



IMPACTO DEL BIM EN LA GESTIÓN DEL PROYECTO Y LA OBRA DE ARQUITECTURA

UN PROYECTO EN REVIT

CASA ENTRE LA PINADA | FRAN SILVESTRE ARQUITECTOS

AUTOR: ANDRÉS LÓPEZ AGUADO
TUTOR: FRANCISCO JUAN VIDAL

FECHA DE ENTREGA: 07 / 11 / 2016

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
ARQUITECTURA DE VALENCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR DE
ARQUITECTURA

IMPACTO DEL BIM EN LA GESTIÓN DEL PROYECTO Y LA OBRA DE ARQUITECTURA

UN PROYECTO EN REVIT

CASA ENTRE LA PINADA | FRAN SILVESTRE ARQUITECTOS

AUTOR: ANDRÉS LÓPEZ AGUADO
TUTOR: FRANCISCO JUAN VIDAL

FECHA DE ENTREGA: 07 / 11 / 2016

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
ARQUITECTURA DE VALENCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR DE
ARQUITECTURA

RESUMEN

RESUMEN

La constante aparición de nuevas aplicaciones que pretenden facilitar nuestras labores en el sector de la construcción para que seamos lo más eficiente posibles es cada vez más constante. Pese a esto, la mayoría de ellas no consiguen motivarnos a alterar nuestra forma de proceder cara a las diferentes fases que componen el proyecto de arquitectura, debido a la requerida formación que esto supone y su consecuente inversión de tiempo.

Dentro de este marco entra BIM, pero no como una aplicación más sino como una nueva metodología de procedimiento que ha venido para quedarse. Ya no se trata de dibujar nuestras ideas a través de un programa sino de poder simular su construcción mediante una maqueta virtual que contiene toda la información necesaria para llevar a cabo la ejecución de un proyecto, que hasta la fecha se generaba de forma disgregada entre numerosas herramientas con su consecuente falta de coordinación e incoherencias habituales en obra.

A través del presente trabajo analizaremos que es BIM, cual es su repercusión actual, los principales justificantes que lo catalogan como una herramienta más que indicada para alterar nuestra metodología de trabajo y el impacto que tiene en un proyecto a través del estudio de la Casa entre la Pinada de Fran Silvestre Arquitectos.

RESUM

RESUM

La constant aparició de noves ferramentes que pretenen facilitar-nos les nostres tasques en el sector de la construcció per ser el més eficient possibles és cada vegada més abundant. Malgrat això, la majoria d'elles no aconsegueixen motivar-nos a alterar la nostra forma de procedir davant de les diferents fases que formen el projecte d'arquitectura, a causa de la requerida formació que això suposa i la seua conseqüent inversió de temps.

Dins d'aquest marc entra BIM, però no com una aplicació més sinó com una nova metodologia de procediment que ha vingut a quedar-se. Ja no es tracta de dibuixar les nostres idees a través d'un programa sinó de poder simular la seua construcció mitjançant una maqueta virtual que conté tota la informació necessària per dur a terme l'execució d'un projecte, que fins hui es generava de forma disgregada entre nombroses aplicacions amb la seua conseqüent falta de coordinació y incoherències habituals en obra.

A través del present treball analitzarem que és BIM, quina és la seua repercussió actual, els principals justificants que ho cataloguen com una ferramenta més que indicada per a alterar la nostra metodologia de treball i l'impacte que té en un projecte a través de l'estudi de la Casa entre la Pinada de Fran Silvestre Arquitectos.

ABSTRACT

ABSTRACT

ABSTRACT

The constant appearance of new applications which pretend to facilitate our work in the construction industry in order to increase our efficiency has consistently increased. Despite this, most of them fail to motivate us to modify our way of working in the different phases that form the architectural project. This is due to the training and amount of time it requires.

In this context BIM appears, not as a new application but as a procedural methodology to stay. This methodology has nothing to do with drawing our ideas through a program but to stimulate its construction through a virtual model that contains all the necessary information in order to carry out the execution of a project, which to date has been executed by using different tools with the consequent lack of coordination and common inconsistencies between them.

Along this assignment we will analyse BIM, what their current impact is, the main documents that catalog it as a tool indicated to alter our methodology and the impact it has on a project through the study of the Casa entre la Pinada of Fran Silvestre Arquitectos.

ACRÓNIMOS

ACRÓNIMOS

ACRÓNIMOS

BIM: Building Information Modeling

CAD: Computer Aided Design

AIA: American Institute of architects

DWG: formato de archivo con el que trabaja Autocad

IPD: Integrated Project Delivery

LOD: Level of Development

TFG: Trabajo Final de Grado

RHC: designación que el estudio le da al proyecto

UPV: Universidad Politécnica de Valencia

Palabras clave: BIM, Building Information Modeling, Revit

ÍNDICE

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	01
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	04
2.1. OBJETIVOS	04
2.2. METODOLOGÍA	05
3. BUILDING INFORMATION MODELING	07
3.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN	07
3.2. CONCEPTO	11
3.3. BIM A NIVEL INTERNACIONAL	13
3.4. BIM A NIVEL EUROPEO	14
3.5. BIM A NIVEL NACIONAL	15

3.6. BIM EN LA ENSEÑANZA	16
3.7. CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS DE BIM	19
3.7.1. BIM MULTIDISCIPLINAR	20
3.7.2. BIM PARAMÉTRICO	21
3.7.3. BIM MULTIVISTA	22
3.8. SOFTWARES QUE UTILIZAN BIM	23
3.8.1. AUTODESK REVIT ARCHITECTURE	23
3.8.2. GRAPHISOFT ARCHICAD	24
3.8.3. NEMETSCHEK ALLPLAN	25
3.8.4. BENTLEY ARCHITECTURE	26
3.9. LAS DIMENSIONES EN BIM	27
3.9.1. DIMENSIÓN 3D. MODELO TRIDIMENSIONAL	28
3.9.2. DIMENSIÓN 4D. PROGRAMACIÓN	28
3.9.3. DIMENSIÓN 5D. ESTIMACIÓN DE COSTES	28
3.9.4. DIMENSIÓN 6D. SOSTENIBILIDAD	29
3.9.5. DIMENSIÓN 7D. MANTENIMIENTO	29
3.10. LOS NIVELES DE INFORMACIÓN DEL MODELO	29
3.11. BIM EN LOS DIFERENTES TIPOS DE PROYECTOS	33
3.11.1. PROYECTOS ESTANDARIZADOS	33
3.11.2. PROYECTOS SINGULARES	34
3.12. LA POSIBILIDAD DE EMPEZAR UN PROYECTO EN BIM DESDE 0	35
3.13. ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO EN GRUPO	36
4. IMPACTO EN LA GESTIÓN DEL PROYECTO	40

4.1. ENTREVISTAS A PROFESIONALES EN EL CAMPO	41
4.2. LEVANTAMIENTO DE LA CASA ENTRE LA PINADA	41
4.2.1. DIFICULTADES	43
4.2.2. INCOHERENCIAS	48
4.3. MODELO PARALELO AL SEGUIMIENTO DE LA OBRA	50
5. CONCLUSIONES	55
6. ÍNDICE DE FIGURAS	58
7. BIBLIOGRAFÍA	65

ANEXO 01. ENTREVISTAS A PROFESIONALES EN EL CAMPO

ANEXO 02. ANÁLISIS DEL PROYECTO

ANEXO 03. LEVANTAMIENTO DEL PROYECTO EN REVIT

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El uso de las herramientas informáticas en el sector de la construcción es algo con lo que se lleva experimentando hace décadas y gracias a las cuales hemos conseguido ir incrementando paulatinamente nuestra eficiencia en el desarrollo de un proyecto, reduciendo de forma notable los tiempos asignados para el cumplimiento de unos plazos establecidos.



[Fig.00]: DIRECCIÓN DE OBRA.

Dentro de este marco, podemos considerar CAD ⁽¹⁾ como el principal programa de diseño asistido por ordenador que supuso una gran revolución en la forma de proceder cara al desarrollo de las obras de arquitectura, permitiéndonos dibujar íntegramente un proyecto a través del ordenador y realizar todas aquellas modificaciones que encontrásemos pertinentes sin una pérdida excesiva de tiempo; produciéndose así un gran salto frente al trazado clásico a mano de los diferentes planos.

Progresivamente fueron surgiendo otros programas que nos empezaron a ofrecer nuevas posibilidades tales como la obtención de presupuestos a través de las mediciones y las partidas de una obra (Presto, Arquimedes, ...), la realización de infografías que nos permitiesen obtener a los arquitectos y a los clientes una visión previa del resultado final de nuestro proyecto (3D max, Sketchup, ...), el modelado de maquetas virtuales en 3D que nos dieran la posibilidad de resolver aquellas cosas que en 2D no acabásemos de visualizar (Autocad, Rhinoceros, ...), etc.



⁽¹⁾ CAD: Computer-Aided Design (diseño asistido por ordenador)

[Fig.01]: EJEMPLOS DE HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS DEL SECTOR ARQUITECTÓNICO.

Dentro de este último grupo surge la tecnología BIM ⁽²⁾, con el principal objetivo de darle mayor significado a esas maquetas en tres dimensiones, de forma que no sólo nos proporcionen las posibilidades ya mencionadas sino que a través de la introducción de más dimensiones se les dé una utilidad en otras fases del proyecto a parte de la de diseño, y poder eliminar de esta forma la gran cantidad de incoherencias que se van acumulando en el diseño de los planos.

⁽²⁾ BIM: Building information modeling

No debemos concebir esta nueva posibilidad como un complemento a otros programas sino como una nuevo procedimiento de trabajo que nos permite controlar por completo y de forma paralela tanto temas propios del diseño como constructivos a través de un único contenedor en el cual aparece reflejada toda la información que nos sea necesaria para la redacción de las diferentes fases de un proyecto.

OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1. OBJETIVOS

El presente trabajo final de grado pretende evaluar el impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura a través de un enfoque teórico previo que nos permita analizar con más detenimiento aquellas preguntas que nos surgen en nuestra primera toma de contacto con Revit y las ventajas que nos ofrece frente a la forma convencional de trabajo; además de un posterior desarrollo práctico para poder ver aplicado todo lo explicado. Para ello se estudiarán los siguientes objetivos que se irán analizando a lo largo del desarrollo del trabajo:

ENFOQUE TEÓRICO:

- Que es BIM.
- Uso del BIM a nivel internacional, europeo y nacional.
- BIM en el campo educativo.
- Características y softwares que trabajan con BIM.
- Las dimensiones de BIM y su metodología a través de los diferentes LOD⁽³⁾.
- BIM en los diferentes tipos de proyectos.

⁽³⁾ LOD: Level of Development

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

- La posibilidad de empezar un proyecto en Revit desde 0.
- Implantación de BIM en los estudios de arquitectura y análisis de la metodología de trabajo en grupo con Revit.
- Opiniones de profesionales en el campo acerca del BIM.

ENFOQUE PRÁCTICO:

- Levantamiento paso a paso a través de los diversos LOD de un proyecto en Revit que nos permita analizar los problemas e incoherencias que pueden surgir.
- Levantamiento en Revit de un modelo paralelo al seguimiento de la obra objeto de estudio para conseguir adelantarnos a posibles problemas que pudieran surgir en las diferentes fases de ejecución y el impacto que tiene BIM en este proceso.
- Exposición de toda la información que se puede obtener una vez finalizada la maqueta constructiva en 3D y la posibilidad de llegar al mismo nivel de definición y calidad de los planos que en Autocad.

CONCLUSIONES:

- Obtención de una serie de observaciones acerca del estudio que hemos realizado que nos motiven a dar el salto a BIM.

2.2. METODOLOGÍA

Tal y como ya se ha mencionado anteriormente, este TFG tiene como propósito principal abordar el impacto del BIM en un proyecto arquitectónico desde un punto de vista tanto teórico como práctico. Para ello, nos centraremos en primer lugar en desarrollar con más profundidad todos los objetivos indicados en el apartado anterior para que podamos tener un conocimiento más profundo de que es BIM, cual es su grado de repercusión en la actualidad, como se utiliza, que información podemos obtener y que ventajas e inconvenientes presenta respecto a la metodología clásica de redactar un proyecto.

Una vez analizados los diferentes puntos teóricos estudiaremos estos con mayor profundidad a través de un caso práctico que nos ofrezca una mejor comprensión de esta nueva metodología de trabajo, levantando de forma íntegra una vivienda unifamiliar y realizando un seguimiento de su ejecución a través de Revit.

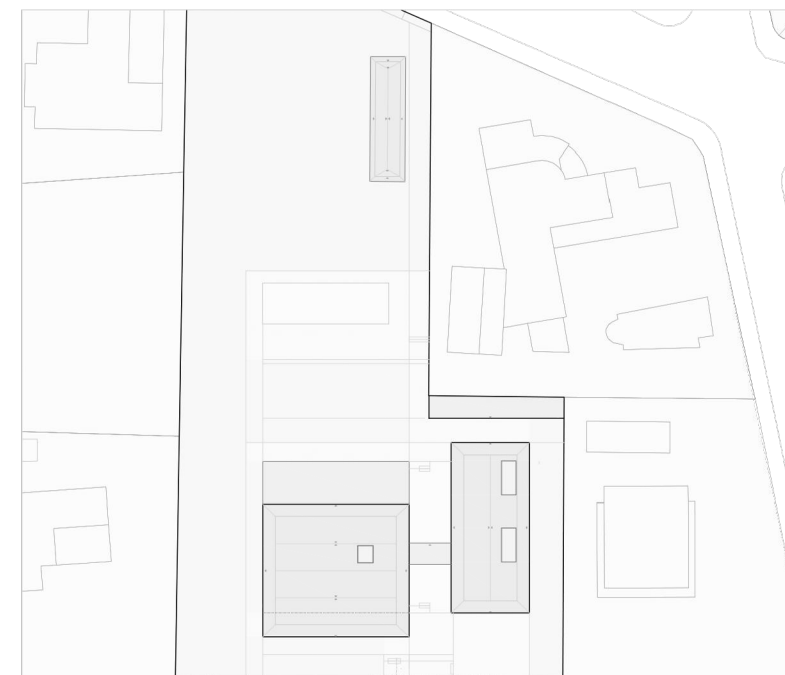
Para poder llevar a cabo esto, se decidió contactar con un estudio que tuviera un proyecto que cumpliera con los requisitos preestablecidos y que resultara de interés para el desarrollo del trabajo. Fue Fran Silvestre Arquitectos, quienes

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

desde un principio se mostraron interesados en formar parte de este trabajo debido a su afán de constante adaptación a las nuevas tecnologías y herramientas que van surgiendo y a los conocimientos ya existentes por parte de la mayoría de sus integrantes acerca de BIM.

Tras analizar con ellos cual de los proyectos que se encontraban en condición de iniciar sus obras de forma inmediata podía resultar más interesante analizar y estudiar, se decidió que el proyecto más acertado era la Casa entre la Pinada, debido a la oportunidad que se tuvo de realizar el seguimiento prácticamente completo de la obra antes del inicio del presente trabajo.

Al tratarse de un proyecto compuesto por diversos volúmenes se decidió inicialmente se decidió que la mejor opción sería realizar únicamente el seguimiento del pabellón vivienda, que se encuentra aislado de la vivienda principal en la zona más al norte de la parcela, al coincidir su ejecución en el mismo espacio temporal que el transcurso del TFG; pero finalmente se optó por el levantamiento completo del proyecto debido al interés que suponía conocer la obra al completo.



[Fig. 02]: PARCELA DEL PROYECTO.

