

Creación, gestión y almacenamiento de la Información. Modelado de edificación mediante tecnología Building Information Modeling.

11 jul. 14

AUTOR:

ALEXANDRE MAFÉ GRAU

TUTOR ACADÉMICO:

Begoña Fuentes Giner Construcciones Arquitectónicas

Immaculada Oliver Faubel Construcciones Arquitectónicas



Resumen

Mediante la utilización de la tecnología Building Information Modeling se pretende modelar y gestionar la información en 3D de una edificación diseñada en 2D, que dispone de memorias, pliego de condiciones, mediciones, presupuesto y planos de su proyecto de ejecución.

Se pretende demostrar las ventajas de esta metodología y aportaciones en la fases iniciales de un proyecto, detección de las posibles incongruencias e incoherencias contenidas en la información 2D (pudiéndose corregir de inmediato), la posibilidad de crear un modelo previo de la estructura y de las instalaciones. Todo ello trabajando sobre un único contenedor de información evitando una duplicidad de datos, por lo que todo el proyecto está permanentemente actualizado y disponible para el equipo multidisciplinar que esté trabajando sobre él.

La demostración de su eficacia y validez para el desarrollo profesional del futuro Arquitecto Técnico, se realizará sobre el estudio del proyecto de ejecución de 2 viviendas unifamiliares entre medianeras, en la calle Monestir de la Valldigna nº 16-17 de Tavernes de la Valldigna (Valencia) que será modelizado en 3D.

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

Abstract

Using Building Information Modeling methodology, I hope produce a model in 3D of a project completely designed in 2D.

With this methodology I hope to view the advantages of Building Information Modeling in the initial phases of a project, find contradictions that be home in the information that compose the 2D project.

All of this is created in an only repository, all the information will be saved in one repository, with this, the information will be always update avoiding the duplicity of this that produce some errors. The information always is correct and everybody, that compose the team building, can use this refresh information.

The benefits of this methodology to the future of building engineer development will be made using a construction project of a two single family homes in the street Monestir de la Valldigna number 16-17 in Tavernes de la Valldigna (Valencia).

Key words: Building Information Modeling, project management, BIM, information management.

Agradecimientos

En primer lugar mostrar mi agradecimiento a las tutoras de este trabajo final de grado por su dedicación e interés.

En segundo lugar a mis compañeros trabajo, con los que he compartido esta experiencia.

En último lugar a todas aquellas personas que de forma desinteresada me han ayudado y dado las fuerzas para llevar a delante este trabajo.

Acrónimos utilizados

AEC: Architecture, Engineering and Construction / Arquitectura, Ingeniería y Construcción

BIM: Building Information Modeling

BSDD: Building Smart Data Dictionary

CAD: Computer Aided Design / Diseño Asistido por Ordenador

CTE: Código Técnico de la Edificación

COBIM: Common BIM Requirements

IFC: Industry Foundation Classes

IPD: Integrated Project Delivery

LoD: Level of Development / Nivel de Desarrollo

MEP: Mechanical, Electrical & Plumbing / conductos, cables y tuberías

TFG: Trabajo Final de Grado

Índice

Resumen	1
Abstract	2
Agradecimientos.....	3
Acrónimos utilizados	4
Índice	5
Capítulo 1.....	8
Introducción	8
1 Antecedentes y motivación	9
2 Objetivos.....	11
3 Metodología de trabajo.....	12
Capítulo 2.....	17
1 ¿Qué es BIM?.....	17
2 Origen del BIM.....	20
3 ¿Por qué es importante BIM?.....	24
4 La importancia de la “I” en BIM.....	25
5 Aplicabilidad de BIM.....	27
6 Ventajas y carencias de BIM.....	29
6.1 Capacidad de anticipación, cambios durante las primeras fases	37

7	Diferencias con la metodología de trabajo tradicional	40
7.1	Contenedor único	41
7.2	Visualizaciones y representaciones	51
8	Herramientas para llevar a cabo el proceso BIM. Qué es una herramienta BIM?.....	52
9	Formas de trabajo según el tamaño de proyecto	54
10	Los agentes intervinientes.....	61
11	La estandarización, IFC, BuildingSMART.....	62
Capítulo 3.....		65
El proyecto.....		65
Capítulo 4.....		67
Modelo BIM del Proyecto.....		67
1	Revit como herramienta BIM	67
2	Estudio y análisis de proyecto previo al modelado BIM.....	68
3	Pasos en el proceso de modelado BIM.....	72
3.1	Inicio del proceso, objetivo LoD 100	72
3.2	Objetivo LoD 200	82
3.3	Objetivo LoD 300.	94
3.4	Utilidad de cada modelo LoD, 100, 200 y 300.....	100
3.5	Gestión de datos del modelo obtenido	103
3.6	Posibilidades de futuro, promoción y proyección dentro del mercado laboral.....	110

Capítulo 5.....	112
Conclusiones.....	112
Capítulo 6.....	114
Índice de Figuras.....	114
Capítulo 7.....	119
Referencias Bibliográficas.....	119
Anexo I. Documentación de proyecto	
Anexo II. Documentación modelo BIM	
Anexo III. Documentación fotográfica metodología de trabajo	
Anexo IV. Renders	
Anexo V. Modelo BIM LoD 300 formato DWF	

Capítulo 1.

Introducción

El presente trabajo se redacta con carácter de Trabajo Fin de Grado para la obtención por parte del que lo suscribe del título oficial de Graduado en Arquitectura técnica, ello conllevará al estudio y modelado de un proyecto de obra nueva mediante la metodología *Building Information Modeling*.

Para ello se dispone del proyecto de ejecución de dos viviendas unifamiliares entre medianeras, a partir del cual y basándose en la documentación recibida (detallada a continuación), se obtendrá el modelo BIM¹ de la misma.

- Memoria constructiva y descriptiva.
- Presupuesto y mediciones.
- Planos de proyecto.

Este trabajo fin de grado se encuentra dentro de la modalidad de proyectos técnicos de construcción, y pertenece al área temática de gestión de proyectos.

¹ BIM/ Building Information Modeling/ Modelado de Información para la construcción

1 Antecedentes y motivación

El sector de la construcción es uno de los grandes generadores de empleo del mundo, y también lo ha sido en este país. La actual tesitura económica ha castigado de forma severa este sector. Esto se debe a que en algún momento de la época de bonanza económica, se sustituyó el deber de complacer la demanda de los compradores por el puro enriquecimiento. Todo el mundo podía invertir en la construcción y obtener beneficios al instante. Todo aquello que se construía se vendía sin problemas y de manera rápida; la gente invertía en vivienda y bienes inmuebles como valor seguro, como vehículo para el lucro. Primaba más el terminar la edificación lo más rápidamente posible obteniendo el mayor beneficio, que las calidades, que las buenas artes constructivas. Solamente se intentaba respetar la normativa urbanística y a veces ni esto. Este es sin duda el reflejo de este país hasta los años 2006 y 2007.

Mientras aquí se trataba de enriquecerse de manera rápida sacrificando con ello la calidad, durabilidad y buenas artes de la construcción, de las que sin duda este país y sus profesionales disponen, en otras partes del mundo se empezó a abogar por otras necesidades; necesidades más que presentes en este sector. Hablo de la optimización del trabajo, de la mejora de la calidad, de la eliminación de los sobrecostes causados por los malos hábitos, no en todos los casos, propiciados por la metodología de trabajo tradicional y por los problemas y defectos que esta contiene. Prueba de ello son las constantes noticias que aparecen en los medios de comunicación, que reflejan las desviaciones astronómicas de la gran mayoría de proyectos de construcción públicos llevados a cabo en este país.

Hablo de la metodología de trabajo BIM, que permite la creación y gestión de la información de proyecto de forma estructurada, reduciendo con ello el grado de incertidumbre y optimizando el proceso.

Estos aspectos son algunos por los cuales, esta forma de trabajo empieza a suscitar interés en el sector de la construcción de este país.

Nunca es tarde para realizar un cambio que en mi opinión, llevará a generar una evolución en este sector.

Prueba del interés en este campo es la iniciativa para la creación de estándares y una guía de trabajo española, que permitirá la utilización de forma correcta de esta metodología de trabajo. Esta iniciativa llamada “uBIM” nació durante el I Congreso Nacional de BIM en España, EUBIM 2013 que se realizó en la Universitat Politècnica de València en la ETS de Ingeniería de Edificación.

BIM posibilita la evolución hacia nuevas formas de trabajo en el sector de la construcción, que permiten entre otras cosas la optimización de los procesos de diseño, construcción, mantenimiento y demolición. Mejora y fomenta los entornos de trabajo colaborativo entre los distintos agentes, además de obtener ventajas con respecto a la forma de trabajo tradicional. Ventajas como por ejemplo:

1. Evitar la duplicidad de información.
2. Disminuir el número de incongruencias.
3. Mantener una conexión entre los distintos modelos que forman el proyecto.
4. Establecer relaciones entre elementos, partes y modelos.

5. Mantener la información de proyecto actualizada de forma constante.

La capacidad de evolucionar hacia nuevas formas de trabajo que permitan la posibilidad de mejora, de optimización del proceso y reducción del grado de incertidumbre, además de fomentar y mejorar el trabajo en entornos colaborativos, son la principal motivación en la elección de esta temática para el desarrollo del presente Trabajo Fin de Grado.

2 Objetivos

El presente trabajo tiene como objetivos entender BIM, sus bases de trabajo y su aplicación a un proyecto de edificación. Cómo proporciona una mejora de la comunicación y porque es diferente al método de trabajo tradicional.

Se pretende demostrar las ventajas de esta tecnología en las fases iniciales de proyecto (diseño y pre-construcción). La reducción de la incertidumbre, de las incongruencias y su ayuda en la detección temprana de fallos y errores de proyecto. Además se aprenderá a modelar con una herramienta BIM, observando con ello la optimización del proceso.

Esto se realizará mediante el modelado y la gestión de la información en 3D de un proyecto de construcción diseñado enteramente en 2D, del que se dispone de memoria constructiva y descriptiva, mediciones, presupuesto y planos.

Con ello se pretende demostrar la eficiencia para el desarrollo profesional del futuro arquitecto técnico.

3 Metodología de trabajo

Para poder desarrollar el presente Trabajo Final de Grado ha sido necesaria formación previa y específica en diversas materias, tanto informáticas como de carácter teórico.

Primero nombrar los talleres realizados por la ETS de Ingeniería de Edificación para poder afrontar el trabajo, tanto en su confección y desarrollo como en utilización de herramientas informáticas y la defensa de este.

A continuación, nombrar el esfuerzo tanto económico como de tiempo que ha supuesto la realización de un curso de iniciación al BIM con la herramienta de trabajo Revit^{TM2} de Autodesk®, impartido por el formador Alberto Cerdán en el Centro de Formación Permanente de la Universitat Politècnica de València, con una carga de 40 horas presenciales y 20 en actividades evaluables.

Nombrar, además de las reuniones periódicas para la revisión del presente TFG³ por parte de las tutoras, la gran iniciativa impulsada y promovida por estas, llamada Café con BIM.

Esta actividad se organizó para un grupo de alumnos de TFG en BIM que se autodenominó “The BIM Project”. En esta serie de charlas tanto mis compañeros como yo, hemos tenido el placer y la oportunidad de escuchar, charlar y preguntar a algunos de los profesionales más importantes de este país en el campo del BIM.

² Revit en una marca registrada.

³ TFG/Trabajo Fin Grado.

1ª Charla. Empresa consultora en BIM establecida en Valencia “IBIM. Building twice”, cuyos ponentes fueron David Martínez, Iván Alarcón y Sergio Vidal.

En esta primera charla se habló acerca de las posibilidades del BIM y sus ventajas, además de las posibilidades de futuro.

2ª Charla. Ponente Sergio Muñoz responsable del área de innovación de AIDICO (Instituto Tecnológico de la Construcción de la Generalitat Valenciana) y presidente de la BuildingSMART Spanish Chapter, organización sin ánimo de lucro con sede en distintos países que aboga por el libre intercambio de información.

Se expusieron y debatieron temas como la función de la BuildingSMART y el intercambio libre de información entre distintos softwares BIM.

3ª Charla. Empresa consultora en BIM establecida en Madrid “AVATAR BIM”, cuyo ponente fue David Barco. Se trataron temas como los beneficios de la utilización de la metodología BIM, su aplicabilidad al campo de la construcción, sus posibilidades y las opciones de futuro.

4ª Charla. Videoconferencia desde Dinamarca con el ponente Arnaldo Landívar, Arquitecto Técnico. En ella se habló acerca de la gestión de obra a través de Vico Software.

5ª Charla. Con la ponente Ilse Verly, Project Manager de Autodesk para España. La primera parte trató acerca de los distintos softwares que proporciona Autodesk para gestión de proyectos de construcción. En cuanto a la segunda se habló de las posibilidades que proporciona el programa Autodesk Student Expert's para la

formación y participación de estudiantes en la distintas herramientas de Autodesk.

The poster features a dark green header with the title 'Café con BIM' in white. Below the title, it reads 'The BIM Project - TFG'. The event details are 'Jueves, de 10:30-12:30 h | Aula Seminario 2ª Planta | ETSIE - 1C'. The main content consists of six circular icons arranged in two rows of three. Each icon contains a date, a topic, and a location. The bottom of the poster has a dark green banner with the text 'Preparando los mejores profesionales para el mejor futuro'. At the bottom, there are logos for 'EUBIM' (Escuela Universitaria de Ingeniería de Edificación) and 'UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA'.

Date	Topic	Location
27-Feb	iBIM Build Twice	Valencia
13-Mar	BuildingSMART	Spanish Chapter
28-Mar	Swift Tools	Jacobson, Stanberg & Golden
27-Mar	Avatar BIM	Madrid
13-Abr	Autodesk	España
8-May	Autodesk Student Expert program	Valencia, información

Figura 1. Iniciativa Café con BIM. 2014. B. Fuentes

Por último la asistencia II Congreso Nacional de BIM en España, EUBIM 2014 celebrado en la Universitat Politècnica de València en la ETS de Ingeniería de Edificación. En él se tuvo la oportunidad de asistir a las

ponencias y comunicaciones de grandes expertos en BIM a nivel nacional e internacional.

Con el fin de profundizar en mi formación en BIM asistí a algunos de los talleres ofertados en el congreso. El primero de ellos sobre la realización de mediciones con la herramienta Medit™⁴ impartido por su autor Roberto González Astobiza y cuyo temario fue:

- Introducción a las mediciones con BIM: Un cambio metodológico.
- Medición de elementos sencillos (puertas, ventanas, etc.) Componentes.
- Medición de elementos compuestos (muros, suelos, etc.) Materiales.
- Medición de acabados: Habitaciones.
- Medición oculta: El uso de familias anidadas.
- El Presupuesto: Fases de Presupuesto en Anteproyecto, Básico y Ejecución.

El segundo taller trató la temática de animación de proyectos con la herramienta Lumion™⁵. Fue impartido por Eugenio Donado Megía y en él se desarrollaron los siguientes temas:

- Importar modelo BIM a Lumion.
- Asignar materiales en tiempo real.
- Preparar entorno.
- Añadir vegetación.
- Añadir mobiliario exterior, vehículos y objetos.

⁴ Medit es una marca registrada propiedad de BIM Ibérica.

⁵ Lumion es una marca registrada propiedad de la empresa Lumion.

- Añadir y animar personas.
- Posición solar.
- Iluminación nocturna.
- Renderizado en tiempo real.
- Crear recorridos animados en alta definición.

Para finalizar, mencionar la charla para los integrantes del taller de TFG *The BIM Project* con el Arquitecto y creador de Medit Roberto González Astobiza y con el Ingeniero Civil y consultor BIM argentino, invitado como ponente inaugural al congreso EUBIM 2014, Luciano Gorosito.



Figura 2. Cartel EUBIM 2014. 2014.

<http://www.eubim.com/ima/colaboradores.jpg>, 2014

Las imágenes de las reuniones de *Café con BIM* y del congreso EUBIM 2014 se incluyen en el Anexo III.

Capítulo 2.

1 ¿Qué es BIM?

Responder a la pregunta ¿Qué es BIM? es complicado, y es que actualmente no existe una definición establecida para este término.

BIM es un acrónimo inglés que engloba tres palabras: *Building Information Modeling*. La primera de ellas, *Building*, se refiere a construcción, no a la traducción literal “edificio” del término anglosajón. La razón es su aplicabilidad, BIM se puede utilizar tanto para obras de edificación como para obra civil.

La segunda componente del acrónimo es *Information*, la cual no da pie a confusión. Se trata de la información, de toda la información que pueda contener un proyecto de construcción, y es la más importante de las tres.

En último lugar la “M”. Ésta es la que más discusiones provoca. No es su traducción sino el establecer una palabra tal y como el formador Alberto Cerdán explica en su artículo titulado *Metodología BIM (Building Information Modeling)*. Existe un gran debate en cuanto a la especificación de la palabra. La primera es *Model* (modelo), dando lugar a muchos BIMs uno por cada modelo existente. La segunda opción es la que usan algunos fabricantes de software, *Modeler* (modelador), entendiendo BIM como una herramienta informática. La tercera opción y con la que más de acuerdo estoy es *Modeling*, entendiéndose como *Modelado*. Por último la M de *Management* entendiéndolo como la gestión de la información del edificio.

BIM, *Building Information Modeling*, modelado de información para la construcción. No existe definición establecida. De entre todas las que circulan, en mi opinión, la que mejor define BIM es: metodología de trabajo que nos permite la creación, gestión y almacenamiento de la información de manera estructurada a través de bases de datos paramétricas. (ibíd)

Estas bases de datos permiten almacenar la información de proyecto y establecer las relaciones necesarias entre dichos datos a través de la parametrización.

Aunque se defina como metodología cuyo fin último sea la gestión y el almacenamiento de forma estructurada de la información, BIM también es un proceso. Proceso a seguir para hacer posible la creación de información de forma correcta, de forma estructurada y paramétrica, estableciendo para ello las relaciones necesarias. Además de proceso que permite llevar a cabo la metodología, BIM también es un conjunto de herramientas. Herramientas que harán posible el proceso mediante el cual se creará la información, y harán posible su posterior gestión.

La información integral de un proyecto quedará dividida desde un principio para su mejor estudio con la intención de volverla a unir. Esto quiere decir que se estudiarán las partes por separado, analizando sus componentes y las relaciones entre ellos, se estudiarán las relaciones entre las partes, la relación de las partes con el modelo y para finalizar, el modelo como conjunto de las partes. (Alario, Diestro et al. 2012)

De esta manera se podrá observar cualquier cambio que se produzca en un elemento de las partes y cómo afecta al resto de ellas y al modelo como suma de las partes, ya que todo estará relacionado.

Esto desmonta el tópico adoptado por muchos, que piensan en BIM como un simple modelado 3D de la construcción o la transición hacia un nuevo software. No, BIM es mucho más que esto, BIM es información debidamente estructurada, y para ello se deberá seguir un proceso. Proceso que establezca las relaciones entre dicha información.



Figura 3. BIM como contenedor único de datos. 2014.

<http://i38.tinypic.com/2uqkl6f.jpg>

La prueba de que BIM no es modelar en 3D reside en que, el hecho de representar en 3D no implica establecer relaciones y parámetros permitan la gestión de la información.

Por supuesto que se generan documentos gráficos, pero no son el fin último. Se trata de que los datos que se creen tienen que ser información, y para ser información deberán ser capaces de aportar significado. Esto es, que puedan analizarse, estudiarse, trabajar con ellos y obtener resultados.

BIM es un proceso dinámico, siempre en continuo movimiento y evolución, que permite la creación, gestión y almacenamiento de

información de manera estructurada. Debiendo establecer para ello relaciones y parámetros que permitan la gestión de dicha información.

2 Origen del BIM

BIM no nace en 2007 año en el que se empiezan a publicar los primeros manuales, tampoco en 2002, ni 1997.

Los conceptos afloran en torno a 1975, hace 40 años. *Charles M. Eatsman* habla de lo que son las bases a partir de las que se desarrollaría BIM.

"[designing by] ". . . interactively defining elements . . . deriv[ing] sections, plans, isomet-rics or perspectives from the same description of elements . . . Any change of arrangement would have to be made only once for all future drawings to be updated. All drawings derived from the same arrangement of elements would automatically be consistent . . .any type of quantitative analysis could be coupled directly to the description . . . cost esti-mating or material quantities could be easily generated . . . providing a single integrated database for visual and quantitative analyses . . . automated building code checking In city hall or the architect's office. Contractors of large projects may find this representation advantageous for scheduling and materials ordering." (Eastman, Teicholz et al. 2008)

En estas frases aparecen aspectos que se tratarán más adelante forma pausada. Algunas ideas a destacar serían: "cualquier cambio en la disposición habría que hacerse solamente una vez para quedar todo actualizado" y "utilizar una base de datos para llevar a cabo el proceso".

“Any change of arrangement would have to be made only once for all future drawings to be updated. All drawings derived from the same arrangement of elements would automatically be consistent”

“..providing a single integrated database for visual and quantitative analyses...” (ibíd)

Eatsman se estaba refiriendo al diseño paramétrico y a las relaciones entre distintos elementos constructivos.

