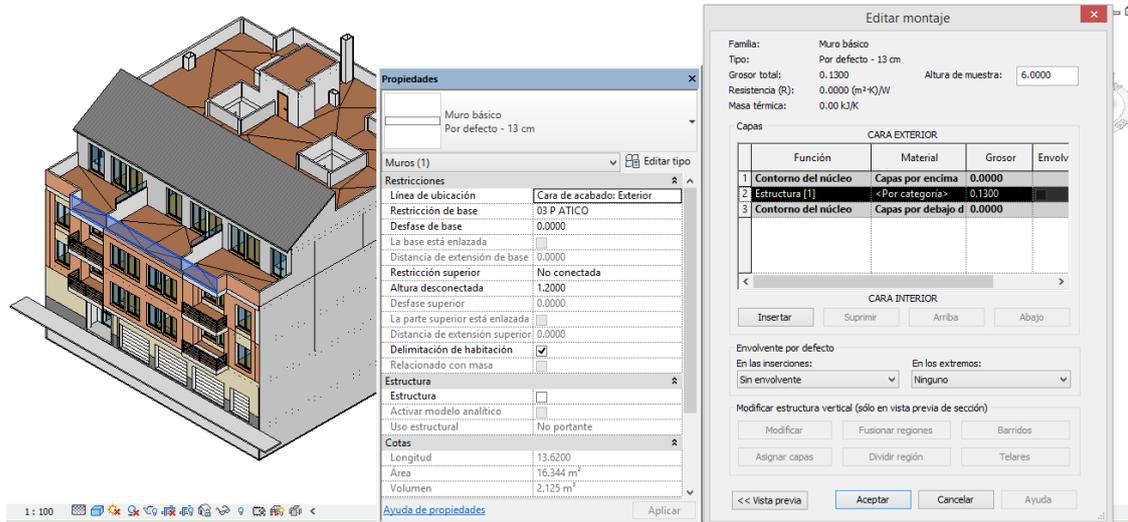


Figura 53 - Propiedades de ejemplar del modelo LOD 200, 2014.

Fuente: Propia.

4.4.1. Incongruencias nivel LOD 200.

A la hora de continuar con el modelo a nivel LOD 200 no se han encontrado incongruencias que nos hayan impedido seguir con el modelado del edificio, ya que la única información que se ha añadido al proyecto han sido pinturas y texturas a los elementos constructivos.

4.4.2. Conclusiones LOD 200.

El modelo a nivel LOD 200 se podría equiparar a un Proyecto Básico en la metodología tradicional.

Tras comprobar en el nivel anterior que el edificio cumple con la normativa vigente, tener clara su ubicación y distribución, podemos utilizar el modelo a nivel 200 para mostrar al promotor cuál sería el acabado del edificio en general y de su vivienda en particular: el pavimento que tendrá, el acabado de la fachada o las cubiertas, cómo serán las zonas comunes, etc., y aún estaríamos a tiempo de realizar cualquier cambio, sin que ello nos suponga una gran pérdida de tiempo trabajado o dinero invertido.

Esta es una de las ventajas que BIM nos ofrece frente a la metodología tradicional de proyectos, ya que, apoyándonos en lo dicho anteriormente, estamos aún en un nivel bastante inicial de proyecto, con un modelo desarrollado en 3D que sigue siendo muy inicial. Constructivamente no hay nada definido aún, lo único que hemos hecho ha sido darle un tratamiento de color y de texturas a los elementos constructivos a base de pinturas, pero estaríamos ya en disposición de poder vender las viviendas gracias a las posibilidades que el modelo nos ofrece de poder enseñar al cliente el acabado de su futura vivienda de una forma muy visual.

Tal y como se ha explicado en el desarrollo teórico de la metodología BIM, los niveles de desarrollo no están aún estandarizados, por lo que no hay un contenido único y obligatorio para cada uno de ellos, y éste puede variar de un proyecto a otro, dependiendo de sus condiciones.

En nuestro caso, por ejemplo, teniendo modelados los suelos (forjados) y los pilares del edificio, podríamos realizar un pre-cálculo de la estructura del mismo, estimando las cargas que éste tendría. Esto nos serviría para poder definir las alturas libres que debería tener el edificio según el canto de forjado que sería necesario, o realizar algún cambio en la distribución de las viviendas dependiendo de la ubicación y el tamaño de los pilares.

4.5. MODELADO - NIVEL LOD 300.

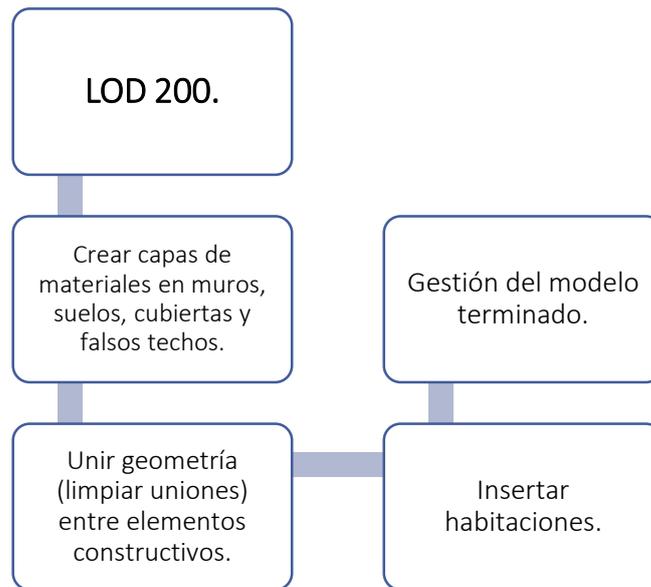


Figura 54 - Procedimiento para realizar el LOD 300, 2014

Fuente: Propia.

A partir del anterior modelo terminado, podemos empezar con la gestión de los materiales en los elementos constructivos. Al igual que en el modelo nivel LOD 100, empezaremos con los muros. Se debe mirar en los documentos de proyecto los tipos de muro existentes y empezar a crear las capas en cada uno de ellos, tal y como vemos en la siguiente imagen.

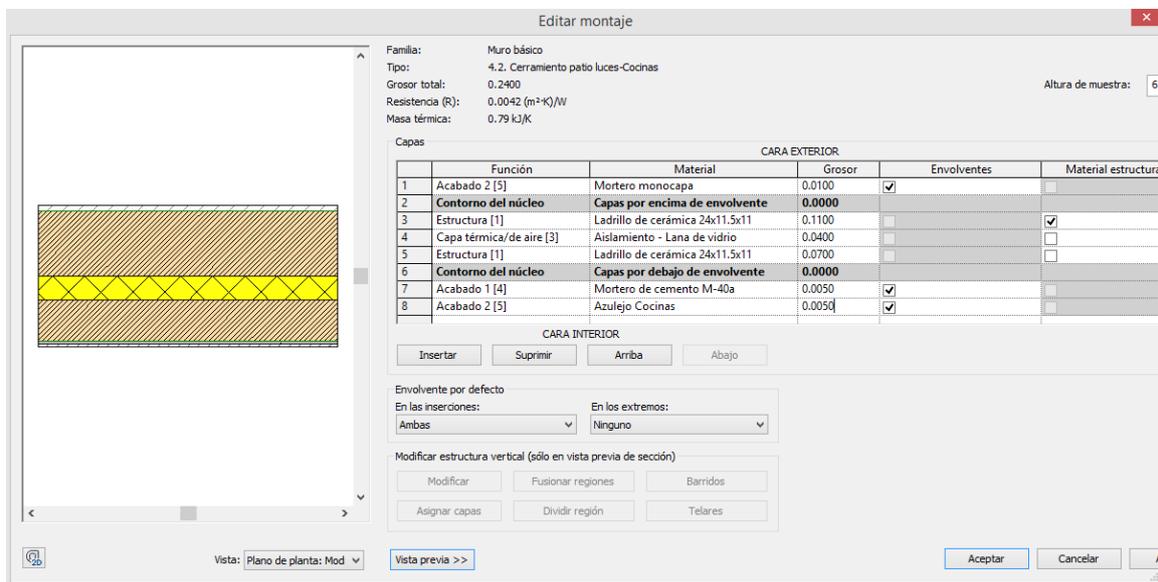


Figura 55 - Capas y materiales de muro a nivel LOD 300, 2014.

Fuente: Propia.

Haremos lo mismo con los suelos. Para estos, como tenemos en proyecto diferentes tipos de pavimentos, debemos crear sobre el suelo ya existente (a modo de forjado) un nuevo suelo para cada tipo, marcando el contorno por separado. De igual modo, se modelan las cubiertas y los falsos techos.

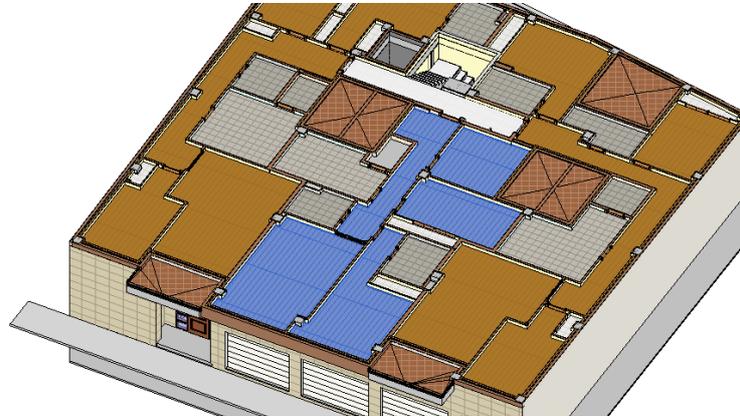


Figura 56 - Contornos de suelos, 2014.

Fuente: Propia.

Es en este nivel cuando tenemos que resolver los encuentros entre los elementos constructivos, para evitar solapamientos entre ellos y que midan lo que deben medir realmente. Para ello, uniremos la geometría de ambos elementos, quedando como en la siguiente figura:

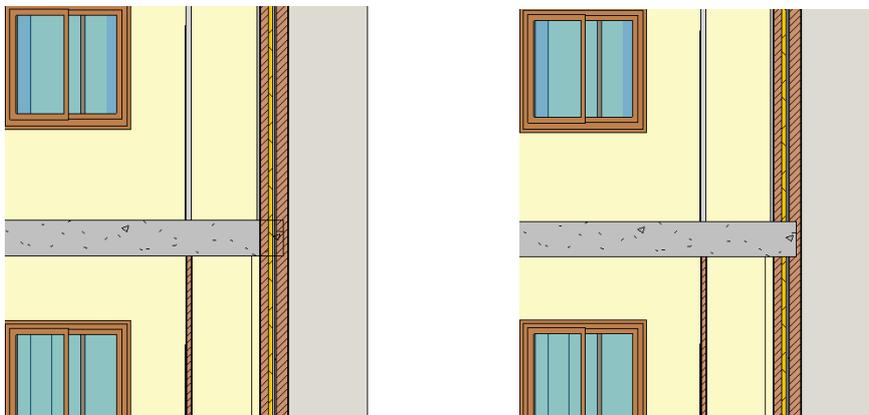


Figura 57 - Unión entre muro y suelo antes y después de unir su geometría, 2014.

Fuente: Propia.

Para seguir añadiendo información al modelo, debemos insertar habitaciones en las diferentes plantas, que nos servirán para identificar cada una de ellas, medir su área y volumen, y para poder gestionar después las Tablas de Planificación.

En Revit, el concepto “habitación” es una forma más de añadir información a nuestro proyecto. Éstas quedan delimitadas por elementos de modelo, como pueden ser muros, suelos y techos, y Revit las utiliza para calcular su área, volumen y gestionar con ellas después las Tablas de Planificación (para realizar mediciones), crear planos de distribución, etc.