BUILDING INFORMATION MODELING

3. BUILDING INFORMATION MODELING

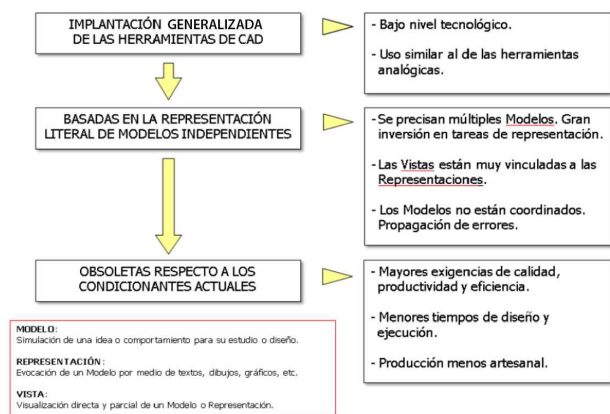
3.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

Desde hace unas décadas, hemos podido experimentar como el sector de la construcción y su metodología en el proceso constructivo ha demostrado que carece de una serie de cualidades que favorezcan la productividad y la eficiencia a lo largo del desarrollo de un proyecto debido, entre otras cosas, a las siguientes causas:

- El mercado de empresas dedicadas a la construcción ha ido creciendo de forma masiva en el transcurso del tiempo, provocando que este se vea atomizado debido al número tan bajo de trabajadores que existen por empresa llegando a existir un 90% de empresas donde solamente tienen a 5 trabajadores de forma simultánea.
- Debido a la limitada capacidad operativa y financiera de las diferentes empresas, todos los proyectos que estas gestionan no son coincidentes en el tiempo o bien recurren a la subcontratación para poder llevarlos a cabo, lo que

acaba suponiendo una pérdida de ganancias y oportunidades respecto a si se encargaran ellos en su totalidad.

- El sector ya no supone una fuente de innovación, debido principalmente a la falta de interés de muchas de las empresas de formarse para obtener unos conocimientos que les mantengan actualizados respecto a las nuevas metodologías de trabajo, ya que este periodo de formación supone una pérdida de ganancias y no le encuentran una rentabilidad completa.
- Es habitual que las diferentes empresas del sector intenten adoptar otras soluciones constructivas o proyectuales distintas a las planteadas por el autor del proyecto, debido normalmente a que no tienen los conocimientos necesarios para poder afrontarlas o porque se acomodan mejor a su forma de trabajo, lo que acaba suponiendo un incremento de los tiempos que el arquitecto ha calculado previamente.
- La mayoría de empresas aceptan un alto porcentaje de proyectos que se les ofrece pese a que estos tengan unos márgenes de maniobra muy reducidos con la intención de negociar más adelante sobre estos, lo que normalmente acaba suponiendo un incremento de los costes y de los plazos para la finalización de las obras.
- La documentación y herramientas con las que trabajan los distintos componentes que llevan a cabo un proyecto suele ser diferente (siendo habitual que en obra se trabaje únicamente en 2D y en formato papel) , lo que supone que muchas veces no se ejecuten las cosas como en verdad deberían hacerse.



[Fig.03]: CONTEXTO ACTUAL.

Todo esto se traduce básicamente en un constante incumplimiento de los plazos preestablecidos y una prolongación de los nuevos plazos, en un incremento más que notable en los costes de la ejecución de la obra y en una sucesión de constantes conflictos durante dicha fase de ejecución entre los principales agentes que participan.

Actualmente, van surgiendo nuevas metodologías, filosofías y herramientas que se estudian con más detenimiento para conseguir que nos permitan gestionar en lo máximo posible nuestros proyectos, siendo las principales:

- **Project and Construction Management:** consiste en la estandarización de la dirección de los proyectos para cumplir de forma más sencilla y eficaz los objetivos propuestos gracias a una rigurosa programación de las diferentes fases y tareas.
- **Lean Construction:** se puede traducir como "la construcción sin pérdidas" y su principal intención es aportar valor a cada actividad que se desarrolle a lo largo del proceso constructivo, eliminando o reduciendo todas aquellas que no aporten ningún tipo de valor añadido. Esta metodología está enfocada para conseguir mejorar el proceso productivo y hace partícipes a todos los componentes que intervienen en el proyecto logrando un mayor compromiso para cumplir los objetivos en los plazos preestablecidos.

· **Integrated Project Delivery:** trata de promover la colaboración entre los diferentes técnicos encargados del diseño, la dirección de obra, la contrata y las diferentes subcontratas que puedan existir, haciendo que todos compartan los posibles riesgos y que todas las decisiones que se tomen desde el inicio hasta el final de la obra sean debatidas conjuntamente para que exista una idea global del proyecto en lugar de una disgregación de esta.

· **Building Lifecycle Management:** consiste en que toda la información y decisiones tomadas queden registradas y se puedan conservar a lo largo del ciclo de vida del edificio, de forma que se mejore el rendimiento tanto en el proceso de construcción del proyecto como más adelante.

Estas diferentes metodologías de proceder para llevar a cabo un proyecto pretenden solucionar 3 aspectos básicos por los que el sector de la construcción no logra ser competitivo, innovador y productivo:

1. Desarrollar la colaboración de la información y el conocimiento entre los diferentes agentes.
2. Lograr un mejor diseño del proyecto mejorando la información que este

" El acto de creación de un modelo electrónico de un proyecto de construcción el cual busca brindar una visualización, análisis de ingeniería, análisis de conflictos, programación de obra, controles de obra, presupuestos y muchos otros propósitos "

La guía BIM de Singapur elaborada por la BCA (The Building and Construction Authority), define BIM como:

" Una colección de usos, flujos de trabajo y metodologías de modelación para conseguir información específica y segura de un modelo determinado, entendiendo modelo como representación digital basada en objetos y características físicas y funcionales de una instalación. El modelo como tal, sirve como una fuente de conocimiento compartido para obtener información sobre una instalación que forma una base fiable para decisiones durante su ciclo de vida desde el inicio en adelante "

El departamento de diseño y construcción de la ciudad de Nueva York, lo concibe como:

" Una colección digital de aplicaciones de software diseñadas para facilitar la coordinación y colaboración en proyectos. BIM también se puede considerar como un proceso mediante el cual se desarrolla la etapa de diseño y construcción virtualmente en un computador, antes de realizar esta en la realidad "

Para el instituto nacional de ciencias de la construcción en los Estados Unidos (NIBS), BIM es:

" La colaboración de los diferentes actores en diferentes fases del ciclo de vida de un proyecto para insertar, extraer, actualizar o modificar la información contenida en el modelo para apoyar y reflejar el papel de las partes interesadas. El modelo es una representación digital compartida basada en estándares abiertos para la interoperabilidad "

Tal y como podemos apreciar, todas estas definiciones tienen un denominador común en lo que es el concepto de BIM, concibiéndolo como una nueva metodología de trabajo y no como un programa en el cual únicamente podemos dibujar un proyecto o realizar un modelo en 3D que nos sirva para obtener una serie de vistas. Se trata de una maqueta constructiva que contiene toda la información necesaria para poder llevar a la realidad un proyecto sin necesidad de consultar otros ficheros y donde únicamente existe un archivo global en el que figuran todas las fases y modificaciones que se produzcan en el edificio a lo largo de su vida útil.

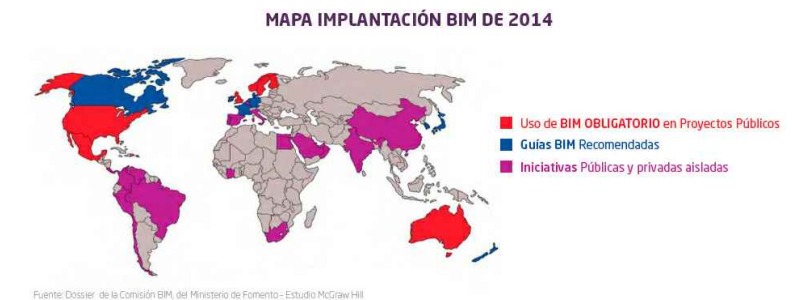
3.3. BIM A NIVEL INTERNACIONAL



[Fig.07]: USO DEL BIM EN EL MUNDO.

Los países que actualmente lideran la investigación y desarrollo de la tecnología BIM a nivel mundial son: Estados Unidos, Finlandia, Canadá, Australia, China y Singapur.

En América del norte, nos encontramos que en **Estados Unidos** el uso de BIM en los proyectos se considera obligatorio desde el año 2007 y en **Canadá** el **Institute for BIM** lidera y facilita el uso coordinado de BIM en lo referente a diseño, construcción y gestión dentro del ámbito canadiense.



[Fig.08]: MAPA DE IMPLANTACIÓN DEL BIM.

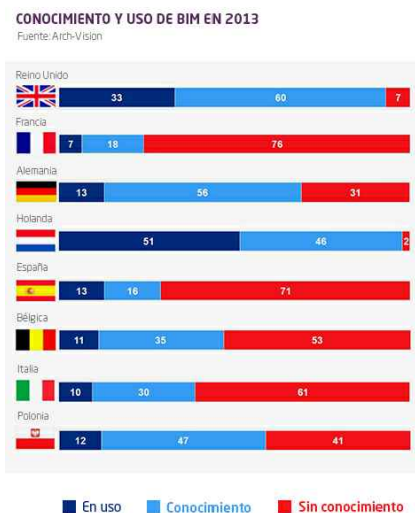
Si nos desplazamos al continente asiático, en **Iran** tenemos que la **Iran Building Information Modeling Association (IBIMA)** comparte los diferentes recursos y conocimientos con la industria para conseguir que todos dentro del sector colaboren en los diferentes procesos y toma de decisiones. En el año

2008, el gobierno de **Singapur** lideró una plataforma para poder realizar las entregas de proyectos realizados con la tecnología BIM y desde el 2015 exige entregar todos los proyectos del sector público en BIM. El **Servicio de Contratación Pública de Corea del Sur** también asume el objetivo de usar BIM en todos los proyectos públicos y en todos aquellos proyectos de más de 50 millones de dólares para el 2016.

3.4. BIM A NIVEL EUROPEO

Dentro del territorio europeo existen muchas diferencias entre los países que hacen uso del BIM.

En la **zona de más al Norte** tenemos los países escandinavos, donde **Finlandia** lidera su uso siendo una realidad desde que en 2007 se empezaran a exigir archivos IFC a todo profesional que entregase cualquier proyecto de ejecución. En **Noruega y Suecia** también tiene una gran importancia su utilización, donde en la educación se empezó a implementar esta nueva metodología de trabajo desde que surgió; y en el campo administrativo, la **Dirección de Obras Públicas** y de la **Propiedad del Gobierno Noruego** exige su uso en todos sus edificios. En **Holanda** desde 2011 todos los proyectos para el **Rijksgebouwendienst** ⁽⁴⁾ deben emplear esta metodología para la redacción de sus diferentes fases. En **Dinamarca** es requisito indispensable que todos los proyectos que superen el valor de 1 millón de euros se realicen a través de BIM.



[Fig.09]: DIAGRAMA DE CONOCIMIENTO Y USO DEL BIM EN 2013 A NIVEL EUROPEO.

En el **área del centro y Este** de Europa, países como **Alemania, Reino Unido o Francia** han empezado a implantar no hace mucho dicha metodología en sus proyectos.

No obstante, en el **Sur de Europa** su implantación va muy por detrás del resto de países ya que BIM sólo se utiliza por iniciativa privada. A pesar de esto, puede tratarse de algo pasajero con la adopción de la **Directiva sobre contratación pública de la Unión Europea (EUPPD)**, que se ha estado desarrollando desde 2014, y por la cual los 28 Estados miembros de la UE pueden fomentar, especificar o exigir el uso de BIM para proyectos de construcción y proyectos de construcción financiados con fondos públicos.

3.5. BIM A NIVEL NACIONAL

En **España** el uso de BIM es muy reducido, pero analizando el ritmo con el que avanza tanto su obligación como su empleo parece inevitable que el cambio de CAD a esta nueva metodología de trabajo se produzca dentro de nada.

Comunidades autónomas como **Madrid, Valencia y Cataluña** son las más avanzadas en este aspecto. Existen algunos grupos de iniciativa privada que tienen como misión potenciar el intercambio de información, como es el caso del **Grupo de Usuarios de Revit de Valencia (GURV)**, creado en 2010 y con sede de reuniones en la Escuela Técnica de Ingeniería de la Edificación de la Universidad Politécnica de Valencia.



[Fig.10]: RUTA BIM EN ESPAÑA.

En **Cataluña**, el **Colegio de Aparejadores de Barcelona (CAATEEB)**, la **BIM academy**, la **Generalitat de Catalunya** y el **Ayuntamiento de Barcelona** han presentado conjuntamente el **Manifiesto BIMCAT** de Barcelona a fecha de 13 de Febrero de 2015, con el que se pretende la aplicación BIM para 2018 en " los equipamientos y las infraestructuras públicas de presupuesto superior a los dos 2 millones de euros en los que deberán producirse en BIM las fases de Diseño a Construcción ", y para 2020 " todos los equipamientos y las infraestructuras públicas deberán producirse en BIM en todas las fases, Diseño - Construcción - Operación (Mantenimiento y Facility Management) ".

Debido a la gran demanda que han tenido los productos de Autodesk a nivel nacional en los últimos años, sobretodo por el impacto que tuvo Autocad desde su descubrimiento, el software que más repercusión tiene dentro del campo del BIM es **Revit**, el cual destaca en mercados altamente profesionalizados y en especial en entornos donde la exportación de proyectos y la escala internacional es determinante.

3.6. BIM EN LA ENSEÑANZA

Aunque CAD ha sido una de las herramientas de diseño principales en las últimas décadas, BIM está siendo cada vez más utilizado por una mayor conciencia de su colaboración y capacidades de visualización. Colegios y universidades están reestructurando los programas para reflejar este cambio de CAD a BIM debido a que los estudiantes no necesitan saber uno de los dos para poder aprender el otro, ya que una vez saben manejar BIM pueden extraer fácilmente todos los dibujos en 2D que encuentren necesarios de sus modelos.

El principal problema que existe actualmente es la insuficiencia de personal con habilidades en este nuevo sistema de trabajo, siendo una limitación bastante importante para su uso en la arquitectura, ingenierías y la industria de la construcción. Es aquí donde juegan un papel muy importante los educadores, ya que a través de la docencia son los principales encargados de incentivar la formación de los estudiantes y los integrantes del sector de la construcción para que puedan adquirir las habilidades y conocimientos mínimos de esta nueva metodología para poder satisfacer así la necesidad de nuestro sector.

Uno de los mayores desafíos que enfrentan profesores en la enseñanza de BIM es la promoción de la integración de las diferentes áreas dentro del plan de estudios; su inclusión efectiva en el currículo educativo de construcción jugará un papel fundamental en la preparación de los futuros empleados para la industria. Sin embargo, las instituciones educativas carecen actualmente de estrategias y capacidades para introducir eficazmente y enseñar BIM en los cursos existentes o futuros. La poca capacitación adecuada presenta actualmente un obstáculo importante en el camino a una mayor adopción de esta metodología por parte de la industria.

Las instituciones educativas de algunos países han empezado a enseñar las diferentes aplicaciones BIM y han puesto en marcha programas para la integración de estas en los cursos relacionados con la industria de la construcción. En los **EE.UU.**, gran parte de sus instituciones educativas ya han empezado a introducir BIM en sus planes de estudios; como por ejemplo la **Universidad de Auburn Alabama**, la cual comenzó a ofrecer BIM como un

tutorial de una semana seguido por un curso introductorio de un semestre en BIM. Por otra parte, el **Instituto Politécnico de la Universidad de Nueva York** ofrece dos cursos de posgrado llamados *Técnicas de modelado en la construcción* y *Sistemas de información en gestión de proyectos*, mientras que la **Brigham Young University** ofrece a nivel de posgrado un curso llamado *la Integración de software de construcción*.

UNIVERSIDAD	NOMBRE DEL CURSO
POLYTECHNIC INSTITUTE OF NYU	Construction Modeling Techniques
POLYTECHNIC INSTITUTE OF NYU	Information Systems in Project Management
BRIGHAM YOUNG UNIVERSITY	Integrating Construction Software
LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, SWEDEN	Virtual Construction
UNIVERSITY OF WISCONSIN-MADISON	Building Information Modeling: Strategies for Implementation
STANFORD UNIVERSITY	VDC Virtual Design and Construction – Certificate Program
CARNEGIE-MELLON UNIVERSITY	Building Information Modeling BIM course
UNIVERSITY OF NEW SOUTH WALES	Parametric Design Using BIM
MIT	Architectural Construction and Computation
PURDUE UNIVERSITY	Building Information Modeling for Commercial Construction
TECHNION-ISRAEL INSTITUTE OF TECHNOLOGY	Engineering Information
MILWAUKEE SCHOOL OF ENGINEERING	Introduction to Building Information Modeling
NORWEGIAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, NORWAY	Prefabrication of Buildings based on Digital Models (BIM and IFC)
NATIONAL UNIVERSITY OF SINGAPORE, SINGAPORE	Introduction to IFC and BIM
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, FINLAND	Information models in the Construction Industry
AALBORG UNIVERSITY, DENMARK	Product Modelling and Product Configuration
QUEENSLAND UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, AUSTRALIA	Current Construction Issues (interoperability in construction industry)
COPENHAGEN UNIVERSITY COLLEGE OF ENGINEERING, DENMARK	Digital Building Design (Projectweb, BIM, IFC, Lean Construction)
ARCHITECTURE DEPTT, HUT, FINLAND	Information Management for Architect

[Fig.11]: UNIVERSIDADES QUE OFRECEN CURSOS DE BIM.