Tal y como manifiestan varios autores en sus blogs, por ejemplo Vanessa Quirk en “Archdaily”, Eastman afirma en una de sus publicaciones de 1974, que los dibujos realizados para la construcción son redundancias, duplicidad de información. Los dibujos en papel tienen tendencia a deteriorarse con el paso del tiempo dejando de representar el edificio a causa de las modificaciones. Aquí es cuando aparece la necesidad de realizar la revisión del modelo de forma automatizada, “check for design regularity” comprobar con regularidad el diseño. Que todas las modificaciones realizadas se estén reflejando en la documentación gráfica del modelo.

Durante los años posteriores a las publicaciones de Eatsman se siguió desarrollando este proceso, en Estados Unidos como *Building Product Models* y en Europa como *Product Information Models*, aunque esto no significa que fuera lo que hoy día conocemos como BIM. (, CODEBIM: Collaborative Design Education using BIM)

Durante la segunda mitad de la década de los ochenta aparece el “Building Modeling” la primera referencia a lo entendemos por BIM, apareció en la publicación de Robert Aish *“Building Modelling: The Key to Integrated Construction CAD”*. Este plasmó en el papel todos los

argumentos a favor de lo que es hoy BIM y la tecnología para poder aplicarlo. Pero esto no fue más que un pequeño salto a lo que sería “Building Information Modeling”.

El primer uso del término tal y como se utiliza hoy en día fue en un artículo escrito por *G.A. van Nederveenand* y *F. Tolman* en diciembre de 1992 que llevaba por título “*Automation in Construction*”.

En los años 2002 y 2003 el arquitecto estadounidense *Jerry Laiserin* intentó popularizar el término para la creación de un consenso entre los fabricantes de software, atribuyéndole muchos la acuñación de este por ello. El niega rotundamente esa afirmación y prueba es este su prólogo en el libro “*BIM handbook*”:

“Notwithstanding the semantic distinctions among various BIM definitions, some people labor under the impression that I—or one or another of the design-software vendors—“coined” the term and/or “originated” or “developed” or “introduced” the concept or approach circa 2002. I have never claimed such distinction for myself, and it is my opinion that the historical record outlined above shows that Building Information Modeling was not an innovation attributable solely to any individual or entity. Rather than “father of BIM”—as a few well-meaning but over-enthusiastic peers have labeled me—I prefer the unattributed epithet “godfather of BIM,” in the sense that a godfather is an adult sponsor of a child not his own. If anyone deserves the title “father of BIM,” surely it is Chuck Eastman. From his 1975 pioneering prototype system cited above to his 1999 text, Building Product Models” (Eastman, Teicholz et al. 2008)

En cuanto a lo referente a las herramientas y software BIM, uno de los primeros proyectos con la intención de crear una base de datos para la

construcción fue “BDS”, “Building Description System” descripción del sistema de construcción, llevado a cabo por Charles Eastman. Fue el primer software utilizado para describir los distintos elementos de la biblioteca que pueden ser recuperados y añadidos en el modelo. Su autor llegó a la conclusión de que “BDS” reduciría el coste de diseño en más del 50%.

Muy pocos arquitectos fueron capaces de trabajar con él y no está claro si algunos de estos proyectos verdaderamente se realizaron con el software.

Durante el año 1982 el físico Gábor Bojar empezó el desarrollo de lo que hoy conocemos como ArchiCAD. Para ello utilizó una tecnología parecida a la que utilizaba el “BDS”. Bojar sacó al mercado el software RADAR CH en 1984 destinado al sistema operativo Apple Lisa. Dicho software acabó convirtiéndose en ArchiCAD, el primer software BIM disponible para ordenadores personales.

Al principio presentó bastantes problemas y su lentitud era más que evidente. Una de las posibles razones era la incapacidad de los ordenadores de soportar dicho software. Esto provocó que no se utilizara en proyecto de gran escala hasta bastantes años después.

En 1985 se funda la empresa “Parametric Technology Corporation” “PTC”. Ésta lanzó su primera versión del programa Pro/Engineer el año 1988, siendo un programa de cad mecánico que utilizaba una limitación basada en el modelado con un motor paramétrico.

Irwin Jungreis y Leonid Raiz, trabajadores de “PTC” deciden abandonar esta empresa para fundar la suya, “Charles River Software”. Ambos deciden crear un software enfocado a la arquitectura para resolver la

ausencia de relaciones paramétricas. Es por ello que su programa llamado “Revit” lanzado en el año 2000 tenía y sigue teniendo un motor de cambios paramétrico. En el año 2002 la compañía Autodesk compra la empresa.(Quirk 2014)

3 ¿Por qué es importante BIM?

BIM es importante porque ayuda a los agentes intervinientes en el proceso edificatorio, esto es equipo de diseño de proyecto, constructores y propietarios a gestionar la creciente cantidad de información que se genera a lo largo de un proyecto. (Krygiel, Nies 2008)

Durante los últimos años los edificios han evolucionado tanto constructiva como tecnológicamente, albergando diversos sistemas tecnológicos antes inexistentes. Esto aumenta la dificultad de llevar a cabo la gestión documental durante la fase de obra, las comunicaciones entre los distintos agentes y el mantenimiento del edificio junto con sus instalaciones.

BIM es un proceso dinámico, tal y como se ha comentado en el capítulo 2 apartado 1, va a evolucionar según vayamos avanzado en el ciclo de vida del edificio, desde el diseño y pre-construcción hasta su demolición pasando por las fases de construcción y mantenimiento. Esta evolución se debe a la gestión de los datos. Datos extraídos del modelo, gestionados (estudiados y trabajados), para convertirse en información. Información necesaria para llevar a cabo un proyecto de la mejor manera posible.

¿Por qué nos va ayudar? BIM va a mejorar la comunicación, nos va a enseñar a coordinar la información de manera eficiente, ¿Cómo?. Toda

la información estará en un único repositorio al alcance de todos los intervinientes. Todos trabajarán de manera conjunta, desde distintos frentes para conseguir unos intereses comunes. Apoyará y facilitará la integración tanto de equipos de diseño como de construcción. La información abundará en el modelo, más allá de la geométrica.

Mediante la metodología de trabajo tradicional, se crearán representaciones de la información habitualmente inconexas. Con la metodología BIM no se crearán representaciones, sino visualizaciones. Esto se debe a que toda la información se ubicará en un único contenedor (Capítulo 2 apartado 7.1). En cada vista (geométrica o alfanumérica) se podrá ver esa información en un mismo formato o en otro distinto. Por lo que ante cualquier cambio en una de ellas repercutirá en las demás. Esto sucede porque su fuente de alimentación es la misma, se nutren del mismo repositorio, proporcionando seguridad y certeza en la documentación que integra un proyecto.

4 La importancia de la “I” en BIM

Muchos caen fácilmente en la tentación de pensar que BIM es el manejo de una herramienta más. Toda esta revolución en el sector de la AEC⁶ se parece a lo que sucedió en la transición del dibujo a mano al CAD⁷. Esto es un error. Claro que se necesita una herramienta BIM para llevar a cabo el proceso, pero esto no significa que por utilizar un software se esté haciendo BIM.

⁶ Architecture, Engineering and Construction / Arquitectura, Ingeniería y Construcción.

⁷ Computer Aided Design / Diseño Asistido por Ordenador.

El proceso, las personas y la herramienta está sustentada por la información. Si esta no es colocada de manera ordenada, estructurada, estableciendo las relaciones pertinentes y según se va requiriendo a lo largo del proyecto, seguramente este cimiento donde descansan los demás aspectos se resquebraje y termine viniéndose abajo. Sin información no existe modelo, no existe proyecto.



Figura 4. "I" como cimiento del proceso.2014.

<https://www.thenbs.com/images/articles/importanceOfTheIInBIM02.jpg>

La información ubicada en ese contenedor único, en esas bases de datos es tan importante porque es la que nos va a permitir llevar a cabo todos los análisis de la edificación. Análisis de los volúmenes, de la normativa urbanística y del diseño, entre otros . Todo esto se realizará mediante la extracción de información del modelo, su posterior gestión y, muy importante, su devolución al modelo para cumplir el proceso BIM.

La información se introduce de manera ordenada en el proyecto, el tipo y la cantidad dependerán del fin para el que se utilice.

Existen diversos modelos que se rigen por una escala *LoD*⁸, que va desde su primer escalafón (el 100) pasando por el 200, 300, 400 y finalizando en el 500 (capítulo 2 apartado 7.1). Esto significa que el modelo seguirá evolucionado y enriqueciéndose de información a medida que se desarrolle el proyecto. Si no se siguen estos pasos no se llegará nunca al aprovechamiento máximo del BIM.

5 Aplicabilidad de BIM

El BIM se puede aplicar durante todo el ciclo de vida del edificio. No solamente a la fase de diseño y pre-construcción, sino también al proceso de construcción, una vez finalizado el proyecto (mantenimiento) y por último, a la fase de demolición.

Existe la creencia de que BIM solamente es útil para la fase de diseño y pre-construcción. Esto no es cierto. Los costes más elevados se dan en las siguientes fases, en la de construcción y la de mantenimiento y es donde BIM nos puede aportar grandes beneficios. (Cerdán 2014)

Si durante la fase de construcción se sigue trabajando con en el modelo BIM y se introducen los cambios realizados, se gestionará toda la documentación necesaria para el final de obra de manera más rápida y con una mayor calidad. Con este modelo de construcción que contendrá información geométrica y de carácter técnico, solamente quedará generar la nueva documentación para el final de obra.

⁸ Level Of Development, nivel de desarrollo.

Se obtiene certeza y seguridad en la documentación, se le aporta valor al modelo, se evitan horas de trabajo, y se mejora la productividad.

Una vez terminada la obra tendremos un modelo *as built*⁹ del edificio. Este se le entregará al cliente para que pueda llevar a cabo la explotación y mantenimiento del mismo, es decir, todo lo que gira en torno al *Facilities Management*¹⁰.



Figura 5. Ciclo de vida de la construcción.2014.

http://www.youtube.com/watch?v=FPaja7mLiTE&list=FLKte3H9Kepp_Lh4mHUKQAcA#t=179

Por último llegados a la fase de demolición conseguiremos tener un modelo completo de la edificación existente. Gracias a esto se podrán

⁹ Término inglés para referirse al estado del modelo BIM, tal cual está construido.

¹⁰ Mantenimiento de las instalaciones.

planificar mejor las actividades de demolición. Se sabrá desde el propio lugar de trabajo la geometría, las cantidades, el material y las soluciones constructivas existentes. Se dispondrá de un modelo virtual exacto de la edificación existente.

BIM no solamente es aplicable a obra nueva y es que este proceso se utiliza para rehabilitación, reforma, restauración, ampliación, etc. (Cerdán 2012)

Un ejemplo de ello se puede ver en la dos imágenes de a continuación, en ellas se refleja un modelo BIM de la biblioteca central de Manchester, ejecutado con tecnología de nube de puntos y BIM.



*Figura 6. Manchester Central Library. 2014.
https://faro.blob.core.windows.net/sitefinity/case-studies/img1_us_ls_bury_2012_fr.jpg?sfvrsn=0*

6 Ventajas y carencias de BIM

Empezamos con las ventajas. La utilización de BIM permitirá estructurar y gestionar una mayor cantidad de información, o la misma de manera

más optimizada en un menor tiempo, además de establecer relaciones entre las distintas partes.

La información estará siempre en un único contenedor, actualizada permanentemente. Se podrá obtener de manera rápida la geometría, los materiales, mediciones, etc. (Figura 7)

Pensar que es un proceso fácil y automático es un error. El modelo deberá ir evolucionando y nutriéndose a medida que avanza el proyecto. Deberá respetarse el plan BIM establecido de forma previa al comienzo del proyecto. En él se especificarán como se deberá llevar a cabo todo el apartado BIM del proyecto. Los roles de cada agente, el responsable de cada modelo, como introducir información, cuando, que información, entre otras muchas cosas.

Medición mármol		
Viv Tipo	Nombre	Área
06- Planta tipo		
Vivienda A	Dormitorio 1	18,70
Vivienda A	Dormitorio 2	11,99
Vivienda A	Dormitorio 3	9,64
Vivienda A	Relano	5,13
Vivienda B	Dormitorio 1	18,67
Vivienda B	Dormitorio 3	9,64
Vivienda B	Dormitorio 2	11,95
Vivienda B	Relano	5,13
		90,84
05- Planta baja		
Vivienda A	Comedor	26,05
Vivienda A	Vestibulo	5,51
Vivienda A	Relano	2,53
Vivienda B	Vestibulo	5,67
Vivienda B	Comedor	25,73
Vivienda B	Relano	2,54
Total general		158,87

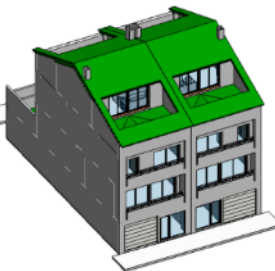


Figura 7. Información en forma de tabla de planificación y en forma geométrica. 2014. Elaboración propia.

Los descuidos, incongruencias, errores e indefiniciones de proyecto suelen darse a lo largo de la fase de diseño y pre-construcción del proyecto. Esto genera confusión, retrasos y discusiones que desembocan

en un aumento de la inversión y en algunos casos en una merma de la calidad.

Se debe a la forma de trabajo tradicional en la cual todos los modelos que conforman el proyecto asiduamente no tienen relación alguna, no están conectados entre sí, no se almacenan en un mismo contenedor, todo ello agravado por la falta de coordinación y comunicación entre los agentes intervinientes.

La fase de diseño puede quedar resumida de forma esquemática mediante cuatro sub-fases: diseño conceptual, representación gráfica, cuantificación del diseño y por último análisis del diseño. Esta subdivisión puede apreciarse a primera vista como un proceso lineal, en el que se va pasando de un escalón a otro. Esto es mentira, y es que durante esta fase del proyecto son muchas las veces que se deben realizar modificaciones y cambios sustanciales. Por lo que un proceso aparentemente lineal, se convierte en un proceso en el cual en ocasiones se debe volver sobre los pasos para enmendar o modificar algo. Ejemplo de ello sería el incumplimiento energético debido al diseño, o la complicación del diseño de las instalaciones debido a la geometría del proyecto, o simplemente un cambio de opinión del cliente.

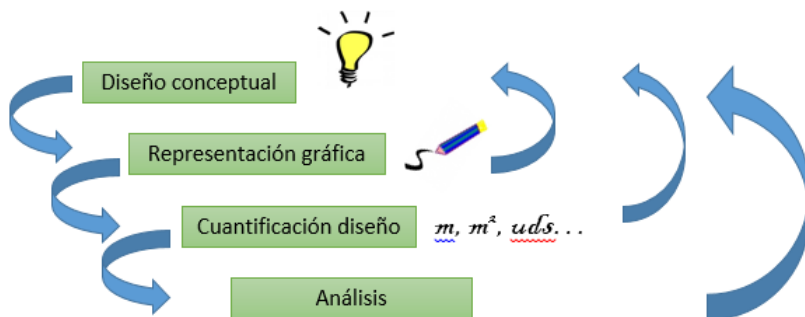


Figura 8. Fase de diseño.2014. Elaboración propia a partir del Curso de iniciación al BIM con Revit™ de Autodesk®

Las modificaciones en uno de los modelos mediante proceso de trabajo tradicional, obliga a revisar todos ellos. Ante cualquier cambio se debe arrancar un proceso manual para actualizar toda la información y mantener la coherencia. Esto más la posible falta de comunicación y coordinación provocará incongruencias, errores/fallos, etc.

Por el contrario mediante la metodología de trabajo BIM y con las herramientas BIM, esta tarea repetitiva y monótona la realizará un software. Se debe a la definición previa de relaciones paramétricas. (A. Cerdán, Curso de iniciación al BIM con Revit™ de Autodesk®)

Esta conexión permitirá analizar y evaluar las consecuencias de los posibles cambios. Se obtendrá una mayor rapidez de respuesta y anticipación, acelerando con calidad el proceso de diseño. La capacidad de anticipación en la previsión de problemas y ejecución de las modificaciones en fases de diseño evitará incrementos económicos.

Proporcionará valor al proyecto y ofrecerá un producto de mayor calidad. (Autodesk 2002)

Para que todo esto se dé el proceso BIM nunca se debe romper. Toda la información obtenida del contenedor único de proyecto tiene que volver a él gestionada, para que siempre esté actualizada y no dé lugar a errores.

BIM ayuda en la detección de errores e incongruencias de proyecto gracias a que también favorece notablemente la coordinación y comunicación entre todos los agentes de la construcción. Consiguiendo un entorno de trabajo colaborativo. (Krygiel, Nies 2008)



Figura 9. Detección de colisiones. 2014. <http://www.bimworks.cl/spa/wp-content/uploads/2014/02/WEB-REPORTE-COLISION1.png>

La aplicabilidad en la fase de ejecución tal y como se comenta en el Capítulo 2 apartado 5 favorecerá el correcto desarrollo de la obra. Además de alimentar al modelo durante la ejecución, existen varias herramientas de software que permitirán la gestión de obra.

El modelo 3D junto con la planificación permitirán visualizar el desarrollo de la obra con antelación, se podrán observar los problemas que se avecinan. (Figura 9)

Esto proporcionará la posibilidad introducir mejoras, ya sea relacionadas con la construcción, con el transporte, el acopio o con la ubicación de maquinaria.

El hecho de poder relacionar modelo con planificación de obra –BIM 4D y 5D capítulo 2 apartado 7.1- es muy interesante. Se podrá observar desde el lugar de trabajo, ya sea un despacho o en la obra, el estado de esta en cualquier día de su ejecución. Se podrá saber la evolución de costes del proyecto en comparación con la planificación inicial.

Terminada la obra y con el modelo *as built*¹¹ (LoD 500, Capítulo 5 apartado 7.1) un modelo virtual exacto de la edificación se podrá llevar a cabo su mantenimiento.

La necesidad del mantenimiento de espacios y activos inmobiliarios es fundamental, ya sea para empresas, instituciones como para comunidad de propietarios. El “Facilities Management” es la disciplina que engloba diversas áreas para gestionar el mejor funcionamiento de los inmuebles y sus servicios. Todo ello mediante la integración de personas, espacios, procesos y tecnologías propias del inmueble.

Como ejemplo, se toma la gestión inmobiliaria de un parking. Se podrán obtener datos de ventas, alquileres, ingresos a raíz de estos, ingresos perdidos por plazas libres, etc.

¹¹ “as built”, modelo de la edificación tal cual se ha construido.

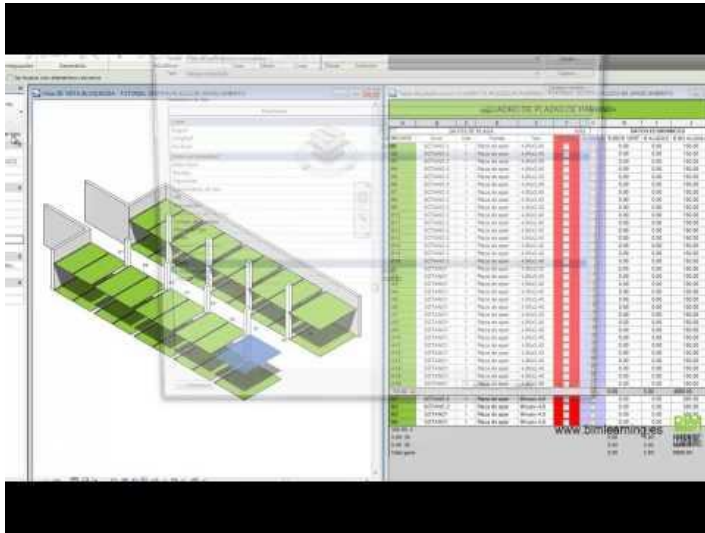


Figura 10. Gestión inmobiliaria con BIM, Ctrl+ click para ver el video. 2014.

<https://www.youtube.com/watch?v=p7wocOohvOM>

En el mantenimiento existen dos módulos, correctivo y preventivo. Mediante BIM y *Facilities Management* se puede llevar a cabo su gestión. Con el modelo LoD 500 y con software diseñado para mantenimiento se podrán asignar alertas a los distintos objetos. En el caso de alertas preventivas el modelo nos avisará ante cualquier revisión a realizar, ya que de forma previa se le introducirá información sobre fechas de vencimiento de garantías, vidas útiles de luminarias, etc.

Por lo que respecta al correctivo, que se da una vez ocurrido el problema, al igual que el anterior se podrá localizar de forma inmediata la ubicación

exacta de la incidencia para poder dar instrucciones de manera electrónica al personal encargado. (Gorosito, 2014)



Figura 11. Facilities Management. 2014.

