

# EUBIM

Encuentro de Usuarios BIM

# 2014

## 2º Congreso Nacional BIM

23 y 24 de Mayo, Valencia

*BIM: como ventaja estratégica*

ORGANIZA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

ENTIDADES COLABORADORAS

**GURV**



ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR  
ENGINYERIA  
D'EDIFICACIÓ

DEPARTAMENTO DE  
CONSTRUCCIONES  
ARQUITECTÓNICAS





# **EUBIM**

## **Encuentro de usuarios BIM 2014 2º Congreso Nacional BIM**

*Editoras*

Begoña Fuentes Giner  
Inmaculada Oliver Faubel

**2014**

**EDITORIAL**

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

*Colección Congresos*

© Begoña Fuentes Giner (editora)  
Inmaculada Oliver Faubel (editora)

© 2014, de la presente edición: Editorial Universitat Politècnica de València  
[www.lalibreria.upv.es](http://www.lalibreria.upv.es) / Ref.: 6165\_01\_01\_01

ISBN: 978-84-9048-234-6 (versión impresa)

Queda prohibida la reproducción, la distribución, la comercialización, la transformación y, en general, cualquier otra forma de explotación, por cualquier procedimiento, de la totalidad o de cualquier parte de esta obra sin autorización expresa y por escrito de los autores.

## PRESENTACIÓN

Que el evento de referencia a nivel estatal sobre BIM se celebre en Valencia, no es casualidad.

El Grupo de Usuarios Revit de Valencia se fundó oficialmente en mayo de 2011. La casualidad de que algunos miembros fundadores fuésemos, además, profesoras de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universitat Politècnica de València, propició el que, desde su inicio, el grupo tuviese su sede oficial en dicho Centro Universitario.

La apuesta de la ETSIE-UPV fue clara: Por una parte, acercar la innovación que suponía BIM en la gestión de proyectos de construcción a aquellos futuros profesionales que están llamados a usarlo y desarrollarlo al máximo y que son alumnos del centro. Por otra, ofrecer su carácter público (de todos) y de servicio a la comunidad de profesionales de la Construcción que, sin ánimo de lucro, querían utilizar sus espacios para continuar formándose, aprendiendo y compartiendo conocimientos de forma generosa, voluntaria y entusiasta.

Y de esta casuística singular surgió el 1<sup>er</sup> Encuentro de Usuarios BIM de España, EUBIM 2012, como colofón a la celebración del primer aniversario de la existencia del GURV.

El éxito de la convocatoria (solo anunciada por las redes sociales en las que nos movemos) nos hizo soñar y desear montar un segundo encuentro para el siguiente año, pero que tuviese ya el carácter y la estructura de un congreso científico. Así nació el 1<sup>er</sup> Congreso Nacional BIM de España, EUBIM 2013.

En la presente edición deseamos asentar las bases del uso de BIM entre profesionales y empresas del sector. Queremos demostrar que adoptar e implantar la tecnología BIM y las metodologías de trabajo que trae consigo, es una ventaja estratégica y competitiva para todos los agentes participantes en el proceso constructivo.

EUBIM 2014, tal y como todos los datos demuestran, se afianza en su apuesta por difundir y aglutinar las ventajas que BIM aporta a una industria de la construcción, tan necesitada, en estos momentos, de nuevas ideas y formas de trabajar.

El hecho de que GURV lleve realizadas 39 ediciones de sus reuniones mensuales, de asistencia libre, para compartir conocimientos sobre BIM y de que el número de asistentes no solo no disminuye, sino que aumenta cada mes, nos hacen augurar que EUBIM tiene una larga vida por delante, y de que Valencia y la ETSIE-UPV siguen siendo el foco innovador de BIM en nuestro país.

Bienvenido/a a EUBIM 2014.

El Comité Organizador

## COMITÉ INSTITUCIONAL

- Rector Magnífico de la Universitat Politècnica de València, D. Francisco J. Mora Mas.
- Presidente del Grupo de Usuarios Revit Valencia (GURV), D. Alberto Cerdán Castillo.
- Director de la ETS de Ingeniería de Edificación UPV, D. Francisco Javier Medina Ramón.
- Director de la ETS de Arquitectura UPV, D. Vicente Mas Llorens.
- Director del Departamento de Construcciones Arquitectónicas UPV, D. Manuel Valcuende Payá.
- Director del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, D. Pablo Navarro Esteve.

## COMITÉ CIENTÍFICO:

- Francisco Ballester Muñoz (Universidad de Cantabria)
- Alberto Cerdán Castillo (Consultor BIM)
- Eloy Coloma Picó (Universitat Politècnica de Catalunya)
- Ernesto Faubel Cubells (Universitat Politècnica de València)
- Ángel José Fernández Álvarez (Universidade da Coruña)
- Begoña Fuentes Giner (Universitat Politècnica de València)
- Jaume Gimeno Serrano (Universitat Politècnica de Catalunya)
- Francisco Hidalgo Delgado (Universitat Politècnica de València)
- Óscar Liébana Carrasco (Universidad Europea de Madrid)
- Roberto Molinos Esparza (Consultor BIM, Modelical – IE University )
- Vicente Olcina Ferrándiz (Universitat Politècnica de València)
- Inmaculada Oliver Faubel (Universitat Politècnica de València)
- Miguel Rodríguez Niedenföhr (Universitat Politècnica de Catalunya)
- Rafael Sánchez Grandía (Universitat Politècnica de València)
- José Antonio Vázquez Rodríguez (Universidade da Coruña)

## COMITÉ ORGANIZADOR: UPV-GURV

- Manuela Alarcón Moret
- Alberto Cerdán Castillo
- Amparo Ferrer Coll
- Begoña Fuentes Giner
- David Martínez Gómez
- Inmaculada Oliver Faubel
- Lorena Soria Zurdo
- José Suay Orenga
- David Torromé Belda
- Sergio Vidal Santi-Andreu

## TEMAS DEL CONGRESO

Continuando con las líneas de investigación y divulgación que fueron tratadas durante el Primer Encuentro de Usuarios BIM (EUBIM-2012) y el primer Congreso Nacional EUBIM-2013 , (donde los temas más destacados fueron: de EUBIM 2012; Iniciación al BIM, Organismos Nacionales relacionados con el BIM y Desarrollos Locales sobre aplicaciones BIM, de EUBIM 2013; BIM en la universidad, Interoperabilidad e implementación BIM), hemos elegido y estamos interesados este año en recibir comunicaciones originales sobre:

## 1. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE CON BIM

El BIM nos permite realizar diseños en los que podemos conocer de antemano mucha más información sobre sus costes de construcción, consumos de energía, cuantificación de materiales empleados, simulaciones del ciclo de vida, mantenimiento, reciclaje o reutilización de elementos. Toda esta información puede ponerse al servicio de los principios de sostenibilidad económica, social y ecológica e investigar sobre nuevas soluciones, optimizar resultados en la fase de diseño y reducir la huella energética o durante su construcción tomar decisiones para reducir el consumo de materiales y de energía.