Los investigadores **Sabongi y Arch**, de la **Universidad del Estado de Minnesota**, realizaron un estudio exploratorio en 119 universidades y colegios el cual obtuvo que el 9% de los encuestados aborda actualmente BIM en sus cursos y que menos del 1% lo enseñan en una clase independiente. A partir de esto, concluyeron que los principales problemas para su inclusión en la docencia son los siguientes:

- No hay espacio en el actual plan de estudios para las clases adicionales (82%)
- Imposibilidad de añadir clases obligatorias u optativas adicionales (66,7%)
- Problemas con los profesores ya que no tienen el tiempo o los recursos para desarrollar un nuevo plan de estudios (86,7%)
- La ya existencia de materiales específicos de BIM (libros y software) (53,3%)

Otro de los grandes obstáculos que existen en su introducción en los programas académicos es el dilema de si dicha inclusión debe ser como un reemplazo a la actual enseñanza de CAD o como un complemento de este, dado que para muchas instituciones es visto como una competencia básica y BIM como un tema mucho más complejo y sofisticado. **Sack y Barak** desarrollaron en el 2010 un curso obligatorio de primer año en el **Technion - Israel Institute of Technology** para enseñar sus aspectos teórico prácticos y poder sustituir de esta forma los cursos tradicionales de dibujo, donde hacían hincapié en que BIM se debe enseñar a los estudiantes en su primer año y que no existe necesidad de tener conocimientos de CAD para poder manejar BIM correctamente.

Un estudio realizado por la **Universidad de Colorado** estableció como un reto la puesta en marcha de un plan de acción para la amplia adopción de BIM. Este esfuerzo en conjunto con los miembros de la facultad, se compone de dos estrategias:

- Reemplazar la clase de CAD existente en los programas de estudios por una clase BIM que se curse al menos durante el primer año.
- Desarrollar e integrar módulos de enseñanza BIM en numerosos cursos de nivel superior para la determinación de otros aspectos del proyecto arquitectónico diferentes al diseño, como por ejemplo las estructuras o la estimación de costes.

Este informe concluyó que en los **Estados Unidos** los programas de gestión de la construcción de todo el país buscan integrar BIM en su plan de estudios, motivado por el deseo tanto de los profesores para mejorar los ambientes de aprendizaje y que los estudiantes utilicen de manera eficaz las nuevas herramientas de visualización y comunicación, como por el interés de dichos estudiantes por aprender métodos de diseño y análisis a través de nuevas herramientas.

Por otro lado, **Jim Lee Kim** en su estudio *Use of BIM for effective visualization teaching approach in construction education* presenta un método para facilitar su aprendizaje, mejorar el entendimiento de los conceptos por parte de los estudiantes y dejar de manifiesto sus bondades en el proceso de enseñanza del proceso constructivo. Acabó deduciendo en su estudio que el método de enseñanza basado en BIM ayuda a los estudiantes a aprender de forma efectiva los detalles de construcción y a calcular las cantidades de material necesarios en obra de una manera más precisa. Además, también les ayuda mayormente a superar la dificultad de lectura e interpretación de planos en 2D, concluyendo que el método de enseñanza basado en BIM se puede integrar en el plan de estudios de las carreras afines a la construcción como una herramienta de aprendizaje integral.

PASO	SECUENCIA	HERRAMIENTA	PRODUCTO
1	Entendimiento del modelo físico	Modelos físicos de los proyectos reales construidos a escala	Dibujo boceto con dimensiones
2	Desarrollando dibujos en 2D	Computer aided desing (programa CAD)	Planos de planta, alzados, perfiles
3	Desarrollando modelos BIM en 3D y medir cantidades de obra	Software BIM	Modelos BIM en 3D
4	Evaluar detalles de construcción y cantidades de obra	Criterios aprendidos	Resultados de eficiencia del enfoque de aprendizaje basado en BIM

[Fig.12]: PASOS DEL ENFOQUE DE APRENDIZAJE MEDIANTE BIM.

Pese a que BIM no tenga el mismo impacto en Estados Unidos que en **España**, a nivel nacional existen diversas universidades con iniciativa para promover su implementación de una manera transversal en la formación del arquitecto. Este es el caso de la **Universidad CEU San Pablo de Madrid**, donde en 2012 surgió la llamada **INICIATIVA #BIMCEU**, promovida por profesores y alumnos de la escuela. Esta iniciativa incorpora dentro de la estructura curricular de arquitectura la enseñanza de Revit y Archicad, establece BIM estructural como modelo base para el trabajo en taller y realiza seminarios, conferencias y jornadas tales como Algomad 2012, referente nacional e internacional del diseño paramétrico en arquitectura e ingeniería (X).

3.7. CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS DE BIM



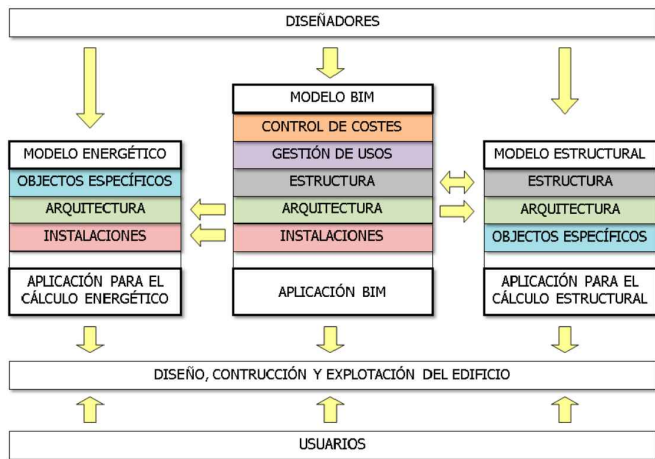
[Fig.13]:CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE BIM.

Una aplicación BIM es aquella a través de la cual generamos una serie de elementos paramétricos que se pueden relacionar entre ellos y de los cuales podemos extraer y obtener todo tipo de información, tanto representaciones gráficas como del tipo alfanúmerica, y que mediante la metodología de trabajo

con CAD sería impensable conseguir. A continuación explicaremos más en profundidad esta definición a través del estudio de sus tres características principales: **BIM multidisciplinar**, **BIM paramétrico** y **BIM multivista**.

3.7.1. BIM MULTIDISCIPLINAR

BIM se caracteriza principalmente por tener un **Modelo de Información Único** a través del cual podemos obtener todo tipo de información de forma dinámica, aunque actualmente los archivos más completos sólo nos permiten extraer datos de las disciplinas principales del proyecto de arquitectura: Arquitectura, Estructura, Instalaciones, Control de costes, Presentación y Diseño Energético. Si queremos generar información que se aleje de estos campos, no nos queda otra que recurrir a aplicaciones externas que permitan la exportación a BIM para no perder en ningún momento la ventaja que nos ofrece esta nueva metodología de trabajo a través de la interconexión con los diferentes campos del sector a través de un único modelo del que podemos obtener toda la información. El número de aplicaciones conectables a softwares que trabajen con BIM va creciendo progresivamente debido a las numerosas ventajas que supone.



[Fig.14]: COMO SE RELACIONA UNA APLICACIÓN BIM MUY COMPLETA Y SU MODELO CON APLICACIONES CONECTABLES.

Por lo tanto, podemos observar como depende en gran parte del grado de implicación con BIM por parte de los diferentes profesionales del sector de la construcción el conseguir una mayor o menor eficacia y eficiencia en las diferentes fases del proyecto, teniendo en cuenta que tal y como hemos dicho, lo más interesante de este nuevo sistema de trabajo es que se aproveche la comunicación bidireccional entre las distintas aplicaciones que hagan uso de

esta tecnología para que una vez producida la información que sólo podemos obtener en programas específicos esta pueda volver y aportar nuevos datos a nuestro modelo.

3.7.2. BIM PARAMÉTRICO



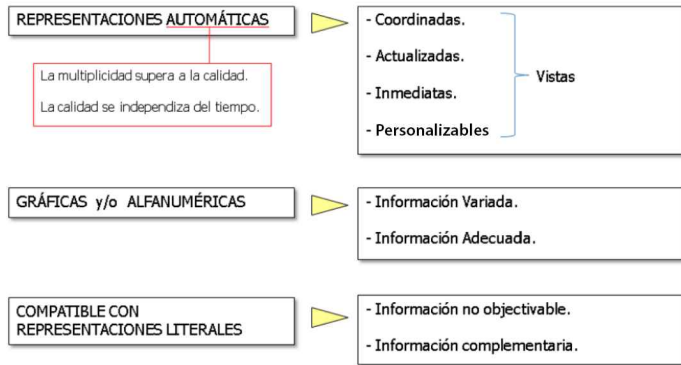
[Fig.15]: BIM PARAMÉTRICO.

El Modelo de Información se encuentra compuesto mayormente por una serie de elementos que se crean a través de la definición de sus características esenciales mediante la parametrización. Para hacer esto, debemos hacer uso de una interfaz que los conceptualice y asista a su creación a través de la aportación de multitud de parámetros preestablecidos en relación al tipo de elemento que se pretende crear. A continuación necesitaremos otra interfaz para poder insertar dicho elemento parametrizado y que nos permita modificarlo dinámicamente a través de pinzamientos o jugando con sus características generales. Este proceso se puede entender perfectamente si sabemos manejar alguna herramienta BIM como por ejemplo Revit, en el cual para crear un familia se abre automáticamente un subprograma que pertenece al mismo Revit y que nos permite crear cualquier tipo de familia, pero se necesita el programa general para poder modificar aspectos más globales como pueda ser su dimensión.

Ya no modelamos los diferentes elementos únicamente a través de representaciones como en CAD, invirtiendo una gran cantidad de tiempo, sino que se modela el objeto en si cubriendo el máximo de facetas.

A través de la parametrización conseguimos proseguir con la intención principal de BIM de lograr la deseada coordinación multidisciplinar y multiusuario ya que se posibilita que objetos de diferentes disciplinas puedan interactuar entre ellos y que su acceso sea centralizado.

3.7.3. BIM MULTIVISTA



[Fig.16]: CARACTERÍSTICAS DE LA INFORMACIÓN QUE PODEMOS OBTENER Y COMPONE NUESTRO MODELO.

Uno de los aspectos más interesantes que nos ofrece el sistema de trabajo BIM es la automatización de sus diferentes datos y representaciones, ya que todo proviene del mismo modelo. De esta forma se consigue que todo se encuentre coordinado entre sí y que cualquier modificación que realicemos actualice nuestra maqueta constructiva de forma prácticamente inmediata. Se trata de una de las principales diferencias que existe en BIM ya que mientras en este primero todas las representaciones se actualizan de forma automática, en el caso de CAD debemos ir una por una para conseguir modificar todo, lo que acaba suponiendo que conforme avancemos en las fases del proyecto los errores e incongruencias vaya aumentando de forma progresiva.

Pese a esto, el abanico de posibilidades que nos ofrece a priori BIM en la calidad de las diversas representaciones es más limitado que el de las manuales de CAD, por lo que no podemos ser tan meticulosos inicialmente. Aunque previamente debamos sacrificar la calidad de nuestros planos, cosa que podremos modificar más adelante llegando a conseguir el mismo nivel de definición que en CAD a través de la configuración de sus códigos, tenemos que saber ver la ventaja que supone poder obtener más cantidad de vistas de forma inmediata a pesar de que se tenga que sacrificar en un primer momento su calidad.

Es importante tener en cuenta que la posibilidad de una vista no se limita únicamente al campo de los dibujos que podemos obtener de nuestro modelo sino que también se puede extrapolar a otro tipo de representaciones alfanúmericas como es el caso de tablas o leyendas.

3.8. SOFTWARES QUE UTILIZAN BIM

El mercado de programas que trabajan con BIM resulta cada vez más extenso, lo que acaba suponiendo una ventaja a nivel de herramientas ya que estas van progresando entorno a las ventajas y desventajas que ofrece cada software. A su vez, está provocando que la mayor parte de integrantes del sector de la construcción se den cuenta del impacto que está teniendo esta nueva metodología de trabajo en los proyectos.



[Fig.17]: ALGUNOS DE LOS SOFTWARE QUE HACEN USO DE BIM.

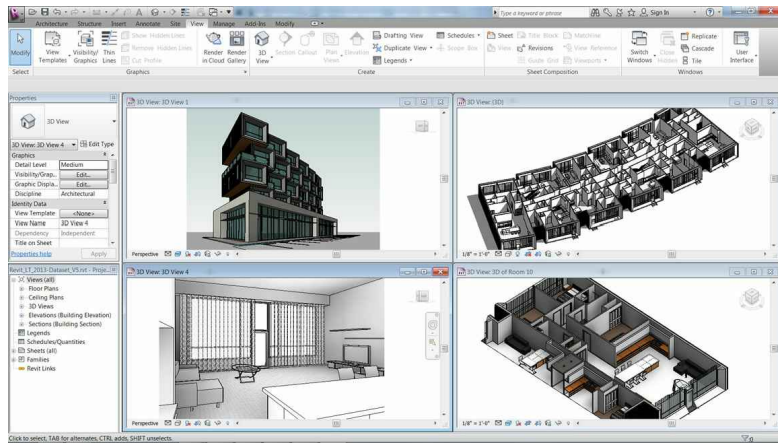
En este apartado nos centraremos en analizar por encima algunos de los programas que mayor repercusión están teniendo actualmente y las diferentes posibilidades que nos ofrecen.

3.8.1. AUTODESK REVIT ARCHITECTURE

Es la más joven de todas las aplicaciones y la que tiene un planteamiento más radical respecto a la tecnología de objetos. Su creación vino de mano de **Revit Technology Corporation** como el primer programa de diseño arquitectónico capaz de parametrizar objetos. Fue en el 2002 cuando Autodesk compró la empresa, ya que esta buscaba soluciones para su entonces inoperante Architectural Desktop. Viendo el potencial de Revit, Autodesk optó por mantener ambos programas hasta un punto en el que actualmente las dos aplicaciones conviven pacíficamente al estar destinadas a un público diferente.

El programa utiliza un archivo único que contiene toda la información relacionada con nuestro proyecto incluidas todas las bibliotecas de objetos paramétricos, siendo de entre todos los software de BIM la que está más

orientada hacia la tecnología de Modelos de Información, a través de una estructura interna muy coherente, una interfaz gráfica de parametrización y una serie de herramientas que le permiten establecer determinadas relaciones asociativas entre objetos. Todo esto es gracias a su motor de transmisión de los cambios en tiempo real, de forma que si realizamos cualquier modificación en alguna de las vistas dicho cambio se produce en el modelo de forma global sin tener que ir vista por vista para que todo guarde una correlación, como sucede a través de la metodología CAD.



[Fig.18]: INTERFAZ DE REVIT.

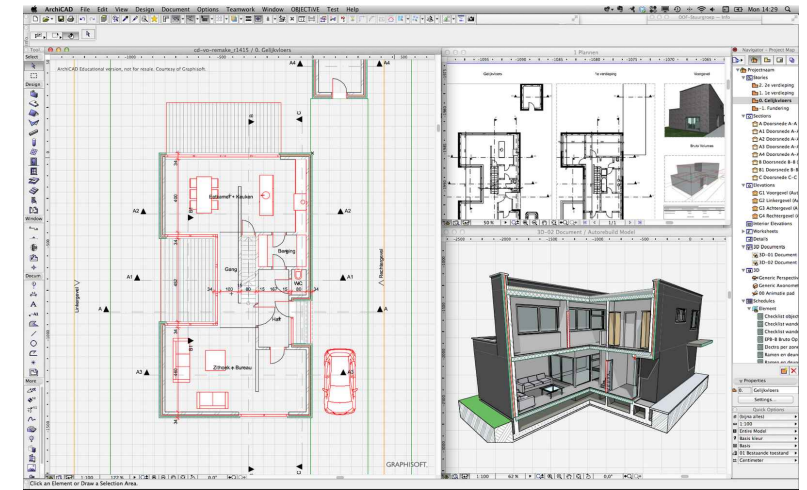
Pese a que su juventud le haga carecer de algunas características como por ejemplo la falta de conexión directa con algunas aplicaciones, sobretodo de terceros, su interacción con otras herramientas creadas por Autodesk es excelente, como por ejemplo Revit MEP y Revit Structure, centrados en la generación de objetos de instalaciones y de estructura respectivamente, siendo ambas capaces de conectarse de forma dinámica con nuestro modelo.