<http://canstarsegypt.com/pix/thumbs/Facilities%20Management.png>

Las herramientas utilizadas para poder hacer BIM no son perfectas. Una de las carencias o problemática, gira en torno al intercambio de datos entre softwares, y más si son de distinto propietario. Existe un formato de exportación llamado IFC¹², que permite el intercambio de información, aunque no toda. Mucha se pierde por el camino. El problema de los estándares va ligado al anterior, o se puede decir que forma parte de él. A día de hoy en España, no existen estándares de trabajo establecidos para la metodología BIM, aunque no por mucho ya

¹² Industry Foundation Classes. Estándar abierto para el intercambio de información.

que la iniciativa uBIM está trabajando en ello. El formato IFC, como los estándares y la iniciativa uBIM se analizan más a fondo en el Capítulo 2 Apartado 11.

Esto no es malo, la metodología BIM y las herramientas que hacen posible aplicarlo, abren la puerta a la aparición de nuevos roles de trabajo como ejemplo el BIM Manager (Capítulo 2 Apartado 10), pudiéndose aprovechar en estos momentos de tesitura económica tan difícil.

“El concepto y la metodología no son perfectos, siguen desarrollándose, evolucionando y definiéndose según la experiencia, no por ello vamos a esperar a que todo funcione a la perfección.” (Cerdán 2014)

6.1 Capacidad de anticipación, cambios durante las primeras fases

En el apartado anterior se afirma que, la realización de cambios durante las fases tempranas de proyecto acarrearán beneficios de índole económica. Esta afirmación es un reflejo del gráfico de MacLeamy. En él, el arquitecto plasma la importancia de la anticipación durante toda la frase de proyecto.

El gráfico representa la forma de trabajo tradicional frente a un modelo o forma de trabajo ideal. En su eje de abscisas está la variable tiempo enfocada a las distintas fases de proyecto, mientras que el eje de ordenadas se refleja el esfuerzo y el impacto de un cambio en el proyecto.

Curvas:

1. La posibilidad de reducir el impacto económico en el proyecto ante cualquier cambio.
2. Costes ocasionados por los cambios realizados.
3. Forma tradicional de trabajo.
4. Forma ideal de trabajo. “BIM + IPD¹³” (entornos de trabajo colaborativo).

Por lo que respecta a eje del tiempo, queda dividido según las fases de proyecto:

- A. Promoción y pre-diseño.
- B. Estudio previo.
- C. Desarrollo del diseño (proyecto).
- D. Proyecto de ejecución (documentación de construcción).
- E. Contratación.
- F. Gestión de la construcción.
- G. Explotación.

¹³ IPD/Integrated Project Delivery, forma de trabajo colaborativa.

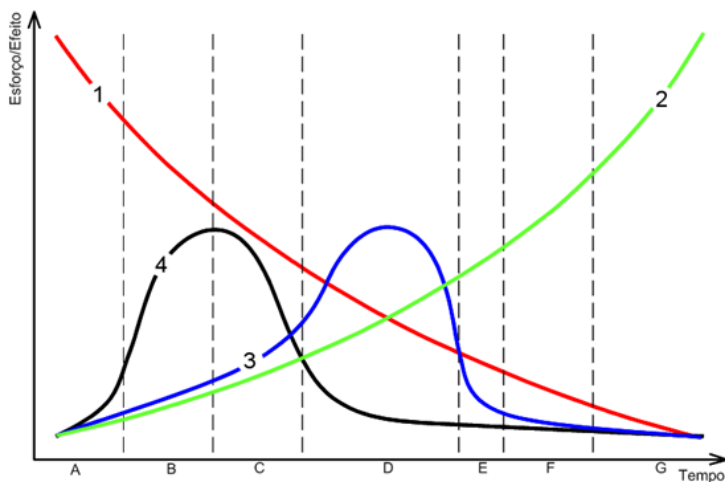


Figura 12. Curva de MacLeamy.2014.

<http://simonbyng.files.wordpress.com/2013/08/macleamy-curve-2011.png?w=585&h=362>

De ella se extraen diversas conclusiones. En la forma de trabajo tradicional se acostumbra a realizar los cambios durante la fase de D, lo que supone una menor capacidad de reducción del impacto económico, elevando los costes de proyecto. La fase en la que más se trabaja es en la de redacción de proyecto de ejecución, debido a los constantes cambios.

Por otro lado, en el tándem BIM + IPD, lo que el arquitecto llama forma de trabajo ideal, es en la que la fase de diseño donde se da la mayor carga de trabajo. Se producen la mayoría de los cambios, reduciendo de esta manera el impacto económico y con ello los costes.

7 Diferencias con la metodología de trabajo tradicional

La principal diferencia, es como se ha dicho en el Capítulo 2 Apartado 6 es la conexión entre los distintos modelos que forman el proyecto.

La estructura de trabajo del método tradicional se basa en la creación de documentación frecuentemente inconexa. Para ser más claros, se crea un documento que albergará los planos de arquitectura, otro documento que guardará el apartado estructural, un archivo en el que está redactada la memoria constructiva y descriptiva y otro que albergará las líneas de medición (Figura 13).

Un cambio implicaría la revisión y modificación uno a uno de todos los modelos antes nombrados, dando lugar a posibles errores e incongruencias.

Esta duplicidad de información es la causa de los problemas. Mediante la metodología de trabajo BIM, esa duplicidad no existe. La información solo existe una vez, está en un único repositorio y guarda relaciones paramétricas. El propio software será el encargado de actualizar todas las visualizaciones de modelo mostrando en todo momento la información más actualizada disponible.

Independientemente de que existan sub-proyectos o modelos vinculados (capítulo 2 apartado 9), el modo de funcionamiento de manera resumida es el siguiente: existe una herramienta principal encargada de almacenar de manera estructurada toda la información de proyecto. Con la ayuda de otras herramientas se accederá a la base de datos obteniendo la información necesaria. Se gestionará y por último,

Será devuelta a la base de datos para que esté siempre actualizada y a disposición de quién la requiera.

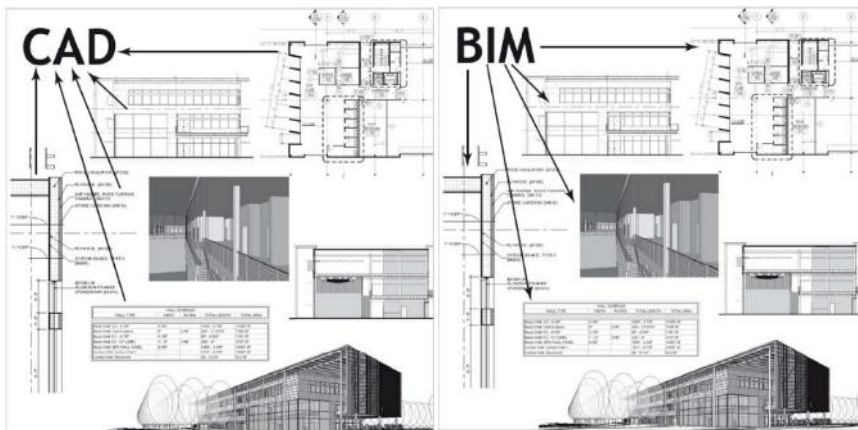


Figura 13. Diferencia entre CAD y BIM. 2014. (Krygiel, Nies 2008)

7.1 Contenedor único

La información que compone el modelo se almacena en un único contenedor, en una o varias bases de datos paramétricas. Al afirmar contenedor único no hay que entender un solo archivo. No tiene por qué ser un solo archivo y es que muchas veces no va a ser posible debido a la cantidad de información que hay en un proyecto de construcción.

Pueden existir varios modelos. Solo tienen que estar vinculados para que ante cualquier cambio en alguno de ellos, automáticamente el resto sepa en cómo le afecta. Estos archivos se almacenan en el mismo lugar. El disco duro de un PC, en el caso que se esté

trabajando solo, en el servidor de la empresa si es un grupo de trabajo, o en un servidor neutro en el caso de que el proyecto se lleve a cabo mediante varias empresas. (Alario, Diestro et al. 2012)

De esta manera se puede afirmar que esta base de datos es la fuente de la cual se nutren de información actualizada y fiable todos los participantes en el proceso de elaboración y construcción de proyecto.

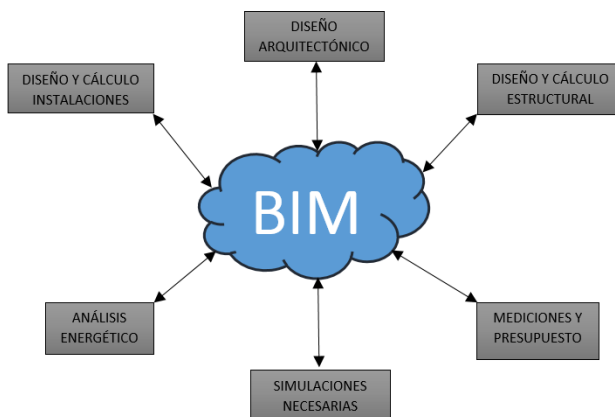


Figura 14. Contenedor único como fuente de información. 2014. Elelaboración propia a partir de http://www.youtube.com/watch?v=FPaja7mLiTE&list=FLKte3H9Kepp_Lh4mHUKQAcA

Este contenedor albergará información de forma estructurada que irá evolucionando a medida que avance el proyecto, pasando por los distintos niveles de desarrollo LoD^{14} .

¹⁴ LOD, Level Of Development/nivel de desarrollo.

Level of development

El acrónimo LoD *level of development*, es un estándar de trabajo el cual se puede comparar con los entregables de un proyecto. Actualmente existen 5 niveles de desarrollo establecidos LoD 100, 200, 300, 400 y 500, para un mejor entendimiento del concepto se puede realizar una equivalencia con porcentajes siendo el LoD 500 el 100% del proyecto.

LoD 100: se suele atribuir al diseño conceptual del edificio, se aprecia la volumetría, su ubicación, orientación.

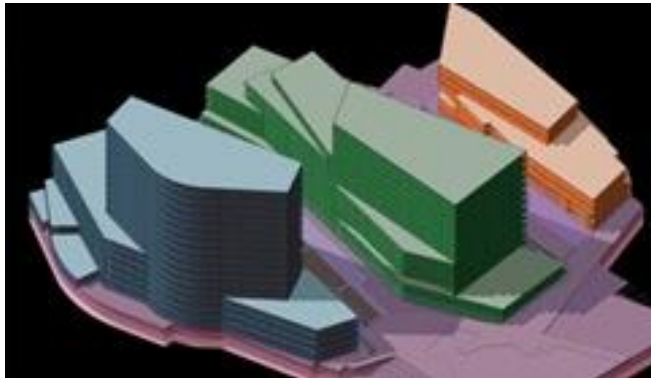


Figura 15. LoD 100 Diseño conceptual. 2014.

[http://1.bp.blogspot.com/-](http://1.bp.blogspot.com/-Q2EPjBg_iFE/ULQcUaso7SI/AAAAAAAAASw/Vzn3aTUhV5E/s320/LOD+100.jpg)

[Q2EPjBg_iFE/ULQcUaso7SI/AAAAAAAAASw/Vzn3aTUhV5E/s320/LOD+100.jpg](http://1.bp.blogspot.com/-Q2EPjBg_iFE/ULQcUaso7SI/AAAAAAAAASw/Vzn3aTUhV5E/s320/LOD+100.jpg)

LoD 200: modelado esquemático, utilizando elementos genéricos para definir el proyecto, obteniendo dimensiones, cantidades, costes aproximados del modelo.

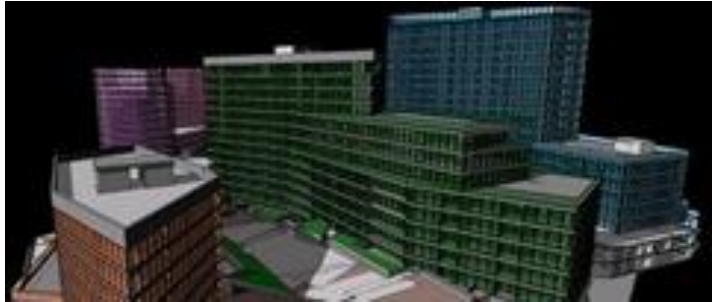


Figura 16. LoD 200 Modelado básico. 2014.

http://2.bp.blogspot.com/-0TCIbjPPNoA/ULQcV0m6aQI/AAAAAAAAAS4/_AAW_RBn6eU/s320/LOD+200.jpg

LoD 300: modelo de ejecución, los elementos serán de carácter específico, las dimensiones, cantidades, ubicación orientación y forma serán exactas. Con él se obtiene documentación gráfica y alfanumérica para llevar a cabo la construcción.



Figura 17. LoD 300 Ejecución. 2014. http://3.bp.blogspot.com/-NJcYG8P5-GE/ULQcXAQS1_I/AAAAAAAAATA/MDi_E4-

LoD 400: modelo de construcción, modelo “as built” en el que se reflejan todos los elementos, materiales, modelo, marca, número de serie,..., que forman la construcción de manera específica. Con lo que se obtiene una maqueta virtual del edificio construido.



Figura 18. LoD 400 Construcción. 2014. http://3.bp.blogspot.com/-NjYg8P5-GE/ULQcXaQs1_I/AAAAAAAAATA/MDi_E4-Ol94/s320/LOD+300.jpg

LoD 500: modelo utilizado para el mantenimiento, mejora del LoD 400, este contendrá todos los datos específicos acerca de los elementos e instalaciones ubicadas en la edificación tales como manuales de uso y mantenimiento, garantías, etc.



*Figura 19. LoD 500 Mantenimiento. 2014.
http://lh6.ggpht.com/_9HPTvMQoJFQ/SVjlDaeAQvI/AAAAAAAAADl0/xzkpYjpigCO/FMlighting_thumb.jpg*

Definido lo que es LoD, no se debe confundir con “level of detail”, un nivel de detalle alto no tiene por qué tener un elevado nivel de desarrollo. Para entenderlo se puede extrapolar a un elemento específico como una silla. En la siguiente imagen observamos como un elemento que aparentemente tiene un nivel de detalle visual alto (Concept), carece de nivel de desarrollo.

LEVEL of DEVELOPMENT

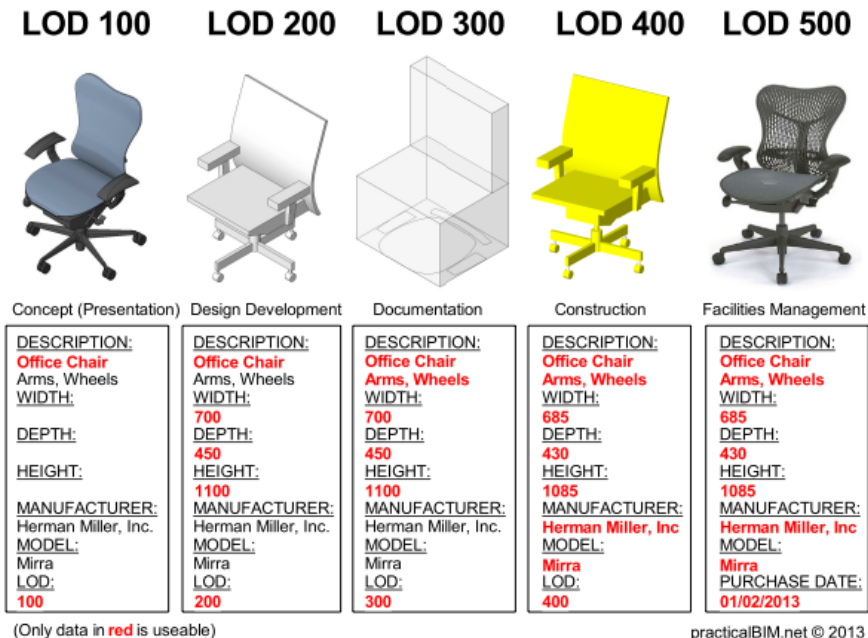


Figura 20. Level of Development. 2014. <http://practicalbim.blogspot.com>.

Esto da a entender que un nivel de detalle no tiene por qué ir acompañado de un nivel de desarrollo. Sí a la inversa ya que para llevar a cabo ese ascenso de nivel de desarrollo será necesario detallar ciertos aspectos.

La escala LoD, además definir un estándar, pretende aclarar según el LoD en que se encuentre el proyecto, que información del modelo es cierta o definitiva.

LoD 100: contiene información fiable en cuanto al volumen, la orientación, la ubicación.

LoD 200: contienen información fiable en cuanto al volumen, la orientación y la ubicación, pero también contiene elementos genéricos que permiten tener una aproximación en cuanto a forma, medición, costes... Esto permite analizar las soluciones genéricas propuestas tomando la decisión correcta.

LoD 300: contiene información fiable en cuanto al volumen, la orientación, la ubicación, los materiales, las formas, cantidades, costes, entre otros. Permitiendo generar documentación para llevar a cabo el proyecto.

LoD 400: contiene información definitiva en cuanto al volumen, la orientación, la ubicación, los materiales, las formas, cantidades, costes, los proveedores, modelos, marcas. Es un modelo virtual de lo construido.

LoD 500: contiene información definitiva en cuanto al volumen, la orientación, la ubicación, los materiales, las formas, cantidades, costes, los proveedores, modelos, marcas, fechas de compra, manuales de uso y mantenimiento, periodos de garantía, etc.

Todo esto no exige la redacción de un plan BIM en el que se detalle de forma exhaustiva todo lo relacionado con el desarrollo del modelo BIM, estableciendo quién, cómo, cuándo, de qué forma, se obtendrán los datos de los distintos modelos, se gestionarán y serán devueltos a éste. (McPhee 2014)

Las dimensiones de BIM

Para terminar este subapartado, se hablará sobre las distintas dimensiones del BIM. Toda esta información que alberga el contenedor se puede utilizar para distintos propósitos. Propósitos que ayudan a mejorar todos los procesos de las distintas fases de los proyectos de construcción.

La letra “D” que acompaña en todo momento a la parte numérica 3 es la inicial de la palabra dimensión. La primera de ellas es la longitud, la segunda la anchura y por último la altura formando en conjunto la visión tridimensional. Esta tridimensionalidad es una parte del BIM. Existen más, el 4D y el 5D, la primera de ellas introduce la planificación de obra y la segunda la parte económica. Además de estas dos, nombrar el 6D como el apartado de eficiencia, el 7D como apartado de *Facilities Management*.

Estas dos últimas pueden ser un tema de marketing para la promoción del BIM. Esto se basa en que la sexta y la séptima no desarrollan un parámetro computable, sino más bien un conjunto de elementos que permiten el análisis del modelo. Por ello se propone englobar en la sexta “D” todos aquellos análisis que se pueden llevar a cabo al modelo. La última “D”, la séptima, engloba el tema de simulación, aventurar el futuro en base a los análisis realizados previamente al modelo. (Alario, Diestro et al. 2012)



Figura 21. Las dimensiones de BIM. 2014. <http://3.bp.blogspot.com/-Rn0nLAVxxSo/UzS0jmbc-UI/AAAAAAAAAFes/oTgrahvkbQE/s1600/BIM+3d4d5d6d7d.jpg>

Por último, resaltar la importancia de las dos dimensiones siguientes a la 3ª. Como se comenta en el Capítulo 2 Apartado 6, la posibilidad de establecer relaciones de tiempo y coste con el modelo proporciona una herramienta de gestión de obra interesante. Permite a las empresas constructoras hacer una fase de construcción virtual, en la que se pueden observar al instante los flujos de caja en cada día de la obra. Se pueden observar los distintos medios auxiliares y maquinaria de obra en funcionamiento, obteniendo una mejora en la capacidad de anticipación y la toma de decisiones.

Algunos softwares permiten ver una doble planificación como es el caso de Navisworks™¹⁵. Permite ver la planificación realizada y la planificación real al mismo tiempo. Esto proporcionará una comparativa entre los tiempos y permitirá la toma de decisiones en función del avance del proyecto.

7.2 Visualizaciones y representaciones

Con metodología tradicional, durante el proceso de diseño se realizan una serie de documentos que en conjunto forman el proyecto. Estos documento: planos, memorias, mediciones y presupuestos, listas numéricas, son representaciones de lo que se ha proyectado.

Mediante la aplicación de BIM y las herramientas informáticas, toda la información de proyecto está aglutinada y estructurada en una o varias bases de datos. Cuando se necesite dicha información para poder transmitirla lo único que será necesario es visualizarla (Figura 13). Se deberán crear visualizaciones del modelo, visualizaciones de esa información.

¹⁵ Navisworks es una marca registrada por Autodesk.