### 1.1 Investigación BIM y sostenibilidad

Lineas de investigación relacionadas con procesos BIM para lograr diseños y construcciones más sostenibles

### 1.2 Optimización de materiales

Gracias al BIM es posible, en cualquier momento durante el proyecto, conocer entre otros el dato de cómputo de materiales y sus características, permitiendo realizar estudios con el fin de optimizar materiales y estudiar su posible reciclaje.

### 1.3 Simulación del ciclo de vida del edificio

Uso del BIM para crear simulaciones del ciclo de vida del edificio.

### 1.4 Procesos de construcción

Capacidad del BIM de influir sobre los procesos tradicionales de construcción.

### 1.5 Consumo energético

Investigaciones sobre el consumo energético del edificio con metodología BIM.

### 1.6 Uso de aplicaciones BIM para mejora o estudio de la sostenibilidad.

Estudios sobre las capacidades actuales del BIM para mejorar la sostenibilidad de las nuevas construcciones.

### 1.7 Costes de mantenimiento

Un diseño realizado con herramientas BIM permite estudiar antes de su construcción los costes de mantenimiento requeridos permitiendo optimizar las instalaciones en pro de una mejor sostenibilidad. Comunicaciones originales resultantes de un trabajo de investigación (ya finalizado o en progreso) centrado en BIM o donde la metodología BIM juega un papel fundamental en la investigación.

En este campo están invitados a presentar comunicaciones autores de tesis doctorales, trabajos final de máster, proyectos final de grado y grupos de investigación o investigadores a título individual o colectivo.

## 2. BIM Y FACILITY MANAGEMENT

Facility Management es la gestión de los edificios y sus servicios. Algunos de estos aspectos se pueden gestionar con programas BIM, para optimizar los costes y el funcionamiento tanto de los inmuebles como de los servicios.

### 2.1 Localización geoespacial. CAD o GIS

En el ámbito del Facility Management, el uso de un sistema de planimetría resulta muy necesario para una correcta gestión. Dependiendo del tipo de infraestructura gestionado puede seleccionarse una amplia variedad de sistemas CAD o GIS.

### 2.2 Gestión de las TI

El uso del BIM para el mantenimiento de las infraestructuras tecnológicas y gestión de su información incluida su relación con otros elementos del edificio estructurales o no.

### 2.3 Gestión de los espacios

Ejemplo de ello es la necesidad actual de crear completos catálogos que permitan a los usuarios disponer de todos los servicios que pueden ser ofrecidos y soportados por la infraestructura, como la reserva de salas, petición de catering, gestión de plazas de aparcamiento, petición de mudanzas y traslados, gestión de llaves, gestión de visitas y un largo etcétera que varía según las posibilidades de cada organización.

### 2.4 El mantenimiento de los activos, mantenimiento preventivo y correctivo

Para planes de mantenimiento operativo (tareas que permiten mantener un activo funcionando y en un estado óptimo) o mantenimiento basado en el estado (y no de una periodicidad arbitraria) que permiten alargar los ciclos de vida de los activos, disminuyendo el número y la gravedad de incidencias, y a la larga, reducir los costes derivados de ellos.

### 2.5 Aplicaciones de las nubes de puntos

Escaneado y reproducción de espacios mediante nubes de puntos a aplicaciones BIM y su relación con el Facility Management.

### 2.6 El futuro del FM

Posible evolución del Facility Management gracias a la influencia del BIM y sus posibilidades.

### 2.7 Metodologías BIM al servicio del FM

Cómo el uso del BIM se convierte en una ventaja estratégica para la empresa de Facility Management.

### **3. CASOS DE ÉXITO DE IMPLANTACIÓN BIM**

Se define el proceso de implementación BIM como el conjunto de acciones que posibilitan el cambio de la metodología tradicional de trabajo, sobre el control de la información generada en relación a una construcción, durante todo su ciclo de vida, por una nueva metodología basada en este concepto BIM.

Este proceso suele ser complejo, extenso en el tiempo, va asociado a grandes cambios y por lo tanto se suele encontrar resistencia al mismo, y no siempre termina con el final deseado si no se realiza adecuadamente.

Este sería el tema más práctico del congreso y estamos interesados en información sobre:

#### **3.1 Experiencias reales**

Testimonios de empresas locales que hayan implementado el BIM como metodología de trabajo, incluyendo la descripción del proceso que les ha posibilitado la adopción de esta nueva metodología, los problemas que han tenido que superar y los resultados obtenidos.

#### **3.2 Casos de éxito**

Redundando sobre el apartado anterior, buscamos información sobre los beneficios obtenidos como consecuencia de esta implementación, sobre todo en el terreno las nuevas oportunidades de negocio aportadas a la empresa como conciencia de la adopción de la metodología BIM como procedimiento de trabajo.

#### **3.3 Estandarización**

Creación de los estándares necesarios para implementar el BIM como metodología de trabajo en una organización.

#### **3.4 Coordinación entre diferentes agentes del proceso constructivo**

Soluciones de coordinación entre los diferentes agentes que intervienen en el proceso constructivo en nuestro país.

#### **3.5 Nuevos roles**

Nuevas profesiones que pueden haber surgido como consecuencia de la implementación BIM como metodología de trabajo en una empresa.

#### **3.6 Adaptación de Flujos de Trabajo**

Adaptación de los flujos de trabajo existentes en una empresa a los nuevos requeridos como consecuencia de la implementación BIM.

#### **3.7 Generación de documentos de Construcción**

Cambios en la documentación de construcción generada como consecuencia de la inclusión de nuevos métodos de producción de la misma.