3.8.2. GRAPHISOFT ARCHICAD

Se trata de la aplicación de diseño paramétrico más antigua de las que vamos a analizar, por lo que parte con la ventaja de ser la más desarrollada y estudiada hasta la fecha. Hay miles de usuarios que la utilizan debido sobretodo a su gran compatibilidad con aplicaciones de terceros que lo complementan y su eficacia para conectarse a aplicaciones especializadas como Cinema 4D, Presto y Cype.

Al igual que Revit, se organiza en torno a un único archivo con una estructura de proyecto muy similar pero más desarrollada y distingue entre las vistas y sus

localizaciones en el modelo del edificio, de forma que pueden crearse diversas variantes de una misma vista. Uno de sus posibles defectos es la incapacidad que tiene para regenerar las vistas de manera instantánea, aunque si lo hace de forma automática manteniendo la propiedad multivista.



[Fig.19]: INTERFAZ DE GRAPHISOFT.

Posee una interfaz muy cuidada, lo que lo hace cómodo y agradable de usar, pese a que conserva algunas de las características propias del sistema tradicional de trabajo en CAD como por ejemplo el sistema de capas o el trazado de planos a través de plumillas.

Los objetos paramétricos se guardan en forma de librerías y en archivos individuales, debiendo tener conocimientos previos de programación para manejar sus herramientas de creación correctamente.

3.8.3. NEMETSCHKE ALLPLAN

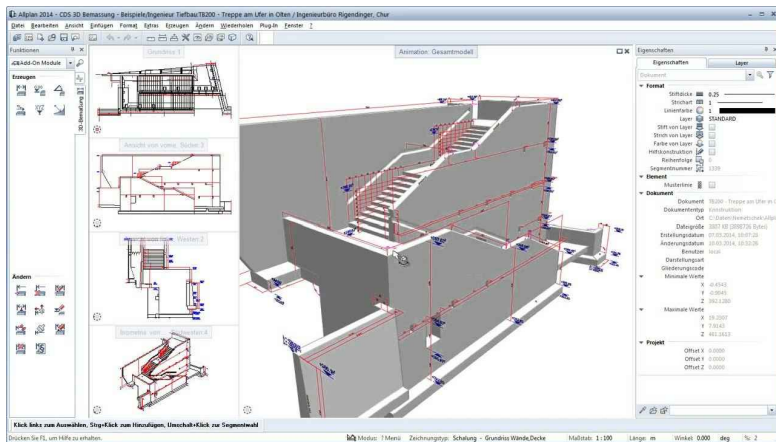
Hasta hace poco, era conocida principalmente por su forma sofisticada de proceder con el diseño paramétrico en el sector arquitectónico además de tener el aliciente de haber sido desarrollada en Alemania, país con una gran reputación en la elaboración de software eficiente a la par que complejo.

Fue desarrollado para el entorno Unix y posteriormente emigró a Windows, hecho que provocó un cambio radical en su interfaz debido a que la anterior resultaba prácticamente incomprensible para los usuarios de este último sistema operativo. Su nivel de sofisticación y posibilidades que ofrece supera la de

3. BUILDING INFORMATION MODELING

muchos de sus competidores, pero tiene el principal inconveniente de ser menos intuitiva y poseer una interfaz bastante obsoleta en algunos aspectos.

Su estructura de documentación es muy diferente al resto de programas. Cada proyecto se guarda en una carpeta diferente que contiene una gran cantidad de archivos, los cuales representan diferentes divisiones físicas del modelo, generalmente por plantas y categorías de objetos. Pese a esto, es un sistema que facilita la dinámica de trabajo en equipo ya que cada usuario puede ocuparse de un archivo diferente y permite estructurar el proyecto como se desee. Esta manera de organizarse tiene el inconveniente de hacerlo mucho menos ágil a la hora de navegar por el proyecto y limita las relaciones asociativas entre los distintos objetos paramétricos ya que tal y como hemos dicho estos se encuentran en archivos diferentes.



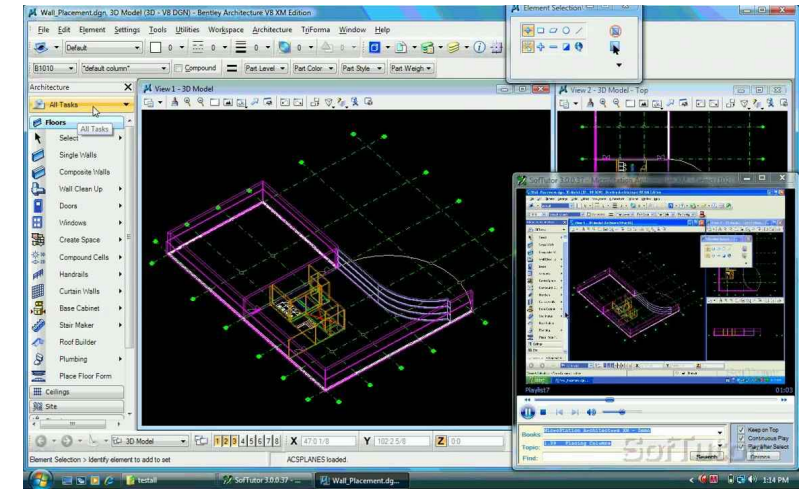
[Fig.20]: INTERFAZ DE ALLPLAN.

Allplan tiene una capacidad de conexión con aplicaciones de terceros envidiable, pudiendo comunicarse de forma dinámica con aplicaciones como Presto, Cype y Líder y Calener, aunque Nemetschek dispone de toda una línea de softwares propios compatibles entre las diferentes disciplinas, como es el caso de Allplan Ingeniería para la realización de estructuras o On-Site Photo para levantamientos fotográficos.

3.8.4. BENTLEY ARCHITECTURE

Se trata del equivalente a Autodesk AutoCAD Architecture pero sobre el motor de Microstation, por lo que Bentley distribuye también el modelo BIM entre múltiples archivos y mantiene un sistema de implementación flexible que es capaz de cohabitar correctamente con las diferentes herramientas de CAD.

3. BUILDING INFORMATION MODELING



[Fig.21]: INTERFAZ DE BENTLEY.

Al igual que el resto de aplicaciones que utilizan la metodología BIM, la organización de su modelo es bastante flexible aunque mucho más difícil de gestionar debido a que separa los modelos tridimensionales de los bidimensionales y la actualización se debe realizar de forma manual. A parte de esto, es importante tener en cuenta su falta de bidireccionalidad entre vistas y especialmente la falta de asociatividad entre objetos, siendo dos carencias muy importantes respecto a otros softwares que si tienen control sobre estos aspectos.

Pese a esto, Bentley se nutre del módulo Triforma de diseño paramétrico de posibilidades muy amplias, por lo que se puede afirmar que sus herramientas de diseño paramétrico están a la altura o incluso superan las de Revit, siendo su principal problema en este aspecto su manejo menos intuitivo.

Aunque su complementación con aplicaciones de terceros es más precaria que el resto de sistemas que hemos visto, ha desarrollado cinco aplicaciones BIM que se integran perfectamente entre ellas: Bentley Architecture, Bentley Structural, Bentley Mechanical Systems, y Bentley Electrical Systems.

3.9. LAS DIMENSIONES DE BIM

Una de las cosas que debemos cambiar en nuestra mentalidad cuando damos el salto al procedimiento a través de BIM es que no trabajamos únicamente en torno a tres dimensiones, sino que a lo largo del proceso de diseño y construcción y la vida útil del edificio intervienen más dimensiones. A

continuación expondremos cuales son las nuevas dimensiones que intervienen y como nos facilitan la redacción de un anteproyecto, de un proyecto básico y uno de ejecución; además de permitir anticiparnos a posibles incongruencias y errores.



[Fig.22]: DIMENSIONES QUE INTERVIENEN EN BIM.

3.9.1. DIMENSIÓN 3D. MODELO TRIDIMENSIONAL

Es la representación geométrica detallada de todas las fases de diseño de cada parte del edificio. Se trata de incluir desde un inicio el diseño arquitectónico de todas las partes de nuestro proyecto y de ir incluyendo en este mismo modelo de forma progresiva el resto de disciplinas como por ejemplo el cálculo estructural o el diseño de las instalaciones.

3.9.2. DIMENSIÓN 4D. PROGRAMACIÓN

Se trata del control sobre la logística del proyecto a lo largo de la ejecución de sus diferentes fases, logrando un resultado final más predecible que si por el contrario no la tuviéramos en cuenta. A través de la inserción de esta en nuestra metodología de trabajo es como conseguimos efectuar análisis completos y realizar rápidas y eficientes simulaciones de las diferentes fases de ejecución del proyecto, consiguiendo productos finales más seguros y de mayor calidad.

3.9.3. DIMENSIÓN 5D. ESTIMACIÓN DE COSTES

Abarca todo lo relacionado con el control de costes y gastos del proyecto, permitiéndonos tener un mayor manejo de los datos contables y financieros. Esto nos evita en gran parte una elevación considerable del precio final de la obra por posibles inconvenientes o no consideración de márgenes.

3.9.4. DIMENSIÓN 6D. SOSTENIBILIDAD

La sexta dimensión de BIM nos ofrece la posibilidad de conocer de antemano cual será la repercusión de nuestro proyecto y analizar su comportamiento e impacto antes de que comience la construcción, a través de variaciones en su envolvente, en los materiales utilizados y el tipo de combustible utilizado; todo esto teniendo en cuenta aspectos como el emplazamiento, orientación y diseño formal del edificio.

3.9.5. DIMENSIÓN 7D. MANTENIMIENTO

Nos proporciona el control logístico y operacional durante el uso del edificio prolongando su vida útil y eficiencia, permitiéndonos a través del modelo 3D manejar toda la información como una base de datos que se puede gestionar. Dicha base de datos es la que se encargará de controlar el proyecto y le permitirá optimizar procesos importantes como las inspecciones, las diferentes labores de mantenimiento, posibles reformas y rehabilitaciones.

3.10. LOS NIVELES DE INFORMACIÓN DEL MODELO

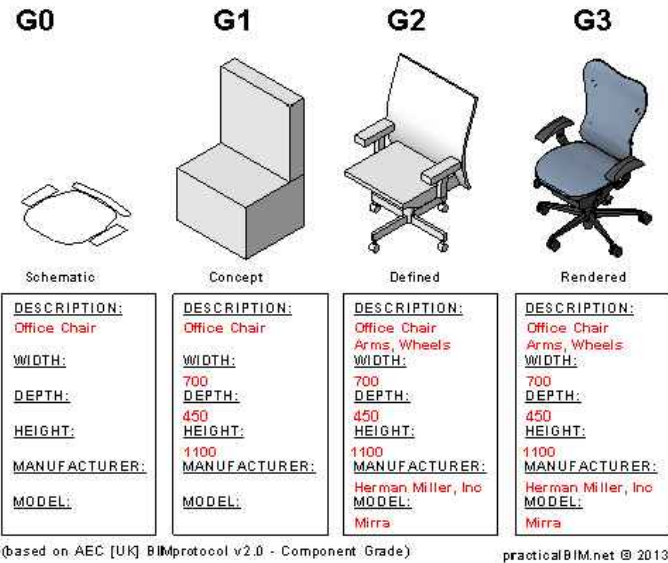
Un modelo es una abstracción de la realidad. El carácter y nivel de detalle requerido para compartir su información dependerá del propósito del proyecto y del nivel de entendimiento de quien está visionándolo (Kymmell).

Que el modelo que realicemos aporte mayor o menor información depende principalmente para el fin al que este se vaya a destinar, siendo habitual que entorno a esta metodología de trabajo a través de BIM se asocien diferentes grados de contenido de información dependiendo de la etapa de desarrollo del proyecto en la que nos encontremos.

Vico Software fue la primera empresa en introducir el concepto de **Nivel de Detalle** (Level of Detail - **LOD**) que debe de tener un modelo dependiendo de la situación. La creación de este término vino a raíz de la necesidad de su existencia para poder desarrollar correctamente su software de mediciones y presupuestos a través de BIM. Por lo tanto, el nivel de detalle es la cantidad de información que se proporciona con el modelo virtual, representando una medida cuantitativa y no cualitativa.

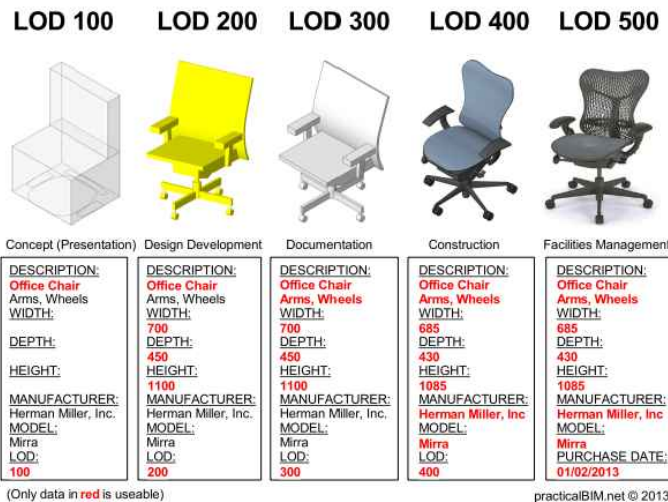
Pese a que el concepto de LOD creado por Vico parece útil y razonable, el **AIA** (American Institute of Architects) le dio una vuelta más a este sistema, argumentando que sería una buena opción que este no se centrara únicamente

LEVEL of DETAIL



[Fig.23]: DIFERENTES NIVELES DE DETALLE QUE INTERVIENEN EN BIM.

LEVEL of DEVELOPMENT



[Fig.24]: DIFERENTES NIVELES DE DESARROLLO QUE INTERVIENEN EN BIM.

en valorar la cantidad sino también la calidad de la información contenida en un modelo BIM, decidiendo cambiar su terminología por **Nivel de Desarrollo** (Level of Development). Supone un cambio importante en su concepto ya que no se trata de una merca cuantificación de la información que contiene nuestro modelo sino también de una valoración de para que sirve, debiendo haber cantidad y calidad suficiente en cada nivel de modelo para satisfacer el trabajo que se va a desarrollar en él. A través de estos parámetros, se han establecido los siguientes niveles de información básica de una modelo BIM ^(x):

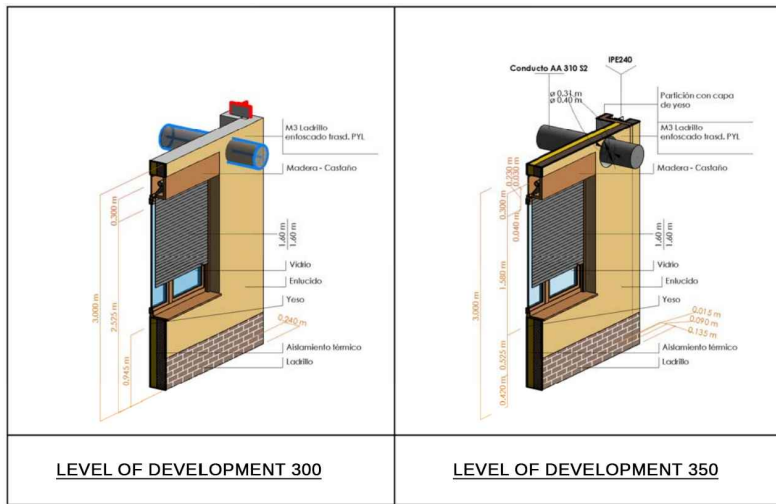
(X) Información extraída del documento: Impacto de BIM en el proceso constructivo español, Begoña Fuentes Giner

· **LOD 100:** se trata de un diseño meramente conceptual, de forma que el modelo aporte una visión general; básicamente su área, altura, volumen, localización y orientación. El AIA autoriza su uso para consideraciones del rendimiento general del edificio donde sólo sea necesario su volumen, cálculo de costes basados en superficie total o técnicas similares de aproximación y una programación estimada del tiempo de ejecución global.