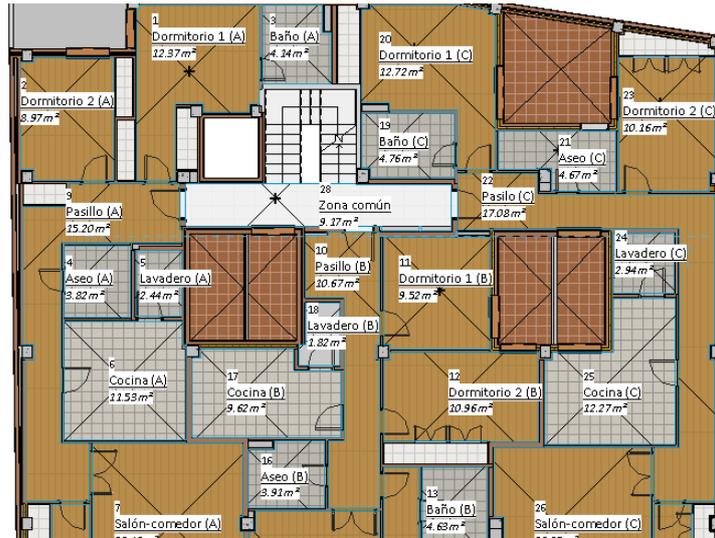


Figura 58 - Habitaciones de la Planta Tipo, 2014.

Fuente: Propia.

El nivel **LOD 300** es el último paso al que hemos llegado en el desarrollo práctico de nuestro TFG. En este nivel, los elementos constructivos ya incorporan materiales, espesores, etc. El detalle externo del modelo empieza a ser importante, aunque no del todo completo. Ya se pueden desarrollar estimaciones de costes y de programación.

Tal y como podemos observar en la siguiente imagen, las Propiedades de ejemplar del muro ya han aumentado bastante desde el nivel LOD 200.

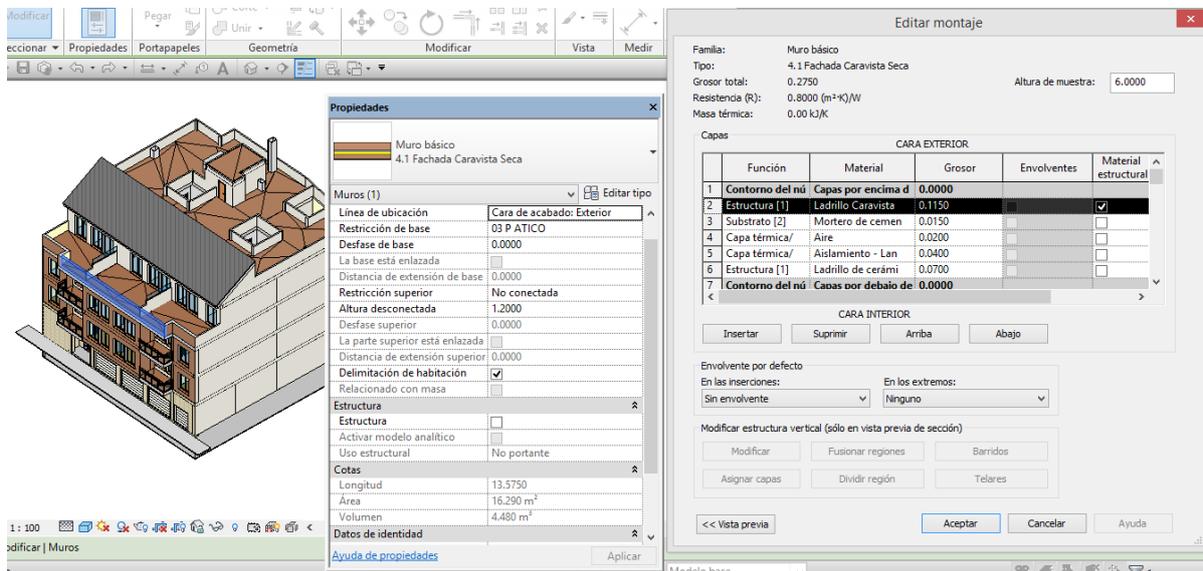


Figura 59 - Propiedades de ejemplar del modelo LOD 300, 2014.

Fuente: Propia.

4.5.1. Incongruencias nivel LOD 300.

Una de las incongruencias encontradas durante el modelado del nivel LOD 300 han sido los espesores de las particiones interiores. Se habían modelado los muros siguiendo el espesor marcado en planta en los planos de proyecto, y al aplicar capa a capa los materiales en éstos vemos que el espesor no coincide.

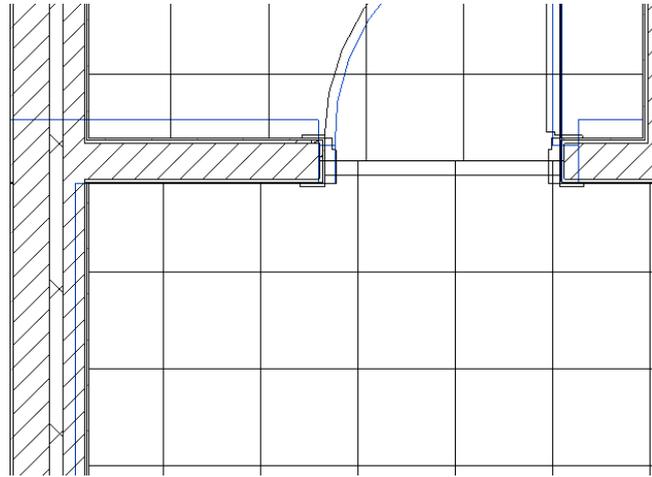


Figura 60 - Espesores diferentes en muros de Planta Tipo, 2014.

Fuente: Propia.

Esto puede ser debido a que se dibujaron los planos sin tener en cuenta el espesor total del muro según las partidas de las mediciones, por lo que al realizarlas en Revit no cuadran.

Para poder seguir con el modelado, se ha solucionado la incongruencia tomando como válido el espesor que queda al realizar el muro en Revit, con los materiales que aparecen en las mediciones de proyecto.

Esto genera indirectamente una nueva incongruencia al comparar las superficies de las viviendas obtenidas del modelo BIM y las que aparecen en el proyecto de ejecución, ya que al modificar el espesor de los muros, éstas varían.

4.5.3. Conclusiones LOD 300.

En esta fase de modelado a nivel LOD 300, debido a la envergadura del proyecto y al tiempo que requeriría desarrollar todo el edificio completamente, se ha decidido modelar toda la envolvente (fachadas, medianeras y cubiertas) y una de las plantas, en este caso, la Planta Tipo.

Podríamos equiparar este modelo al Proyecto de Ejecución de la metodología tradicional, aunque incompleto, ya que se ha realizado solamente la parte de arquitectura del edificio, faltando la parte de estructuras e instalaciones.

El modelo a nivel LOD 300 nos permite desarrollar el LOD 200 realizado previamente, determinando casi completamente los detalles y las especificaciones de todos los materiales, elementos, sistemas constructivos y equipos. El proyecto empieza ya a adquirir todas las características técnicas, económicas y constructivas que van a permitir llevar a cabo correctamente la ejecución de la obra.

En este punto del proyecto, las ventajas que BIM nos ofrece respecto a la metodología tradicional de realización de proyectos son muchas. Por una parte, hemos llegado a modelar un nivel equivalente a un Proyecto de Ejecución con la certeza de que la información es totalmente correcta, que seguimos cumpliendo el programa de necesidades planteado y que el diseño también es el deseado.

Aun así, aún estaríamos a tiempo de realizar algún cambio en el diseño o en la distribución interior, ya que, como hemos dicho, la información está relacionada dentro de todo el modelo, y cualquier cambio se refleja en todo él automáticamente.

Llegados a este nivel, todo el trabajo realizado anteriormente nos sirve, y sólo nos queda seguir aumentando la información de nuestro modelo (LOD 400) para poder ejecutarlo.

4.6. GESTIÓN DEL MODELO.

El último paso en el desarrollo práctico del TFG tras realizar el modelo a nivel LOD 300 del edificio, es la gestión de éste.

Esta gestión conlleva la creación de habitaciones en cada una de las viviendas, la creación de planos de área para delimitar las viviendas por planta, también la creación de tablas de planificación que nos sirvan para empezar a realizar mediciones de materiales, estancias, carpinterías, etc.

4.6.1. Habitaciones.

En cuanto a las **habitaciones**, debemos insertarlas en cada una de las plantas, delimitando cada estancia, ya que nos servirán para identificarlas, medir su área y su volumen, y para poder gestionar las Tablas de Planificación.

Como vemos en la siguiente figura, una vez insertadas las habitaciones, obtenemos información de ellas: su área, volumen o perímetro, y podemos también introducirles información como: acabado de la base, del techo, del muro... Al añadir esos datos en las tablas, añadimos información al modelo y podemos aprovecharnos de ellas y obtener mediciones aproximadas de pavimentos (ver Figura 62), falsos techos, etc.

<Tabla de planificación de habitaciones>			
A	B	C	D
Nombre	Área	Acabado de la base	Acabado del techo
01 P1			
Dormitorio 1 (A)	12.37 m ²	Tarima flotante	Ninguno
Dormitorio 2 (A)	8.97 m ²	Tarima flotante	Ninguno
Baño (A)	4.14 m ²	Gres	Falso techo paneles de 60x60cm.
Aseo (A)	3.82 m ²	Gres	Falso techo escayola lisa 100x60cm.
Lavadero (A)	2.44 m ²	Gres	Falso techo escayola lisa 100x60cm.
Cocina (A)	11.53 m ²	Gres	Falso techo escayola lisa 100x60cm.
Salón-comedor (A)	23.48 m ²	Tarima flotante	Ninguno
Dormitorio 3 (A)	11.46 m ²	Tarima flotante	Ninguno
Pasillo (A)	15.20 m ²	Tarima flotante	Falso techo escayola lisa 100x60cm.
Pasillo (B)	10.67 m ²	Tarima flotante	Falso techo escayola lisa 100x60cm.
Dormitorio 1 (B)	9.52 m ²	Tarima flotante	Ninguno
Dormitorio 2 (B)	10.96 m ²	Tarima flotante	Ninguno
Baño (B)	4.63 m ²	Gres	Falso techo escayola lisa 100x60cm.
Dormitorio 3 (B)	15.85 m ²	Tarima flotante	Ninguno
Salón-comedor (B)	21.34 m ²	Tarima flotante	Ninguno
Aseo (B)	3.91 m ²	Gres	Falso techo paneles de 60x60cm.
Cocina (B)	9.62 m ²	Gres	Falso techo escayola lisa 100x60cm.
Lavadero (B)	1.82 m ²	Gres	Falso techo escayola lisa 100x60cm.
Baño (C)	4.76 m ²	Tarima flotante	Falso techo escayola lisa 100x60cm.
Dormitorio 1 (C)	12.72 m ²	Tarima flotante	Ninguno
Aseo (C)	4.67 m ²	Gres	Falso techo paneles de 60x60cm.
Pasillo (C)	17.08 m ²	Tarima flotante	Falso techo escayola lisa 100x60cm.
Dormitorio 2 (C)	10.16 m ²	Tarima flotante	Ninguno
Lavadero (C)	2.94 m ²	Gres	Falso techo escayola lisa 100x60cm.
Cocina (C)	12.27 m ²	Gres	Falso techo escayola lisa 100x60cm.
Salón-comedor (C)	23.35 m ²	Tarima flotante	Ninguno
Dormitorio 3 (C)	11.26 m ²	Tarima flotante	Ninguno
Zona común	9.17 m ²	Granito	Ninguno
Total general	290.13 m ²		

Figura 61 - Tabla de planificación de habitaciones, 2014.