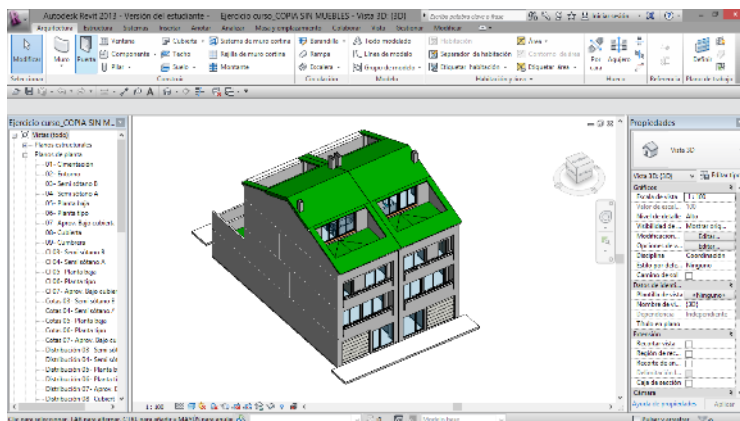


Figura 22. Visualización 3D de los datos geométricos albergados en la base de datos. 2014. TFG

8 Herramientas para llevar a cabo el proceso BIM. Qué es una herramienta BIM?

Existe una gran variedad de aplicaciones en el mercado. Todas ellas quieren apellidarse BIM pero para ello deberán ser capaces de realizar una serie de trabajos. Trabajos como crear información, coordinarla, almacenarla de manera estructurada y permitir llevar a cabo su gestión. Deberán poseer una serie de características y propiedades que se desarrollan a lo largo de este punto.

Toda herramienta BIM tiene que permitir establecer relaciones, crear las “reglas del juego”, es decir, las condiciones de proyecto. Tendrá que ser capaz de gestionar y crear objetos paramétricos, para llevar un mayor control de la información.

Para poder realizarlo e implantar un buen funcionamiento de la relaciones, la herramienta deberá poseer un “motor de cambios paramétricos” y no geométrico. La gran diferencia entre ambos reside en que el segundo, precisará de la ayuda humana ante cualquier cambio para identificar y corregir los elementos afectados por este. Si se tiene una herramienta que ante cualquier cambio se tenga que arrancar un proceso manual para conseguir la actualización del modelo, no estamos realizando BIM. En una herramienta con “motor de cambios paramétricos” automáticamente y sin la necesidad de la mano del usuario, reajustará todos los elementos afectados por el cambio en todo el modelo. Todas las visualizaciones quedarán actualizadas al instante. (1)(Autodesk 2007)

Esta herramienta no tiene por qué hacerlo todo. Existen herramientas que solucionan arquitectura e instalaciones teniendo que hacer uso de otra para el cálculo estructural. Esto conduce a la siguiente propiedad que se le debe exigir a una herramienta BIM, la asociatividad bidireccional. Tiene que ser capaz de permitir el flujo de trabajo BIM, en otras palabras, asociatividad bidireccional significa que posibilita extraer información y permite su vuelta.

Un cambio tiene que ser un cambio en todo el proyecto. Por ello, una modificación en una vista repercutirá en ese archivo, pero además también en todos aquellos que estén vinculados. Aquí reside la importancia de la capacidad de extraer y recibir información de un software BIM.

Por lo que respecta a los tipos de herramientas, existen dos grupos según explica el profesor Eloi Coloma en *Introducción al BIM*.

El primero sería:

- Aplicaciones BIM nativas: las herramientas que pertenecen a este grupo han sido concebidas, diseñadas y estructuradas para trabajar en esta dirección desde un principio. Esto les dota de una mayor potencia que aquellas que se han aprovechado o han evolucionado del CAD. Ejemplo de ellas serian, Autodesk Revit y Graphisoft Archicad.

Mediante este tipo de aplicaciones, los modelos se gestionan de manera integral y toda la información se almacenará en un solo lugar, pudiendo existir uno o varios modelos, modelos completamente interconectados.

El otro grupo es:

- BIM aplicado sobre CAD literal: estas no tendrán la coherencia, ni la potencia de aquellas concebidas para trabajar la metodología BIM, puesto que se nutren de un motor CAD. Por ejemplo se puede utilizar para guardar la coherencia dimensional entre plantas, alzados, secciones y el modelo tridimensional y posteriormente seguir trabajando de manera independiente. Un ejemplo podría ser Autodesk AutoCAD Architecture.

Existe un gran debate en cuanto a la denominación BIM de estas últimas, ya que no tienen un motor de cambios paramétrico, y no ofrecen lo mismo que una aplicación BIM que ha sido concebida para ello.

9 Formas de trabajo según el tamaño de proyecto

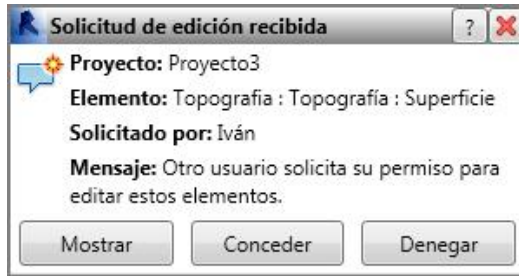
Toda forma de trabajo BIM depende como indica el nombre de este subapartado del tamaño del proyecto, además de la localización de las diferentes empresas intervinientes.

La primera opción se llama “Préstamo de elementos” y se aplica a un proyecto de pequeña envergadura en el que trabajan varias personas a la vez. Trabajar a la vez no significa por ejemplo: ejecutar la compartimentación del proyecto, eso es completamente absurdo, se molestarían. Cuando se habla de trabajar a la vez, quiere decir trabajar en distintas partes de proyecto. Por ejemplo: un equipo formado por tres modeladores que trabaja al mismo tiempo en el modelo de arquitectura. El primero se encargaría de la compartimentación, el segundo del diseño de las vistas (maquetación de planos) y el tercero de las características de visualización (colores, nivel detalle, grosores).

Puede darse la situación en la que uno de los modeladores intente editar un elemento que casualmente se encuentra manipulando otro. En este caso, el propio software será el encargado de comprobar que el archivo que se intenta editar, no esté en propiedad de otro usuario, no lo esté editando otro.

En el caso de que así fuera, el software preguntará mediante un mensaje en pantalla al propietario del elemento, si autoriza o no la modificación (Figura 23). En caso afirmativo, el elemento pasará a estar en posesión del otro usuario. Si por el contrario la respuesta fuera negativa se le denegará la propuesta de edición al segundo usuario.

La forma de trabajo anterior es para proyectos de pequeña envergadura, solamente existirá un archivo y no será necesario la creación de subproyectos.



*Figura 23. Solicitud de modificación para un elemento del modelo Revit 2014.2014.
<http://cursorevit.com/wp-content/uploads/2013/12/Solicitud-de-edicion-recibida.jpg>*

Cuando se trate de proyectos con un tamaño mayor y los miembros del equipo deban trabajar distintas partes del proyecto, se utilizarán lo que se llaman subproyectos. Para ello tendrán que trabajar en el mismo lugar físico, en la misma oficina.

Se empieza creando un nuevo modelo que posteriormente se dividirá para crear una compartimentación. Se dividirá en “cajas” contenedoras de información. Esa compartimentación solo podrá ser editable por un único usuario (Figura 24).

Ante la necesidad por parte de un modelador para editar un elemento que no pertenece a su subproyecto, solamente podrá realizarlo si el dueño del subproyecto en cuestión lo autoriza, esté o no editándolo.

Con la compartimentación se consigue distribuir mejor la carga de trabajo. Facilita la asignación de responsabilidades al usuario que se encarga de un subproyecto, sabiendo qué, cuándo y quién lo manipula.

El resultado, además de mejorar la distribución y controlar las responsabilidades, es la mejora en la visualización del proyecto y el rendimiento del sistema. Se pueden abrir diferentes subproyectos dependiendo de las necesidades de visualización que se tengan, dejando oculto todo aquello que no se necesite.

De forma abreviada, se puede afirmar que un subproyecto es una agrupación de elementos y/o partes de un proyecto pudiendo limitar el acceso a ellas por un solo usuario.

El funcionamiento es el siguiente:

1. Crear un nuevo proyecto, modelando su geometría inicial de forma general.
2. Habilitar los subproyectos cuando sean necesarios.
3. El archivo de proyecto se guardará como un fichero central en la red. Los propietarios de cada subproyecto realizarán una copia de este archivo y la llamarán fichero local. De esta manera, los distintos modeladores sincronizarán su modelo y al instante el archivo central quedará completamente actualizado.

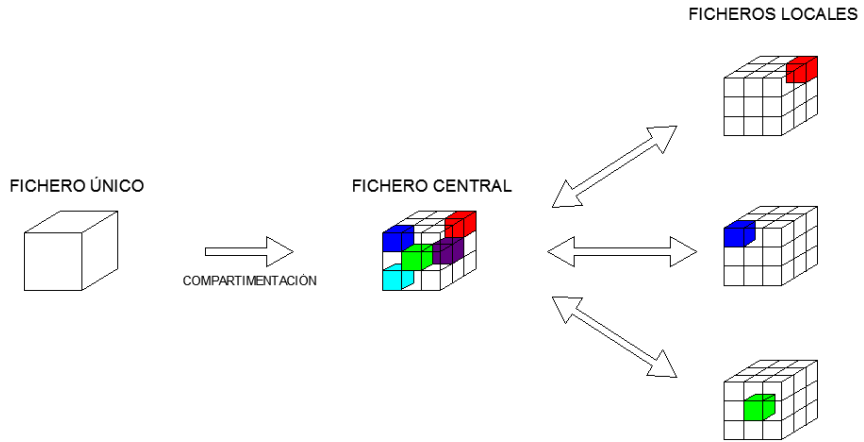


Figura 24. Subproyectos.2014.Elaboración propia a partir del taller realizado en el Congreso EUBIM 2014. Taller práctico mediciones con BIM mediante el programa Medit.

Por último, la tercera forma de trabajo se utilizará cuando se trate de proyectos de gran envergadura, y además cuando intervengan varias empresas en su redacción ubicadas en distintos lugares.

Para explicar este último modo de trabajo se utiliza el siguiente un ejemplo:

El proyecto lo desarrollarán cuatro equipos de trabajo, pertenecientes a distintas empresas y ubicados en distintos lugares:

1. Empresa A. Ubicación: Barcelona. Trabajo: Estructura.
1. Empresa B. Ubicación: Valencia. Trabajo: Arquitectura.

1. Empresa C. Ubicación: Sevilla. Trabajo: Ingeniería.

1. Empresa D. Ubicación: Madrid. Trabajo: unir todos los modelos y realizar mediciones.

Para poder realizar este proyecto se tendrán que crear modelos vinculados (Figura 25).

Esta forma de trabajo se asemeja a lo que en AutoCAD™¹⁶ se llama referencias externas. La diferencia está en que en los modelos vinculados se pueden crear a su vez subproyectos.

Los tres modelos de los que consta el proyecto estarán llamados al aglutinamiento en un 4º modelo, ubicado en Madrid.

En resumen, para proyectos grandes existirán varios modelos que se desarrollan en distintas localizaciones. Estos se compartimentarán para un mejor reparto del volumen de trabajo. Todos ellos estarán vinculados y llamados al aglutinamiento en un único archivo, donde se visualizará toda la información de forma conjunta. (2)(Autodesk 2007, Navarro 2014)

¹⁶ AutoCAD es una marca registrada.

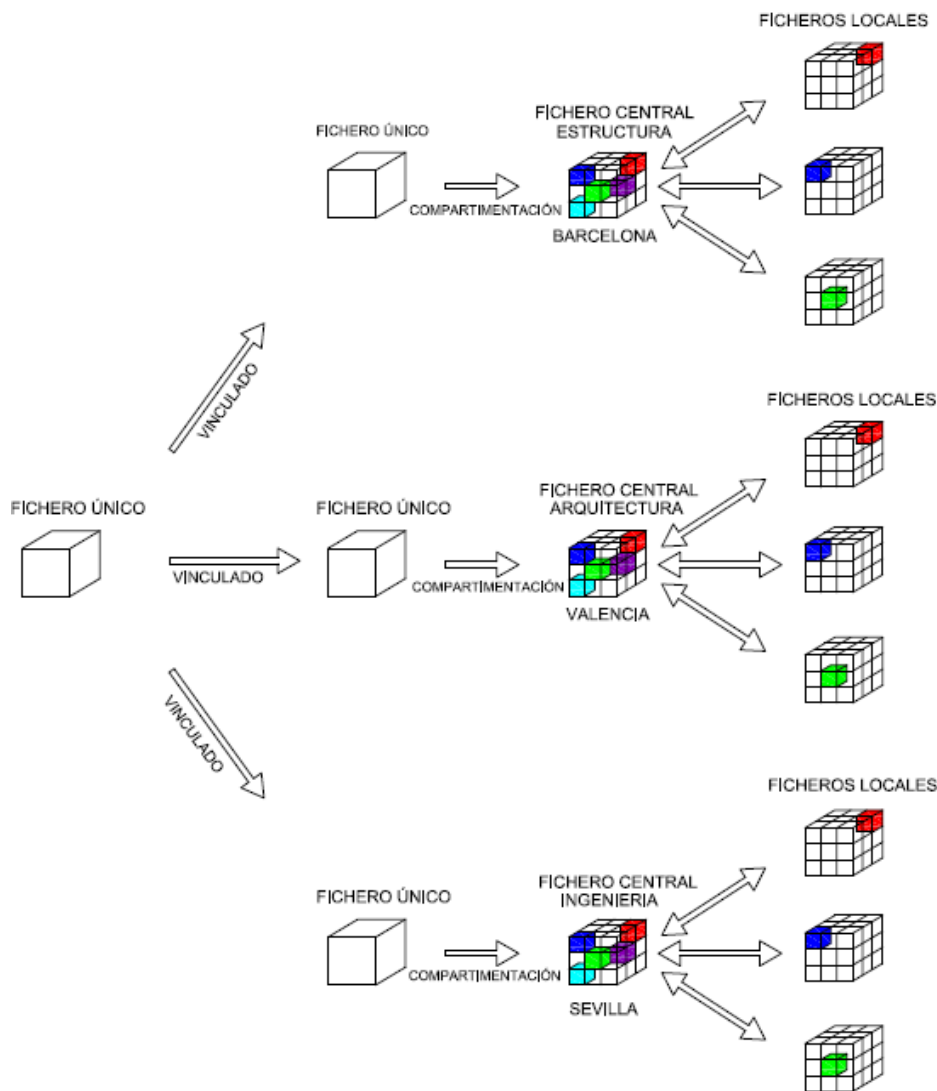


Figura 25. Proyectos vinculados. 2014. Elaboración propia a partir del taller realizado en el Congreso EUBIM 2014. Taller práctico mediciones con BIM mediante el programa Medit.

10 Los agentes intervinientes

Como toda metodología de trabajo, se tiene que establecer una estructuración en lo que se refiere a los agentes intervinientes. BIM no solamente intenta controlar algunos de los aspectos de la edificación, sino que lo quiere abarcar todo, todas las disciplinas, arquitectura, instalaciones, estructuras.

Todo proyecto que se lleva a cabo con BIM, precisa de una reunión previa en la que intervienen todas las partes implicadas. Se decide la forma de funcionamiento y se establece un plan BIM. En el que se explica y especifica el rol y las obligaciones de cada parte, entre otras cosas. Se define quién, cómo y cuándo se debe aportar cada información. También las cadenas de mando/dirección de proyecto ya que interviene más de una empresa. (Alario, Diestro et al. 2012)

Cada una de las empresas deberá tener un responsable de proyecto desde el punto de vista del BIM. Se encargará de velar por la ejecución y organización de los trabajos de acuerdo con lo establecido en el plan BIM.

No solamente se habla de las empresas redactoras de proyecto. Las empresa/s promotoras y las que ejecutarán la obra también forman parte del equipo BIM. Aportarán experiencia y los medios disponibles para diseñar y ejecutar de la mejor manera posible el proyecto.

Cada empresa tendrá una serie de personas encargadas de llevar a cabo los trabajos propios en el proceso BIM. Estarán coordinadas y supervisadas por el BIM manager. Además de la coordinación y supervisión, dicho profesional puede intervenir de manera práctica. Podrá ayudar en ciertos aspectos del modelado de proyecto, resolver

problemas de diseño BIM, etc. También vigilará el correcto intercambio de información entre las distintas herramientas que se utilicen en dicha empresa.

En cuanto a la estructuración jerárquica del proyecto, hay dos posibilidades: el arquitecto puede tomar el liderazgo en cuanto a este proceso BIM, asesorado por su BIM manager, o se puede formar un grupo constituido por los BIM managers de las distintas empresas. Este grupo tendrá una jerarquía aunque se realizarán debates sobre las diversas cuestiones que surjan durante el proyecto. (Alario, Diestro et al. 2012)

En resumen, en un proyecto de construcción en el que intervienen varias empresas, cada empresa tendrá como responsable de proyecto BIM a un BIM manager. Este será el encargado entre otras cosas de llevar a cabo la organización entre los distintos miembros del equipo. Velará por el cumplimiento de los protocolos de trabajo y todo aquello establecido en el plan BIM. Por último, tendrá que estar pendiente de los flujos de trabajo y del correcto intercambio de información entre las distintas herramientas utilizadas.

11 La estandarización, IFC, BuildingSMART

Como avanza el Capítulo 2 Apartado 6, un inconveniente de las herramientas informáticas que posibilitan la aplicación de BIM es la interoperabilidad. Entendiéndola como la capacidad de interactuar entre distintos software para llevar a cabo el interés común.

En el mercado actual hay una gran cantidad de soluciones informáticas para la aplicación del BIM. La gran variedad junto con el hecho de que

una sola herramienta BIM no puede abarcar todo y que no todos utilizarán la misma, lleva a pensar que tienen que llegar a un entendimiento.

Con la intención de promover la interoperabilidad nace la asociación BuildingSMART. Se trata de una asociación privada, internacional, neutral y sin ánimo de lucro. Está compuesta por profesionales del sector de la construcción y tiene sede en muchos países, incluido España.

La BuildingSMART aboga por el intercambio libre y abierto de información. También promueve la creación de estándares para mejorar el intercambio de información entre las distintas herramientas BIM.

Para ello crea IFC, un estándar abierto y de carácter universal.

Las “Industry Foundation Classes” IFC, se trata de un formato de intercambio de información común y abierto, que proporciona las directrices para determinar qué información se intercambia, geometría, información alfanumérica, etc.

El IFC es el lenguaje informático que se utiliza para el entendimiento entre distintas herramientas, pero dentro de una misma lengua existen varias formas de referirse a los parámetros. Un ejemplo es la nomenclatura dimensional, anchura o ancho, altura o alto, canto o espesor, este es el problema a día de hoy que se intenta solucionar con la definición de los estándares de trabajo.



Figura 26. Building smart.2014.
http://www.atinne.com/wp-content/uploads/2012/03/BuildingSmart_openbim.jpg

Existen países que llevan la delantera en este aspecto, países como Finlandia, Noruega, Dinamarca que allá por el año 2007 exigieron que las licitaciones de obra pública se realizaran con BIM. Estos países tienen estándares de trabajo creados para el facilitar el aprendizaje de las técnicas de modelado BIM. Ejemplo es Finlandia con COBIM¹⁷ 2012.

En España los estándares de trabajo BIM no existen. No obstante una serie de expertos en materia BIM lanzaron una iniciativa al respecto durante el primer congreso de BIM en España “EUBIM 2013” y que ha quedado perpetuada con el segundo “EUBIM 2014”. La iniciativa uBIM en colaboración con la *BuildingSMART Spanish Chapter* pretende la creación de un documento que sirva de referencia a los usuarios de BIM en España. Busca entre otras cosas facilitar el aprendizaje de las técnicas de modelado BIM, establecer y difundir las buenas prácticas de modelado y uso del BIM.

¹⁷ Estándar de trabajo finlandés, Common BIM Requirements 2012.

Capítulo 3.

El proyecto

Para poder desarrollar los objetivos del presente trabajo final de grado se dispone de un proyecto de ejecución diseñado enteramente en 2D. Que consiste en dos viviendas unifamiliares entre medianeras. Se encuentran emplazadas en la calle Monestir de la Valldigna 16-17, en el municipio de Tavernes de la Valldigna (Valencia). La documentación utilizada se adjunta en el Anexo I.

La obtención de este proyecto se hace de la mano de los Arquitectos redactores, Francesc Boscà Mayans y Joaquim Egea Martínez que autorizan la utilización de toda la documentación aportada para el fin del presente Trabajo Fin de Grado.

Las edificaciones se desarrollan en planta baja y primera mientras que en la planta segunda (aprovechamiento bajo cubierta) se sitúa el casetón y el cuarto de instalaciones. Son viviendas entre medianeras y ambas dan a dos calles con pendiente negativa hacia el este. La calle superior es peatonal mientras que la inferior de tráfico rodado. Existe un desnivel importante entre ellas por lo que las plantas bajas se convierten en semisótanos. Desde dicha planta, a través de una escalera o un ascensor, se accede al resto de las plantas altas. Los accesos principales a las viviendas se emplazan por la calle peatonal Profesor Sanchis Guarner, disponiéndose juntas entre sí.

El semisótano se destina íntegramente al uso de garaje privado, aunque se dispone un local sin uso. En las dos plantas superiores que denominaremos planta baja y primera, se disponen las viviendas propiamente dichas. Desde el acceso principal y pasando por la terraza de planta baja se llega al vestíbulo de acceso al salón comedor. En la parte central de la vivienda coinciden la escalera y el ascensor, junto con un aseo, y dando ya a la otra fachada se ubica la cocina-office. En planta primera, dando al sur se proyecta el dormitorio de matrimonio y el vestidor, por el que se accede al cuarto de baño. Frente a la escalera y al ascensor está el otro cuarto de baño y finalmente y dando a la otra calle se disponen dos dormitorios dobles. Tanto en la cocina, como en los dormitorios se han dispuesto de terrazas cubiertas que se integran en el volumen del edificio.