· **LOD 200:** aporta una visión general con magnitudes. Los elementos del modelo son sistemas o montajes genéricos, con cantidades aproximadas de tamaño, forma, localización y orientación; aunque también se puede adicionar información no geométrica. La utilización de su información será igual que el nivel 100 salvo que en la programación temporal se puede realizar una división en los capítulos más importantes que componen el edificio. Es en este nivel donde se pueden empezar a introducir elementos tales como elementos estructurales, carpinterías o particiones, atribuyéndole el mismo nivel de definición que se da en un anteproyecto.

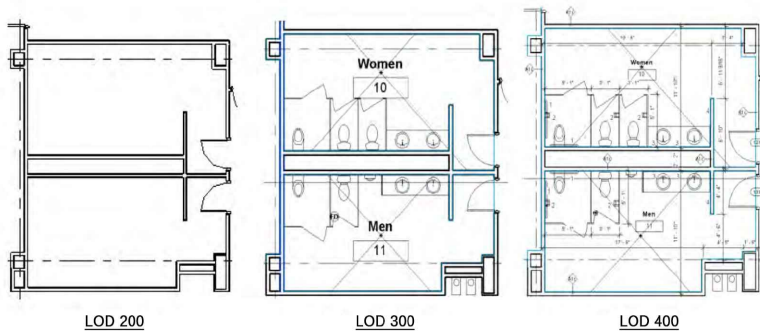
· **LOD 300:** aporta información y geometría precisa, pendiente de algún detalle constructivo no completo. Este nivel de información permite generar los documentos convencionales que componen un proyecto, toda su justificación técnica y normativa, el presupuesto estimado de ejecución material y la programación inicial por unidades de obra. Es aquí donde nuestro modelo adquiere el mismo nivel de detalle que le damos a un proyecto básico.

· **LOD 350:** es el equivalente al nivel LOD 300 pero incluyendo la detección de interferencias entre distintos elementos. Es propio de proyectos complejos desarrollados independientemente por disciplinas u otra desagregación de proyecto específica; afectando al análisis, programación y coordinación del proyecto. Habitualmente, modifica la totalidad del proyecto respecto al LOD 300 según criterios definidos en los que suele ser prioritario el respeto de la estructura frente a instalaciones, y de estas frente a arquitectura. Requieren de una perfecta coordinación entre todos los agentes y las distintas disciplinas y subdisciplinas para una correcta ejecución en obra y una drástica reducción de errores y modificaciones en esta.



[Fig.25]: DIFERENCIAS ENTRE LOD 300 Y LOD 350.

· **LOD 400:** contiene el detalle necesario para la fabricación o construcción y el nivel de mediciones es exacto. Además de la información incluida en los anteriores niveles de desarrollo, en este nivel debe aparecer explícitamente toda la información necesaria sobre la fabricación, montaje, ensamblaje y detalles necesarios para la construcción del edificio. La información que contienen cada uno de los elementos del modelo se consideran representativos virtuales de la realidad que va a ser construida, por lo que podemos considerarlo como el nivel de definición que se corresponde a la fase de proyecto de ejecución. El presupuesto y programación temporal han reducido el grado de incertidumbre al máximo dada la exactitud y calidad de la información contenida.



[Fig.26]: LOS DIFERENTES LOD APLICADOS A UNA VISTA EN PLANTA.

· **LOD 500:** el último nivel de desarrollo representa el proyecto "as-built" (ya construido); son las condiciones conforme a obra. El modelo es adecuado para el mantenimiento y explotación del edificio y es el nivel de modelo que se facilitará para la fase de explotación del edificio.

3.1.1. BIM EN LOS DIFERENTES TIPOS DE PROYECTOS

Una vez vistas las principales características que nos ofrece BIM como nueva forma de procedimiento en la ejecución de un proyecto de arquitectura, estamos en situación de poder analizar el impacto que esta tiene dependiendo del tipo de proyecto que tenemos que realizar. Podríamos elaborar una clasificación bastante más extensa y exhaustiva vistas las posibilidades que esta nueva herramienta nos ofrece, pero como el objetivo del trabajo es analizar el impacto que tiene el BIM sobre la gestión del proyecto, distinguiremos dos tipologías diferentes en torno a este criterio: **los proyectos estandarizados y los proyectos singulares.**

3.1.1.1. PROYECTOS ESTANDARIZADOS

Cuando hablamos de proyectos de este tipo nos referimos a aquellos que usan elementos prefabricados en serie para su construcción, lo que supone un mejoría más que notable en los tiempos de ejecución, un PEM bastante más reducido respecto al de los proyectos singulares y una mejor resolución constructiva al tratarse de casos ya estudiados y que normalmente no conllevan ninguna dificultad añadida.

Podemos deducir claramente como su levantamiento en BIM resultará mucho más sencillo al tratarse de proyectos más habituales y de los que disponemos de una gran biblioteca que va aumentando constantemente, debido al número de personas que poco a poco se van sumando a esta nueva forma de proceder

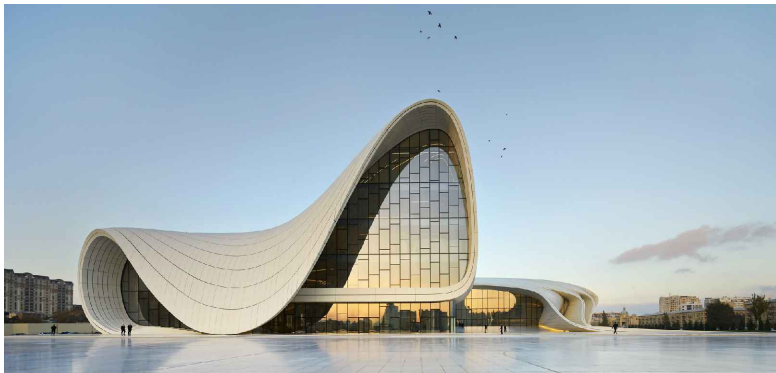


[Fig.27]: VIVIENDAS DE PROTECCIÓN OFICIAL EN CONSTRUCCIÓN.

cara al proyecto de arquitectura. Por esta misma razón, el número de aplicaciones de terceros que pueden interconectarse con nuestro modelo también es mayor, por lo que existiendo una correcta organización entre los diferentes agentes que intervienen en el proyecto, podemos llegar a cumplir plazos que hasta la fecha eran impensables.

3.11.2. PROYECTOS SINGULARES

Se trata de aquellos casos en los que la mayoría de elementos que componen el proyecto no se encuentran estandarizados, es decir, que se debe pedir expresamente su fabricación como es el caso de las carpinterías, o bien utilizar sistemas constructivos o estructurales no tradicionales como pueda ser el uso de una losa bidireccional para la realización de un forjado en lugar de elementos prefabricados como viguetas y bovedillas. Como es lógico, esto supone una diferencia bastante importante respecto a los proyectos estandarizados ya que tanto los plazos como los costes aumentan considerablemente.



[Fig.28]: HEYDAR ALIYEV CENTER DE ZAHA HADID COMO EJEMPLO DE ARQUITECTURA SINGULAR

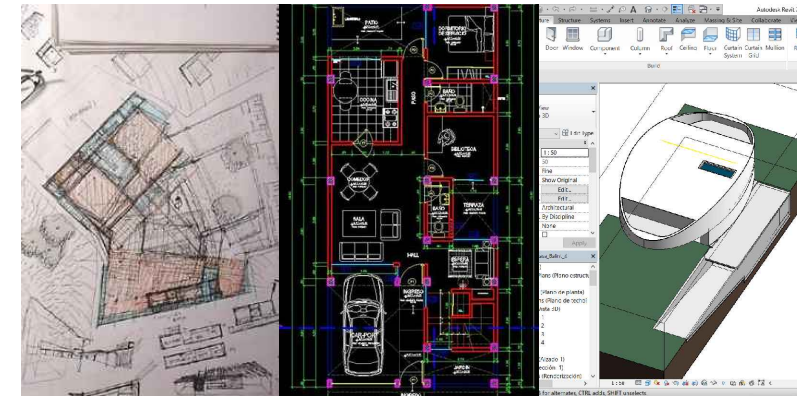
Esto influye de forma notoria en el grado de dificultad y complejidad que supone levantar este tipo de proyectos en BIM, ya que el no poseer elementos, como pueda ser el caso de ventanas y puertas para colocarlos directamente en nuestro modelo sino que debemos crear casos concretos, además de suponer un evidente incremento en los plazos respecto a los proyectos estandarizados, representa una mayor dificultad tal y como acabamos de decir ya que muchos de los programas que hacen uso de la tecnología BIM requieren de unos conocimientos considerables de programación para poder realizarlos. Pese a que pueda resultar un poco más complejo, la compatibilidad con aplicaciones de terceros sigue siendo la misma y depende de los conocimientos de los agentes que intervienen en el proyecto y su manejo con dichos programas el que esta metodología resulte igual de eficiente.

La Casa en la Pinada de Fran Silvestre Arquitectos, vivienda objeto de estudio en este TFG, pertenece a este tipo de proyectos. A través de su levantamiento y seguimiento con la herramienta Revit lo estudiaremos con más detenimiento y analizaremos el impacto que BIM tiene sobre esta tipología concreta.

3.12. LA POSIBILIDAD DE EMPEZAR UN PROYECTO EN BIM DESDE 0

Una de las cuestiones que suele surgir con mayor frecuencia una vez se descubren nuevas formas de llevar a cabo un proyecto, es si merece la pena o no dar el salto a una nueva metodología de trabajo una vez tenemos adoptado un sistema que nos permite ser lo más eficiente posibles.

Sin duda alguna, el ejemplo más claro de esta situación es el salto producido hace unos años del dibujo tradicional, donde todos los proyectos se realizaban manualmente, a la redacción de las diferentes partes de una obra a través de programas informáticos como es el caso de CAD, lo que supuso una gran revolución en su momento debido a la facilidad que nos ofrecía al poder realizar modificaciones libremente sin tener que volver a empezar desde el principio, con su consecuente mejora del factor tiempo.



[Fig.29]: PROGRESO EN EL USO DE LAS HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS

Al igual que CAD supuso un enorme cambio en la forma de proceder, en la actualidad está sucediendo lo mismo con BIM. Ya no se trata de dibujar un proyecto en 2D sino de construir nuestras ideas desde un principio en un modelo en el que como ya hemos visto, intervienen más dimensiones a parte de la 3D y se encuentran interconectadas todas las vistas donde toda modificación que realicemos se actualiza de forma inmediata en todo el proyecto.

Los diferentes variaciones que se han ido produciendo se pueden traducir en un aumento progresivo del nivel de definición del proyecto en fases más tempranas, ya que se ha pasado de esbozar de forma orientativa unos elementos constructivos (como por ejemplo un muro o una puerta) que no se acababan de definir hasta fases posteriores o incluso en obra, a indicar de forma exacta los materiales de dichos elementos e incluso su fabricante.

Debido a este gran cambio que se produce, la pregunta que mucha gente se hace es si es posible trasladar nuestras ideas directamente a Revit. Haciendo alusión a una de las citas más conocidas de Frank Lloyd Wright podremos responder de forma sencilla a dicha cuestión:

" Concibe el edificio en la imaginación, no en el papel, sino en la mente, en profundidad, antes de tocar el papel. Déjalo vivir ahí, que vaya tomando forma definida gradualmente antes de llevarlo al tablero. Cuando viva para ti, comienza a proyectar con herramientas, no antes. Es mejor cultivar la imaginación para construir y completar el edificio, antes de empezar a trabajar sobre él "

Al igual que CAD, BIM constituye una herramienta más que nos permite materializar nuestras ideas, pero con la principal diferencia de que conseguimos mejorar nuestro proceso productivo. De esta forma, siempre y cuando tengamos claro el proyecto en nuestra mente y lo hayamos interiorizado lo suficiente, lo podremos considerar como un método igual de válido y que no tiene porque contaminar en ningún momento nuestra idea inicial.

Si extrapolamos esta situación al campo educativo, es muy habitual que surja la cuestión de si esta metodología es la más acertada en los primeros cursos de docencia debido a la ausencia de conocimientos constructivos por parte de la mayoría de alumnos de nuevo ingreso. Pero no debemos olvidar que BIM no supone únicamente la posibilidad de materializar constructivamente nuestro proyecto, pese a que esta sea una de sus principales ventajas, sino también la oportunidad de elaborar una maqueta virtual a través de elementos constructivos no definidos (como es el caso de muros sólidos) que nos permite adelantarnos a multitud de fallos que a través del procedimiento convencional no veríamos con la misma velocidad.

3.13. ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO EN GRUPO

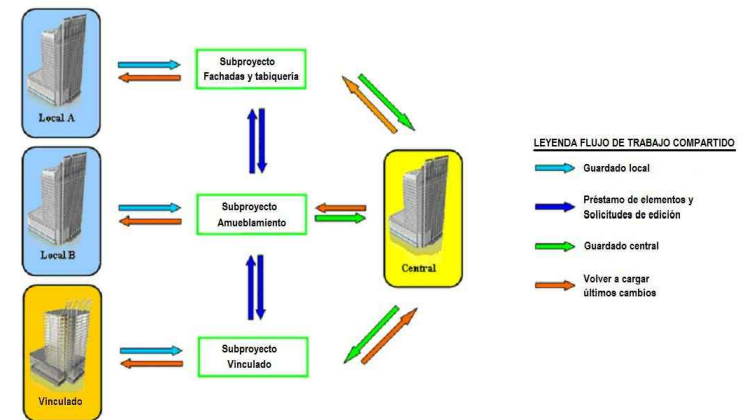
Una de las grandes ventajas que nos ofrece Revit, al igual que la gran mayoría de aplicaciones que utilizan BIM, es su enorme capacidad para gestionar correctamente el trabajo colectivo en un proyecto.

Al contrario de lo que ocurre en CAD donde estamos acostumbrados a generar una gran multitud de archivos para poder llevar a cabo una obra, debido principalmente a la inexistencia hasta hace poco de herramientas con propiedades multidisciplinarias y multivista, Revit si nos ofrece dichas posibilidades; de esta forma, consigue convertirse en uno de los entornos de trabajo multiusuario más eficiente y organizado del mercado.

El interés por el entorno multiusuario se produce cuando varios integrantes de un mismo equipo quieren acceder de forma simultánea a un único modelo que se comparte a través de un archivo central para trabajar sobre él; basando su funcionamiento en la utilización de una base de datos única para todo el proyecto.

Para lograr entender como funciona este nuevo sistema, resulta interesante desglosar cuales son los pasos que suele seguir su metodología de compartición:

1. El jefe de equipo del proyecto da de alta un nuevo proyecto y comienza la creación de su geometría inicial y la información general; el modelo del edificio se desarrolla en su fase inicial.
2. Cuando son necesarios usuarios adicionales , la compartición del proyecto se puede habilitar. El comando Subproyectos de la ficha Colaborar, nos permite preparar la activación de la compartición del proyecto, generando por defecto los subproyectos necesarios para empezar.
3. Si resulta necesario, se pueden añadir más subproyectos o bien podemos dejarlo para más adelante.



[Fig.30]: SISTEMA DE TRABAJO EN GRUPO EN REVIT.

4. Una vez hecho esto, se guarda el archivo inicial como archivo central en la red, distinguiéndolo de los demás para poder identificarlo fácilmente (es habitual añadirle la palabra General)

5. Los miembros del equipo realizan una copia del archivo central en su disco duro local para poder trabajar con él (a menudo suelen incluir la palabra Local para poder distinguirlo del central).

6. Cualquier usuario tiene la posibilidad de crear subproyectos adicionales en el archivo local para poder agrupar de forma lógica los diferentes elementos de construcción.

7. Los diferentes miembros del equipo pueden hacer modificaciones mediante el uso de préstamos de elemento o control de un subproyecto a través de su archivo local. El préstamo de elementos por otro miembro del equipo en un subproyecto desprotegido puede hacerse a través de Solicitudes de edición.