Fuente: Propia.

<Tabla de planificación de habitaciones 2>	
A	B
Acabado de la base	Área
01 P1	
Granito	9.17 m ²
Gres	61.79 m ²
Tarima flotante	219.17 m ²
Total general	290.13 m ²

Figura 62 - Tabla de medición de Pavimentos.

Fuente: Propia.

4.6.2. Planos de área.

Los **planos de área** nos pueden servir para diferentes cosas dentro de la definición del proyecto, como por ejemplo el cálculo de las superficies construidas por vivienda, o realizar zonificaciones dentro del edificio (zonas públicas/privadas, zonas húmedas/secas).

En la siguiente figura se observa un Plano de área, en este caso de Área construida bruta, y la Tabla de Planificación del mismo, donde vemos, clasificado por Niveles, el área de cada una de ellas.

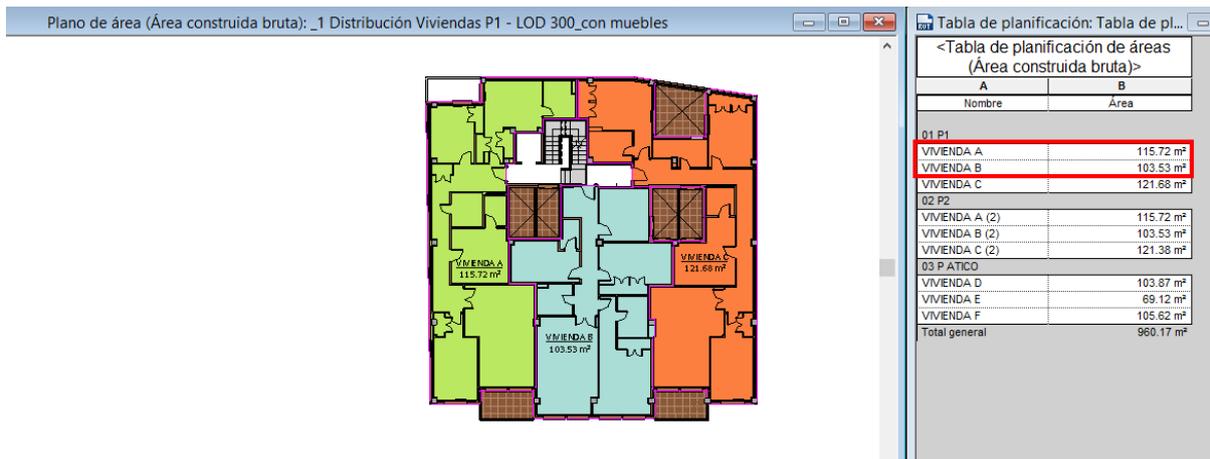


Figura 63 - Plano de Área construida bruta Planta Tipo y Tabla de Planificación, 2014.

Fuente: Propia.

Como se ha comentado a lo largo de todo el TFG, una de las grandes ventajas que nos ofrece BIM es la actualización inmediata de toda la información en todo el proyecto (vistas, planos, tablas de planificación...). En la siguiente imagen se observa cómo al desplazar un muro que separa dos viviendas (Vivienda A y B), inmediatamente la superficie cambia en la Tabla de Planificación creada. Podemos tener la certeza de que realizando cualquier cambio, la información está coordinada en todo el modelo 3D.

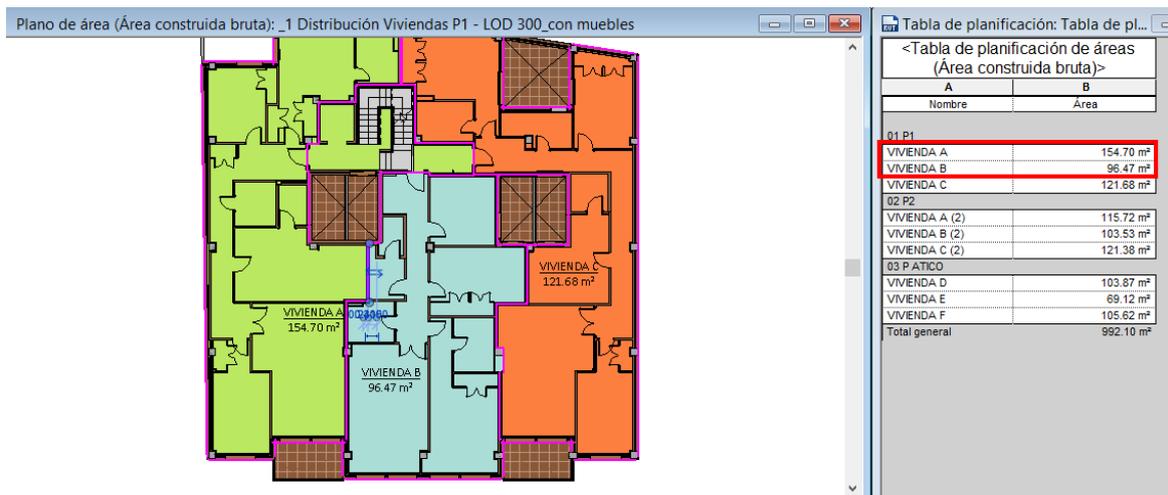


Figura 64 - Actualización de información entre Plano de Área y Tabla de Planificación, 2014.

Fuente: Propia.

4.6.3. Tablas de Planificación.

Por otra parte, podemos crear Tablas de Planificación para seguir con la gestión de nuestro modelo. Estas tablas son una representación de la información extraída de las propiedades de los elementos de un proyecto. Como ya hemos comentado, se actualizan de forma dinámica y automática.

Se pueden realizar varios tipos de Tablas de Planificación: Tablas de Planificación o Cantidades, cómputos de materiales, listas de planos, listas de vistas, tablas de Planificación de revisiones, etc.

En la Figura 65 podemos ver una tabla de Cómputo de materiales de suelo, en la que Revit realiza la medición de cada uno de los materiales que componen los suelos del proyecto: pavimento, hormigón, láminas, etc. Estas tablas nos sirven ya para realizar mediciones mucho más amplias de nuestro modelo, acercándonos más a las que se realizan en cualquier programa destinado a ello.

<Cómputo de materiales de suelo>	
A	B
Material: Nombre	Material: Área
Arena	9.38 m ²
Granito	9.38 m ²
Hormigón	2199.70 m ²
Lámina anti-impacto	295.95 m ²
Lámina de polietileno	215.87 m ²
Mortero autonivelante	215.87 m ²
Mortero de cemento M-5a (1:6)	70.10 m ²
Mortero de cemento M-40a	88.86 m ²
Pavimento armarios	10.56 m ²
Pavimento baños y lavadero	31.59 m ²
Pavimento cocinas	27.95 m ²
Pavimento flotante	215.87 m ²
Suelos por defecto	143.44 m ²
Total general	3533.92 m²

Figura 65 - Tabla de Cómputo de materiales de suelo, 2014.

Fuente: Propia.

<_2 Medición de Albañilería>	
A	B
Material: Nombre	Material: Área
4 Antepechos	
Enlucido - Blanco	20.11 m ²
Ladrillo de cerámica hueco doble	20.11 m ²
Mortero monocapa	20.11 m ²
Pintura	20.11 m ²
	80.44 m ²
4 Forrado pilares	
Enlucido	1.48 m ²
Ladrillo de cerámica hueco doble	1.48 m ²
Pintura	1.48 m ²
	4.44 m ²
4.1 Fachada Caravista Seca	
Aire	98.63 m ²
Aislamiento - Lana de vidrio	98.02 m ²
Enlucido - Blanco	94.43 m ²
Ladrillo Caravista	102.98 m ²
Ladrillo de cerámica hueco doble	96.78 m ²
Mortero de cemento M-40a	99.11 m ²
Pintura	94.10 m ²
	684.05 m ²
4.2 Medianera izq	
Ladrillo de cerámica hueco doble	159.53 m ²
Mortero de cemento M-40a	148.52 m ²
Mortero monocapa	160.53 m ²
	468.57 m ²

Figura 66 - Tabla de Cómputo de materiales de Albañilería, 2014.

Fuente: Propia.

Podemos realizar también Tablas de planificación de las puertas y ventanas del proyecto. En este caso, Revit realiza el recuento total de cada tipo de carpintería que insertamos, y al igual que se ha explicado anteriormente, si eliminamos cualquiera del modelo, automáticamente en la Tabla nos aparece un elemento menos.

<Tabla de planificación de ventanas>		
A	B	C
Familia y tipo	Marca de tipo	Recuento
Ventana batiente 1: 550 x 1000 mm	40	1
Ventana batiente 1: 600 x 1000 mm	39	1
Ventana batiente 1: 800 x 2100 mm	41	2
Ventana corredera de 2 hojas 2: 800 x 1000 mm	43	3
Ventana corredera de 2 hojas 2: 1000 x 1200 mm	25	4
Ventana corredera de 2 hojas 2: 1100 x 1200 mm	42	3
Ventana corredera de 2 hojas 2: 1200 x 1200 mm	24	20
Ventana corredera de 2 hojas 2: 1350 x 1850 mm	27	16
Ventana corredera de 2 hojas 2: 1400 x 1850 mm	26	4
Ventana corredera de 2 hojas 2: 1400 x 2250	29	6
Ventana corredera de 2 hojas 2: 1500 x 1200 mm	23	5
Ventana corredera de 2 hojas 2: 1500 x 2250	28	3
Total general		68

Figura 67 - Tabla de planificación de ventanas, 2014.

Fuente: Propia.

Podemos, además, asignar una marca de tipo a cada uno de los tipos. Este valor es exclusivo para cada tipo de carpintería, y sirve para designarla de modo único. Con esto, podemos realizar el Plano de Carpintería y etiquetar todas las puertas y ventanas e identificarlas visualmente gracias a la etiqueta de su marca de tipo.

Como podemos ver en la Figura 68, en el plano se identifican de inmediato las puertas y las ventanas gracias a las etiquetas insertadas. Además, si en la Tabla seleccionamos una de las puertas, nos aparece resaltada en el plano.

En la metodología tradicional de realización de proyectos, el recuento de la carpintería se realiza manualmente, y también el plano, teniendo que mirar y etiquetar una por una todas las ventanas y puertas del proyecto, por lo que el ahorro de trabajo en BIM en este caso es muy elevado.

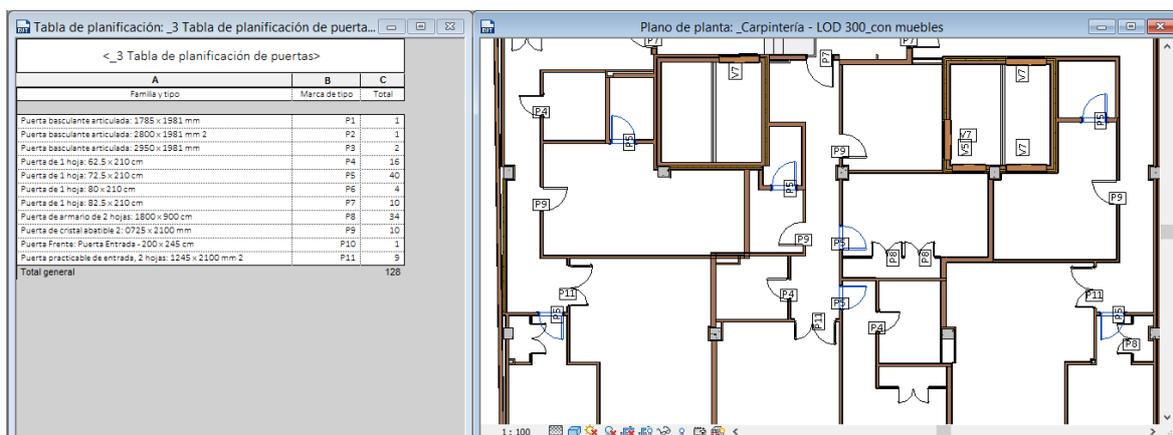


Figura 68 - Plano de carpintería y Tabla de Planificación de Puertas, 2014.