## ÍNDICE DE COMUNICACIONES

### 1. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE CON BIM

- SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BIM EN EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO  
AUTOR/ES: BRENCEA CARAGHIOSU, Mihai
- ANÁLISIS DE LA INTEGRACIÓN DE LA TECNOLOGÍA BIM Y LOS INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EDISOST  
AUTOR/ES: MARTÍN DORTA, Norena, FRANCO PÉREZ, Carolina, GONZÁLEZ DE CHAVES Y ASSEF, Paula, BROOCK HIJAR, Diego
- BIM EN LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN  
AUTOR/ES: PEREA MÍNGUEZ, Rafa, PÉREZ ARNAL, Ignasi, COCCO, Francesco
- INTEGRACIÓN DEL DISEÑO PARAMÉTRICO VINCULADO A LA FABRICACIÓN DIGITAL EN LOS MODELOS BIM  
AUTOR/ES: VAL FIEL, Mónica, BETETA MARCO, Miguel

### 2. BIM Y FACILITY MANAGEMENT

- GESTIÓN INTEGRAL BIM  
AUTOR/ES: GOROSITO, Luciano
- BIM COMO BASE DE DATOS AL SERVICIO DE CICLO DE VIDA DEL EDIFICIO  
AUTOR/ES: ALARCÓN LÓPEZ, Ivón José, MARTÍNEZ CAVA, José-Luís, MARTÍNEZ GÓMEZ, David
- LA NECESIDAD DE LA NUBE DE PUNTOS PARA EL MODELADO BIM DE ELEMENTOS COMPLEJOS  
AUTOR/ES: GARCÍA VALLDECABRES, Jorge, SALVADOR GARCÍA, Elena
- VENTAJAS DE LA INTEROPERABILIDAD ENTRE BIM Y FM  
AUTOR/ES: GARCIA GARCIA, David Ignacio, MARIN DITO, José Ignacio

### 3. CASOS DE ÉXITO DE IMPLANTACIÓN BIM

- USO DE BIM EN PROYECTOS DE GRAN ESCALA  
AUTOR/ES: REAL, M. Lucrecia
- EL IM DEL BIM: BUILDING INFORMATION MANAGER  
AUTOR/ES: ALBEROLA SALCEDO, Roberto, ARCE HERRANZ, Carlos, MARTIN MELCHOR, Borja, MARTÍNEZ DE ARCE, Jesús, MOLINA MILLÁN, Ignacio
- BIM TOOLS IN VIRTUAL CONSTRUCTION – HERRAMIENTAS BIM EN CONSTRUCCIÓN VIRTUAL  
AUTOR/ES: LANDIVAR TABORGA, Arnaldo, BÆK HESSELLUND, Regner
- LA INTEGRAL TRIPLE: BIM, TIEMPO, COSTE  
AUTOR/ES: VALDERRAMA, Fernando; SÁNCHEZ ACOSTA, Enrique
- ADOPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA BIM EN LA ASIGNATURA “PROYECTOS” DE LOS GRADOS DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES  
AUTOR/ES: REYES RODRÍGUEZ, Antonio Manuel; CANDELARIO GARRIDO, Alonso; MÉNDEZ FERNÁNDEZ, Francisco; CORTÉS PÉREZ, Juan Pedro; PRIETO MURIEL, Ana Paloma
- ARGOLA ARQUITECTOS. CASO DE ÉXITO DE IMPLANTACIÓN BIM  
AUTOR/ES: ARAMBURU GIMENO, Antonio; GÓMEZ DE TOMÁS, José Luis; MARTÍNEZ SALAS, Nuria
- AVANCES EN LA INVESTIGACIÓN SOBRE LA TECNOLOGÍA BIM EN INTERVENCIÓN APLICADO AL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO  
AUTOR/ES: ZORNOZA ZORNOZA, Mª Remedios, MARCH OLIVER, Rubén
- CASOS DE ÉXITO Y METODOLOGÍA DE TRABAJO BIM EN UN ESTUDIO DE ARQUITECTURA DE PEQUEÑO TAMAÑO. EL CASO DE MVN ARQUITECTOS  
AUTOR/ES: VARELA DE UGARTE, Diego, MEDINA GARCÍA, Emilio, GÓMEZ DE ITURRIAGA, Carlos
- DESARROLLO DE ESTRATEGIAS *BOTTOM-UP* EN LA IMPLANTACIÓN DE BIM EN LA UNIVERSIDAD: EL MODELO BIM CAMPUS  
AUTOR/ES: FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, Ángel José; FERREIRO PÉREZ, Gustavo
- DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS EN PROYECTOS BIM  
AUTOR/ES: MONTES HERRAIZ, José Ignacio; SOLER RUIZ, Miguel ángel
- EL USO DEL BIM EN EL ESTUDIO, PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE LA SEGURIDAD EN LAS OBRAS DE EDIFICACIÓN  
AUTOR/ES: ALARCÓN LÓPEZ, Iván José, RIBERA MARTÍN-CONSUEGRA, José MARTÍNEZ GÓMEZ, David Carlos, VIDAL SANTI-ANDREU, Sergio
- EXPERIENCIA INTEGRADORA DE LA TECNOLOGÍA BIM EN LA ETSIE DE SEVILLA  
AUTOR/ES: NIETO JULIÁN, Enrique, QUIÑONES RODRÍGUEZ, Rocío, LLORENS CORRALIZA, Santiago, CORTÉS ALBALÁ, Isidro
- LEAN CONSTRUCTION, INTEGRATED PROJECT DELIVERY (IPD) Y BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM): UN CASO DE ESTUDIO  
AUTOR/ES: AYATS PEREZ, Cristina, CERVERÓ ROMERO, Fernando
- MODELADO CONCEPTUAL EN TABLETAS DIGITALES COMO PRIMERA ETAPA EN EL CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO BIM  
AUTOR/ES: DE LA TORRE CANTERO Jorge, SAORÍN PÉREZ Jose Luis, MARTÍN DORTA Norena, GUERRA BARROSO Iván
- MODELO AS-BUILT DE LA ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES DE LA UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA  
AUTOR/ES: REYES RODRÍGUEZ, Antonio Manuel; MÉNDEZ FERNÁNDEZ, Francisco; CORTÉS PÉREZ, Juan Pedro, ÁLVAREZ BARRIO, Antonio; MANCHA LÓPEZ, Ángel; DEL AMO SÁNCHEZ, Jorge
- PROTOCOLOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN BIM EN EL DISEÑO DEL PROYECTO  
AUTOR/ES: BETETA MARCO, Miguel, VAL FIEL, Mónica

2º Congreso Nacional BIM - EUBIM 2014

*Encuentro de Usuarios BIM*

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación*

*Universitat Politècnica de València*

*Valencia, 23 y 24 de mayo 2014*



## **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE CON BIM**

<b>TÍTULO</b>	SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BIM EN EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	Diseño y construcción sostenible con BIM
<b>AUTOR / ES</b>	BRENCEA CARAGHIOSU, Mihai
<b>INSTITUCIÓN</b>	A3D Consulting
<b>DIRECCIÓN</b>	Av. Filadores 15B, 2º - 4ª. 08181 Sentmenat (Barcelona)
<b>E-MAIL</b>	mihai.brencea@a3d.es
<b>TELÉFONO</b>	656 420 230
<b>FAX</b>	

## SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BIM EN EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO

**Autores: Brencea Caraghiosu, Mihai (1)**

(1) Afiliación y dirección de correo electrónico: mihai.brencea@a3d.es.