8. Cada miembro del equipo puede ir guardando y sincronizando a lo largo del día y prácticamente de forma instantánea el archivo local con el archivo general.

9. Los usuarios que posean subproyectos desprotegidos pueden renunciar a la propiedad del elemento en cualquier momento.

IMPACTO EN LA GESTIÓN DEL PROYECTO

4. IMPACTO EN LA GESTIÓN DEL PROYECTO

Tras analizar de forma exhaustiva que es BIM y cuál es su repercusión en los diferentes campos y países, nos centraremos en el efecto que causa esta nueva metodología sobre nuestro caso práctico, para poder ver de forma aplicada el estudio teórico previo del trabajo y en qué grado nos beneficia o perjudica respecto al sistema actual.

Para ello, enfocaremos este apartado desde diferentes puntos de vista con el objetivo de obtener la mayor cantidad posible de información que nos pueda facilitar una mejor comprensión de este nuevo procedimiento; centrándonos en tres apartados relevantes. Recurriremos a las entrevistas realizadas a algunos de los integrantes habituales en los proyectos del estudio para poder tener así una visión profesional de cuál es la situación actual de BIM en los diferentes campos. Explicaremos en qué grado ha afectado al levantamiento en Revit, el que se tratara de un proyecto singular y finalmente veremos cómo repercute en las diferentes fases de ejecución el disponer de una herramienta que nos permita tener actualizada de forma constante todas aquellas variaciones que se van produciendo incluso en etapas avanzadas del proyecto.

4.1. ENTREVISTAS A PROFESIONALES EN EL CAMPO

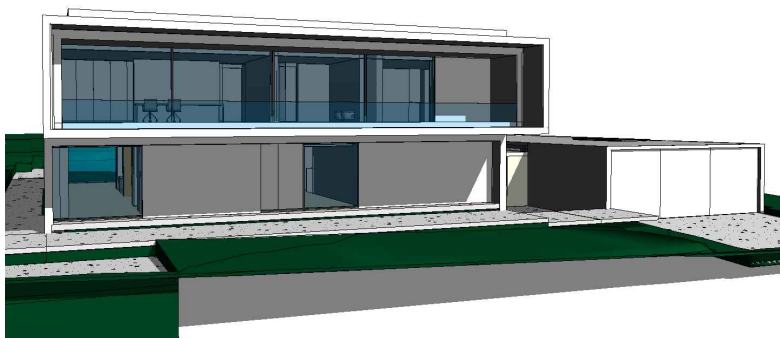
Aprovechando la oportunidad que significó el poder estudiar un proyecto con una gran calidad arquitectónica como es el caso de la Casa entre la Pinada de Fran Silvestre Arquitectos, que cuenta con un gran equipo de profesionales detrás, supuso también una gran ocasión para preguntar a algunos de dichos miembros del estudio cuál era la situación actual de BIM y como afectaba a sus respectivos campos de intervención.



[Fig.31]: FRAN SILVESTRE, DAVID GALLARDO, ÁNGEL FITO Y CARLOS GARCÍA.

Dada la longitud de las entrevistas y su gran interés por los resultados obtenidos, se creyó oportuno el incluirlas en un apartado expreso al final del presente trabajo (**Anexo 01**) para consolidar así algunos de los argumentos dados en las conclusiones.

4.2. LEVANTAMIENTO DE LA CASA ENTRE LA PINADA

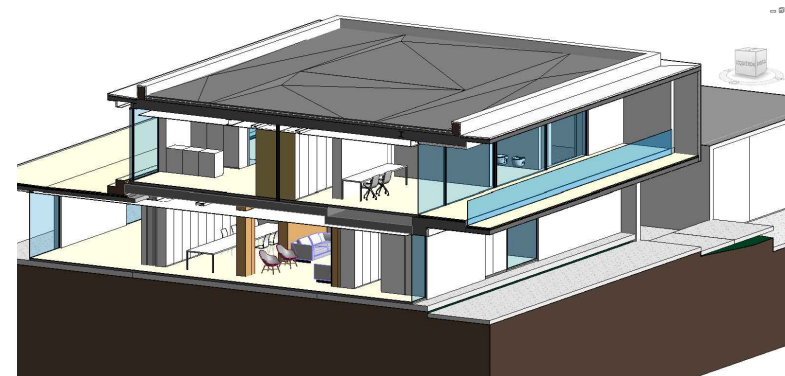


[Fig.32]: VISTA GENERAL DEL PROYECTO LEVANTADO EN REVIT.

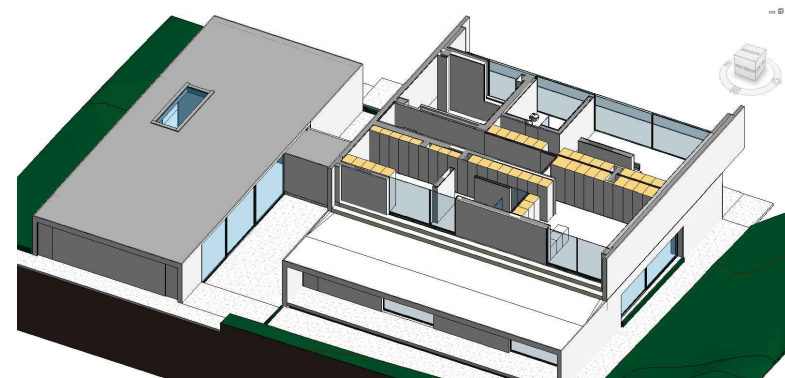
Para analizar minuciosamente como influye el uso de Revit en la realización de esta tipología de proyectos, se hará un primer levantamiento íntegro del proyecto a partir de la información facilitada por el estudio, para poder tener de esta

forma un visión particular de cómo influye la arquitectura singular en este nuevo procedimiento; y a continuación, en el siguiente apartado, estudiaremos cuál habría sido la influencia de utilizar un modelo en Revit de forma paralela a la ejecución de la obra para adelantarnos a decisiones que han quedado pendientes una vez hecha la visita de obra correspondiente.

Debido a que la construcción del proyecto en Revit es un proceso bastante extenso pero del que es importante entender correctamente todos los pasos llevados a cabo para llegar a una mayor comprensión de este, se ha desarrollado un documento anexo (**Anexo 03**) en el que podemos ver paso a paso cual ha sido su desarrollo y a partir del cual se han obtenido los puntos principales que vamos a tratar en este apartado.



[Fig.33]: SECCIÓN DE PERFIL DEL PROYECTO MEDIANTE CAJA DE SECCIÓN



[Fig.34]: SECCIÓN EN PLANTA DEL PROYECTO MEDIANTE CAJA DE SECCIÓN.

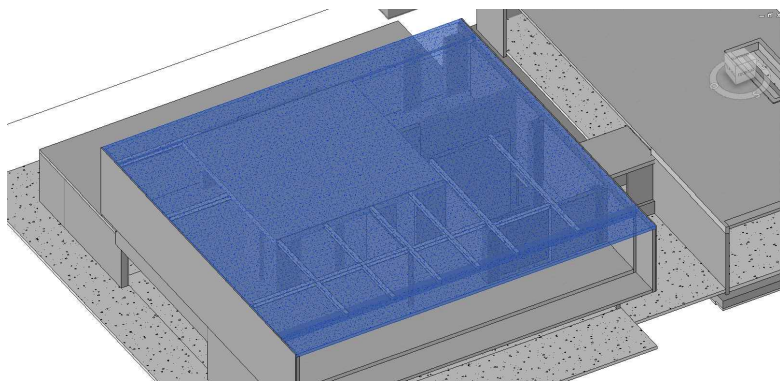
4.2.1. DIFICULTADES

Tras un largo proceso de estudio previo del proyecto (**Anexo 02**) para conocerlo en profundidad y llegar a una mayor aproximación a la realidad a la hora de construirlo en BIM, se procedió a su levantamiento progresivo según los diferentes LOD. Dentro de estos, fueron surgiendo una serie de obstáculos que nos impidieron avanzar de forma ágil en comparación a si se tratara de otro tipo de obra.

A continuación nos centraremos en analizar dichos obstáculos y en cómo estos influyeron en la construcción de nuestra modelo en 3D.

· COMPRESIÓN INICIAL DEL PROYECTO

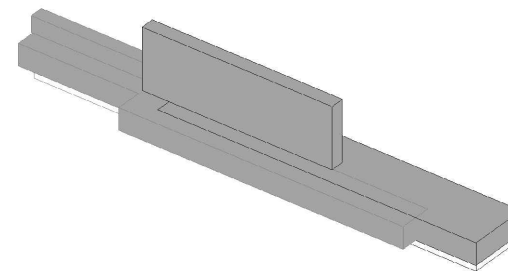
Como en todo proyecto, el hecho de no ser el autor del mismo provoca que se tenga que invertir una gran cantidad de tiempo. Si nos centramos en nuestro caso concreto y además de lo que acabamos de mencionar sumamos el hecho de partir de una estructura preexistente, su complejidad aumenta proporcionalmente, ya que dependiendo de la vida útil que tenga la edificación existente el uso de materiales fabricados en serie con unas medidas estándar se ve considerablemente reducido, lo que supone crear una gran cantidad de elementos del mismo tipo para lograr la mayor precisión. Además, también es necesario comprender el diálogo que existe entre lo que se conserva y lo propuesto, dado que la mayoría de veces es necesario intervenir de forma puntual a través de perfiles de acero.



[Fig.35]:
ESTRUCTURALES
DE LA
CUBIERTA

· CIMENTACIÓN "IN SITU"

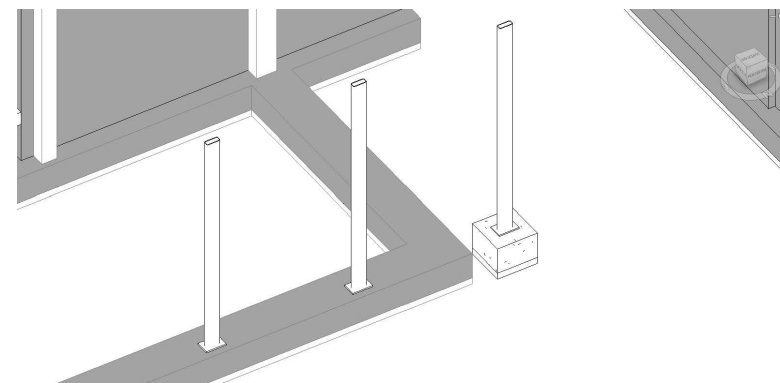
Al no tratarse de una cimentación a base de zapatas corridas habitual, en la que todos los elementos verticales acometen a estas a eje sino que la mayoría de ellos descansan sobre estas de forma descentrada, se tuvo que buscar una alternativa ya que haciéndolo de la forma habitual, que es creando un muro y a través del apartado estructura atribuirle su respectivo elemento de cimentación, no resultaba viable ya que no se acercaba a la solución real. Para ello se sustituyeron estas por muros que descansaban sobre un hormigón de limpieza.



[Fig.36]: EJEMPLO DE ZAPATA DE
LA CIMENTACIÓN EXISTENTE

· SOPORTES DE ACERO NO EXISTENTES EN REVIT

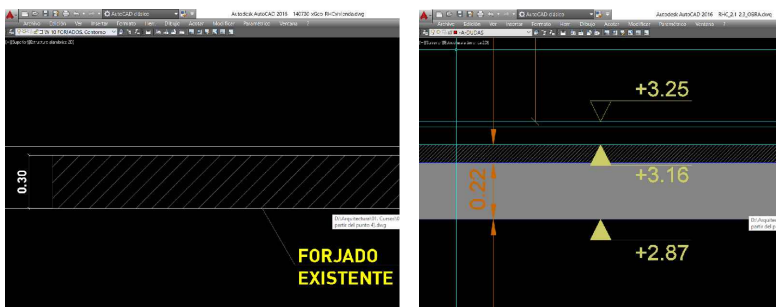
Paralelamente al uso de perfiles de acero estandarizados y perfectamente introducibles a través de la biblioteca interna de Revit, también existían una serie de tubos de acero que por desconocimiento de que el programa los contuviese al igual que los otros, se tuvo que crear una solución alternativa para poder incluirlos.



[Fig.37]: SOPORTES TUBULARES
DE ACERO

· NO CORRELACIÓN ENTRE PLANOS

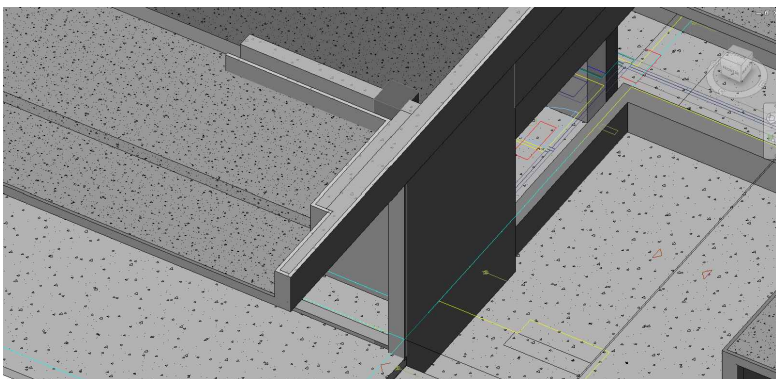
Dado que se desconoce el si los planos que el estudio facilitó fueron los últimos debido a la constante creación de nuevos archivos por las habituales modificaciones que se van produciendo en obra, había puntos en los que había que decidir si hacer caso a los planos de estructura o bien a los del proyecto de ejecución, al no existir correspondencia entre ellos en algunos puntos; como es el caso de los espesores de la losa preexistente en primera planta.



[Fig.38]: INCOHERENCIAS ENTRE ARCHIVOS DWG

· REVESTIMIENTO EXTERIOR COTETERM COMO CAPA INDEPENDIENTE

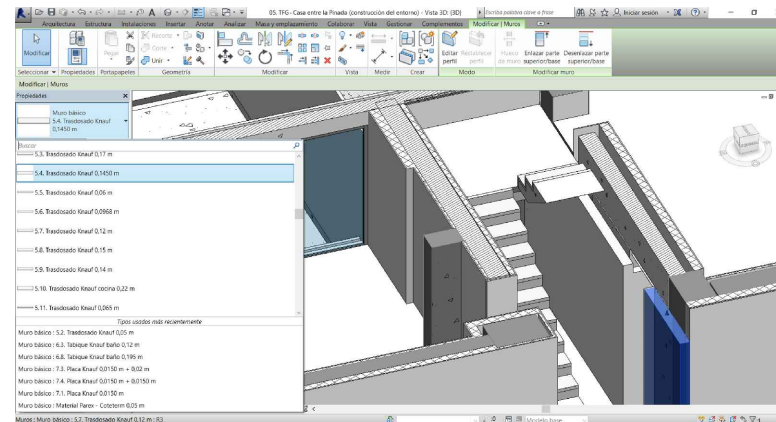
El decidir que el acabado exterior del proyecto formará parte de una capa independiente debido a que el estudio lo trata constructivamente de esta forma, en lugar de ser una capa más de la estructura interna de los elementos que en su superficie exterior se encontraba aplicada, supuso un incremento en el tiempo debido a lo laborioso que resulta aplicarlo a todo el proyecto en sus diferentes planos por la existencia de numerosos espesores.



[Fig.39]: DETALLE DEL SATE

· TRASDOSADOS DE NUMEROSOS ESPESORES

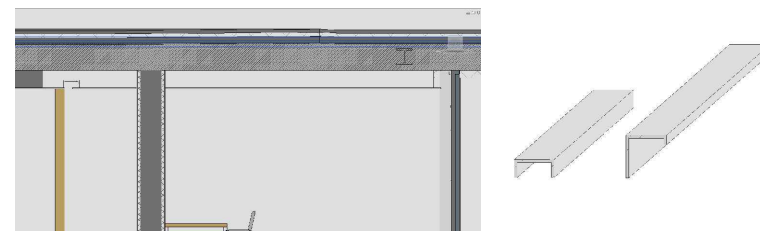
De la misma forma que para el sistema de aislamiento térmico exterior se optó por la utilización de una capa externa al muro que actuase de forma independiente, para los trasdosados se aplicó el mismo criterio; y al igual que sucede con este, la existencia de un gran número de espesores supuso el tener que crearse bastantes tipologías diferentes para conseguir la mayor precisión posible.