Fuente: Propia.

Con lo visto a lo largo de este apartado podemos llegar a la conclusión de que la gestión del modelo es una parte de vital importancia a la hora de realizar un proyecto con la metodología BIM, ya que es la parte que realmente aporta valor al mismo.

Gracias a la creación de habitaciones, tablas de planificación, planos de área, cómputo de materiales, etc., vamos añadiendo información a nuestro modelo, con la certeza de que está siempre actualizada en todo el proyecto y de que no hay información repetida, ya que cada elemento tiene entidad propia y no se repite dentro del proyecto.

CONCLUSIONES.

A lo largo de todo este Trabajo de Fin de Grado se han podido conseguir y demostrar los objetivos marcados al inicio del mismo.

En primer lugar, tras realizar el análisis teórico y comparativo de la metodología tradicional de realización de proyectos de construcción y la metodología BIM, se puede llegar a la conclusión de que ésta supone un gran avance en el sector de la ingeniería y la construcción, y que está llamada a casi sustituir a los métodos con los que se viene trabajando desde hace muchos años.

El gran avance del que hablamos se refleja en diversos niveles. Por una parte, BIM supone un gran cambio para los agentes que intervienen en la realización de un proyecto, ya que se trabaja sobre un único archivo en el que participan todos, donde la información es única y está actualizada constantemente. Supone también un gran valor añadido para el cliente, ya que tiene la posibilidad de ver su futura vivienda y tomar decisiones sobre ella, sin que esto suponga un gran trabajo para los agentes ni un aumento del coste pactado para él. Al trabajar sobre un modelo 3D paramétrico, los cambios son inmediatos y hasta en fases avanzadas de proyecto, no suponen una gran carga de trabajo, como sí ocurre con la metodología tradicional.

En muchos países es obligatorio ya el uso de la metodología BIM para la realización de cualquier proyecto de ingeniería, y en pocos años lo será en el resto. Esto se debe, entre otras muchas cosas, a los niveles de desarrollo estandarizados (LOD), que marcan las pautas a seguir y los elementos que debe contener un proyecto según el nivel de desarrollo que se desee, con el fin de estandarizar los proyectos entre distintas empresas o países.

Por otra parte, una vez finalizada la puesta en práctica de la metodología BIM aplicada al proyecto de ejecución sobre el que se ha trabajado, se han ratificado aún más las ventajas que BIM aporta a un proyecto de construcción.

Una de las mayores ventajas que BIM nos ofrece es la actualización inmediata de información dentro del modelo. Esto hace que puedan trabajar sobre un proyecto varios agentes, teniendo la certeza de que la información es correcta, cosa que no ocurre con la metodología tradicional, donde cada agente, normalmente, trabaja independientemente, sin saber si han ocurrido cambios en el diseño o sin trasladar los cambios que realiza a los demás agentes.

Además, el trabajar sobre un único archivo elimina la repetición de información y la multitud de archivos que se pueden generar en la metodología tradicional.

Otra de las ventajas más significativas es que BIM nos impide cometer errores que en la metodología tradicional son muy comunes, lo cual apoya lo comentado anteriormente (la información es correcta en todo el modelo) y nos hace ahorrar tiempo y dinero.

En definitiva, tras este repaso por las ventajas que la metodología BIM nos ofrece respecto a la metodología de trabajo tradicional, podemos llegar a afirmar que BIM es el siguiente paso en cuanto a la realización de proyectos de construcción, por todas las posibilidades y ventajas que ofrece.

A pesar de las múltiples ventajas que BIM nos ofrece, no significa que debemos abandonar por completo la metodología tradicional, si no que podemos aprovecharnos de ella y complementarla con la metodología BIM.

Para terminar, y como valoración personal, creo firmemente que en pocos años esta metodología será la que predomine el sector de la ingeniería y la construcción, ya que, aunque por el momento el cambio es lento y supone un gran cambio en la mentalidad y en la forma de trabajo llevada hasta el momento, las ventajas, facilidades y avances que supone utilizar BIM acabarán por superar estas barreras.

Además, la actual crisis casi generalizada que se está viviendo en nuestro país está provocando que los profesionales del sector decidan reinventarse y comenzar a trabajar con esta nueva metodología, con el fin de ofrecer un nuevo producto con más valor al cliente.

Tras haber tratado con ambas metodologías, puedo afirmar que, aunque para trabajar con BIM es necesario cambiar de mentalidad y tener amplios conocimientos de la herramienta y su funcionamiento, el trabajo y el resultado final es más gratificante que trabajando con los métodos tradicionales.

Una vez terminada la carrera, me gustaría poder seguir formándome en la metodología BIM y en todas las aplicaciones y salidas que ésta puede ofrecerme. Haberla conocido y trabajado con ella a través del desarrollo de este Trabajo de fin de Grado me ha motivado a querer encaminar mi carrera profesional hacia esa área.

TABLA DE CONTENIDOS E ILUSTRACIONES.

Figura 1 - Cartel Café con BIM, 2014.	4
Figura 2 - Cartel anunciador del Congreso EUBIM, 2014.	5
Figura 3 - BIM en el ciclo de vida de un edificio, 2014.	10
Figura 4 – Interfaz de trabajo Revit, 2014.	12
Figura 5 – Charles M. Eastman, 2014.	14
Figura 6 - Jerry Laiserin	14
Figura 7 – Primera versión comercial de AutoCAD, 1982.	15
Figura 8 – Logotipo de Autodesk.	16
Figura 9 - Logotipo de Graphisoft.	16
Figura 10 - Logotipo de Nemetschek.	16
Figura 11 - Logotipo de Tekla.	17
Figura 12 - Forma de trabajo a nivel interno y externo en BIM, 2012.	18
Figura 13 - Agentes intervinientes en un proyecto BIM, 2014.	19
Figura 14 – Logotipo de The American Institute of Architects, 1857.	20
Figura 15 - Niveles de Desarrollo en BIM, 2013.	21
Figura 16 – Ventajas de la metodología BIM, 2008.	22
Figura 17 – Carencias de la metodología BIM, 2008.	23
Figura 18 - BIM, del 3D al 7D, 2014.	24
Figura 19 - Interfaz de trabajo de Navisworks, 2014.	24
Figura 20 - Logotipo de formato de intercambio IFC.	26
Figura 21 - Interfaz de Revit para la exportación del modelo 3D al formato IFC, 2014.	26
Figura 22 – Ventajas e inconvenientes de la metodología de trabajo tradicional (CAD), 2011.	27
Figura 23 - Ventajas e inconvenientes de la metodología BIM, 2011.	28
Figura 24 - Carrer Pla de l'Arc, 40, Llíria, 2014.	30
Figura 25 – Ubicación del edificio en Calle Pla de l'Arc, nº 40 de Llíria (Valencia), 2014.	30
Figura 26 - Planta Baja Edificio Pla de l'Arc, 2010.	32
Figura 27 – Planta Sótano Edificio Pla de l'Arc, 2010.	32
Figura 28 - Planta Tipo Edificio Pla de l'Arc, 2010.	33
Figura 29 - Planta Ático Edificio Pla de l'Arc, 2010.	33
Figura 30 - Sección Edificio Pla de l'Arc, 2010.	34
Figura 31 - Alzado Principal Edificio Pla de l'Arc, 2010.	34
Figura 32 – Pantalla de inicio de Autodesk Revit 2014.	36
Figura 33 - Niveles del Edificio Pla de l'Arc, 2014.	38
Figura 34 – Elementos de construcción paramétricos de Revit.	38
Figura 35 - Familias de un proyecto de Revit.	39
Figura 36 – Ventana de propiedades de tipo de un proyecto de Revit.	40
Figura 37 - Propiedades de ejemplar de Muro en Nivel 01 P1.	41
Figura 38 – Propiedades de ejemplar de Muro en Nivel 02 P2.	41
Figura 39 – Comportamiento de los elementos en Revit.	42
Figura 40 - Procedimiento para realizar el Nivel LOD 100, 2014.	44
Figura 41 - Planta importada desde CAD en una de las vistas creadas.	45
Figura 42 - Modelo 3D con todos los muros creados, 2014.	45

Figura 43 - Muros y suelos creados, 2014.	46
Figura 44 - Modelo terminado LOD 100, 2014.	46
Figura 45 - Propiedades de ejemplar del modelo LOD 100, 2014.	47
Figura 46 - Superposición de envolvente de Planta Baja y Planta Tipo, 2014.....	48
Figura 47 - Plano de Planta Sótano de proyecto, 2010.....	49
Figura 48 - Rampa de proyecto modificada en Revit, 2014.	49
Figura 49 - Procedimiento para realizar el LOD 200, 2014.	51
Figura 50 - Pintura aplicada al modelo 3D, 2014.....	51
Figura 51 – Modelo con pinturas y la carpintería exterior e interior, 2014.	52
Figura 52 - Estructura del edificio, 2014.....	52
Figura 53 - Propiedades de ejemplar del modelo LOD 200, 2014.	53
Figura 54 - Procedimiento para realizar el LOD 300, 2014	55
Figura 55 - Capas y materiales de muro a nivel LOD 300, 2014.....	55
Figura 56 - Contornos de suelos, 2014.	56
Figura 57 - Unión entre muro y suelo antes y después de unir su geometría, 2014.	56
Figura 58 - Habitaciones de la Planta Tipo, 2014.....	57
Figura 59 - Propiedades de ejemplar del modelo LOD 300, 2014.	57
Figura 60 - Espesores diferentes en muros de Planta Tipo, 2014.....	58
Figura 61 - Tabla de planificación de habitaciones, 2014.	60
Figura 62 - Tabla de medición de Pavimentos.	60
Figura 63 - Plano de Área construida bruta Planta Tipo y Tabla de Planificación, 2014.	61
Figura 64 - Actualización de información entre Plano de Área y Tabla de Planificación, 2014.....	61
Figura 65 - Tabla de Cómputo de materiales de suelo, 2014.	62
Figura 66 - Tabla de Cómputo de materiales de Albañilería, 2014.	62
Figura 67 - Tabla de planificación de ventanas, 2014.	63
Figura 68 - Plano de carpintería y Tabla de Planificación de Puertas, 2014.....	63

BIBLIOGRAFÍA.

- [1] **AIA** 2013, Project Building Information Modeling Protocol Form - Document G202-2013.
- [2] **AIA** 2008, Document E202-2008 - Building Information Modeling Protocol Exhibit.
- [3] **AIA** Logotipo American Institute of Architects.
- [4] **Alexander, D.** Jerry Laiserin.
- [5] Autodesk 2013, "Autodesk WikiHelp".
- [6] Autodesk 2007, El modelado de construcción paramétrico: la base de BIM. Available: http://images.autodesk.com/emeas/main/files/sp_revit_bim_parametric_building_modeling_jan07.pdf.
- [7] Autodesk Logotipo Autodesk.
- [8] Autodesk, Transform business value with BIM. Available: <http://www.autodesk.com/solutions/building-information-modeling/overview> [2014].
- [9] Autodesk, Primera versión comercial de AutoCAD. Available: <http://virtualdimension.wordpress.com/2010/03/17/outdated-technology-autocad-1982-2/>.
- [10] BIM FORUM 2013, Niveles de Desarrollo en BIM.
- [11] Building Smart 2014, Industry Foundation Classes Data Model.
- [12] Building Smart. Available: <http://www.buildingsmart.es/index.php/bim/que-es> [2014, 08/18].
- [13] Cámara Menoyo, C. 2011, Del CAD al BIM (III): comparativa. Available: <http://carloscamara.es/blog/2011/03/16/del-cad-al-bim-iii-comparativa>.
- [14] Coa.gatech 2014, Professor Charles Eastman. Available: <http://www.coa.gatech.edu/people/charles-eastman>.
- [15] Coloma Picó, E. 2008, Introducción a la tecnología BIM, Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Expressió Arquitectònica I (EGA1).
- [16] Comgrap 2014, El origen del BIM. Available: <http://www.comgrap.cl/noticias/el-origen-del-bim>.