### RESUMEN

El trabajo parte de detectar primero las pautas en la evolución del proceso constructivo y las necesidades en cada momento o fase, basadas en el uso de las herramientas BIM para desarrollar el diseño arquitectónico de dicho proceso. Para ello, se hace especial hincapié en los requisitos de la normativa local nacional respecto de los principales sistemas de construcción y su clasificación, contrastándolo con los avances en la materia por parte de ciertas instituciones oficiales.

En base a esta información se procede a elaborar un sistema propio de soluciones constructivas para la aplicación BIM Autodesk Revit, atendiendo a los mismos criterios pero aplicado a las características, particularidades y especialización de cada entorno de trabajo en el diseño arquitectónico. Este sistema ha de permitir que se pueda ampliar con el tiempo, la práctica y la experiencia manteniendo la misma estructura base inicial.

La presentación se complementa con un caso práctico de reforma interior, en el que se ha experimentado su aplicación a un caso real, explicando las consecuencias en la optimización de los procesos de diseño tanto para futuras intervenciones como para su correcto uso en las diferentes fases del proceso constructivo (anteproyecto, proyecto, obra, etc.).

**Palabras clave:** *clasificación, elementos constructivos, producción, sistema, soluciones constructivas*

## 1 INTRODUCCIÓN

Hace tiempo que se viene aceptando a las herramientas BIM como idóneas para aumentar la productividad en los entornos de trabajo propios del diseño arquitectónico. Esto es así en parte gracias a que los fundamentos de esta tecnología se enfocan en los procesos paramétricos, no solo como base de los procesos de diseño, sino también como métodos de gestión y generación de la información. Son, por tanto, capaces de manejar masivas cantidades de información, e inevitablemente, requerirán el máximo orden y rigor para que los procesos de diseño y los constructivos evolucionen hacia unos resultados sostenibles y no deriven en colapsos. Por otro lado, el concepto de plantilla se ha extendido como un recurso habitual en el trabajo del arquitecto que favorece el acercamiento de los procesos de diseño hacia su industrialización.

Este trabajo trata de juntar estos dos aspectos para definir un método universal de control de los principales sistemas constructivos, centrados en los elementos de uso más frecuente en cada entorno de trabajo. Se trata, pues, de establecer unas pautas para que cualquier profesional orientado hacia el diseño arquitectónico e iniciado en el uso de la tecnología BIM para tal propósito, sea capaz de desarrollar su propia estructura de elementos constructivos básicos, tomando como base su propia experiencia. Esta estructura ha de ser lo suficientemente permisible para que ella misma pueda incorporar nuevos elementos a medida que aumenta la experiencia de sus autores.

Este trabajo tiene como base la propia experiencia de su autor como colaborador en procesos constructivos reales y actuales. Además, se ha contrastado con otros documentos similares, establecidos por entidades oficiales locales, algunas de ellas vinculadas a parte de la normativa vigente para la edificación. Estos dos aspectos (la experiencia de uno mismo y la relación del tema objeto de estudio con la normativa vigente) son fundamentales para que se pueda aplicar en otros entornos de trabajo.

## 2 CONTENIDO

### 2.1 Materiales. Elementos constructivos. Sistemas constructivos. Edificio.

Para desarrollar un edificio necesitamos elementos constructivos compuestos de uno o varios materiales. En el lenguaje BIM los elementos constructivos son objetos prototipos virtuales de sus homólogos reales utilizados en obra, los cuales necesitamos crear para diseñar nuestro edificio, como si de una maqueta virtual se tratase. Esta maqueta servirá, entre otras cosas, para extraer y transmitir la información a otros interventores del proceso constructivo, recuperando los estándares tradicionales, de manera que la información que extraemos pueda ser interpretada universalmente, independientemente de si se tienen o no conocimientos BIM. Los elementos constructivos que se utilizarán en la obra, por tanto, no son más que copias materializadas a escala real de esos prototipos virtuales.

Para poder desarrollar este proceso de diseño se necesita, en primer lugar, disponer de los elementos constructivos. Estos, en los procesos de diseño BIM son los objetos como unidades o células base y cuentan con una serie de características mínimas y necesarias, entre ellas las materiales, que permitan componer el diseño arquitectónico. Se necesitarán pues, un conjunto de elementos constructivos para componer cada uno de los sistemas constructivos y a su vez, el conjunto de todos los sistemas constructivos utilizados componen el edificio final, objeto de diseño.

## 2.2 Catálogo de Elementos Constructivos del CTE

A lo largo de la historia, los elementos y sistemas constructivos han ido haciéndose cada vez más complejos y diversos. Han ido apareciendo nuevos materiales que han permitido la obtención de nuevos elementos constructivos y se han mejorado los procesos de fabricación. Esto no ha hecho más que incrementar el abanico de posibilidades entre las que elegir los elementos constructivos para construir. El hecho de que el bagaje de elementos constructivos sea cada vez más grande y puedan variar constantemente, necesariamente implica no sólo que exista al menos una manera de ordenarlos o clasificarlos sino que también esa clasificación permita adaptarse o ampliarse en el tiempo y, sobre todo, en base a las variaciones que estos puedan experimentar. Se trata, pues, de establecer una **estructura abierta**, tal como lo indica El Código Técnico de la Edificación, mediante su *Catálogo de Elementos Constructivos*, capaz de evolucionar incorporando otros elementos en sucesivas fases. Dicho catálogo no es sino un conjunto de soluciones constructivas de uso más frecuente a nivel nacional, como instrumento de ayuda para el cumplimiento de las exigencias generales de diseño de los requisitos establecidos en el propio CTE, lo cual implica una extensa cantidad de resultados.

Para establecer esta clasificación primero se han definido las propiedades higrotérmicas y/o acústicas de los materiales y de los productos que intervienen en la composición de los elementos constructivos (densidad, conductividad térmica, calor específico, factor de resistencia a la difusión del vapor de agua, resistencia térmica, etc.). Después se exponen los elementos constructivos propiamente dichos compuestos por los materiales previamente detallados. Esta es la clasificación en sí que *“responde al criterio de considerar los elementos constructivos constituidos, en cada caso, por un determinado número de capas, correspondientes a cada uno de los materiales que lo conforman y, al criterio de ordenación, de la posición relativa de la capa impermeable, la capa aislante y la capa resistente”*<sup>1</sup>.