Por último, desde esta primera planta se sube al aprovechamiento bajo cubierta, donde está la galería, el ascensor y el casetón. Desde este espacio se sale a dos terrazas que dan directamente a las dos calles. Las dos viviendas se rematan con una cubierta inclinada de teja árabe.

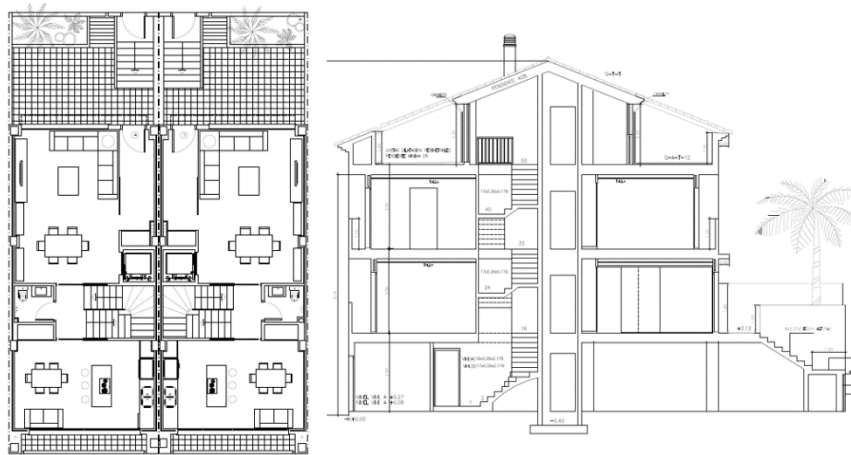


Figura 27. PB y Sección de proyecto. 2014. Anexo I

Capítulo 4.

Modelo BIM del Proyecto

1 Revit como herramienta BIM

Para llevar a cabo el proceso de modelado del proyecto formado por dos viviendas unifamiliares se ha elegido la herramienta BIM Revit Autodesk.

La decisión iniciarse en BIM con esta herramienta se debe a su carácter completo. Revit alberga en su interior cuatro programas. El primero de ellos es un modelador arquitectónico, Revit Architecture, el segundo es un modelador de instalaciones, Revit MEP¹⁸, el tercero un modelador de estructura, Revit Structure y en último lugar un editor de familias capaz de crear y modificar familias paramétricas.

Además este software cumple todo lo establecido en el Capítulo 2 Apartado 10 en el que se habla de las características que debe contener un programa que quiera recibir el apellido BIM.

Otra de las razones de la elección de este software es su interfaz, Revit contiene una interfaz parecida a la de AutoCAD, programa que había utilizado con asiduidad.

¹⁸ MEP, Mechanical, Electrical & Plumbing que se pueden asemejar con conductos, cables y tuberías respectivamente.

Y por último, el hecho de que la Universitat Politècnica de València ofrezca formación para la iniciación al BIM con Revit, aunque desafortunadamente no esté dentro del programa docente de esta titulación. Este último aspecto decantó la balanza para finalmente decidir iniciarme al BIM con esta herramienta.

2 Estudio y análisis de proyecto previo al modelado BIM

El primer paso antes de empezar con el modelado BIM de las viviendas en cuestión ha sido el estudio y análisis de la documentación proporcionada de proyecto (Anexo I). También se ha estudiado la normativa urbanística del municipio que afecta a la ubicación de la parcela. Las viviendas deberán cumplir con las exigencias volumétricas siguientes:

- Plantas permitidas: tres (PB+II)
- Altura reguladora: 9,50 m. Si la edificación tuviese fachadas no continuadas, recayentes a calles situadas a distinto nivel, la altura se medirá en cada fachada independientemente una de la otra, como si se tratara de edificaciones distintas.
- La altura se medirá desde el punto medio de la fachada del solar.
- Aprovechamiento bajo cubierta: se permite para albergar cuartos de maquinaria y para cubrir el último tramo de escalera.
- Este aprovechamiento bajo cubierta no podrá rebasar en más de 4 m la altura permitida.
- La edificación deberá estar retirada 3 metros con respecto al plano de fachada.

- Si existe cubierta plana accesible entonces deberá existir antepecho cuya altura máxima sobre la altura autorizada sea 1,60 m y además deberá proporcionar una altura de protección de 1,20 m con respecto a la superficie pisable.
- El aprovechamiento bajo cubierta deberá tener una solución a dos aguas, debiendo tener el faldón de la misma recayente a vía pública una profundidad máxima de 7,00 m, y con una pendiente comprendida en el 20% y el 30%.
- La altura de cumbrera será determinada por aplicación de la precitada profundidad y pendiente a dicho faldón de cubierta.

A través de este estudio se han observado diversas incongruencias/contradicciones entre los distintos documentos de proyecto. Quedan reflejadas mediante la siguiente tabla:

Incongruencias e indefiniciones detectadas durante la fase de estudio y análisis de proyecto			
Nº de incongruencia	carácter	descripción	documentos de consulta
1	especificación de materiales	Incongruencia acerca del hormigón a utilizar para la cimentación. La memoria constructiva establece un HA-30/B/20/Ila, por el contrario el documento de mediciones y	· Memoria constructiva (Pág. 39, Anexo 1) · Mediciones y Presupuesto (Cap. 3;3.3)

		presupuesto establece un hormigón HA-30/B/40/IIa.	
2	especificación de materiales	Incongruencia del acero a utilizar para la toda la estructura. La memoria constructiva establece un acero B 500 SD, por el contrario el documento de mediciones y presupuesto establece un acero B 500 S	<ul style="list-style-type: none"> · Memoria constructiva (hoja 39, Anexo 1) · Mediciones y Presupuesto (3.3,5;4,1,2,3)
3	especificación de materiales	Incongruencia acerca del acero a utilizar para las ME. La memoria constructiva establece un acero B 500 T, por el contrario el documento de mediciones y presupuesto establece un acero B 500 S	<ul style="list-style-type: none"> · Memoria constructiva (hoja 39, Anexo 1) · Mediciones y Presupuesto (3.3,5;4,1,2,3)
4	geométrico	Indefinición de la dimensión de la tabica en la escalera de acceso a la vivienda por la calle peatonal	<ul style="list-style-type: none"> · Plano de sección (Anexo 1)

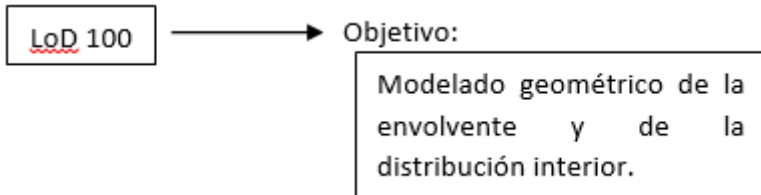
5	Accesibilidad	Inexistencia de pasamanos en la escalera de acceso desde la calle peatonal	· DB SUA-SUA 1 · Documentación proyecto (Anexo 1)
6	Especificaciones urbanísticas	Incumplimiento de la normativa urbanística. La pendiente de cubierta supera la pendiente máxima del 30% fijada por la normativa	· PGOU Tavernes de la Valldigna · Modificación número 3 PGOU Tavernes de la Valldigna

Para poder solucionar este tipo de incongruencia se deberá recurrir al Pliego de Condiciones. En él, deberá establecerse qué documento prevalece sobre los demás. En este caso como no se dispone de Pliego de condiciones para establecer la prevalencia de documentos, estas incongruencias se deberían consultar con el técnico redactor del proyecto o con el director de obra.

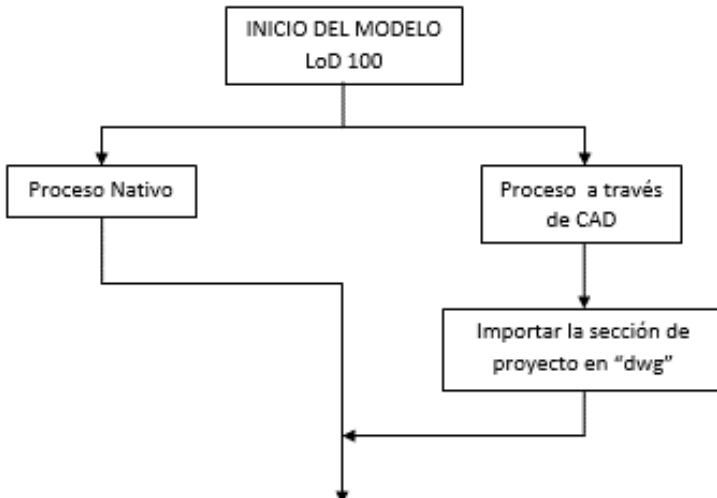
Este hecho sin duda prueba lo expuesto a lo largo del Capítulo 2. La forma de trabajo tradicional basada en silos aislados y en modelos que no guardan relación alguna provoca la aparición de incongruencias. Sin embargo ante un modelo BIM, albergado en un único contenedor, y siendo este la única fuente de información, estas incongruencias entre dos documentos de proyecto podrían haberse evitado.

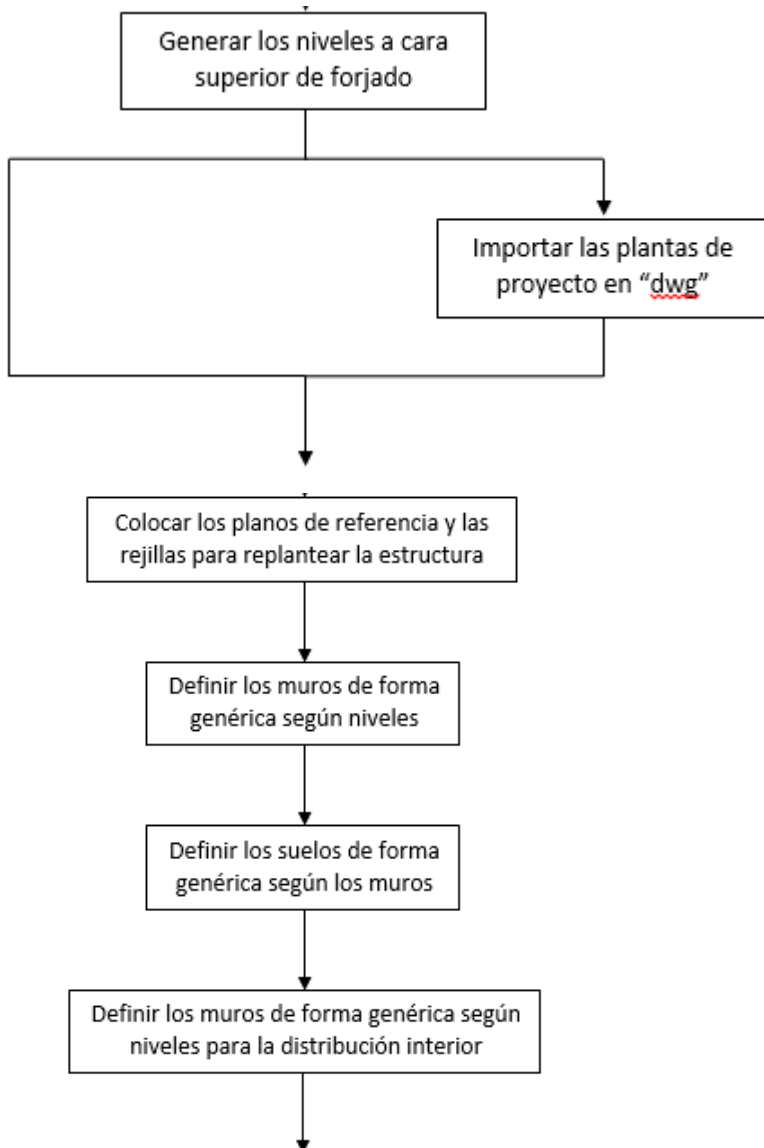
3 Pasos en el proceso de modelado BIM

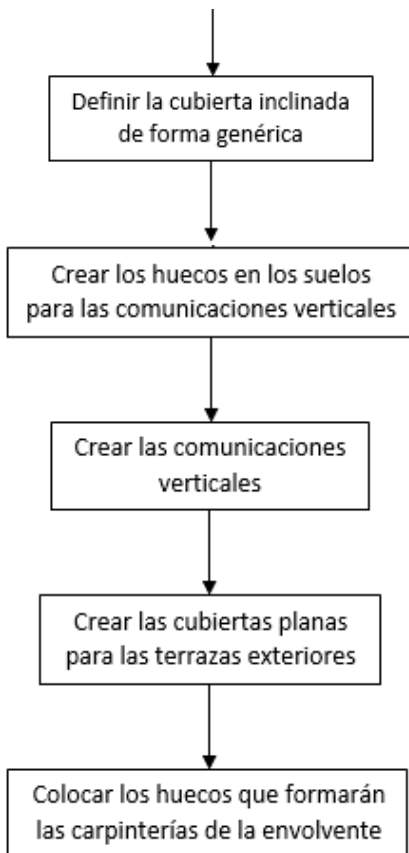
3.1 Inicio del proceso, objetivo LoD 100



· Esquema del proceso de modelado LoD 100:







· Descripción del proceso de modelado LoD 100:

El primer paso para empezar el modelado LoD 100 de las viviendas es colocar los niveles a cara superior de forjado sin terminar para cada planta.

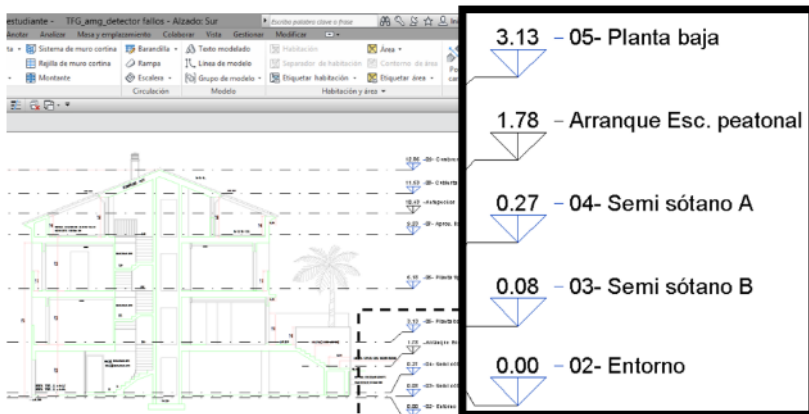


Figura 28. Inserción niveles e importación CAD.2014. Elaboración propia.

A continuación se insertan los planos en formato “.dwg” al modelo. Estos se utilizarán como guía para poder erigir la edificación. Antes de importar será necesario limpiar los documentos, ocultar y/o eliminar los objetos y componentes que no proporcionen información.

Antes de seguir con la descripción de los pasos, comentar que no son necesarios los planos en CAD para obtener el modelo BIM. Se puede empezar a diseñar una vivienda de forma “nativa”.

Establecidos los niveles e importados los planos en formato CAD el siguiente paso es colocar los planos de referencia y la “rejillas” de replanteo.

Ahora se empiezan a definir los muros y suelos genéricos que darán lugar a la envolvente y sustento de las viviendas. Se toma como plantilla los planos “dwg” insertados. Los muros deberán guardar

relación con los niveles, se colocarán desde el nivel en el que apoyan hasta el nivel superior. Los suelos guardarán relación con el nivel y con los muros.

Los elementos genéricos no contendrán materiales, son elementos básicos que tienen la geometría deseada. Los materiales se introducirán en los modelos LoD siguientes.

Después de crear la envolvente y la distribución interior, se colocarán las cubiertas planas de las terrazas descubiertas. Deberán calcularse para poder obtener el resultado deseado.

El paso siguiente es crear huecos en los suelos. Los huecos de las comunicaciones verticales.

Después se crearán las escaleras de carácter genérico basadas en niveles. El siguiente paso, y que en mi opinión es el último para llegar a un LoD 100, es la colocación de los huecos. Huecos que serán el futuro emplazamiento de las carpinterías.

· Incongruencias detectadas durante el modelado LoD 100:

Incongruencias e indefiniciones detectadas durante la fase de modelado LoD 100				
Número incongruencia	carácter	descripción	documentos consulta	Figuras
7	gráfico	Incongruencia entre información gráfica i numérica en el mismo documento. La distancia entre niveles no es la misma	·Plano Sección de proyecto (Anexo 1)	Figura 29

		en la información gráfica que en la numérica.		
8	gráfico	Indefinición del cierre de escalera entre las partes habitables y no habitables. Tramo de escalera que va de nivel semisótano hasta PB.	·Planos de proyecto (Anexo 1) ·Mediciones y Presupuesto (Anexo 1)	Figura 30
				Figura 31
9	diseño / accesibilidad	Problema en la zona de desembarco de la escalera situada en el acceso norte. Según la solución de proyecto (diseño gráfico y constructivo) el último escalón tendría una tabica de 0,26 cm. Se debe a la cubierta plana.	·Planos de proyecto (Anexo 1) ·Mediciones y Presupuesto (Anexo 1) ·DB SUA-SUA 1	Figura 32
				Figura 33
10	gráfico	Indefinición de los falseos de bajantes en las terrazas. No existe espesor grafiado. (Aunque en el presupuesto aparece la solución constructiva)	·Plano de planta (Anexo 1) ·Mediciones y Presupuesto (Anexo 1)	-
				-

- Figuras de las incongruencias detectadas en el modelado LoD 100:

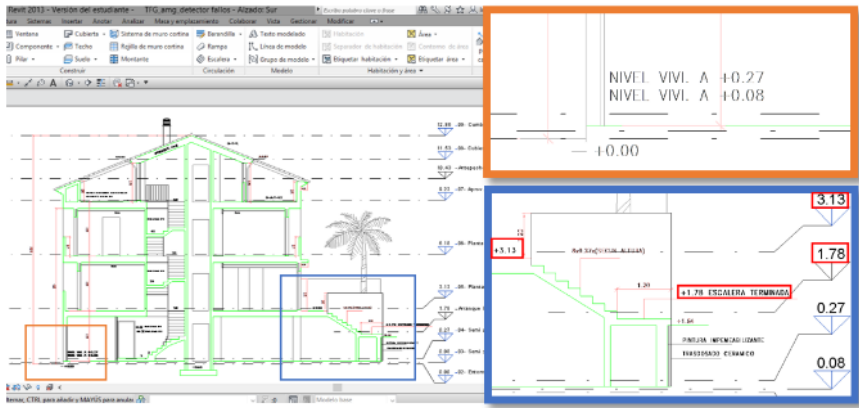


Figura 29. Incongruencia entre información gráfica y numérica.2014. Elaboración propia.

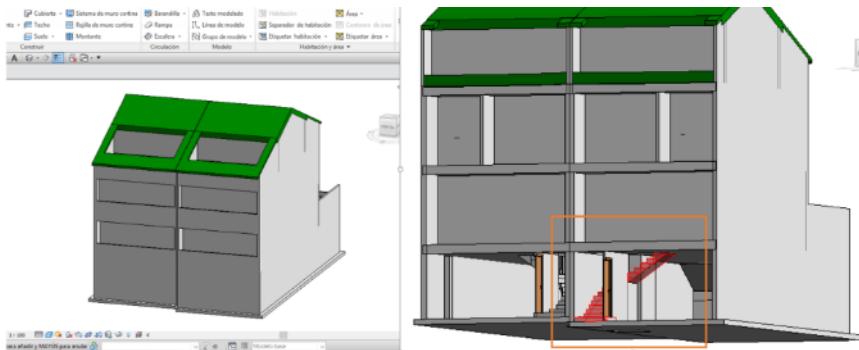


Figura 30. Modelo LoD 100, escalera P Semisótano-PB. 2014. Elaboración propia.

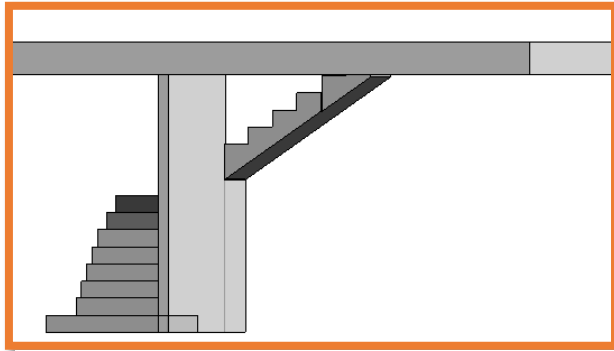


Figura 31. Indefinición cierre de escalera habitable-no habitable.2014. Elaboración propia.