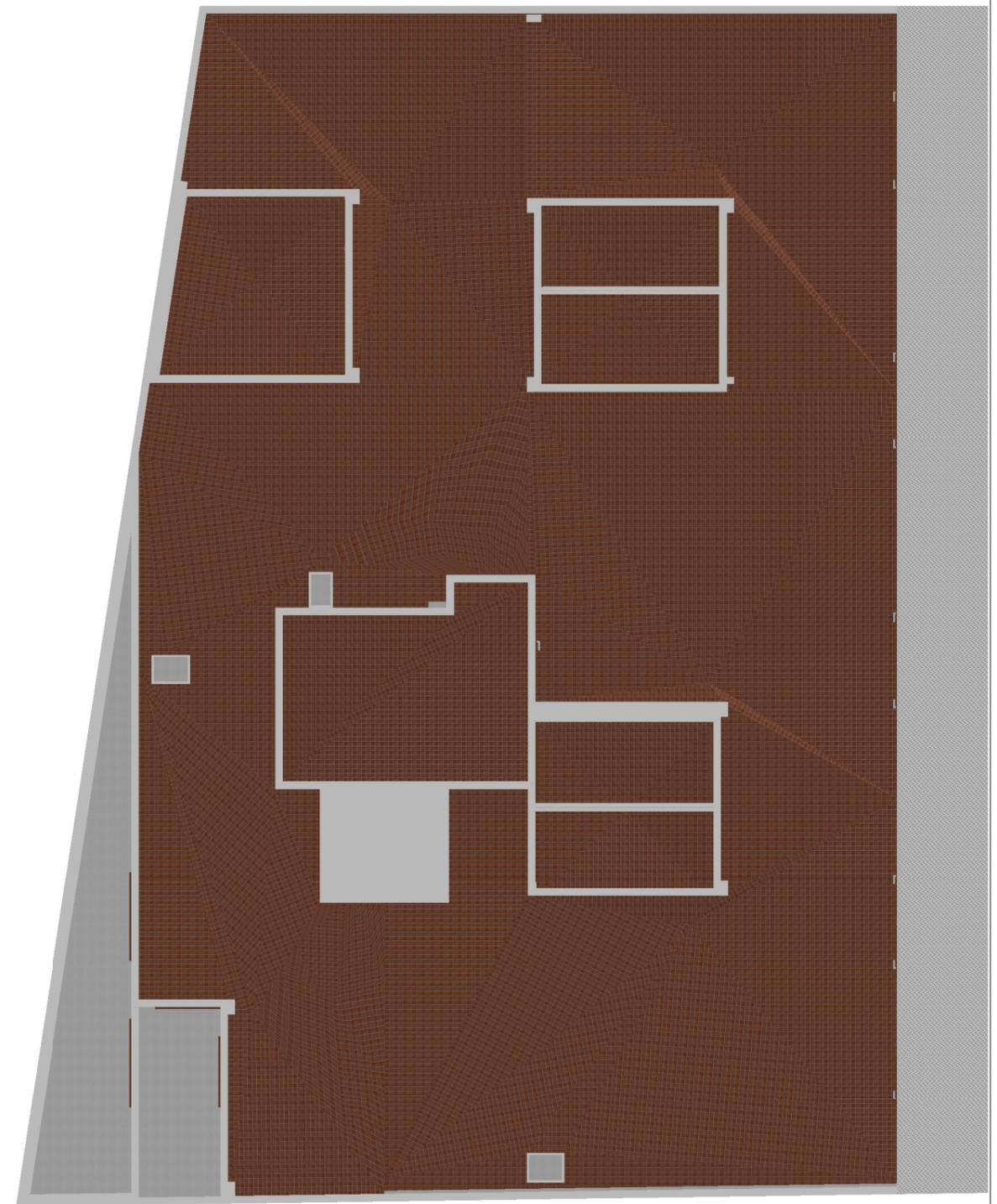
- [17] Crcoedificacion 2014, El verdadero valor del BIM, la gestión de los datos. Available: <http://crcoedificacion.wordpress.com/2014/01/28/el-verdadero-valor-del-bim-la-gestion-de-los-datos/>.
- [18] Dataedro 2013, Origen del BIM. Available: <http://www.dataedro.com/index.php/es/acercadelbim>.
- [19] Eastman, C.M. 1975, "The Use of Computers Instead of Drawings In Building Design.", vol. 63, pp. 46-50.
- [20] Eastman, C.M., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. 2008, BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors, Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- [21] Engarc 2013, Las D en BIM, ¿qué es 3D/4D/5D6D?. Available: <http://engarc.com/las-d-en-bim-que-es-3d4d5d6d/>.
- [22] García Pedraza, G. 2014, BIM Dimensions.
- [23] García Pedraza, G. 2014, The Lord of the BIMs. Available: <http://sesentayseis.es/bim/2014/03/bim-manager/>.
- [24] Gómez Fernández, I. 2013, Interacción de procesos BIM sobre una vivienda del movimiento moderno : la ville Savoye., Universidade Da Coruña.
- [25] Graphisoft Logotipo Graphisoft.
- [26] IFC Workshop 2014, ¿Qué es IFC? Available: http://www.ifcworkshop.es/secciones/ifc/que_es.html.
- [27] Impararia 2014, 6D CAD or how to optimize the energy consumption. Available: <http://www.impararia.com/en/services/bim/bim-3d?id=243>.
- [28] Impararia 2014, 7D or How to manage assets life cycle. Available: <http://www.impararia.com/en/services/bim/bim-3d?id=244>.
- [29] Jiménez, A. 2013, ArchiCAD. Available: <http://prezi.com/jzihon-szlub/archicad/>.
- [30] McPhee, A. 2013, What is this thing called LOD. Available: <http://practicalbim.blogspot.com.es/2013/03/what-is-this-thing-called-lod.html>.
- [31] Metropa 2012, ¿Qué es BIM?. Available: http://www.metropa.es/_/e/curso-revit-madrid.html.

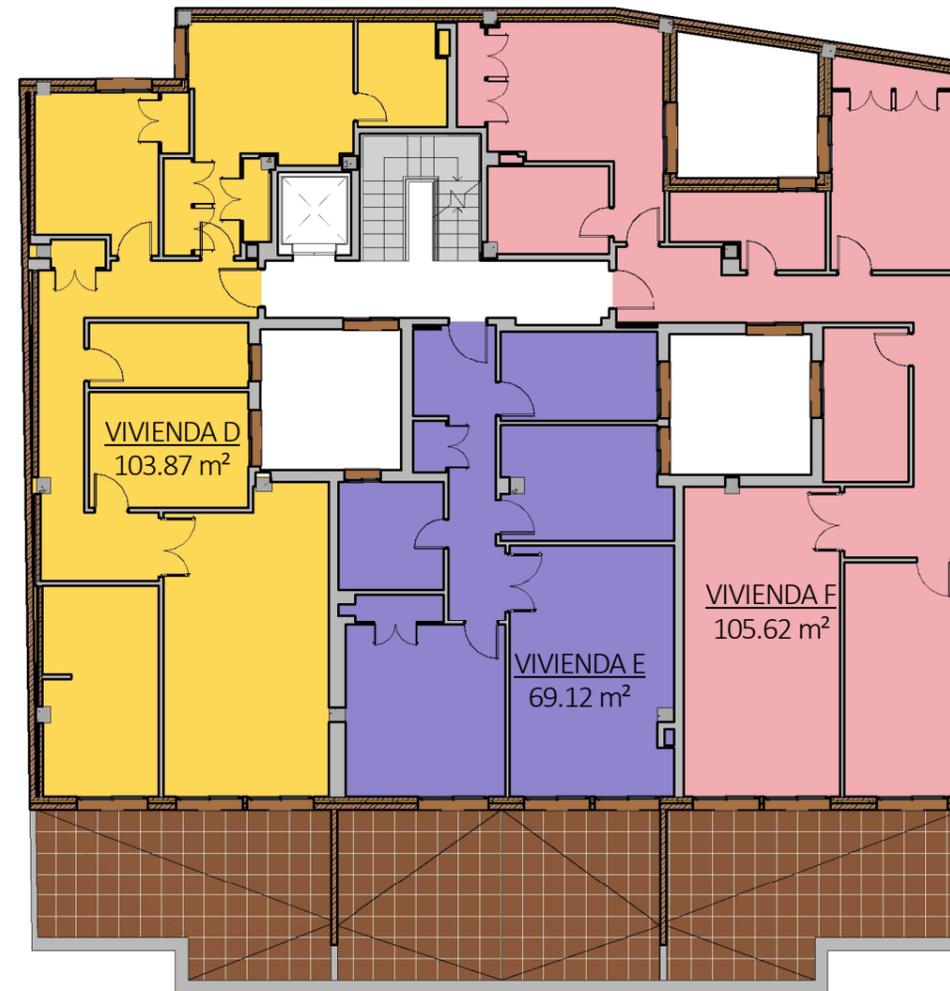
- [32] Mr. As Built Inc. BIM Navisworks Services.
- [33] Mv-Bim 2013, Forma de trabajo en BIM. Available: <http://www.mv-bim.com/es/informacion-bim.php>.
- [34] Nanconstruccion 2014, BIM como el próximo lenguaje en la construcción. Available: <http://www.nanconstruccion.es/es/bim-como-el-proximo-lenguaje-en-laconstruccion/02/04/2014>.
- [35] Nemetschek. Logotipo Nemetschek.
- [36] Nevado, Torner y Torres, Arquitectos Asociados SLP. 2010, Proyecto de Ejecución de Edificio de 9 viviendas, Planta Baja-Almacén y Sótano aparcamiento en Calle Pla de l'Arc, 40, Llíria (Valencia), Llíria.
- [37] Parametriccamp 2014, ¿Qué es el diseño paramétrico?. Available: <http://www.parametriccamp.com/%C2%BFque-es-el-diseno-parametrico/>.
- [38] Pérez, M.A. 2013, Las nuevas formas arquitectónicas de la arquitectura paramétrica. Available: <http://blogthinkbig.com/software-de-diseno-parametrico/>.
- [39] Rodríguez Antúnez, J.L. 2014, Los Niveles de Desarrollo (LOD). Available: <http://comarqpanama.wordpress.com/2014/01/23/los-niveles-de-desarrollo-l-o-d/>.
- [40] Rodríguez, E. 2012, BIM-4D: El tiempo añadido al modelado de información de construcción. Available: <http://www.fierasdelaingenieria.com/bim-4d-el-tiempo-anadido-al-modelado-de-informacion-de-construccion/>.
- [41] Tekla. Logotipo Tekla.
- [42] Vicosoftware 2014, 5D BIM. Available: <http://www.vicosoftware.com/what-is-5D-BIM/tabid/88207/>.
- [43] Vicosoftware 2014, What Does 4D BIM Mean to You?. Available: <http://www.vicosoftware.com/what-is-4D-BIM/tabid/88206/>.

ANEXO I – PLANOS ADJUNTOS ‘EDIFICIO PLA DE L’ARC’.