El *Catálogo de Elementos Constructivos* del CTE distingue tres áreas diferenciadas: los paramentos como superficie mayoritaria de los elementos constructivos, los huecos como partes excepcionales dentro de los paramentos y las discontinuidades en los paramentos. La primera diferenciación entre las soluciones constructivas se da por el uso más habitual que conlleva cada una en el desarrollo del proyecto. De esta manera se generan 6 grupos de elementos constructivos: *fachadas, cubierta inclinada, cubierta plana, elementos horizontales interiores – techos, divisiones interiores – tabiques y techos sobre exterior*.

---

<sup>1</sup> MINISTERIO DE FOMENTO, *Catálogo de Elementos Constructivos del CTE* [en línea], Octubre 2011, <http://www.elementosconstructivos.codigotecnico.org/> [Consulta: miércoles, 9 de Abril de 2014].

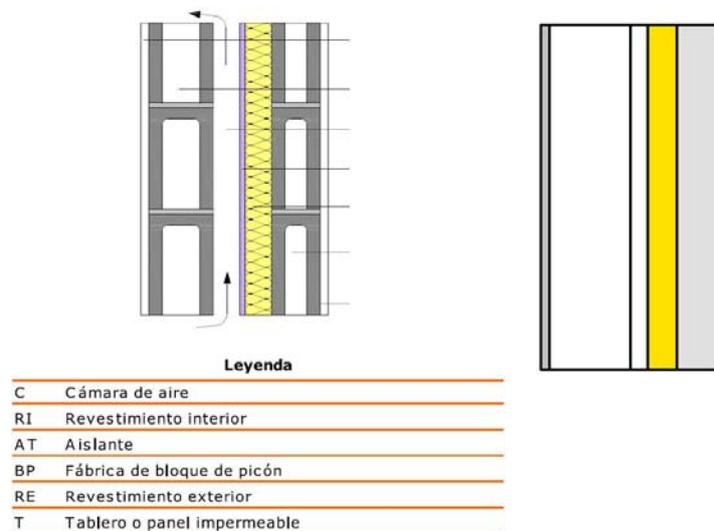


Fig 1. Comparativa entre un elemento del *Catálogo de Elementos Constructivos del CTE<sup>2</sup>* y uno de *Revit. 2014*. Fuente: estudio propio

Por otro lado, a cada solución se le asigna descriptores que refieren a clasificaciones según el tipo funcional, el material de la capa soporte, el material del acabado o su sistema de colocación.

El objeto de estudio de este trabajo se centra únicamente sobre la parte de los paramentos dada la relación que se puede establecer entre estos y el funcionamiento de las familias de sistema asociadas a los principales sistemas de construcción necesarios para desarrollar el proceso constructivo, en Revit como herramienta BIM. Aparte del *Catálogo de Elementos Constructivos* del CTE, se han consultado otras referencias similares creadas por otras instituciones oficiales de influencia local. Una de ellas es el Banco BEDEC, el banco estructurado de datos de elementos constructivos, del Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña<sup>3</sup>.

### 2.3 Materiales de proyecto

Pero, ¿se puede aplicar la clasificación del *Catálogo de Elementos Constructivos* del CTE a las metodologías empleadas por los entornos de trabajo de arquitectura, basadas en la tecnología BIM? ¿Se puede aprovechar, la estructura interna o los criterios de clasificación de este documento u otros similares para poder optimizar la estructuración de los elementos constructivos habituales en cada entorno de trabajo?

Para establecer una estructura de elementos constructivos acorde con los criterios tomados en el documento mencionado, se necesita una primera definición de materiales. Estos materiales se irán asignando a capas o estratos, definiendo sus espesores correspondientes, como componentes de los elementos constructivos. Los elementos

<sup>2</sup> MINISTERIO DE FOMENTO, *Catálogo de Elementos Constructivos del CTE* [en línea], Octubre 2011, <http://www.elementosconstructivos.codigotecnico.org/> [Consulta: miércoles, 9 de Abril de 2014].

<sup>3</sup> INSTITUTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN DE CATALUÑA, Banco BEDEC [en línea], Enero 2014, <http://www.itec.es/nouBedec.e/bedec.aspx> [Consulta: miércoles, 9 de Abril de 2014].

constructivos se agrupan primero por la estructura interna propia de la aplicación, basada en las categorías de elementos. Esto es, y para los principales sistemas constructivos: *muros, cubiertas, cielos rasos de cubiertas, techos y suelos*. Ahora bien, si se quiere diversificar todavía más la clasificación de estos elementos constructivos, por ejemplo para distinguir entre muros de fachada y particiones interiores, existen diferentes posibilidades, desde añadir un parámetro que haga referencia al uso, hasta definir la función a cada tipología según las opciones disponibles. Pero seguirán formando parte de las mismas categorías y estas no se pueden manipular, quedando como única opción emplear la nomenclatura de cada tipología de elementos constructivos para diferenciarlos con criterios semejantes a la estructura propuesta por el CTE.

Otro aspecto a tener en cuenta es que, mientras en el *Catálogo de Elementos Constructivos* las soluciones constructivas propias de los elementos de cubierta o elementos horizontales contemplan la capa de soporte como parte del mismo elemento constructivo, lo habitual en Revit es separar la parte estructural del resto de componentes en estos y otros elementos. La justificación radica en que es preferible separar el modelo estructural del modelo de arquitectura, tal como ocurre en la realidad, donde la ejecución se realiza en diferentes etapas para un mismo soporte que sostiene diferentes paramentos según la distribución interior. Del mismo modo, esto permite flexibilizar la extracción de la información según se necesite en las distintas fases del proceso constructivo. El replanteo de la estructura, por ejemplo, será mucho más fácil obtenerlo en la fase de obra.

No hay que olvidar que, a nivel de mediciones en la mayoría de los casos no es necesario modelar algunos elementos como los pavimentos, falsos techos o las capas que conforman la estructura interna de un muro, puesto que esos elementos y su correspondiente medición se puede obtener con precisión a través de la información que nos aportan las habitaciones como recintos en combinación con aplicaciones adicionales de obtención de mediciones. La gran ventaja de este tipo de procesos es que podemos disminuir el tiempo de trabajo incrementando la productividad sobre todo en las fases de diseño. No obstante, no se podrá aportar la documentación gráfica del proyecto con un determinado grado de detalle y será difícil aportar cierta documentación asociada a la fase de obra sin volver a manipular la información inicial, por ejemplo, en la elaboración de planos de despieces, necesarios en la fase de ejecución de la obra.