[Fig.40]: TRASDOSADOS EXISTENTES EN LOS MUROS

· FOSEADOS CREADOS COMO FAMILIA IN SITU SEGÚN EL TIPO

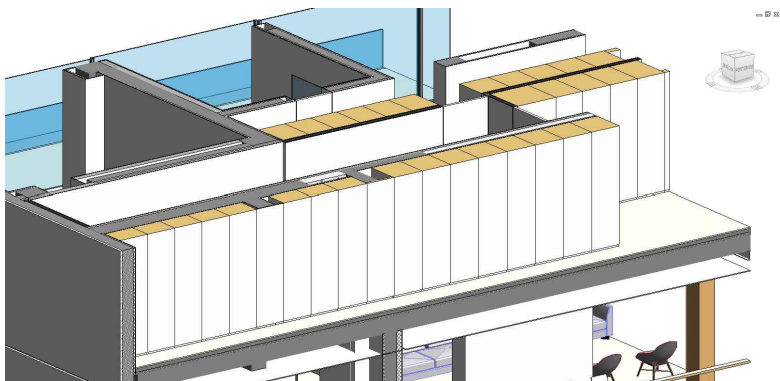
El crearse una familia parametrizada que dentro de techos nos permitiera de forma más o menos automática la inserción de foseados de luz en estos, se consideró como algo inabarcable para este trabajo, ya que aparte de la evidente dificultad que conlleva el desarrollo de una familia de este tipo hay que tener en cuenta que no existe una única solución que se repita a lo largo de todo el proyecto, sino que van apareciendo diversas opciones dependiendo del encuentro del techo con el resto de elementos constructivos.



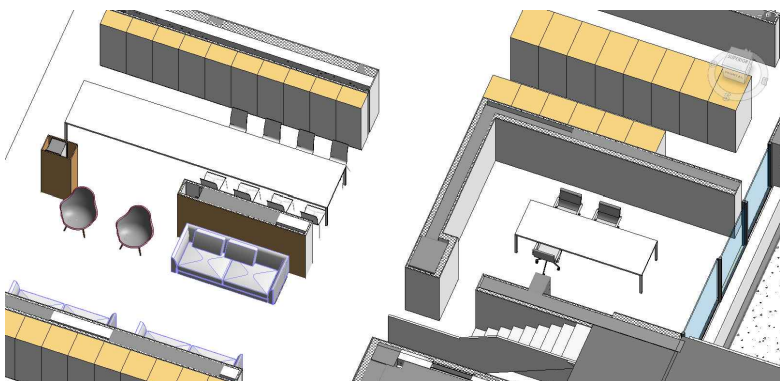
[Fig.41]: DETALLE DE LOS FOSEADOS

· **ARMARIOS HECHOS A MEDIDA**

A pesar de tratarse de elementos que ya existen como familia parametrizada en el catálogo de muchas empresas e incluso dentro del propio Revit, para nuestro caso esto no es aplicable debido principalmente a que se tratan de piezas fabricadas expresamente según la longitud y altura que tengan que abarcar siguiendo una modulación. Incluso los interiores de cada uno pueden ir variando en su distribución dependiendo de su uso ya que, hay veces en las que se destinan a contener las máquinas de climatización que expulsan el aire por los foseados o por una rejilla existente en el mismo armario.



[Fig.42]: FAMILIAS IN SITU CREADAS PARA LOS ARMARIOS



[Fig.43]: MOBILIARIO IMPORTADO EL PROYECTO

· **MOBILIARIO SINGULAR**

El hecho de que no se utilicen una serie de piezas de mobiliario estándar sino que la mayoría de elementos de mobiliario sean de diseño, hace que sea

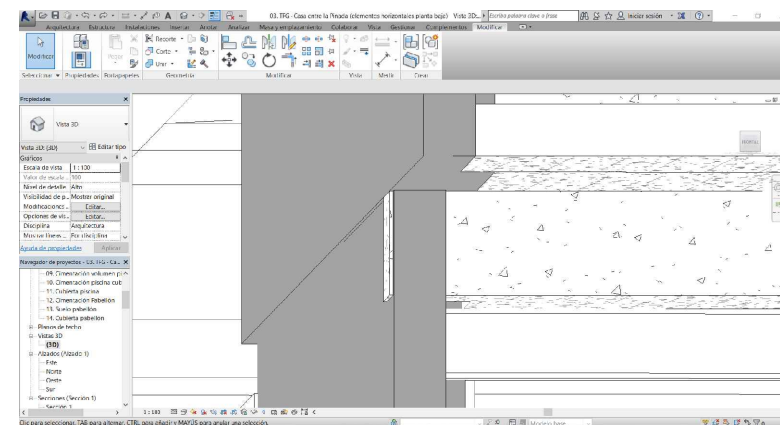
bastante complicado actualmente el tener acceso a elementos de este tipo, de forma que se ha recurrido a insertar piezas que se acerquen en lo máximo posible tanto a nivel de calidades como dimensional. Para el caso de elementos como las mesas que están hechas a medida por el carpintero, se han importado familias ya existentes y se han editado sus dimensiones.

4.2.2. INCOHERENCIAS

Como es habitual en los grandes proyectos, la existencia de una enorme cantidad de archivos que contienen de forma disgregada todo el proyecto hace que normalmente aparezcan incoherencias cuando estos se solapan, pese a que la utilización de referencias externas reduzca considerablemente la posibilidad de fallo.

En este apartado nos centraremos en el análisis de algunas de estas incongruencias, teniendo en cuenta que se han estudiado a partir de los planos facilitados y que puede que no se trate de los definitivos, por lo que algunas de estas puede que se subsanaran más adelante.

· **NO ALINEACIÓN ENTRE MUROS DE PLANTAS**



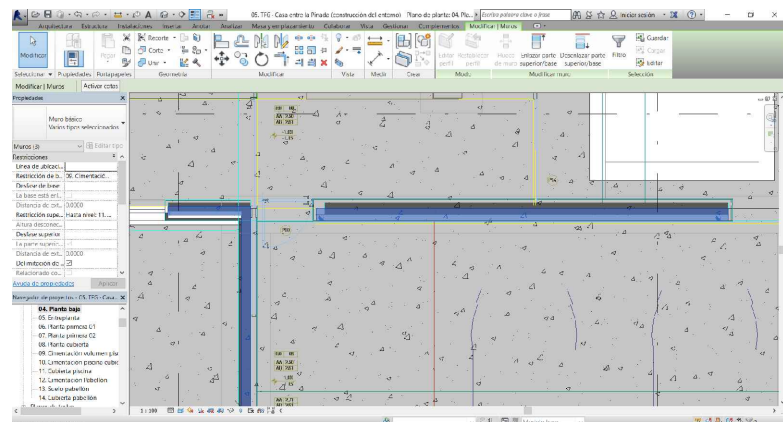
[Fig.44]: DETALLE DEL ENCUENTRO ENTRE MUROS DE DIFERENTES PLANTAS

Dado que se partió de los planos de estructura para definir esta y que posteriormente se introdujeron los del proyecto de ejecución para insertar los elementos correspondientes a esta fase de detalle. Una vez se llegó a esta segunda parte, resultó que los elementos no quedaban alineados entre sí y generaban una serie de aristas que no se correspondían con la resolución constructiva real. Por lo que en este caso concreto podemos observar como es

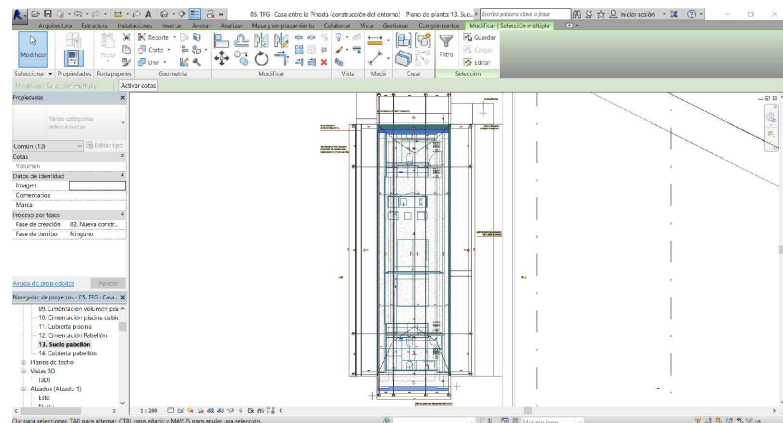
muy habitual que exista cierta disociación entre los archivos que utilizan los diversos integrantes del equipo de un proyecto.

· **NO CORRESPONDENCIA ENTRE LOS MUROS DEL VOLUMEN GARAJE**

Siguiendo el mismo criterio constructivo que en el volumen vivienda, partiendo en primer lugar del plano de estructura, podemos apreciar como los muros que se construyeron en Revit con este primero no guardan relación con los correspondientes al plano de ejecución. Debido a esto, se tuvieron que reajustar estos elementos de acuerdo al plano en planta del proyecto ejecución para que a la hora de insertar el resto de elementos no fuera sumándose el error de forma progresiva.



[Fig.45]: DISCREPANCIA ENTRE MUROS



[Fig.46]: DETALLE DEL ENCUENTRO ENTRE MUROS DE DIFERENTES PLANTAS

· **NO RELACIÓN ENTRE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL PABELLÓN**

Al igual que en los otros dos casos, podemos ver como la longitud del volumen que figura en un plano y otro no guarda concordancia, con el consecuente reajuste a posteriori.

Pese a que la mayoría de elementos estructurales si guardasen relación entre planos, podemos observar como todas las incoherencias analizadas vienen dadas a través de la no correspondencia entre estos. Aunque tal y como se ha mencionado antes, el hecho de disponer de unos planos determinados hace que no sea posible el confirmar si se tratan de los más actualizados, por lo que es muy probable que este problema se solventara posteriormente dada la pulcritud que el estudio le da a toda la planimetría.

4.3. MODELO PARALELO AL SEGUIMIENTO DE LA OBRA

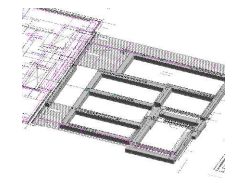
En este apartado, analizaremos de forma gráfica el seguimiento que se hizo en paralelo del proyecto con Revit. Para ello, nos centraremos en aquellas visitas de obra que supusieron cambios relevantes, obviando las etapas previas de catas y movimiento de tierras.

Pese a que algunas de las visitas de obra no pertenezcan al curso académico en el que se desarrolla el presente trabajo final de grado, se han incluido en este dado el interés que supone conocer más profundamente el proyecto.

VISITA 01



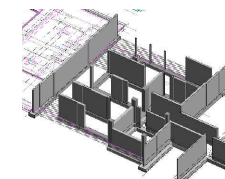
Una vez realizado el movimiento de tierras para la nueva cimentación, habiendo indicado previamente el tener cuidado con no producir asentamientos diferenciales sobre la cimentación existente que se quiere mantener, se pasa a la colocación del armado (incluyendo las esperas de los muros y pilares), su comprobación, y finalmente al vertido del hormigón y su vibrado.



VISITA 02



Se comprueba que la separación entre las armaduras de los diferentes muros es la figurada en plano y todo seguido se confirma que los encofrados se encuentran posicionados y apuntalados correctamente para evitar desplazamientos indeseados durante el vertido del hormigón.

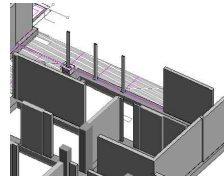


4. IMPACTO EN LA GESTIÓN DEL PROYECTO

VISITA 03



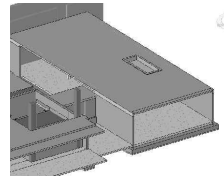
Se confirma que la estructura vertical propuesta ha evolucionado correctamente durante los últimos días y se procede al hormigonado de las soleras del volumen vivienda.



VISITA 04



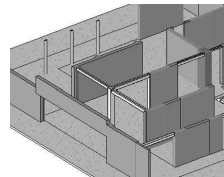
Se encofra, arma y hormigona la cubierta del volumen piscina aplicando el mismo criterio de corrección que las anteriores visitas.



VISITA 05



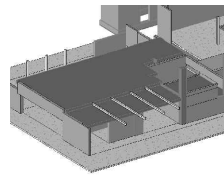
Se comprueba que el apuntalamiento de los forjados existentes en primera planta es correcto y que en caso de asiento todos lo harán en grupos uniformemente, nunca de forma individual. A continuación, se coloca toda la perflería de acero para reforzar la estructura preexistente y se aplican los cordones de soldadura necesarios.



VISITA 06



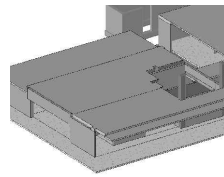
Se colocan en su sitio los diferentes perfiles de acero que irán apoyados en gran parte en el forjado existente y que tienen como objetivo la formación del voladizo de acceso a la vivienda.



VISITA 07



Tras posicionar toda la perflería de acero que tiene que colaborar con el forjado y todo el armado correspondiente, se procede al vertido del hormigón.

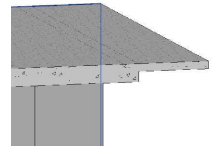


4. IMPACTO EN LA GESTIÓN DEL PROYECTO

VISITA 08



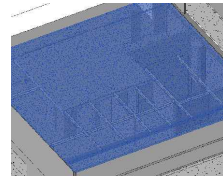
Se encofra la planta de cubierta variando la altura en los extremos norte y sur para producir la reducción del canto de la losa.



VISITA 09



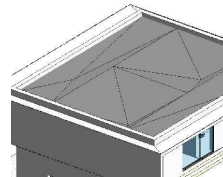
Mediante la perflería de acero adicional que queda embebida junto al armado del hormigón un vez se produce su vertido, se consiguen las grandes luces características del proyecto en diálogo con la estructura de la edificación existente.



VISITA 10



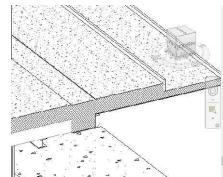
Para evitar acumulación de agua en la cubierta ya ejecutada, se realiza la formación de pendientes para que estas puedan ser evacuadas de forma natural a la vez que se generan diferentes juntas de dilatación.



VISITA 11



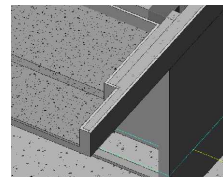
Después de posicionar correctamente los premarcos de las ventanas teniendo en cuenta que deben estar debidamente nivelados para evitar futuros problemas en la apertura de las grandes puertas correderas, se vierte el mortero autonivelante a nivel con estos.



VISITA 12



Se comienza a colocar el sistema de aislamiento térmico exterior COTETERM en toda la envolvente del proyecto.

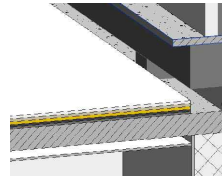


4. IMPACTO EN LA GESTIÓN DEL PROYECTO

VISITA 13



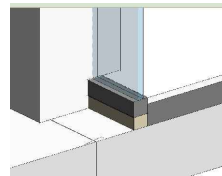
Se impermeabilizan todos los paramentos horizontales destinados a cubierta o bien a terraza para evitar la filtración de agua a través de una combinación de geotextil con una membrana impermeable.



VISITA 14



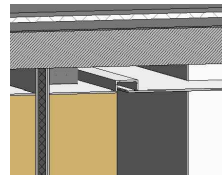
Se colocan las guías de las puertas correderas con su correspondiente sistema de evacuación de aguas que irá conectado directamente a la bajante de pluviales más próxima. A través de espuma de poliuretano se consiguen nivelar correctamente.



VISITA 15



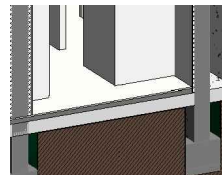
Se continúa con la construcción de tabiques, trasdosados y falsos techos industrializados a la vez que se empiezan a formar los diferentes foseados de luz que quedan ocultos en dicho falso techo.



VISITA 16



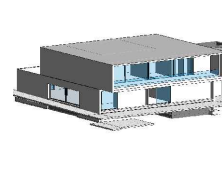
Empieza a pavimentarse el suelo a través de piezas de mármol pulido, tapándolas posteriormente para protegerlas del resto de labores que se están llevando a cabo en la misma zona de trabajo.