ÍNDICE DE PLANOS

Lista de planos	
Número de plano	Nombre de plano
00	Índice de Planos
01	Distribución Viviendas por Planta
02	Distribución Planta Tipo
03	Plano de Cubiertas
04	Habitaciones Planta Tipo
05	Alzado Principal y Posterior
06	Sección longitudinal por escalera
07	Sección transversal por escalera
08	Vistas Isométricas
09	Explosión 3D
10	Plano de Pavimentos
11	Plano de Falsos Techos
12	Plano de Carpintería
13	Memoria de Carpintería
14	Medición/Cómputo de materiales





Legenda Viviendas

	VIVIENDA A		VIVIENDA D
	VIVIENDA B		VIVIENDA E
	VIVIENDA C		VIVIENDA F

EDIFICIO PLA
DE L'ARC.

AUTOR DEL PROYECTO:

ESTHER
MARHUENDA
PÉREZ

TUTORES:

BEGOÑA FUENTES GINER
INMACULADA OLIVER
FAUBEL

TÍTULO DE PLANO:

DISTRIBUCIÓN VIVIENDAS
POR PLANTA

ESCALA:

1 : 150

CURSO:

2013/2014



Habitaciones Planta Tipo	
Nombre	Área

01 P1

Cocina (B)	9.72 m ²
9.72 m²	

Vivienda A

Dormitorio 1 (A)	12.37 m ²
Dormitorio 2 (A)	8.97 m ²
Baño (A)	4.14 m ²
Aseo (A)	3.91 m ²
Lavadero (A)	2.44 m ²
Cocina (A)	11.42 m ²
Salón-comedor (A)	23.48 m ²
Dormitorio 3 (A)	11.46 m ²
Pasillo (A)	15.02 m ²
93.22 m²	

Vivienda B

Pasillo (B)	10.67 m ²
Dormitorio 1 (B)	9.52 m ²

Habitaciones Planta Tipo	
Nombre	Área

Dormitorio 2 (B)	10.96 m ²
Baño (B)	4.63 m ²
Dormitorio 3 (B)	15.85 m ²
Salón-comedor (B)	21.34 m ²
Aseo (B)	3.91 m ²
Lavadero (B)	1.82 m ²
78.71 m²	

Vivienda C

Baño (C)	4.76 m ²
Dormitorio 1 (C)	12.72 m ²
Aseo (C)	4.67 m ²
Pasillo (C)	17.08 m ²
Dormitorio 2 (C)	10.16 m ²
Lavadero (C)	2.94 m ²
Cocina (C)	12.27 m ²
Salón-comedor (C)	23.35 m ²
Dormitorio 3 (C)	11.26 m ²
99.22 m²	

Total general: 27 280.87 m²

EDIFICIO PLA
DE L'ARC.

AUTOR DEL PROYECTO:

ESTHER
MARHUENDA
PÉREZ

TUTORES:

BEGOÑA FUENTES GINER
INMACULADA OLIVER
FAUBEL

TÍTULO DE PLANO:

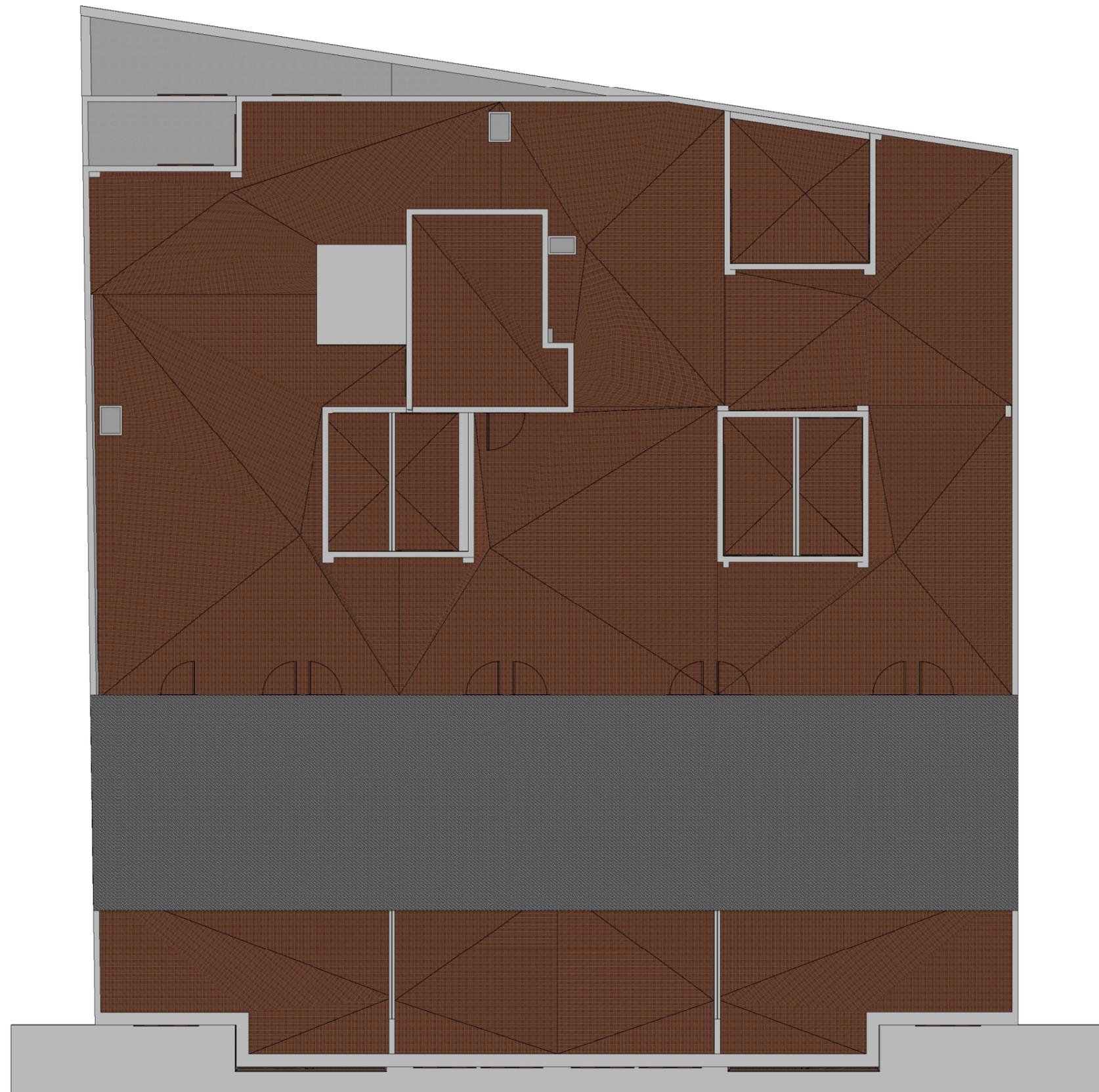
DISTRIBUCIÓN PLANTA TIPO

ESCALA:

1 : 100

CURSO:

2013/2014



EDIFICIO PLA
DE L'ARC.

AUTOR DEL PROYECTO:

ESTHER
MARHUENDA
PÉREZ

TUTORES:

BEGOÑA FUENTES GINER
INMACULADA OLIVER
FAUBEL

TÍTULO DE PLANO:

PLANO DE CUBIERTAS

ESCALA:

1 : 100

CURSO:

2013/2014



Leyenda Superficie Habitaciones



EDIFICIO PLA
DE L'ARC.

AUTOR DEL PROYECTO:

ESTHER
MARHUENDA
PÉREZ

TUTORES:

BEGOÑA FUENTES GINER
INMACULADA OLIVER
FAUBEL

TÍTULO DE PLANO:

HABITACIONES PLANTA TIPO

ESCALA:

1 : 100

CURSO:

2013/2014



EDIFICIO PLA
DE L'ARC.

AUTOR DEL PROYECTO:

ESTHER
MARHUENDA
PÉREZ

TUTORES:

BEGOÑA FUENTES GINER
INMACULADA OLIVER
FAUBEL

TÍTULO DE PLANO:

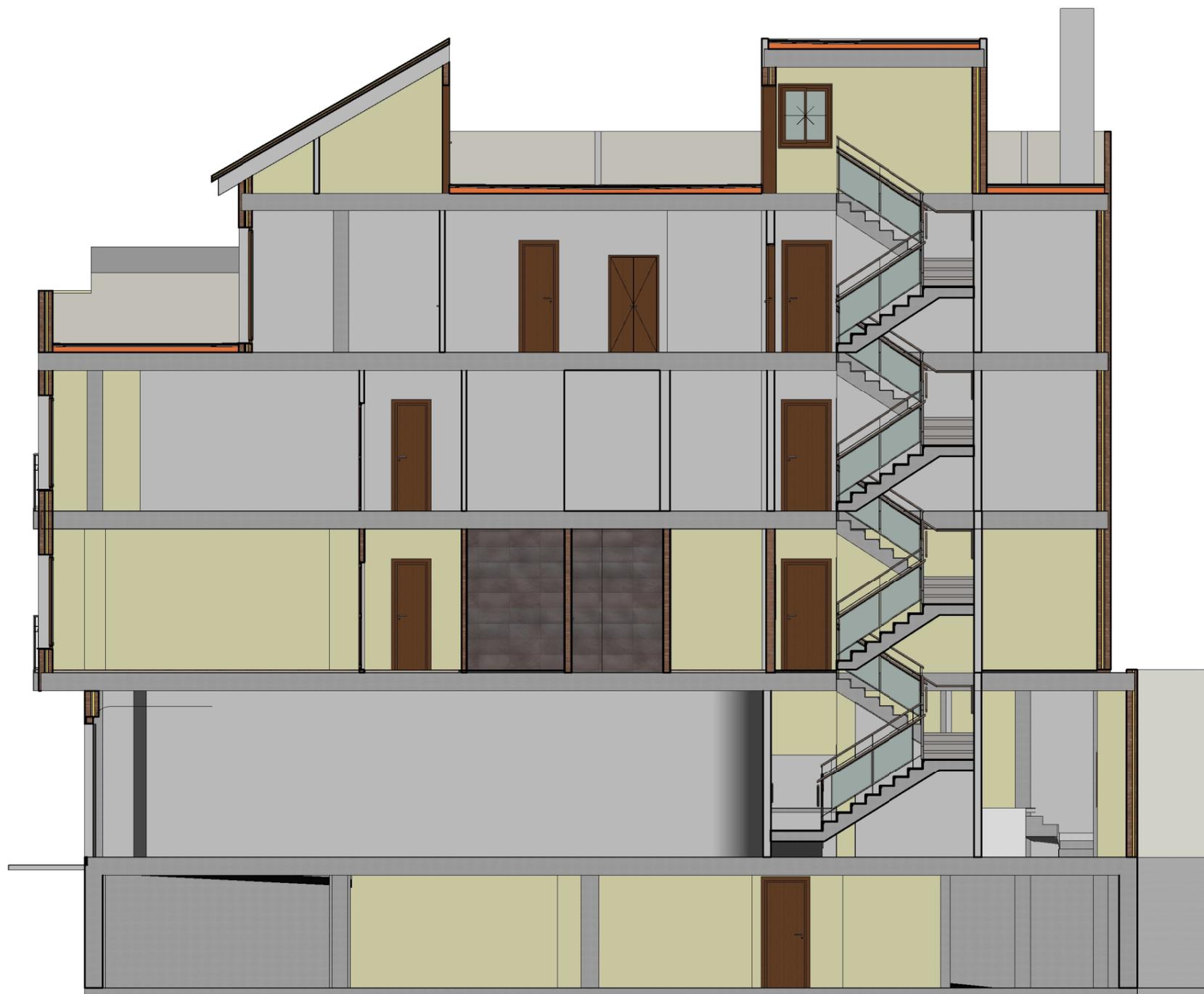
ALZADO PRINCIPAL Y
POSTERIOR

ESCALA:

1 : 125

CURSO:

2013/2014



EDIFICIO PLA
DE L'ARC.