Los materiales de proyecto en un entorno de trabajo orientado hacia el diseño arquitectónico pueden ser de diferentes tipos. Por un lado, son todos aquellos recursos como **referencias arquitectónicas** o **ejemplos reales** que sirvan para sostener una determinada manera de abordar el diseño. En cierto modo, cada arquitecto suele centrarse en una selección reducida de soluciones constructivas para resolver un proyecto, siendo estas las de usos más habituales en su trayectoria. Difícilmente se inclinará por nuevas soluciones si no se tiene una experiencia previa y propia en su respuesta ante las exigencias reales. En el fondo, es como si se especializaran en una determinada manera de resolver, lo cual no descartaría, pero sí limitaría las innovaciones propias en el proceso de diseño, entendidas como la aplicación de otras soluciones universalmente reconocidas, pero no experimentadas antes por el equipo de colaboradores, reduciéndolas así a hechos aislados o excepcionales.

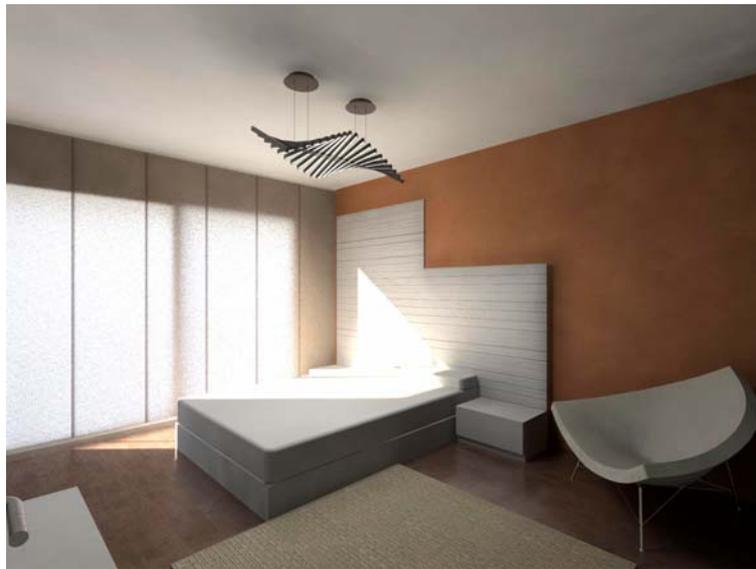


Fig 2. Render de trabajo. Control de aspectos de materiales. 2014. Fuente: estudio propio

Por otro lado, los materiales de proyecto también hacen referencia a los materiales propiamente dichos como **aspecto físico**, que formarían un catálogo de muestras a modo de biblioteca propia de materiales usados y experimentados en ocasiones anteriores. Cada material tiene una serie de características, tanto higrotérmicas o acústicas como de aspecto real y aspecto gráfico, es decir, de cómo se graficará según aparezca en la documentación del proyecto. En la plataforma Revit, cada conjunto de características materiales se llaman **activos** y cada material puede disponer de hasta un máximo de 3: *Aspecto*, *Físico* y *Térmico*. El primero, junto a otros datos de *Identidad* y de *Gráficos*, lo encontraremos para cualquier material, mientras que los 2 restantes son opcionales. Esta estructura tiene una estrecha relación con la manera de diseñar del arquitecto ya que este es el que decide los materiales utilizados en los principales sistemas constructivos. Es responsabilidad suya el asegurar que cumplan las exigencias generales del diseño y de los requisitos establecidos en la normativa local al respecto, pero una vez superado esto y a nivel de acabados, el concretar cada material definitivo se basa en aspectos puramente estéticos.

## 2.4 La estructura interna de los paramentos

Revit como herramienta BIM, tiene la capacidad de reproducir la estructura interna de los paramentos con el mismo detalle que en la realidad, es decir, representando cada uno de sus estratos con las propiedades que le caracteriza, pudiendo añadir o restar subcomponentes particulares o simulando las discontinuidades superficiales o de despieces. Sin embargo, en la mayoría de trabajos orientados al diseño arquitectónico, la experiencia nos ha demostrado que lo más operativo no es reproducir a rajatabla los elementos reales sino sintetizarlos con cierto criterio. La razón es porque no hay una necesidad de utilizar esa reproducción con el mismo detalle que los elementos reales ya que, generalmente, las escalas de las vistas principales no permiten visualizar correctamente ese nivel de detalle. Además, a nivel de mediciones, no necesitamos obtener las cantidades correspondientes a cada capa o estrato ya que normalmente no se diferencian por partidas, sino que estas se

reducen a las partes características de estos elementos constructivos como capas únicas. Estas son: la parte soporte, los acabados superior e inferior o exterior e interior según la categoría de cada paramento, y ocasionalmente otras, tales como la capa aislante o la capa impermeable.

Por otro lado, la estructura interna de los paramentos en Revit, permite diferenciar entre **tres ámbitos**: núcleo, cara exterior y cara interior si se trata de muros o cubiertas, o cara superior y cara inferior en el resto de paramentos. El hecho de que esta estructura sea así, se da por aspectos internos propios al funcionamiento estable de la aplicación y no quiere decir que se tenga que transferir literalmente a los materiales utilizados en los elementos constructivos. Así pues, la capa portante de un muro no necesariamente se ha de colocar en el ámbito del núcleo así como el material de acabado de un elemento constructivo puede ocupar el ámbito del núcleo. Lo que sí hay que tener en cuenta es que, en el caso de un acabado, no es necesario reproducir todas las subcapas específicas al propio acabado ya que estas formarán parte de la misma partida.

Por tanto, para optimizar el trabajo con los paramentos en Revit, la síntesis más adecuada es la de hacer diferenciar los acabados, reduciéndolos a capas únicas, de la capa soporte, independientemente de cuál es el ámbito que ocupa cada una de ellas. Esto nos permitirá adaptar cada una de ellas a las necesidades del proyecto, en función de sus características o situación. Un ejemplo claro sería una división interior de una hoja de albañilería con revestimiento alicatado en una o ambas caras, donde, por un lado, el revestimiento como capa de acabado se tendría que llevar a una altura inferior que la parte superior del propio muro como elemento constructivo, generalmente definida por la posición de un falso techo adyacente. Por otro lado, y en fase de obra, se necesitará aislar visualmente la capa soporte del resto de capas, para acotar la posición exacta de la hoja portante, en un plano de replanteo. Un recurso para resolver estas dos situaciones consiste en convertir el elemento en “piezas”, dotando con ello de cierta independencia a cada una de las capas. No obstante, en ocasiones nos veríamos obligados a repetir cada una de las capas como elementos constructivos independientes, teniendo incluso que variar su posición dentro de los tres ámbitos disponibles en la estructura interna. El caso práctico sería, por ejemplo, el de una reforma, en la que se necesitara derribar partes como capas concretas de paramentos (el alicatado de los baños) para emplazarlas con otras similares pero ya como elementos independientes.