VISITA 17



A través de medios auxiliares, se empiezan a colocar en su sitio las diferentes carpinterías de gran formato sobre las guías ya preparadas.

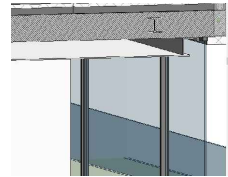


4. IMPACTO EN LA GESTIÓN DEL PROYECTO

VISITA 18



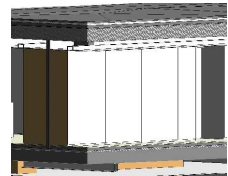
Se empiezan a colocar todas las iluminarias LED en los foseados y se realizan comprobaciones de su gama de color.



VISITA 19



Una vez finalizado todo el pavimentado de la obra, se procede a la colocación de toda la carpintería interior.



VISITA 20



Finalmente, se empiezan a posicionar las diferentes piezas de mobiliario en sus respectivas estancias.



CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

A lo largo del presente trabajo, se ha seguido la misma dinámica en el trato de la información, realizando un primer enfoque del BIM a nivel global para poder tener de esta forma una noción fundamentada de cual es su situación actual dentro de las metodologías de procedimiento cara al proyecto de arquitectura, para finalmente centrar todos estos conocimientos en un caso práctico que nos permitiera convertirlos en algo más tangible.

Dentro de este punto de vista más general, podemos observar como se está tratando de una nueva tecnología que se está propagando, tanto a nivel profesional como a nivel docente, más rápidamente que CAD en su momento. Esto se debe principalmente a que las herramientas informáticas están a la orden del día y todo aquel que disponga de unos recursos mínimos puede acceder a ellas sin ningún tipo de dificultad. Pese a que en la docencia todavía no consiga acoplarse del todo dado el enfoque actual del sistema docente y los conocimientos constructivos necesarios para poder explotar correctamente su rendimiento, es cuestión de tiempo que se instale completamente debido a la ventaja que supone el poder trasladar prácticamente por completo tus ideas tridimensionales de un proyecto a un software que trabaja principalmente en 3D aunque se puedan obtener vistas en 2D.

Si nos paramos a observar los resultados obtenidos en las entrevistas, nos daremos cuenta de que Revit no pretende únicamente abarcar un sector concreto del proyecto de arquitectura sino su totalidad. A nivel proyectual nos permite empezar un proyecto desde 0, que es el mayor reparo que encuentran prácticamente todos los estudios para dar el salto a este nuevo sistema aparte del evidente coste económico que supone su formación. En el campo de las estructuras Autodesk está desarrollando Revit Structure como un potente software de cálculo que ya va incorporado dentro del mismo Revit, dejando de lado el producir nuevos programas para centrarse únicamente en este. Y en las fases de ejecución nos permite obtener de forma muy precisa y en tiempo real las mediciones y presupuestos, uno de los documentos más importantes dentro de la obra, que dependiendo de las habilidades de los usuarios se conseguirá un mayor o menor acercamiento a la realidad.

Analizando nuestro caso práctico, podemos apreciar como es necesario tener en cuenta una serie de puntos. Por una parte es importante invertir la mayoría de tiempo en construir un sistema de trabajo que nos permita ser lo más eficiente posibles, de modo que amoldemos el programa a nuestra forma habitual de proceder cara al proyecto de arquitectura, ya que la gran parte del tiempo que se dedica a un levantamiento en Revit es a la creación de todos los elementos, importación de familias, elaborar un sistema de valoraciones de línea que permita entender lo mejor posible la obra, etc.

Si nos centramos en el caso concreto de la Casa entre la Pinada, podemos apreciar lo laborioso que resulta el poder acercarnos en un mínimo porcentaje a su realidad constructiva si no partimos de una plantilla de trabajo bien definida. Pero este se debe principalmente a que se trata de un proyecto característico de arquitectura singular, ya que si fuera un proyecto más estandarizado, la biblioteca actual de elementos que tiene Revit nos permite reducir el coste del levantamiento considerablemente

Por otra parte, debemos mentalizarnos de que hay que despegarse cuanto antes de usar de forma paralela CAD y BIM ya que lo único que conseguimos así es duplicar la información o que al importar los planos de Autocad a Revit nos encontremos con una gran cantidad de incoherencias que hacen que desperdiciemos bastante tiempo en encontrar respuestas al porque de esas incongruencias.

Finalmente, es importante destacar que pese a que la metodología BIM nos exija unos conocimientos constructivos bastante avanzados para poder explotar todo su potencial, no debemos considerar esto como una desventaja sino como su principal ventaja, ya que de esta forma no obviaremos muchas cosas que pasábamos antes por alto, logrando una mejor calidad constructiva de las obras.

ÍNDICE DE FIGURAS

6. ÍNDICE DE FIGURAS

[Fig.00]: DIRECCIÓN DE OBRA	01
<u>Fuente:</u> http://cdn.girabsas.com/042016/1467238500093.jpg	
[Fig.01]: EJEMPLOS DE HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS DEL SECTOR ARQUITECTÓNICO	02
<u>Fuente:</u> http://www.cooperativacamino.com/WebRoot/StoreES2/Shops/eb0458/4D13/406A/B7EE/39FE/9E83/D94C/9B1B/03AE/Pantalla_Presto_10_jerarquico.png	
<u>Fuente:</u> https://merpixel.com/wp-content/uploads/2015/11/Lina-Bobardi-50-50.jpg	
<u>Fuente:</u> http://magazine.archtalent.com/wp-content/uploads/2015/06/47.jpg	
[Fig. 02]: PARCELA DEL PROYECTO	06
<u>Fuente:</u> Elaboración propia	
[Fig.03]: CONTEXTO ACTUAL	08
<u>Fuente:</u> Introducción a la tecnología BIM, Eloi Coloma Picó	

[Fig.04]: PROCESO DE OBTENCIÓN ACTUAL DE LA INFORMACIÓN.....	10
---	----

Fuente: Introducción a la tecnología BIM, Eloi Coloma Picó

[Fig.05]: PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN A TRAVÉS DE BIM	10
---	----

Fuente: Introducción a la tecnología BIM, Eloi Coloma Picó

[Fig.06]: ASPECTOS QUE CONTEMPLA BIM	11
---	----

Fuente: <http://www.veritas-consulting.co.uk/wp-content/uploads/2013/09/bim1.jpg>

[Fig.07]: USO DEL BIM EN EL MUNDO	13
--	----

Fuente: <http://mbim.blogs.upv.es/files/2015/07/bim-en-el-mundo01.jpg>

[Fig.08]: MAPA DE IMPLANTACIÓN DEL BIM	13
---	----

Fuente: http://mbim.blogs.upv.es/files/2015/07/BIM_en_el_mundo02.jpg

[Fig.09]: DIAGRAMA DE CONOCIMIENTO Y USO DEL BIM EN 2013 A NIVEL EUROPEO.....	14
--	----

Fuente: <https://static.tiendy.com/shops/animun/uploads/2015-eventobim-conocimiento-bim.jpg>

[Fig.10]: RUTA BIM EN ESPAÑA.....	15
--	----

Fuente: <https://static.tiendy.com/shops/animun/uploads/2015-eventobim-conocimiento-bim.jpg>

[Fig.11]: UNIVERSIDADES QUE OFRECEN CURSOS DE BIM	17
--	----

Fuente: Nuevas tecnologías en la enseñanza de la ingeniería civil, Emilio Humberto, D'paola Puche

[Fig.12]: PASOS DEL ENFOQUE DE APRENDIZAJE MEDIANTE BIM	19
--	----

Fuente: Nuevas tecnologías en la enseñanza de la ingeniería civil, Emilio Humberto, D'paola Puche

[Fig.13]: CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE BIM	19
---	----

Fuente: Introducción a la tecnología BIM, Eloi Coloma Picó

[Fig.14]: COMO SE RELACIONA UNA APLICACIÓN BIM MUY COMPLETA Y SU MODELO CON APLICACIONES CONECTABLES.....	20
--	----

Fuente: Introducción a la tecnología BIM, Eloi Coloma Picó

[Fig.15]: BIM PARAMÉTRICO	21
--	----

Fuente: Introducción a la tecnología BIM, Eloi Coloma Picó

[Fig.16]: CARACTERÍSTICAS DE LA INFORMACIÓN QUE PODEMOS OBTENER Y COMPONE NUESTRO MODELO	22
---	----

Fuente: Introducción a la tecnología BIM, Eloi Coloma Picó

[Fig.17]: ALGUNOS DE LOS SOFTWARE QUE HACEN USO DE BIM	23
---	----

Fuente: http://allbim.es/wp-content/uploads/PT_20150918_01_Programas-BIM-1024x326.jpg

[Fig.18]: INTERFAZ DE REVIT	24
--	----

Fuente: <http://static-dc.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/products/autodesk-revit-1t/responsive-center/images/overview/3d-design-visualization-large-1152x648.jpg>

[Fig.19]: INTERFAZ DE GRAPHISOFT	25
---	----

Fuente: http://3.bp.blogspot.com/_k1O1IZpxQk/T8dlsOrnijfI/AAAAAAAAAnk/a_Bcmx45Q6l/s1600/ac15-cd-remake-ss1.png

[Fig.20]: INTERFAZ DE ALLPLAN	26
--	----

Fuente: <https://i.ytimg.com/vi/0zjtq7NN3qU/maxresdefault.jpg>

[Fig.21]: INTERFAZ DE BENTLEY	27
--	----

Fuente: <https://i.ytimg.com/vi/9jkTNfjY9w/maxresdefault.jpg>

[Fig.22]: DIMENSIONES QUE INTERVIENEN EN BIM	28
---	----

Fuente: <http://www.tecnologiasuperior.com/wp-content/uploads/2016/05/BIM-dimensions.png>

[Fig.23]: DIFERENTES NIVELES DE DETALLE QUE INTERVIENEN EN BIM	30
---	----

Fuente: http://3.bp.blogspot.com/-Zpl5rYMb48E/USBp_yXkyrI/AAAAAAAAAKE/YMR0Mzb8EUC/s1600/LoDETAIlexplained_500pix.png

[Fig.24]: DIFERENTES NIVELES DE DESARROLLO QUE INTERVIENEN EN BIM 30

Fuente: http://2.bp.blogspot.com/-WAsuhSJtDHs/UTGOpYIRtOI/AAAAAAAAAMg/twbkYX1kWkQ/s1600/LoDEVexplained_605.png

[Fig.25]: DIFERENCIAS ENTRE LOD 300 Y LOD 350 32

Fuente: http://escuelaedificacion.org/images/zoo/uploads/PDF/PRESENCIALES/MBIM/Revista_Building_Smart_JAM_Art.pdf

[Fig.26]: LOS DIFERENTES LOD APLICADOS A UNA VISTA EN PLANTA .. 32

Fuente: http://lh5.ggpht.com/-LldX66tb2HE/T0-RJe5cs4I/AAAAAAAAAF18/qomyd0NVXvM/image_thumb%25255B4%25255D.png?imgmax=800

[Fig.27]: VIVIENDAS DE PROTECCIÓN OFICIAL EN CONSTRUCCIÓN ... 33

Fuente: http://images.eldiario.es/andalucia/Viviendas-vpo_EDIIIMA20140219_0175_13.jpg

[Fig.28]: HEYDAR ALIYEV CENTER DE ZAHA HADID COMO EJEMPLO DE ARQUITECTURA SINGULAR 34

Fuente: http://serempresario.com/wp-content/uploads/2016/03/52852152e8e44e8e7200015f_heydar-aliyev-center-zaha-hadid-architects_hac_exterior_photo_by_hufton_crow_-1.jpg

[Fig.29]: PROGRESO EN EL USO DE LAS HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS 35

Fuente: <http://www.arqhys.com/contenidos/fotos/El%20croquis.jpg>

Fuente: <http://institutojimenez.com/wp-content/uploads/2015/06/planos-de-viviendas-autocad.jpg>

Fuente: elaboración propia

[Fig.30]: SISTEMA DE TRABAJO EN GRUPO EN REVIT 37

Fuente: http://2.bp.blogspot.com/_3n35MPukIG0/S-0mDhvcnZI/AAAAAAAAAGo/Xhbuq_9Iznl/s1600/22-resumen+trabajo+comp.JPG

[Fig.31]: FRAN SILVESTRE, DAVID GALLARDO, ÁNGEL FITO Y CARLOS GARCÍA 41

Fuente: <http://www.fransilvestrearquitectos.com>

[Fig.32]: VISTA GENERAL DEL PROYECTO LEVANTADO EN REVIT 41

Fuente: elaboración propia

[Fig.33]: SECCIÓN DE PERFIL DEL PROYECTO MEDIANTE CAJA DE SECCIÓN 42

Fuente: elaboración propia

[Fig.34]: SECCIÓN EN PLANTA DEL PROYECTO MEDIANTE CAJA DE SECCIÓN 42

Fuente: elaboración propia

[Fig.35]: ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA CUBIERTA 43

Fuente: elaboración propia

[Fig.36]: EJEMPLO DE ZAPATA DE LA CIMENTACIÓN EXISTENTE 44

Fuente: elaboración propia

[Fig.37]: SOPORTES TUBULARES DE ACERO 44

Fuente: elaboración propia

[Fig.38]: INCOHERENCIAS ENTRE ARCHIVOS DWG 45

Fuente: elaboración propia

[Fig.39]: DETALLE DEL SATE 45

Fuente: elaboración propia

[Fig.40]: TRASDOSADOS EXISTENTES EN LOS MUROS 46

Fuente: elaboración propia

[Fig.41]: DETALLE DE LOS FOSEADOS 46

Fuente: elaboración propia

[Fig.42]: FAMILIAS IN SITU CREADAS PARA LOS ARMARIOS 47

Fuente: elaboración propia

[Fig.43]: MOBILIARIO IMPORTADO EL PROYECTO 47

Fuente: elaboración propia

[Fig.44]: DETALLE DEL ENCUENTRO ENTRE MUROS DE DIFERENTES PLANTAS 48

Fuente: elaboración propia

[Fig.45]: DISCREPANCIA ENTRE MUROS 49

Fuente: elaboración propia

[Fig.46]: DETALLE DEL ENCUENTRO ENTRE MUROS DE DIFERENTES PLANTAS 49

Fuente: elaboración propia

BIBLIOGRAFÍA

7. BIBLIOGRAFÍA

AUTODESK, REVIT (2014). Consultado el 27 de Agosto de 2016: <http://www.autodesk.es/products/revit-family/overview>.

BARCOS, D. (2014). *Implementación BIM "El modelo BIM único"*. Consultado el 15 Agosto de 2016: <http://www.avatarbim.com/?p=576#more-576>.

COLONIA, E. (2008). *Introducción a la tecnología BIM*. Universitat Politècnica de Catalunya.

ENSENYEM. (2009). *Revit Architecture 2016*. Consultado el 19 de Agosto de 2016 : <http://www.ensenyem.es>.

FUENTES, B. (2014). *Impacto De BIM En El Proceso Constructivo Español*. Cuadernos EUBIM.

RODRÍGUEZ, J.L. (2014). *Level of Development*. Recuperado el 15 de septiembre de 2016: <http://comarqpanama.wordpress.com>.

La constante aparición de nuevas aplicaciones que pretenden facilitarnos nuestras labores en el sector de la construcción para que seamos lo más eficiente posibles es cada vez más constante. Pese a esto, la mayoría de ellas no consiguen motivarnos a alterar nuestra forma de proceder cara a las diferentes fases que componen el proyecto de arquitectura, debido a la requerida formación que esto supone y su consecuente inversión de tiempo.

Dentro de este marco entra BIM, pero no como una aplicación más sino como una nueva metodología de procedimiento que ha venido para quedarse. Ya no se trata de dibujar nuestras ideas a través de un programa sino de poder simular su construcción mediante una maqueta virtual que contiene toda la información necesaria para llevar a cabo la ejecución de un proyecto, que hasta la fecha se generaba de forma disgregada entre numerosas herramientas con su consecuente falta de coordinación e incoherencias habituales en obra.

A través del presente trabajo analizaremos que es BIM, cual es su repercusión actual, los principales justificantes que lo catalogan como una herramienta más que indicada para alterar nuestra metodología de trabajo y el impacto que tiene en un proyecto a través del estudio de la Casa entre la Pinada de Fran Silvestre Arquitectos.