AUTOR DEL PROYECTO:

ESTHER
MARHUENDA
PÉREZ

TUTORES:

BEGOÑA FUENTES GINER
INMACULADA OLIVER
FAUBEL

TÍTULO DE PLANO:

SECCIÓN LONGITUDINAL POR
ESCALERA

ESCALA:

COMO SE
INDICA

CURSO:

2013/2014



EDIFICIO PLA
DE L'ARC.

AUTOR DEL PROYECTO:

ESTHER
MARHUENDA
PÉREZ

TUTORES:

BEGOÑA FUENTES GINER
INMACULADA OLIVER
FAUBEL

TÍTULO DE PLANO:

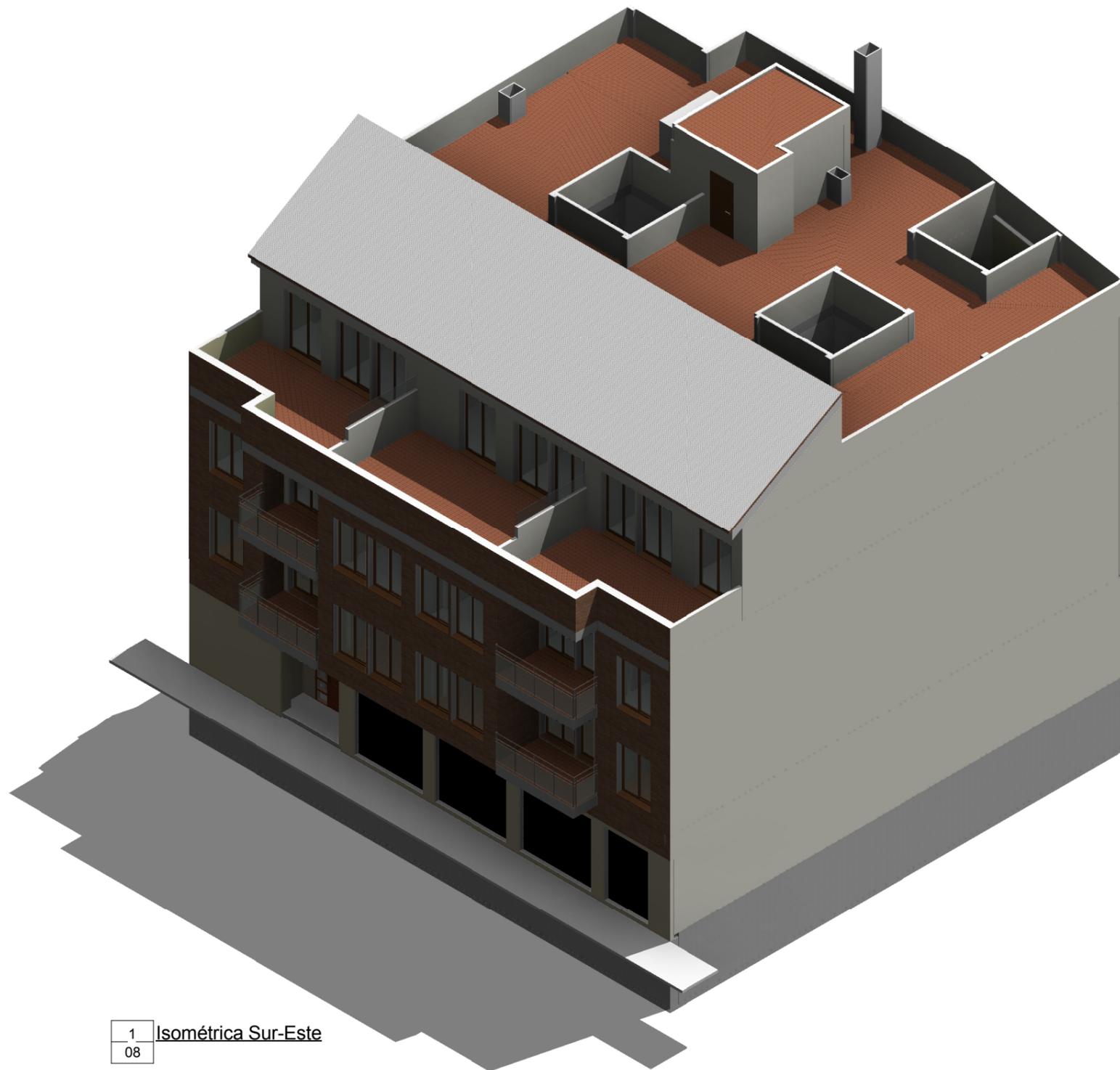
SECCIÓN TRANSVERSAL POR
ESCALERA

ESCALA:

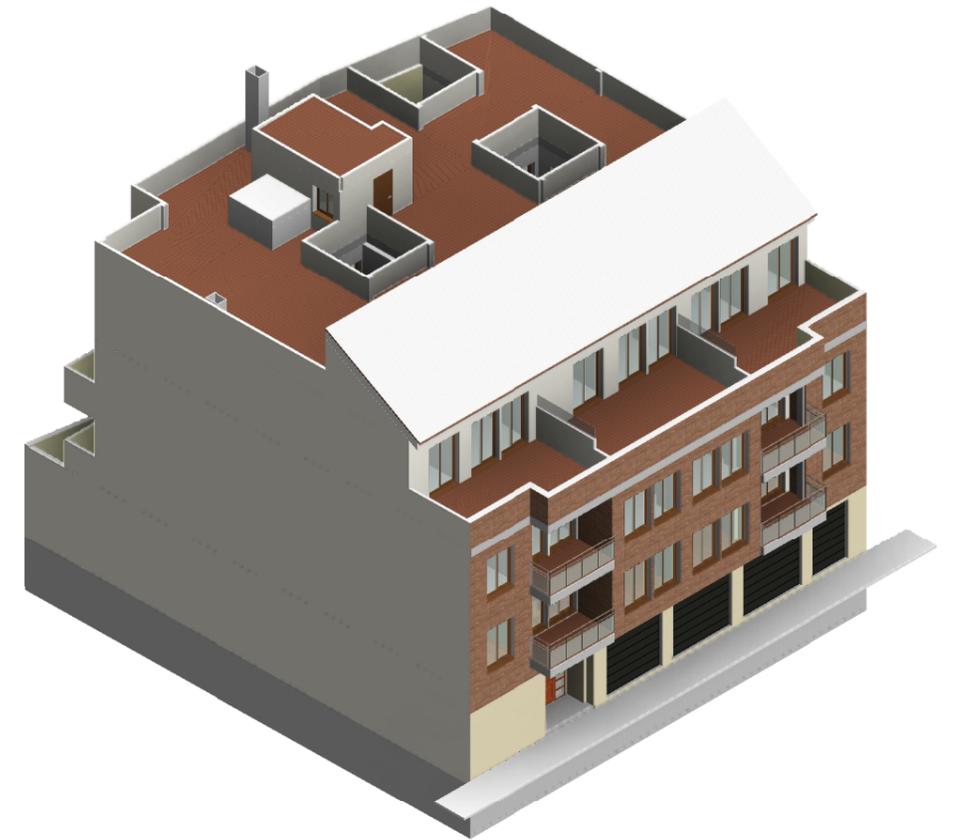
COMO SE
INDICA

CURSO:

2013/2014



1 Isométrica Sur-Este
08



2 Isométrica Sur-Oeste
08

EDIFICIO PLA
DE L'ARC.

AUTOR DEL PROYECTO:

ESTHER
MARHUENDA
PÉREZ

TUTORES:

BEGOÑA FUENTES GINER
INMACULADA OLIVER
FAUBEL

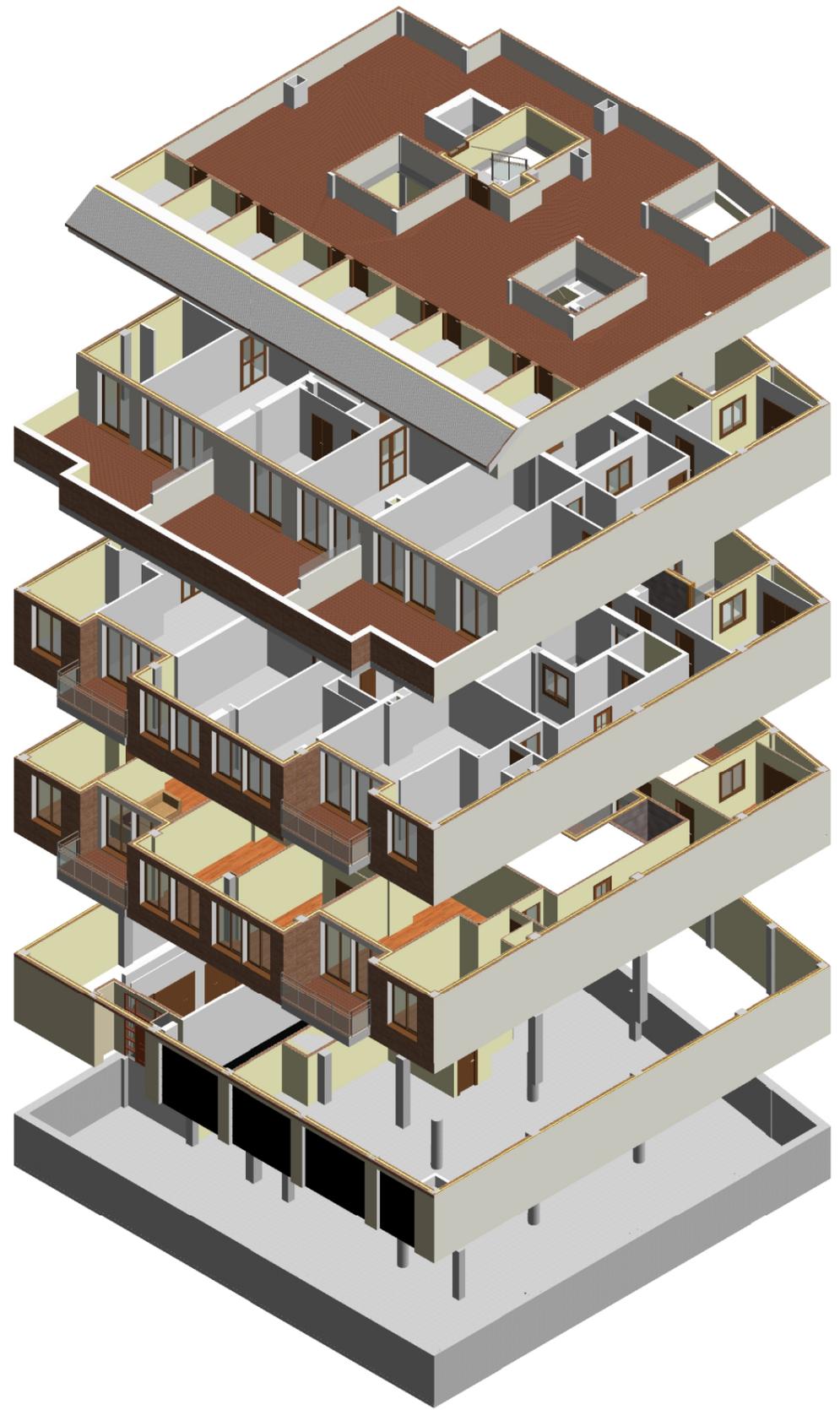
TÍTULO DE PLANO:

VISTAS ISOMÉTRICAS

ESCALA:

CURSO:

2013/2014



EDIFICIO PLA
DE L'ARC.