## **2.5 Manual de estilo BIM. Estructuración propia de elementos constructivos y materiales**

Una de las características de la tecnología BIM y su aplicación en el proceso constructivo, es la optimización de recursos basados en la propia experiencia adquirida a lo largo del tiempo y en los sucesivos proyectos. Existe multitud de maneras de mejorar aspectos determinados que podamos aprovechar en futuros proyectos, tanto a nivel interno de archivos BIM, como en la organización externa de carpetas, bibliotecas generales o parciales, recursos de referencias, etc.

A nivel interno, la optimización es diversa pasando desde la organización de las vistas en el navegador de proyectos, por la generación de plantillas de vistas, configuración de fases y opciones de diseño, definición de filtros, personalización de elementos y estilos anotativos, estudios solares, etc., hasta la generación de archivos de plantilla o “proyectos plantilla” en los que se pueda incluso mantener una estructura de subproyectos para cuando sea necesario una colaboración conjunta entre varios usuarios.

En este caso, la optimización se dará mediante la transferencia de los conceptos planteados hasta ahora, a la generación de un catálogo propio de elementos constructivos y materiales, basados, nuevamente, en la propia experiencia.

En el caso de los materiales, al igual que en los elementos constructivos, hay que tener en cuenta que un mismo elemento, puede estar ubicado en varias situaciones diferentes. Así como un mismo acabado puede encontrarse como pavimento o como trasdosado, de la misma manera un mismo material se puede encontrar en diferentes categorías de elementos.

De hecho, en Revit se pueden encontrar diferentes referencias a criterios de clasificación de materiales y/o activos. Una de ellas la encontramos en el activo de identidad, en el que la clase de material nos revela hasta 19 opciones de categorías de clasificación. En la biblioteca de aspectos también se hallan una cantidad incluso más extensa de categorías de clasificación. Este podría ser un punto de partida para clasificar las gamas de materiales “propios” entendiendo como los más habituales en un mismo entorno de trabajo, pero se ha de tener en cuenta que, al igual que puede pasar con los elementos constructivos, no es una estructura cerrada, pudiendo admitir posteriores modificaciones o ampliaciones. El problema se complica todavía más cuando encontramos aspectos ya definidos en alguna de estas categorías que sean muy similares a otros pertenecientes a otras categorías pero con características comunes, tanto en la nomenclatura del aspecto como en algunas de sus propiedades.

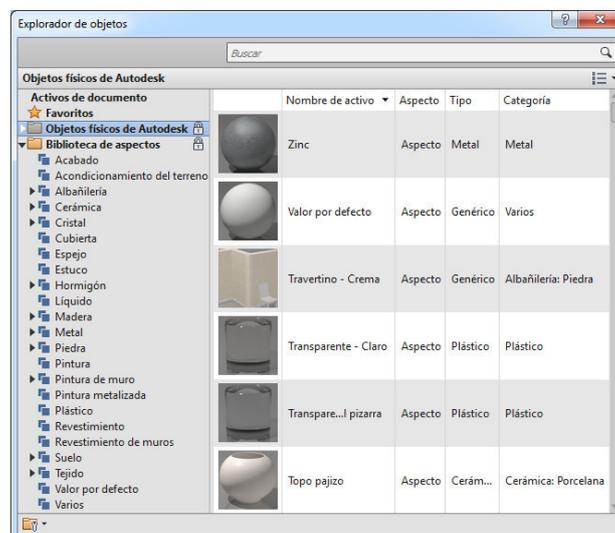


Fig 3. Clasificación de categorías de materiales, según las bibliotecas propias por defecto de Autodesk Revit. 2014. Fuente: estudio propio

Previamente al comienzo del desarrollo de una estructura propia de materiales hay que entender que entre “activo” y “material”, hay una diferencia notable. El **activo**, como ya se ha comentado anteriormente, es un conjunto de características comunes a un determinado aspecto de un material. Estos aspectos pueden ser 3: *Aspecto*, *Físico* y *Térmico*, y los encontramos básicamente en 2 bibliotecas propias del programa (*Objetos físicos de Autodesk* y *Biblioteca de aspectos*), bloqueadas, es decir no admiten modificaciones. Podemos crear nuevas bibliotecas a las que añadir activos disponibles pero no podemos editarlos ni crear nuevos. Cada activo tiene unas propiedades determinadas en función de la categoría a la que pertenece y se pueden asignar a uno o a varios materiales. Una vez asignados, se pueden modificar los valores de sus propiedades que aparecerán como activo del material y los materiales ya se podrán aplicar a elementos constructivos o partes de ellos.

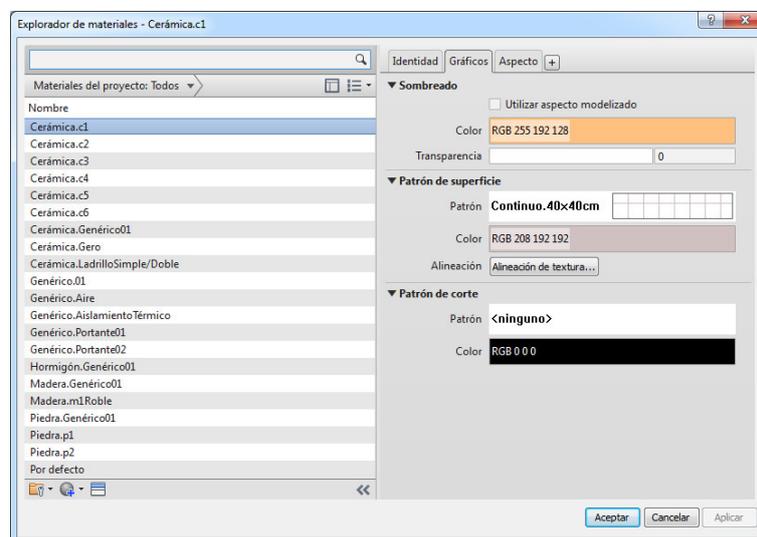


Fig 4. Estructura de los materiales empleados. Las siglas c1, c2, c3, etc. podrían corresponder a marcas comerciales reales. 2014. Fuente: estudio propio

Así pues, se ha de poner especial atención en la generación de la biblioteca propia de materiales y en la generación del catálogo propio de soluciones constructivas para paramentos, como elementos constructivos. Esta tarea es similar a un proceso de homologación, por lo que lo recomendable es hacerla aparte para no contaminar el trabajo de otros elementos. Como ya se ha dicho, este trabajo se ha limitado únicamente a los paramentos como elementos constructivos que podrán ser fácilmente recuperados en cualquier archivo mediante la herramienta “Transferir normas de proyecto”, y se puede ampliar al resto de categorías de elementos constructivos que puedan admitir materiales y tengan una especial relevancia en el diseño arquitectónico (puertas, ventanas, mobiliario, etc.). Se ha de prestar especial atención en que, cada vez que se carga o se crea una nueva familia, se cargarán o crearán consigo todas las propiedades que contenga, incluidas las propiedades materiales y eso puede ser motivo de “contaminación” en un archivo de trabajo. Esta es la razón de recomendar independizar este proceso.