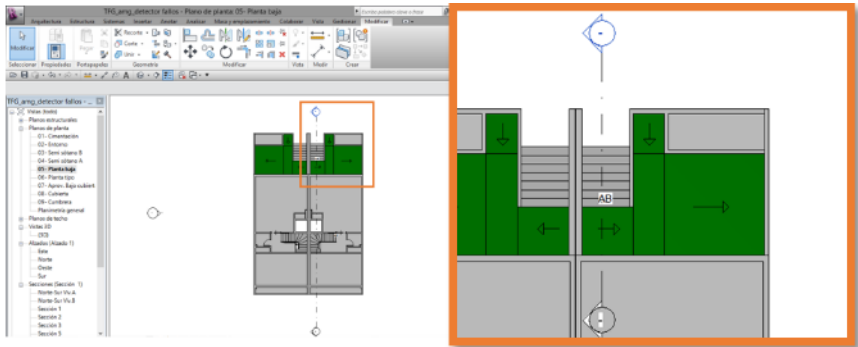


Figura 32. Cubierta y escalera peatonal.2014. Elaboración propia.

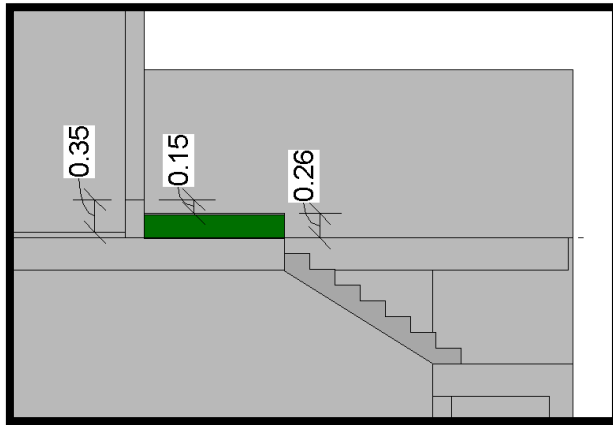


Figura 33. Sección del modelo por la escalera peatonal. 2014. Elaboración propia.

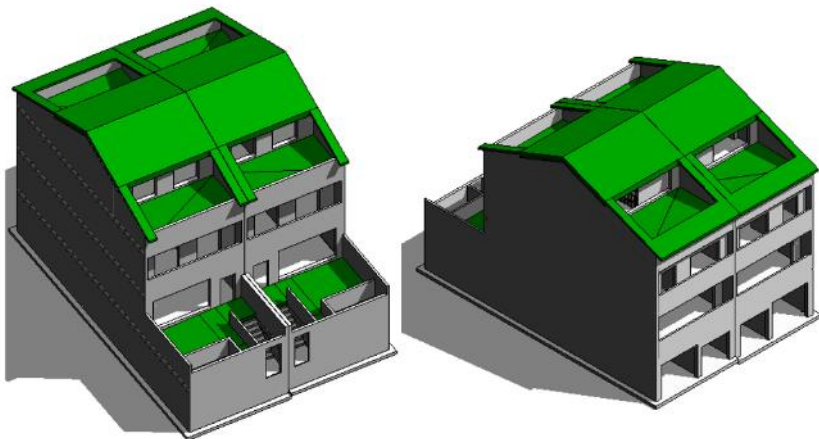
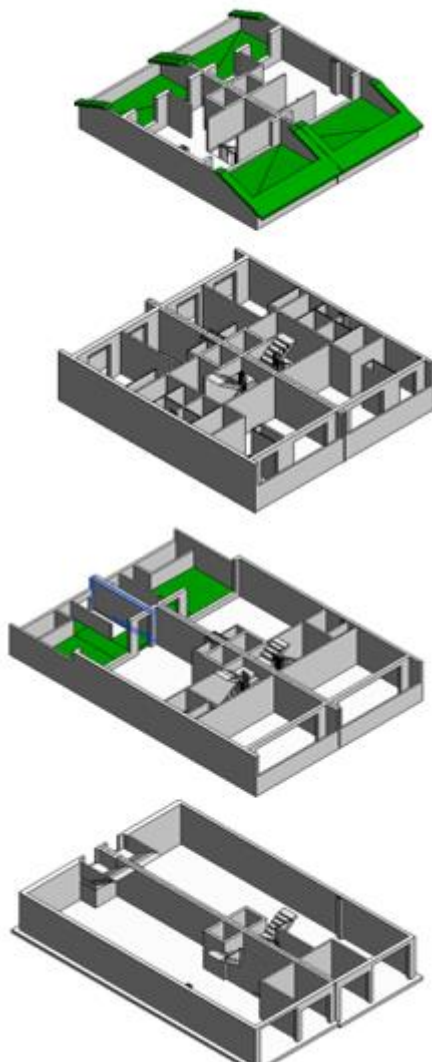
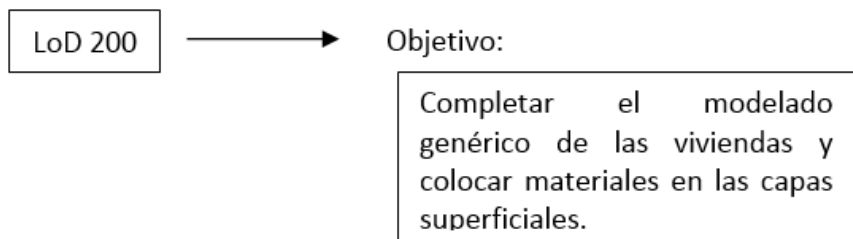


Figura 34. Modelo LoD 100. 2014. Elaboración propia.

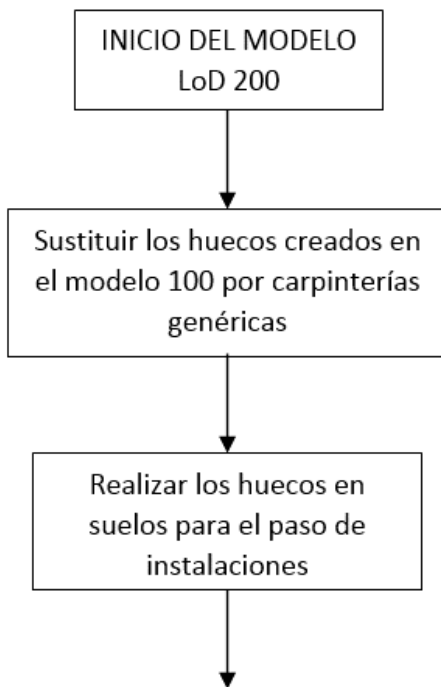


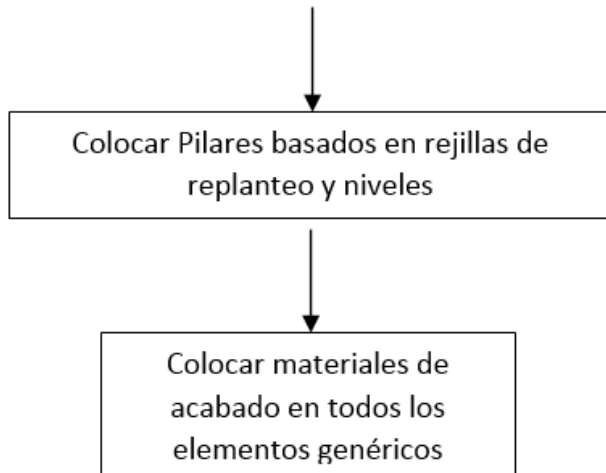
*Figura 35. Despiece modelo LOD 100.2014.
Elaboración propia*

3.2 Objetivo LoD 200



· Esquema del proceso de modelado LoD 100:





· Descripción del proceso de modelado LoD 200:

Para continuar con el modelado y avanzar hasta el LoD 200, el siguiente paso es sustituir los huecos. Se sustituirán los huecos creados en el LoD 100 por carpinterías genéricas con el ancho de proyecto.

A continuación se realizarán los huecos en los suelos que permitirán el paso de instalaciones.

Después de las carpinterías y los huecos de paso de instalaciones, toca colocar los pilares. Se colocarán basándose en niveles y rejillas de replanteo colocadas en el modelado del LoD 100.

Ahora se colocan los pavimentos y los falsos techos en todos aquellos lugares marcados en proyecto. (Figura 38)

El último paso que se realiza y con él se llega al LoD 200 es la colocación de los acabados en el modelo. Esto permitirá observar cómo quedan las soluciones adoptadas. (Figura 46, Figura 47)

· Incongruencias detectadas durante el modelado LoD 200:

Incongruencias e indefiniciones detectadas durante la fase de modelado LoD 200				
Número de incongruencia	carácter	descripción	documentos consulta	Figuras
11	gráfico	Contradicción en el tipo de puerta que da acceso al semisótano desde el local. Los planos de distribución establecen una achura de 0'725 m y el plano de carpintería 0'825 m	· Planos de proyecto (Anexo 1)	-
12	gráfico /Constructivo	Indefinición de la altura a la que deben colocarse las carpinterías.	· Planos de proyecto (Anexo 1)	-
13	Constructivo	Indefinición de pilares. Se trata de los pilares que salvan la altura comprendida entre el final del muro de contención y la cara inferior del forjado de PB	· Planos de distribución y planos de estructura (Anexo 1)	Figura 36

14	gráfico	Contradicción entre planos de arquitectura y de estructura. Los pilares P7, P8,P7', P8' que van desde semisótano hasta aprovechamiento bajo cubierta, se grafían de 35x35 cm en arquitectura y de 30x30 cm en estructura	<ul style="list-style-type: none"> · Plano de planta (Anexo 1) · Mediciones y Presupuesto (Anexo 1) 	Figura 37
15	gráfico	Contradicción entre la anchura grafiada en los planos y el espesor resultante de la solución constructiva	<ul style="list-style-type: none"> · Planos de proyecto (Anexo 1) · Mediciones y Presupuesto (Anexo 1) · DB SUA-SUA 1 	-
16	gráfico	Contradicción entre planos de arquitectura y estructura. Todos los huecos grafiados en los planos de arquitectura colisionan con algún elemento estructural del forjado	<ul style="list-style-type: none"> · Planos de distribución y planos de estructura (Anexo 1) 	-
17	diseño / Salubridad	*	<ul style="list-style-type: none"> · Planos de proyecto (Anexo 1) · Mediciones y Presupuesto (Anexo 1) · DB HS-HS5 · PGOU Tavernes de la Valldigna · Modificación nº: 3 PGOU Tavernes de la Valldigna 	-

***Descripción y análisis de la incongruencia número 17:**

Durante la colocación de las carpinterías, y debido a la indefinición de su altura de antepecho se opta por cumplir con lo especificado en DB HS-HS1. Las carpinterías tendrán que estar elevadas 0,20 cm por encima del pavimento de la cubierta plana para que se pueda prolongar la lámina impermeable.

Acto seguido a la colocación de carpinterías se observan diversos problemas:

1. No existe la suficiente altura para colocar la puerta balconera. (Figura 39)
2. Incumplimiento del DB HS-HS5, deberán existir dos sumideros por terraza como mínimo o uno complementado con un rebosadero.
3. La sección constructiva del proyecto presenta incongruencias en la información gráfica y numérica. Altura acotada desde la cara superior del último forjado horizontal hasta cara inferior del forjado inclinado. (Figura 40, Figura 41)
4. El antepecho sur de la terraza de aprovechamiento bajo cubierta, no cumple con los 1,20 m de altura mínimos exigidos por normativa urbanística. (Figura 42)

Para finalizar, afirmar que aunque la pendiente del 40% fuera correcta y se realizara otro diseño de cubierta (2 sumideros), no se podría cumplir con el DB HS-HS1 y la normativa urbanística a la vez. Para cumplir el DB HS-HS1 se tendría que elevar la altura de cumbrera, con lo que terminaría incumpléndose el valor

máximo establecido por normativa urbanística. (Figura 43, Figura 44 Figura 45)

- Figuras de las incongruencias detectadas en el modelado LoD 200:

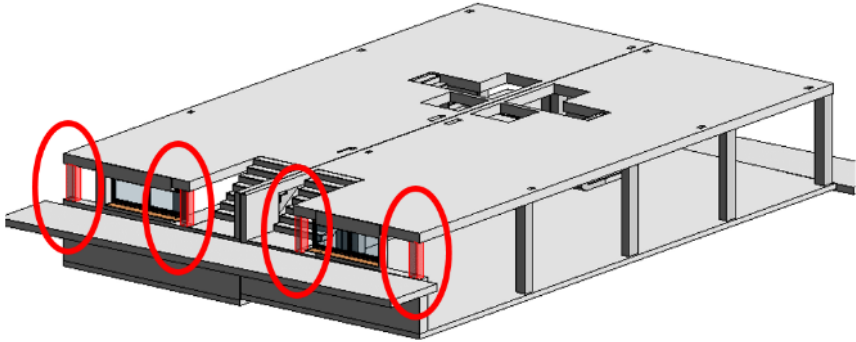


Figura 36. Pilares no definidos en proyecto. 2014. Elaboración propia.

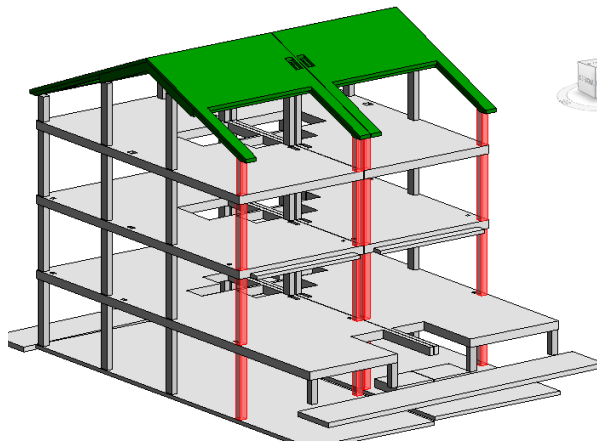


Figura 37. Incongruencia entre plano de arquitectura y plano cimentación/cuadro de pilares. 2014. Elaboración propia

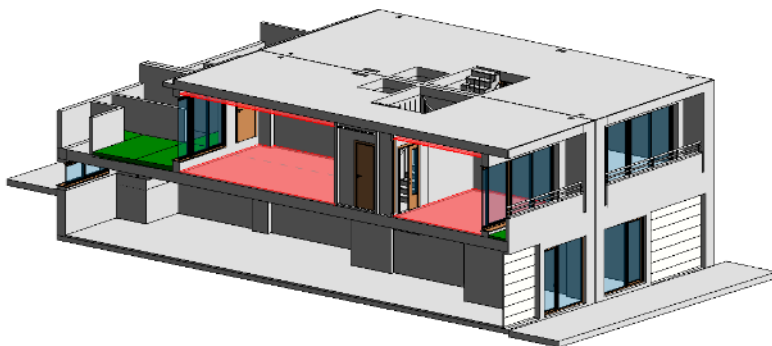


Figura 38. Colocación de suelos y falsos techos genéricos. 2014. TFG

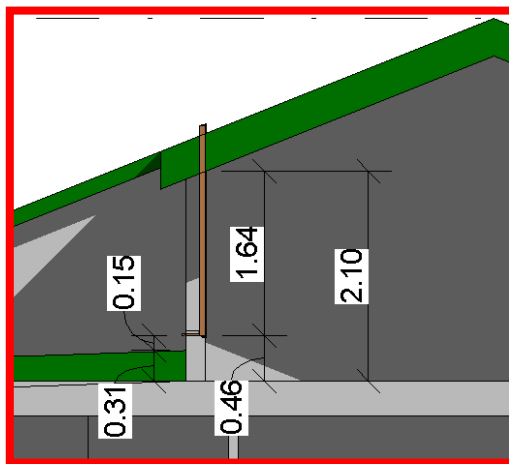


Figura 39. Colocación de la carpintería de acceso a cubierta plana. 2014. Elaboración propia

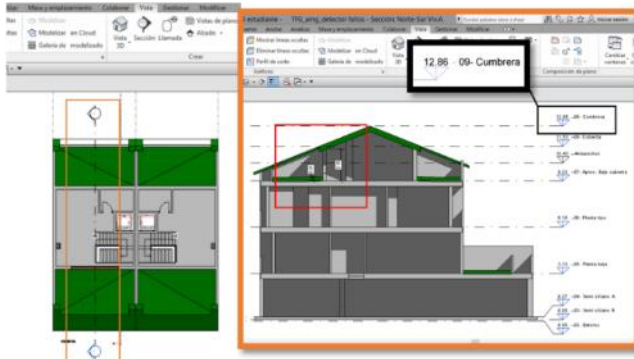


Figura 40. Comparativa de la dimensiones acotadas en proyecto (izq.) y las dimensiones reales (drcha.).2014.
Elaboración propia

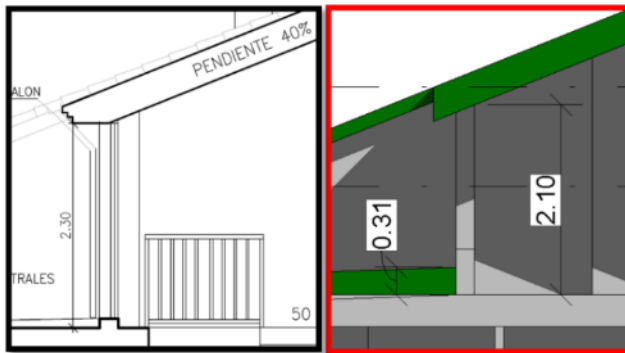


Figura 41. Planta Aprovechamiento bajo cubierta y sección norte-sur por la vivienda A.2014. Elaboración propia.

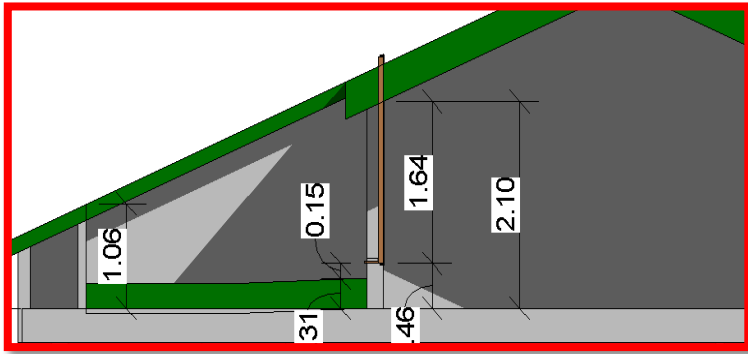


Figura 42. Incumplimiento altura antepecho. 2014. Elaboración propia.

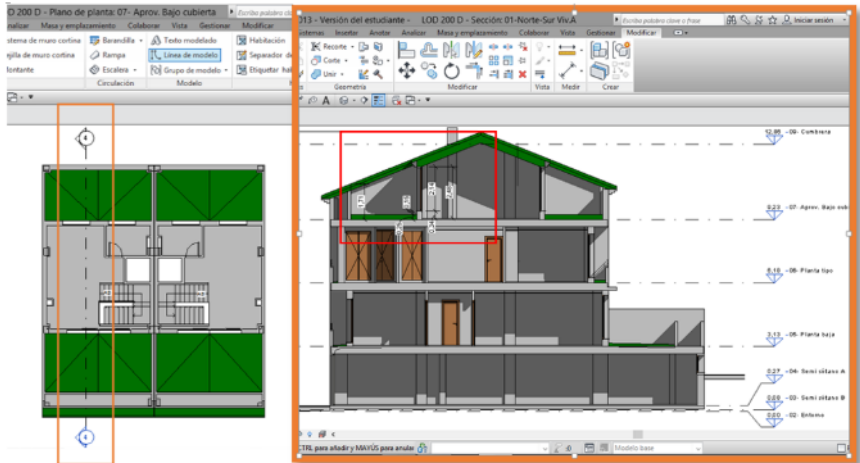


Figura 43. Modificación cubierta plana y altura de cubierta inclinada para el cumplimiento de la altura requerida. 2014. Elaboración propia.

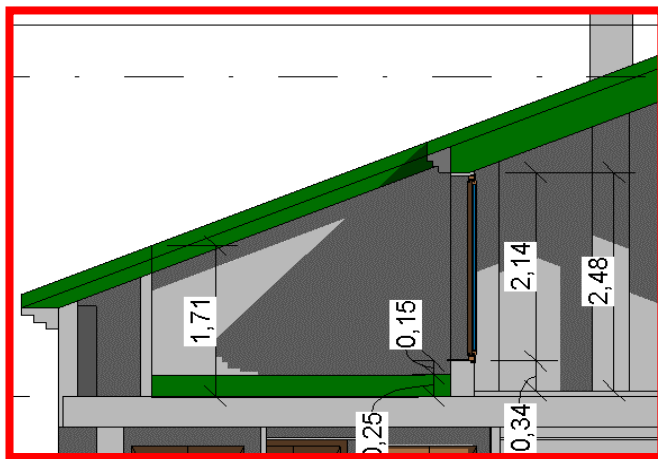


Figura 45. Detalle de salida a terraza aprovechamiento bajo cubierta, modelo con solución de prueba. 2014. Elaboración propia

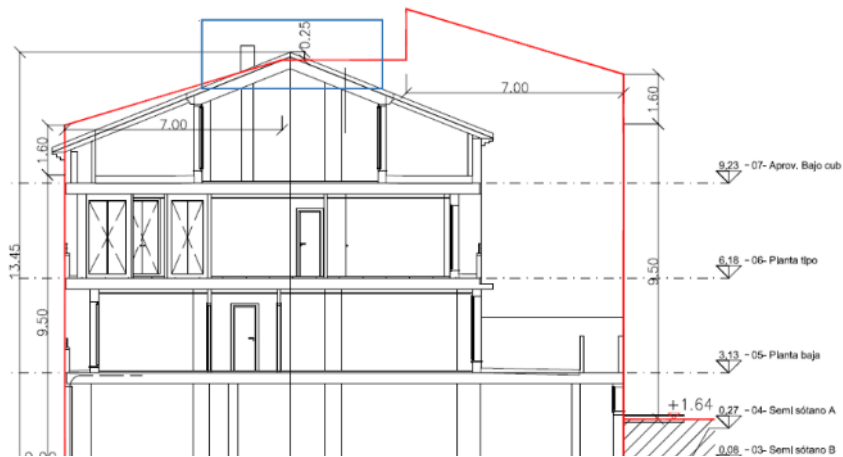


Figura 44. Estudio y comparación de la volumetría marcada por las normas urbanísticas con la solución de proyecto cumpliendo el CTE. 2014. Elaboración propia.