AUTOR DEL PROYECTO:

ESTHER
MARHUENDA
PÉREZ

TUTORES:

BEGOÑA FUENTES GINER
INMACULADA OLIVER
FAUBEL

TÍTULO DE PLANO:

EXPLOSIÓN 3D

ESCALA:

CURSO:

2013/2014



Medición de Pavimentos	
Familia y tipo	Área

01 P1

Suelo: Forjado	398.92 m ²
Suelo: Granito Zonas Comunes	9.38 m ²
Suelo: Gres armarios	10.56 m ²
Suelo: Gres Baños y Lavadero	31.68 m ²
Suelo: Gres Cocinas	34.48 m ²
Suelo: Tarima flotante	215.69 m ²
Total general	700.72 m²

Leyenda Pavimentos





Medición de Falsos Techos	
Familia y tipo	Área

01 P1

Techo de compuesto: Falso techo 60x60	12.73 m ²
Techo de compuesto: Techo de PYL	36.99 m ²
Total general	49.72 m²

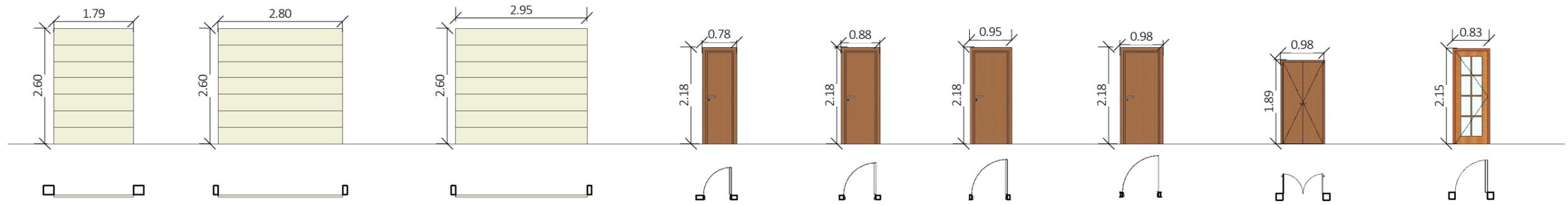
Leyenda Falsos Techos

 Falso techo escayola lisa 100x60cm.	 Falso techo paneles de 60x60cm.	 Ninguno
---	---	---



Tabla de planificación de puertas		
Familia y tipo	Marca de tipo	Total
Puerta basculante articulada: 1785 x 1981 mm	P1	1
Puerta basculante articulada: 2800 x 1981 mm 2	P2	1
Puerta basculante articulada: 2950 x 1981 mm	P3	2
Puerta de 1 hoja: 62.5 x 210 cm	P4	16
Puerta de 1 hoja: 72.5 x 210 cm	P5	40
Puerta de 1 hoja: 80 x 210 cm	P6	4
Puerta de 1 hoja: 82.5 x 210 cm	P7	10
Puerta de armario de 2 hojas: 1800 x 900 cm	P8	34
Puerta de cristal abatible 2: 0725 x 2100 mm	P9	10
Puerta Frente: Puerta Entrada - 197 x 265 cm	P10	1
Puerta practicable de entrada, 2 hojas: 1245 x 2100 mm 2	P11	9
Total general		128

Tabla de planificación de ventanas			
Familia y tipo	Marca de tipo	Total	Altura de antepecho
Ventana batiente 1: 550 x 1000 mm	V1	1	0.92
Ventana batiente 1: 600 x 1000 mm	V2	1	0.92
Ventana batiente 1: 800 x 2100 mm	V3	2	
Ventana corredera de 2 hojas 2: 800 x 1000 mm	V4	3	0.90
Ventana corredera de 2 hojas 2: 1000 x 1200 mm	V5	4	0.90
Ventana corredera de 2 hojas 2: 1100 x 1200 mm	V6	3	0.90
Ventana corredera de 2 hojas 2: 1200 x 1200 mm	V7	20	0.90
Ventana corredera de 2 hojas 2: 1350 x 1850 mm	V8	8	0.40
Ventana corredera de 2 hojas 2: 1350 X 2250 MM	V13	2	0.07
Ventana corredera de 2 hojas 2: 1400 x 1850 mm	V9	4	0.40
Ventana corredera de 2 hojas 2: 1400 x 2250	V10	12	
Ventana corredera de 2 hojas 2: 1500 x 1200 mm	V11	5	
Ventana corredera de 2 hojas 2: 1500 x 2250	V12	3	0.17
Total general		68	



Puerta basculante articulada: 1785 x 1981 mm (P1)

Puerta basculante articulada: 2800 x 1981 mm (P2)

Puerta basculante articulada: 2950 x 1981 mm (P3)

Puerta de 1 hoja: 62,5 x 210cm (P4)

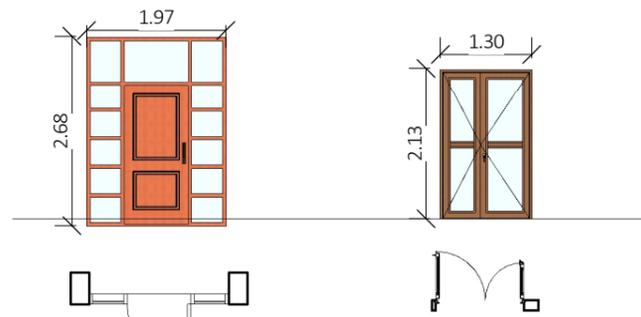
Puerta de 1 hoja: 72,5 x 210cm (P5)

Puerta de 1 hoja: 80 x 210cm (P6)

Puerta de 1 hoja: 82,5 x 210cm (P7)

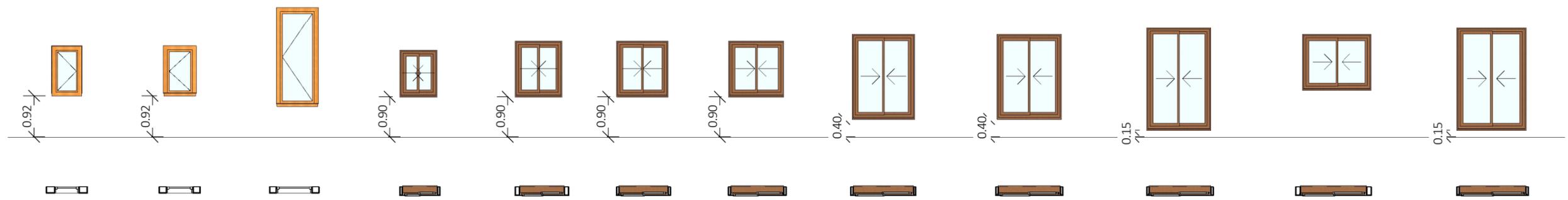
Puerta de armario de 2 hojas: 1800 x 900 cm (P8)

Puerta de cristal abatible 2: 725 x 2100 mm (P9)



Puerta Frente: Puerta Entrada - 200 x 245 cm (P10)

Puerta practicable de entrada, 2 hojas: 1245 x 2100 mm (P11)



Ventana batiente 1: 550 x 1000 mm (V1)

Ventana batiente 1: 600 x 1000 mm (V2)

Ventana batiente 1: 800 x 2100 mm (V3)

Ventana corredera de 2 hojas: 800 x 1000 mm (V4)

Ventana corredera de 2 hojas: 1000 x 1200 mm (V5)

Ventana corredera de 2 hojas: 1100 x 1200 mm (V6)

Ventana corredera de 2 hojas: 1200 x 1200 mm (V7)

Ventana corredera de 2 hojas: 1350 x 1850 mm (V8)

Ventana corredera de 2 hojas: 1400 x 1850 mm (V9)

Ventana corredera de 2 hojas: 1400 x 2250 mm (V10)

Ventana corredera de 2 hojas: 1500 x 1200 mm (V11)

Ventana corredera de 2 hojas: 1500 x 2250 mm (V12)

Cómputo de materiales de suelo	
Material: Nombre	Material: Área
Arena	9.38 m ²
Granito	9.38 m ²
Hormigón	2199.70 m ²
Lámina anti-impacto	301.80 m ²
Lámina de polietileno	215.69 m ²
Mortero autonivelante	215.69 m ²
Mortero de cemento M-5a (1:6)	76.72 m ²
Mortero de cemento M-40a	95.49 m ²
Pavimento armarios	10.56 m ²
Pavimento baños y lavadero	31.68 m ²
Pavimento cocinas	34.48 m ²
Pavimento flotante	215.69 m ²
Suelos por defecto	143.44 m ²
Total general	3559.71 m²

Cómputo de materiales de techo	
Material: Nombre	Material: Área
Panel yeso techo	36.99 m ²
Placa escayola 60x60	12.73 m ²
Total general	49.72 m²

Cómputo de materiales de cubierta	
Material: Nombre	Material: Área
Aislamiento térmico	106.71 m ²
Baldosín catalán	205.32 m ²
Cubiertas - Arcilla seca expandida	270.58 m ²
Cubiertas - Geotextil de poliéster	595.28 m ²
Cubiertas - Lámina de polietileno	270.53 m ²
Hormigon celular	27.06 m ²
Hormigón - Mortero	320.27 m ²
Lámina de emulsion bituminosa tipo ED	541.16 m ²
Lámina impermeabilizante de PVC	27.06 m ²
Metal - Chapado (1)	106.71 m ²
Mortero de cemento M-2.5 (1:8)	270.58 m ²
Mortero de cemento M-5a (1:6)	49.69 m ²
Mortero de cemento M-40a	106.71 m ²
Pavimento balcones	22.63 m ²
Pavimento gres rústico	92.32 m ²
Tablero machihembrado	106.71 m ²
Total general	3119.33 m²

Cómputo de materiales de puerta	
Material: Nombre	Material: Área
Aberturas - Hoja Madera frente	4.21 m ²
Aberturas - Marco Madera	7.57 m ²
Aberturas - Picaporte Entrada	0.13 m ²
Aberturas - Vidrio	5.55 m ²
Aluminio	3.85 m ²
Madera - Castaño	631.03 m ²
Metal - Acabado de pintura - Marfil, Mate	56.65 m ²
Puerta - Marco	15.13 m ²
Puerta - Panel	23.29 m ²
Vidrio	46.87 m ²
Total general	794.28 m²

Cómputo de materiales de muro	
Material: Nombre	Material: Área
Aire	483.51 m ²
Aislamiento - Lana de vidrio	1083.52 m ²
Azulejo Baños	149.09 m ²
Azulejo Cocinas	119.90 m ²
Azulejo lavadero	45.94 m ²
Capa de mortero y enlucido	23.09 m ²
Enlucido	676.73 m ²
Enlucido - Blanco	1196.93 m ²
Hormigón	192.77 m ²
Ladrillo Caravista	116.48 m ²
Ladrillo cerámico perforado	199.61 m ²
Ladrillo cerámico perforado EMP	80.85 m ²
Ladrillo de cerámica 24x11.5x11	222.91 m ²
Ladrillo de cerámica hueco doble	2205.88 m ²
Ladrillo de cerámica hueco simple	167.53 m ²
Mortero de cemento M-40a	1341.41 m ²
Mortero de hormigón	69.02 m ²
Mortero monocapa	1299.89 m ²
Muro por defecto	1259.81 m ²
Pasta de escayola	36.38 m ²
Pintura	1968.47 m ²
Revestimiento exterior de piedra	37.43 m ²
Verja tabicón	9.60 m ²
Total general	12986.76 m²

Medición de Barandillas		
Familia y tipo	Recuento	Longitud
Barandilla: Commercial Glass Panel w Guardrail	6	27.36 m
Barandilla: Mounted Pipe Handrail 900mmV	2	20.54 m
Total general	8	47.89 m