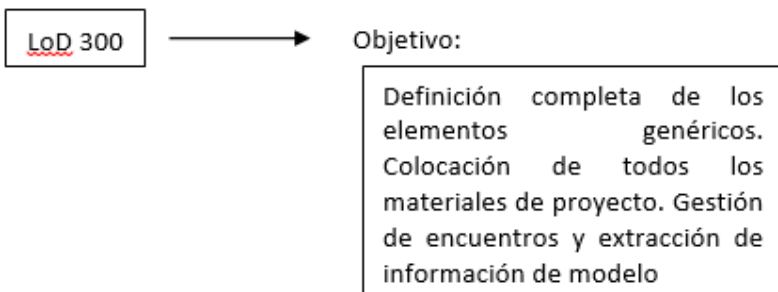


Figura 46. Modelo LoD 200. 2014. Elaboración propia

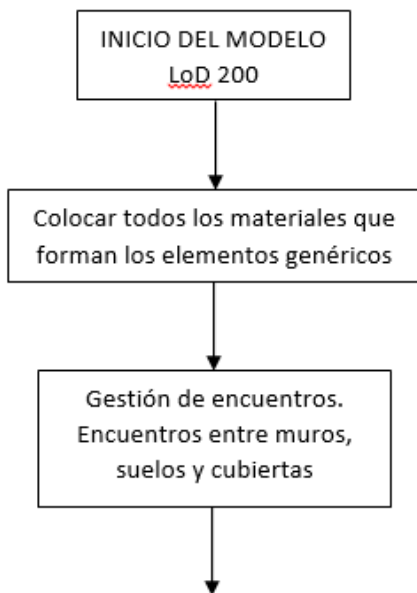


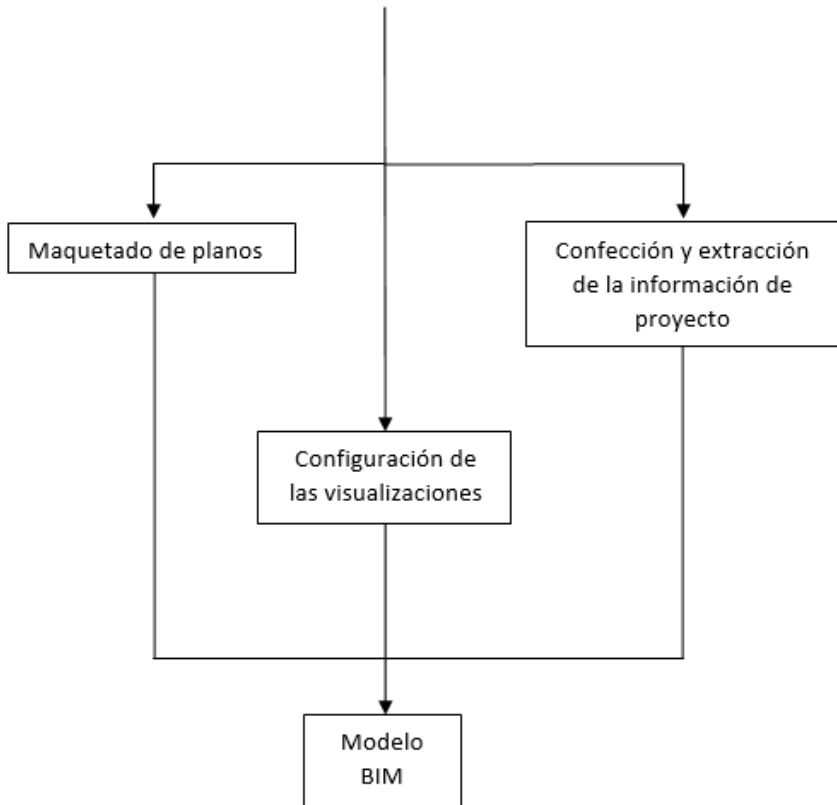
Figura 47. Modelo LoD 200. 2014. Elaboración propia

3.3 Objetivo LoD 300.



· Esquema del proceso de modelado LoD 300:





· Descripción del proceso de modelado LoD 300:

Para seguir nutriendo al modelo de información de proyecto, ahora es el momento de colocar los materiales. Materiales de todas las capas de los elementos constructivos de proyecto que se han colocado con carácter genérico.

Se deberá editar la estructura de los elementos constructivos y colocar los materiales según proyecto (Figura 48, Figura 49).

Los materiales a colocar se deberán seleccionar de una biblioteca interna de Revit. En el caso de que no exista el material a utilizar, se tendrá que crear a partir de uno existente. Para ello se duplicará el material más parecido al que se quiere crear y después deberá editarse. Todos estos materiales al igual que todo aquello que se cree en el modelo, no hará falta volverlo a crear en proyectos venideros.

Un beneficio de los programas BIM es la capacidad de salvar todo aquello que se cree nuevo. Se guardará en una plantilla, plantilla que se utilizará siempre que se arranque un proyecto nuevo. Así se dispondrá de todo lo necesario al instante. La plantilla es un elemento vivo, cuándo más se desarrolle menor será el tiempo empleado en proyecto. Se optimizará el proceso.

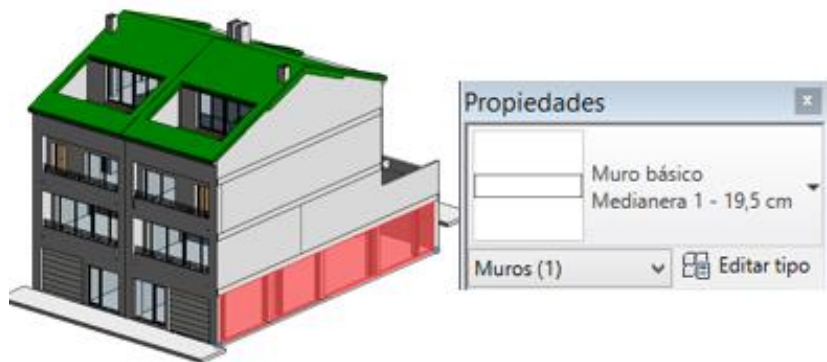
Colocados todos los materiales de proyecto, se deberán gestionar los encuentros entre muros, cubiertas y suelos para que así, guarden coherencia constructiva. (Figura 50, Figura 51)

De esta manera se conseguirá obtener un modelo BIM con un LoD 300. Este modelo contendrá información fiable en cuanto al volumen, la orientación, la ubicación, los materiales, las formas, las cantidades, etc.

En el siguiente punto se analizará cómo mediante la gestión de datos que ofrece BIM y sus herramientas, se pueden obtener tablas de planificación. Tablas que muestren en tiempo real los parámetros que deseemos de cualquier elemento del modelo.

Con ello se pretende hacer una comparativa entre mediciones de las partidas de proyecto y las mediciones obtenidas de las tablas de planificación de Revit. Observando el resultado obtenido.

·Figuras colocación de materiales:



Capas					
CARA EXTERIOR					
	Función	Material	Grosor	Envoltentes	Material estructural
1	Contorno de	Capas por en	0,0000		
2	Estructura	<Por categ	0,1950	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Contorno de	Capas por de	0,0000		
CARA INTERIOR					

Figura 48. Muro de medianera básico. 2014. Elaboración propia

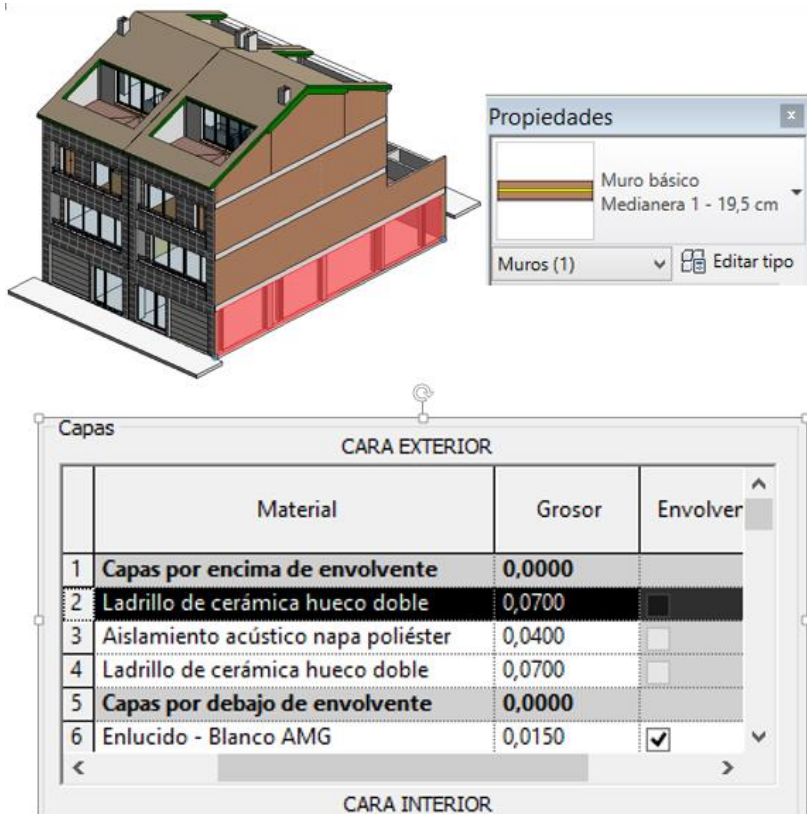


Figura 49. Muro de Medianera LOD 300. 2014. Elaboración propia

· Gestión de encuentros:

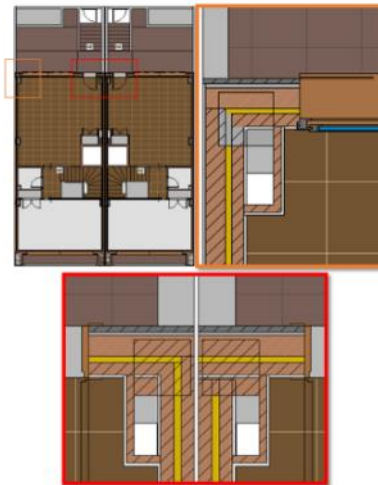


Figura 51. Encuentro de muros sin gestionar PB. 2014. Elaboración propia

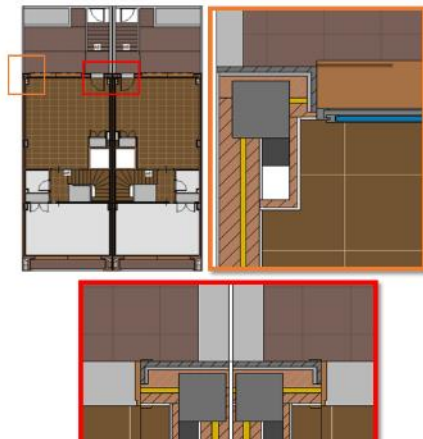


Figura 50. Encuentro de muros gestionados PB. 2014. Elaboración propia

Además de las utilidades que se comentan en el punto siguiente tras la finalización de este punto se concluye que, llevar a cabo un proyecto mediante la metodología BIM, favorecerá la detección temprana de errores, incongruencias y evitará indefiniciones. Prueba de ello son todas aquellas numeradas a lo largo del modelado de las viviendas.

3.4 Utilidad de cada modelo LoD, 100, 200 y 300

Cada uno de los modelos conseguidos durante la fase de modelado y estructuración de la información tiene niveles de desarrollo distintos. Contendrán más o menos información, por eso cada uno de ellos tendrá una utilidad distinta.

LoD 100:

- Realizar un análisis energético a partir de la envolvente de la edificación.
- Comparar la normativa urbanística del municipio en el que se ubique.
- Realizar esquemas y demás planos gráficos que ayuden a entender la posible disposición de materiales, elementos constructivos, etc. Plano nº: 09 - 16, 20 y 21 (Anejo II)
- Obtención de información alfanumérica mediante tablas de planificación (visualización de información de modelo). Éstas permitirán realizar: medición de superficies construidas, útiles, medición aproximada de elementos constructivos, entre otras. De esta manera los presupuestos siempre estarán fundamentados por

información de proyecto, por datos reales de modelo. Tablas de planificación cantidades. Anexo II Plano nº: 7, 8, 19 y 22-25.

LoD 200:

- Visualizar soluciones constructivas elegidas. A través del modelo o complementándolo con la renderización. (Figura 53, Figura 52)
- Permitirá la toma de decisiones por parte del cliente.
- Visualizar los costes aproximados de lo establecido hasta el momento, visualizar los costes que puedan acarrear los posibles cambios. Economizar en el proceso de toma de decisiones.
- Materializar la idea del cliente de forma rápida y con una aproximación del coste inmediata.

En resumen, posibilitará empezar a reducir el grado de incertidumbre del proyecto, acotando el riesgo. Riesgo que puede ser fruto de la definición incompleta del proyecto, diseño defectuoso, errores u omisiones, malas estimaciones siendo generalmente bajas, etc.

LoD 300:

- Obtener información fiable, real y estructurada.
- Obtener información alfanumérica y gráfica vinculada.
- Obtener documentación necesaria para llevar a cabo un proyecto de ejecución.



Figura 53. Render Salón comedor. 2014. Elaboración propia



Figura 52. Render 360º de la cocina. Para ver hacer Ctrl+click en imagen. 2014. Producción propia

3.5 Gestión de datos del modelo obtenido

Tal y como se habla en el apartado anterior e incluso en el desarrollo del presente trabajo, la gestión de datos en mi opinión, es el punto fuerte del BIM. La gestión que permite a través del uso de parámetros y tablas de planificación. Las tablas de planificación son una vista más de modelo, una vista que proporciona información de carácter alfanumérico.

Las tablas se crean para una determinada categoría de proyecto (puertas, ventanas, muros, habitaciones, áreas,...), esto permitirá contabilizar y estructurar la información según una serie de parámetros. Parámetros como por ejemplo, área, nivel, departamento, longitud, anchura, altura, perímetro, etc.

No solamente se podrán utilizar aquellos parámetros que ya existan para el control de la información, sino que también se podrán crear nuevos. Por ejemplo un parámetro que responda al porcentaje de participación de las terrazas en el cómputo de las superficies.

Solo hay que saber si ese parámetro se aplicará a todos los elementos de una misma tipología o solamente a un determinado número de ejemplares. (Tipología: Ventana abatible 1.2 x 1.2 m, Ejemplar: las ventanas de forma individual).

Las tablas de planificación son totalmente configurables y modificables. Quiere decir que se pueden elegir que parámetros utilizar en la tabla, que parámetros mostrar, ordenarlos por niveles en orden descendente o ascendente, hacer un recuento de la cantidad total. Permite filtrar por parámetros para que solamente

muestre aquella información que interesa y de la forma que interesa.

Las posibilidades que ofrece para gestionar toda la información son infinitas. Estas tablas se pueden copiar y editar para poder mostrar la misma información de distintas formas, según el interés.

Debido a que las vistas de modelo son visualizaciones de la información contenida en este, Capítulo 2 apartado 7.2, solamente con seleccionar alguno de los elementos que aparecen en las tablas de planificación, quedará seleccionado en las demás vistas. (Figura 61)

Además de lo comentado anteriormente y como figura más adelante en este mismo apartado, estas tablas de planificación son exportables a Excel. Se pueden modificar al gusto y lo más importante, se podrán colocar en una memoria Word de manera vinculada al modelo Revit. Esta vinculación no puede llamarse BIM ya que la actualización no se hace de manera automática. Modificado el modelo Revit, se deberá arrancar un proceso manual para llevarse a cabo. Este proceso de tiene un riesgo y es que dependerá del factor humano para llevarse a cabo. El proceso no precisará de la introducción de las modificaciones de forma manual, solamente se deberá proceder a la actualización de los archivos.

Las tablas que se muestran a continuación son las obtenidas del modelo LoD 300 del proyecto. Con ellas se pretende realizar una pequeña comparativa con las mediciones de las partidas correspondientes de proyecto.

Esto demuestra la utilidad de la gestión de datos mediante parámetros y tablas de planificación.

Además estas tablas de planificación exportadas a Excel están vinculadas con el modelo Revit. Aunque no se actualizarán de forma directa ante cualquier cambio, si lo arán mediante un sencillo proceso manual. Ver video Figura 54.

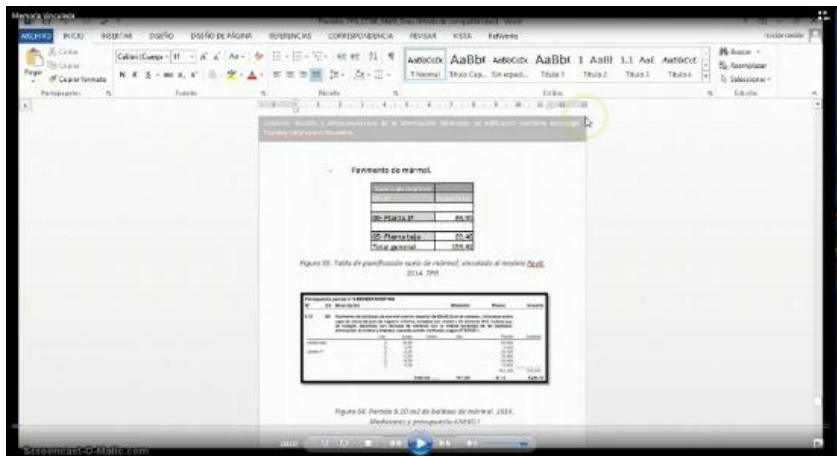


Figura 54. Video memoria vinculada al modelo Revit, pulsar Ctrl+click para visualizar. 2014. Elaboración propia a partir de http://www.youtube.com/watch?v=dmN9Bk_o8oY

Mediciones Proyecto vs. Tablas planificación modelo BIM

- Pavimento de mármol.

Suelo de mármol	
Nivel	Superficie
06- Planta 1ª	89,95
05- Planta baja	69,46
Total general	159,41

Figura 55. Tabla de planificación suelo de mármol, vinculada al modelo Revit. 2014. TFG

Presupuesto parcial nº 9 REVESTIMIENTOS								
Nº	Ud	Descripción	Medición			Precio	Importe	
9.10	M2	Pavimento de baldosas de marmol marrón imperial de 60x40x2cm de espesor, colocadas sobre capa de arena de 2cm de espesor mínimo, tomadas con mortero de cemento M-5, incluso p.p. de rodapié, rejuntado con lechada de cemento con la misma tonalidad de las baldosas, eliminación de restos y limpieza, acabado pulido vitrificado, según NTE/RSR-1.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
	planta baja		2	33,30			66,600	
			2	2,70			5,400	
	planta 1ª		2	12,35			24,700	
			2	10,20			20,400	
			2	19,70			39,400	
			2	5,30			10,600	
							167,100	167,100
					Total m2:	167,100	31,12	5.200,15

Figura 56. Partida 9.10 m2 de baldosa de mármol. 2014. Mediciones y presupuesto Anejo I

- Pavimento de baldosa gres esmaltado.

Suelo de gres esmaltado	
Nivel	Superficie
07- Aprov. Bajo cubierta	45,28
06- Planta 1ª	19,99
05- Planta baja	45,96
04- Semi sótano A	88,37
03- Semi sótano B	88,23
Total general	287,81

Figura 57. Tabla de planificación suelo baldosa gres esmaltado, vinculada al modelo Revit. 2014. TFG

9.9 M2 Pavimento cerámico con junta mínima (1.5 - 3mm) realizado con baldosa de gres porcelánico esmaltado monocolor de 30x30cm, colocado en capa fina con adhesivo cementoso mejorado (C2) y rejuntado con mortero de juntas cementoso mejorado (CG2), incluso p.p. de rodapié, cortes y limpieza, según NTE/RPA-3 y Guía de la Baldosa Cerámica (Documento Reconocido por la Generalitat DRB 01/06).						
	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
planta baja	2	88,52			177,040	
CUARTOS HÚMEDOS						
aseo	2	2,42			4,840	
cocina	2	20,65			41,300	
	2	1,10			2,200	
baño 1	2	5,05			10,100	
baño 2	2	5,30			10,600	
torreta	2	20,35			40,700	
	2	4,05			8,100	
					294,880	294,880
				Total m2	294,880	26,55
						7.829,06

Figura 58. Partida 9.9 m2 de baldosa de gres esmaltado. 2014. Mediciones y presupuesto ANEXO I

- Falso techo placas de escayola.

Tabla de planificación de techos. Escayola	
Nivel	Superficie
06- Planta 1ª	100,5
05- Planta baja	112,36
Total general	212,86

Figura 59. Tabla de planificación falso techo escayola, vinculada al modelo Revit. 2014. TFG

9.15 M2 Falso techo realizado con placas de escayola lisa de 100x60cm, sustentado con esparto y pasta de escayola, incluso p.p. de moldura perimetral y tabicas, según NTE/RTC-16.							
	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
PL. 1ª							
salón-comedor	2	32,65			65,300		
distribuidor	2	2,70			5,400		
aseo	2	2,42			4,840		
cocina	2	20,65			41,300		
PL. 2ª							
dormitorios	2	9,20			18,400		
	2	11,10			22,200		
	2	16,95			33,900		
distribuidor	2	5,30			10,600		
baño 1	2	5,05			10,100		
baño 2	2	5,30			10,600		
					222,640	222,640	
				Total m2	222,640	5,33	1.186,67

Figura 60. Partida 9.15 m2 falso techo con placa escayola. 2014. Mediciones y presupuesto ANEXO I

Por último para finalizar este apartado se obtiene una tabla de planificación cantidades de muros. En esta tabla que se importará a Excel de manera vinculada, se podrán añadir nuevas columnas y obtener mediciones de cada capa que forma el muro. Como ejemplo se han calculado los m² de aplacado de piedra y los m² de enfoscado.

Tipos de Muro PLANO 24				
Tipo	Descripción	Anchura	Longitud	Superficie
Antepecho 1 - 13,5 cm	APL+MA+LH 7+ENF	0,135	31,27	25,69
Antepecho 2 (sur) - 20 cm	APL+MA+HA	0,2	11,98	16,43
Antepecho 3 - 12,5 cm	LH 11+ENF	0,125	11,89	16,27
Antepecho (norte) - 28,5 cm	APL+MA+HA+LH 7+ENF	0,285	11,95	21,82
Ascensor 1 - 15 cm	ENL+LP11+ENF	0,15	32,7	75,67
Ascensor 1.2 - 15 cm	ALI+MC+LP11+ENF	0,15	2,96	8,61
Enlucido - 1,5 cm	ENL	0,015	1,38	2,84
Fachada 1 - 18 cm	APL+MA+LP11+ENL	0,18	11,74	14,55
Fachada 2 - 28 cm	APL+MA+LP 11+AIS+LH 7+ENL	0,28	45,82	59,25
Fachada 2.1 - 23 cm	APL+MA+LP 11+AIS+LH 7+ENL	0,23	0,74	2,62
Fachada 3 - 23 cm	LP 11+AIS+LH 7+ENL	0,23	1,58	4,67
Fachada 4 - 24,5 cm	ENF+LP 11+AIS+LH 7+ENL	0,245	18,6	25,36
Fachada 5 - 25 cm	ENF+LP 11+AIS+LH 7+ENL	0,25	5,19	7,56
Falseado 1 - 5,5 cm	LH 4+ENL	0,055	41,61	85,55
Falseado 3 - 16,5 cm	APL+MA+LP 11	0,165	9,87	22,35
Falseado 4 (fachada) - 5 cm	APL+MA	0,05	4,19	12,8
Falseado 5 - 6 cm	LH 4+MC+ALI	0,06	7,14	17,16
falseado 6 - 8,5 cm	ENF+LH 7	0,085	1,98	2,31
Falseado 7 - 6 cm	LH 4+MC+ALI	0,06	1,37	3,94
Falseado 8 - 7 cm	ENL+LH 4+ENL	0,07	4,91	4,6
Falseado 9 - 8,5 cm	AIS+LH 4+ENL	0,085	1,92	2,92
Jardín 1 - 14 cm	ENF+LH11+ENF	0,14	14,83	17,2
Jardín 2 - 12 cm	ENF+LH 9+ENL	0,12	6,01	5,48
Jardín 3 - 19,5 cm	LH 9+CA+LH 7+ENF	0,195	2,64	3,81
Jardín 4 - 18 cm	APL+MA+LP 11+ENF	0,18	8,51	10,19
Medianera 1 - 19,5 cm	LH7+AIS+LH7+ENL	0,195	113,16	302,28
Medianera 1.1 - 19,5 cm	LH7+AIS+LH7+ENF	0,195	11,6	32,21
Medianera 1.2 - 7 cm	LH7	0,07	6,8	14,76
Medianera 1.3 - 20 cm	LH7+AIS+LH7+MC+ALI	0,2	14,42	36,86
Medianera 1.5 - 18 cm	LH7+AIS+LH7	0,18	2,21	6,96
Medianera 1.6 - 18 cm	LH7+AIS+LH7+ENL	0,18	2,57	3,18
Medianera 2 - 24 cm	ENF+LH11+AIS+LH7+ENL	0,24	41,52	126,94
Medianera 2.1 - 24,5 cm	ENF+LH11+AIS+LH7+MC+ALI	0,245	6,47	19,29
Medianera 2.2 - 8,5 cm	ENF+LH 7	0,085	2,27	5,59
Medianera ABC 1 - 14 cm	ENF+LH 11+ENF	0,14	7,43	13,33
Medianera ABC 2 - 12,5 cm	ENF+LH 11	0,125	21,98	39,99
Medianera exterior 1 - 12,5 cm	LH 11+ENF	0,125	4,65	8,28
Medianera Exterior 2 - 14 cm	ENF+LH11+ENF	0,14	4,65	8,28
Medianera Exterior Central - 19,5 cm	ENL+LH 7+LH 11	0,195	9,3	16,56
Muro Calle Peatonal - 33,5 cm	APL+MA+LH 11+CA+AIS+LH 7+ENL	0,335	8,42	7,58
Muro de contención 1 - 33,5 cm	HA+H 7+ENL	0,335	8,52	13,67
Muro de contención 2 - 25 cm	HA	0,25	3,24	5,83
Muro Pie escalera - 21,5 cm	HA+ENL	0,215	5,81	8,75
Muro puerta peatonal - 18 cm	APL+MA+LP 11+ENF	0,18	3,34	3,19
Muro yeso - 2 cm	YESO	0,02	10	1,16
Partición 1 - 10 cm	ENL+LH7+ENL	0,1	78,55	163,22
Partición 2 - 8,5 cm	ENL+LH 7	0,085	5,93	3,94

Partición 3 - 10,5 cm	ENL+LH 7+MC+ALI	0,105	31,36	70,77
Partición 3.1 - 11 cm	ALI+MC+LH 7+MC+ALI	0,11	7,35	18,2
Partición 6 - 10 cm	AIS+LH 7+ENL	0,1	0,43	0,85
Partición 7 - 7 cm	ENL+LH 4+ENL	0,07	19,08	15,79
Partición 7.1 - 7,5 cm	ENL+LH 4+ENL	0,075	3,15	3,54
Shunt - 8,5 cm	ENF+LH 7	0,085	6,57	7,94
m2 Aplacado Piedra				
m2 enfoscado SM vertical				
		196,47	599,49	

Figura 62. Tabla de planificación de muros, vinculada al modelo Revit. 2014. TFG

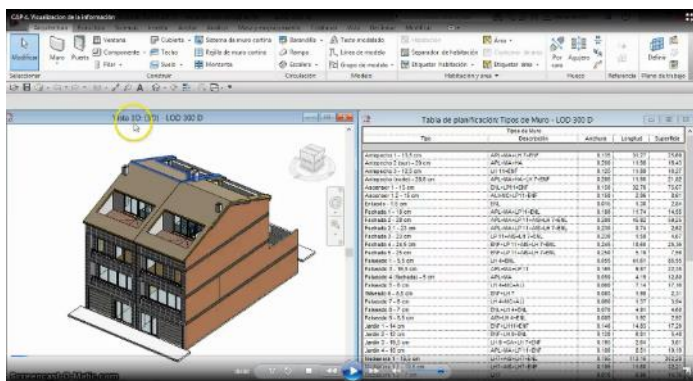


Figura 61. Relación entre las distintas vistas del modelo, Ctrl+click para ver el video. 2014. Elaboración propia

3.6 Posibilidades de futuro, promoción y proyección dentro del mercado laboral.

La metodología de trabajo BIM abre las puertas a nuevos roles de trabajo que pueden desempeñar los profesionales con la titulación de graduado en Arquitectura Técnica. Roles como BIM manager,

dirigirá y será responsable del proceso BIM en un proyecto o una parte de proyecto. Modelador BIM, formando parte de un equipo de redacción y diseño de proyecto. Facilities Manager, encargándose de la gestión y dirección del proceso de mantenimiento de los servicios e instalaciones. Otra posibilidad de trabajo es la de profesional del BIM 4D y 5D, integrando modelos BIM con sus respectivas planificaciones y presupuestos.

Esta forma de trabajar ofrece a día de hoy un amplio abanico de posibilidades que dentro de un tiempo, en mi opinión, el sector de la AEC demandará.

Capítulo 5.

Conclusiones

La utilización de la tecnología Building Information Modeling supone un cambio en la forma de trabajo tradicional. BIM evita el trabajo de manera aislada y permite/fomenta entornos colaborativos. Se debe a la forma de llevar a cabo los proyectos, mejorando la comunicación y la participación de los agentes.

El hecho de que mejore e induzca a trabajar de manera conjunta se puede vislumbrar a lo largo de los puntos que tratan las formas de trabajo según los proyectos, el concepto de contenedor único y las herramientas.

No obstante para demostrarlo se debería trabajar en BIM de manera conjunta y estudiar los entornos colaborativos.

BIM, a diferencia del método tradicional, establece una mayor carga de trabajo en las primeras fases de proyecto. Prueba de ello son las exigencias para la realización del modelo LoD 100.

Esto también prueba la reducción de incertidumbre que proporciona BIM durante estas fases. Además de por todas aquellas encontradas durante la fase de modelado, obteniendo una mejor gestión del riesgo.

Otra de las ventajas que aporta BIM, probada durante el desarrollo del modelado de las viviendas, es la detección temprana de errores y fallos.

Además de quedar probado por el desarrollo del modelado, también aporta veracidad el hecho de que con BIM a diferencia del CAD, no se dibuja se construye. Todo lo necesario para modelar y los procedimientos a seguir son la prueba.

La última de las ventajas, la reducción de incongruencias queda englobada en la misma que la anterior (desarrollo del modelado). Además también aportan veracidad a esa premisa, la exigencia de no duplicar la información, la información será única estará actualizada y al alcance de todos los intervinientes.

Por último hablar de la optimización del proyecto gracias, en parte, a la automatización de ciertos procesos como el de actualización de la documentación de proyecto y el de creación de plantillas.

Capítulo 6.

Índice de Figuras

Figura 1. Iniciativa Café con BIM. 2014. B. Fuentes	14
Figura 2. Cartel EUBIM 2014. 2014. http://www.eubim.com/ima/colaboradores.jpg , 2014	16
Figura 3. BIM como contenedor único de datos. 2014. http://i38.tinypic.com/2ugkl6f.jpg	19
Figura 4. "I" como cimiento del proceso. 2014. https://www.thenbs.com/images/articles/importanceOfTheIInBIM02.jpg	26
Figura 5. Ciclo de vida de la construcción. 2014. http://www.youtube.com/watch?v=FPaja7mLiTE&list=FLKte3H9Kepp_Lh4mHUKQAcA#t=179	28
Figura 6. Manchester Central Library. 2014. https://faro.blob.core.windows.net/sitefinity/case-studies/img1_us_ls_bury_2012_fr.jpg?sfvrsn=0	29
Figura 7. Información en forma de tabla de planificación y en forma geométrica. 2014. Elaboración propia.	30
Figura 8. Fase de diseño. 2014. Elaboración propia a partir del Curso de iniciación al BIM con Revit™ de Autodesk®	32
Figura 9. Detección de colisiones. 2014. http://www.bimworks.cl/spa/wp-content/uploads/2014/02/WEB-REPORTE-COLISION1.png	33
Figura 10. Gestión inmobiliaria con BIM, Ctrl+ click para ver el video. 2014. https://www.youtube.com/watch?v=p7wocOohvOM	35

Figura	11.Facilities	Management.2014.		
http://canstarsegypt.com/pix/thumbs/Facilities%20Management.png				
.....			36	
Figura	12.Curva	de	MacLeamy.2014.	
http://simonbyng.files.wordpress.com/2013/08/macleamy-curve-2011.png?w=585&h=362				
.....			39	
Figura	13.Diferencia entre CAD y BIM.2014.	(Krygiel, Nies 2008).....	41	
Figura	14.Contenedor	único	como	
información.2014.	Eleaboración	propia	a	
			partir	
			de	
http://www.youtube.com/watch?v=FPaja7mLiTE&list=FLKte3H9Kepp_Lh4mHUKQAcA			42	
Figura	15.LoD 100	Diseño conceptual.2014.	http://1.bp.blogspot.com/-Q2EPjBg_iFE/ULQcUaso7SI/AAAAAAAAASw/Vzn3aTUhV5E/s320/LOD+100.jpg	43
Figura	16.LoD 200	Modelado básico.2014.	http://2.bp.blogspot.com/-OTClbjPPNoA/ULQcV0m6aQI/AAAAAAAAAS4/_AAW_RBn6eU/s320/LOD+200.jpg	44
Figura	17.LoD 300	Ejecución.2014.	http://3.bp.blogspot.com/-NJcYg8P5-GE/ULQcXAQS1_I/AAAAAAAAATA/MDi_E4-OI94/s320/LOD+300.jpg	44
Figura	18.LoD 400	Construcción.2014.	http://3.bp.blogspot.com/-NJcYg8P5-GE/ULQcXAQS1_I/AAAAAAAAATA/MDi_E4-OI94/s320/LOD+300.jpg	45
Figura	19.LoD	500	Mantenimiento.2014.	
http://lh6.ggpht.com/_9HPTvMQoJFQ/SVjIDaeAQvI/AAAAAAAAADl0/xzkpYjpigC0/FMlighting_thumb.jpg			46	
Figura	20.Level of Development.2014.	http://practicalbim.blogspot.com .		
.....			47	

Figura 21.Las dimensiones de BIM. 2014. <http://3.bp.blogspot.com/-Rn0nLAVxxSo/UzS0jmbc-UI/AAAAAAAAAFes/oTgrahvkbQE/s1600/BIM+3d4d5d6d7d.jpg>50

Figura 22.Visualización 3D de los datos geométricos albergados en la base de datos. 2014. TFG52

Figura 23.Solicitud de modificación para un elemento del modelo Revit 2014.2014. <http://cursorevit.com/wp-content/uploads/2013/12/Solicitud-de-edicion-recibida.jpg>56

Figura 24. Subproyectos.2014.Elaboración propia a partir del taller realizado en el Congreso EUBIM 2014. Taller práctico mediciones con BIM mediante el programa Medit.58

Figura 25.Proyectos vinculados. 2014. Elaboración propia a partir del taller realizado en el Congreso EUBIM 2014. Taller práctico mediciones con BIM mediante el programa Medit.60

Figura 26.Building smart.2014. http://www.atinne.com/wp-content/uploads/2012/03/BuildingSmart_openbim.jpg64

Figura 27. PB y Sección de proyecto. 2014. Anexo I.....66

Figura 28.Inserción niveles e importación CAD.2014. Elaboración propia.75

Figura 29. Incongruencia entre información gráfica y numérica.2014. Elaboración propia.....78

Figura 30. Modelo LoD 100, escalera P Semisótano-PB. 2014. Elaboración propia.....78

Figura 31. Indefinición cierre de escalera habitable-no habitable.2014. Elaboración propia.....79

Figura 32. Cubierta y escalera peatonal.2014. Elaboración propia.....79

Figura 33.Sección del modelo por la escalera peatonal.2014. Elaboración propia.....80

Figura 34. Modelo LoD 100.2014. Elaboración propia.80

Figura 35. Despiece modelo LOD 100.2014. Elaboración propia81

Figura 36. Pilares no definidos en proyecto. 2014. Elaboración propia.87

Figura 37. Incongruencia entre plano de arquitectura y plano cimentación/cuadro de pilares. 2014. Elaboración propia87

Figura 38. Colocación de suelos y falsos techos genéricos. 2014. TFG ..88

Figura 39. Colocación de la carpintería de acceso a cubierta plana.2014. Elaboración propia.....88

Figura 40. Comparativa de la dimensiones acotadas en proyecto (izq.) y las dimensiones reales (drcha.).2014. Elaboración propia.....89

Figura 41.Planta Aprovechamiento bajo cubierta y sección norte-sur por la vivienda A.2014. Elaboración propia.89

Figura 42. Incumplimiento altura antepecho. 2014. Elaboración propia.90

Figura 43. Modificación cubierta plana y altura de cubierta inclinada para el cumplimiento de la altura requerida. 2014. Elaboración propia.90

Figura 44. Estudio y comparación de la volumetría marcada por las normas urbanísticas con la solución de proyecto cumpliendo el CTE. 2014. Elaboración propia.....91

Figura 45. Detalle de salida a terraza aprovechamiento bajo cubierta, modelo con solución de prueba. 2014. Elaboración propia.....91

Figura 46. Modelo LoD 200. 2014. Elaboración propia92

Figura 47. Modelo LoD 200. 2014. Elaboración propia93

Figura 48. Muro de medianera básico. 2014. Elaboración propia97

Figura 49. Muro de Medianera LOD 300. 2014. Elaboración propia.....98

Figura 50. Encuentro de muros gestionados PB. 2014. Elaboración propia99

Figura 51. Encuentro de muros sin gestionar PB. 2014. Elaboración propia99

Figura 52. Render 360º de la cocina. Para ver hacer Ctrl+click en imagen. 2014. Producción propia102

Figura 53. Render Salón comedor. 2014. Elaboración propia102

Figura 54. Video memoria vinculada al modelo Revit, pulsar Ctrl+click para visualizar. 2014. Elaboración propia a partir de http://www.youtube.com/watch?v=dmN9Bk_o8oY105

Figura 55. Tabla de planificación suelo de mármol, vinculada al modelo Revit. 2014. TFG.....106

Figura 56. Partida 9.10 m2 de baldosa de mármol. 2014. Mediciones y presupuesto Anejo I.....106

Figura 57.Tabla de planificación suelo baldosa gres esmaltado, vinculada al modelo Revit. 2014. TFG.....107

Figura 58.Partida 9.9 m2 de baldosa de gres esmaltado. 2014. Mediciones y presupuesto ANEXO I107

Figura 59. Tabla de planificación falso techo escayola, vinculada al modelo Revit. 2014. TFG108

Figura 60. Partida 9.15 m2 falso techo con placa escayola. 2014. Mediciones y presupuesto ANEXO I108

Figura 62. Tabla de panificación de muros, vinculada al modelo Revit. 2014. TFG.....110

Figura 61. Relación entre las distintas vistas del modelo, Ctrl+click para ver el video. 2014. Elaboración propia110

Capítulo 7.

Referencias Bibliográficas

, CODEBIM: Collaborative Design Education using BIM. Available: <http://codebim.com/> [05-10, 2014].

ALARIO, E., DIESTRO, A., ALONSO, C., VIDONI, D., MATENCIO, M., SEGOVIA, P., PENA, S., SÁNCHEZ, X. and GANCEDO, A., 30-05-2014, 2012-last update, Grupo tiAT. Available: http://www.grupotocat.com/2012/11/que-sabes-de-bim_8281.html [03-20, 2014].

AUTODESK, I., 2007. *BIM: pequeño, mediano... extra grande*. www.autodesk.com: .

(1) AUTODESK, I., 2007. *El modelado de construcción paramétrico: la base de BIM*. www.autodesk.com: .

(2)AUTODESK, I., 2002. *Building Information Modeling*. www.autodesk.com/buildinginformatio: .

CERDÁN, A., 23-04-2014, 2014-last update, Acercas: Consultor Revit. Available: www.acercas.com [26-06, 2014].

CERDÁN, A., 2012. El BIM (II): Lo que no es BIM. *Noticias CAAT, Segundo cuatrimestre*.

EASTMAN, C.M., TEICHOLZ, P., SACKS, R. and LISTON, K., 2008. *BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. Primera edn. Hoboken, NJ: Hoboken, NJ : John Wiley & Sons.

GOROSITO, L., 2014. *Gestión Integral BIM*. 1ª edn. Universitat Politècnica de València.

KRYGIEL, E. and NIES, B., 2008. *Green BIM: successful sustainable design with building information modeling*. John Wiley & Sons.

MCPHEE, A., 02-05-2014, 2014-last update, practical BIM. Available: <http://practicalbim.blogspot.com.es/> [05-14, 2014].

NAVARRO, C., 08-07-2014, 2014-last update, arqtool. Available: <http://arqtool.blogspot.com.es/2013/11/hablando-de-sustentabilidad-en-mexico.html> [08-07, 2014].

QUIRK, V., 26-06-2014, 2014-last update, ArchDaily. Available: <http://www.archdaily.com/> [03-24, 2014].