Para poder generar el catálogo propio de soluciones constructivas se requiere al menos de un proyecto, como caso práctico, para extraer aquellas soluciones que se han ido definiendo y ayudarse de ellas para generar la estructura del catálogo, basada en la de otros documentos oficiales ya comentados. En este caso, se ha aprovechado un proyecto de reforma interior de una vivienda unifamiliar, en el que se han considerado los elementos existentes como genéricos sin detallarlos al no disponer de la información sobre su estructura interna.

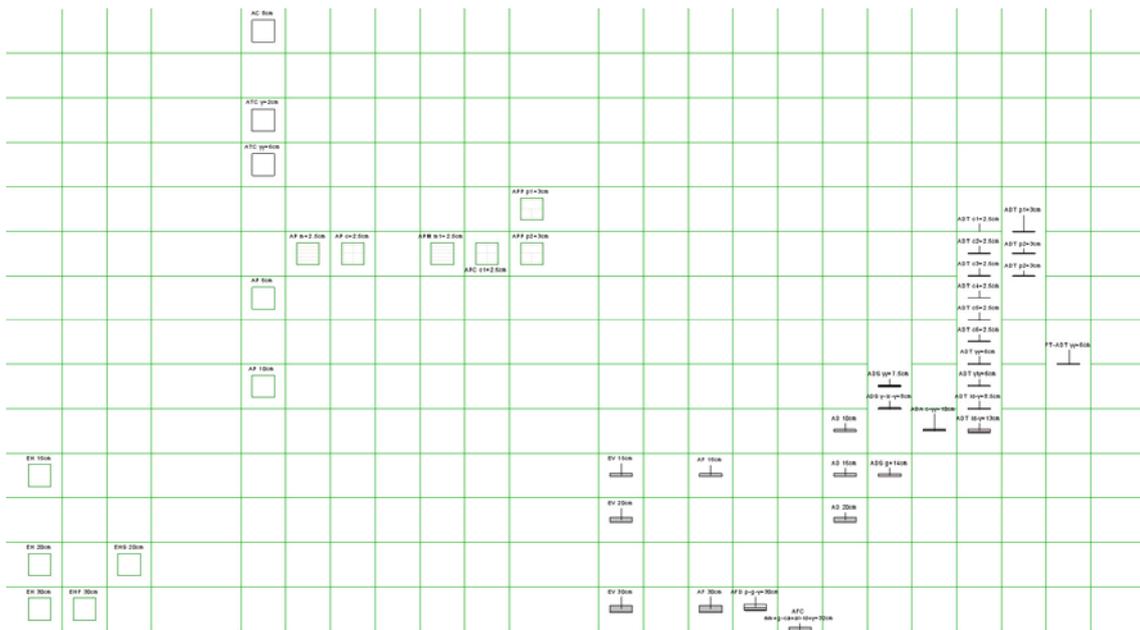


Fig 5. Archivo independiente exclusivo de los elementos tratados. 2014. Fuente: estudio propio

La estructura del catálogo se basa en unos campos principales y otros secundarios que ofrecen datos complementarios como la posible equivalencia o referencia de elementos del catálogo del CTE o de la base de datos del ITEC, la referencia de materiales de acabados y núcleo espesores e incluso referencias de productos reales. Los campos principales son los de: *Disciplina, Categoría, Subcategoría, Función, Código propio y Tipo*. El último es el que coincide con la nomenclatura asignada a cada tipología de paramento en Revit. El estudio se desarrolla como archivo independiente de Revit purgado inicialmente de todo tipo de información no relevante, y en paralelo a una base de datos contenedora de cada uno de los registros. Para poder montar la estructura mínima base, para algunas categorías o subcategorías, se ha tenido que crear al menos un tipo de elemento aunque en el proyecto no hubiera ninguno en determinadas categorías o subcategorías. No se ha de olvidar que el objetivo es establecer una estructura abierta, capaz de asumir modificaciones y/o incorporaciones basadas en el desarrollo de sucesivos proyectos, en estrecha relación con los materiales utilizados.

Las categorías definitivas son: *Envolvente (Fachada), Envolvente (Cubierta), Particiones (Divisiones), Falsos techos y Pavimentos*. Cada categoría dispone de elementos clasificados como subcategoría en genéricos. A partir de las subcategorías, se ha establecido una

clasificación priorizando los aspectos materiales de los elementos. En el caso de las fachadas, se ha optado por subclasificarlas según sean continuas o discontinuas, frente a otras opciones (ventilada – no ventilada, ligera – pesada, etc.), porque guarda una relación directa con los materiales de acabados. La categoría *Particiones* se divide en *Simétricas* y *Asimétricas* para aquellos elementos con acabado a ambos lados, y *Trasdosados*, para elementos con acabado sólo en una cara. También se han previsto nuevas categorías como *Estructura vertical*, *Estructura no vertical* y *Circulación*, cuyos elementos no se han tratado en este estudio, pero dan una cierta idea de hacia donde pueda avanzar esta clasificación.

Elemento constructivo					Materiales					Orientación/Referencia		
Disciplina	Categoría	Subcategoría	Función	Código ASD Tipo	Código CTE	Acabado exterior	Núcleo	Acabado interior				
Estructura	Estructura vertical	Genérico	EV	EV 15cm			Genérico Portameñes					
			EV	EV 20cm			Genérico Portameñes					
			EV	EV 30cm			Genérico Portameñes					
Estructura	Estructura no vertical	Genérico	EH	EH 15cm			Genérico Portameñes					
			EH	EH 20cm			Genérico Portameñes					
			EH	EH 25cm			Genérico Portameñes					
			EH	EH 30cm			Genérico Portameñes					
			EH	EH 35cm			Genérico Portameñes					
			EH	EH 40cm			Genérico Portameñes					
			EH	EH 45cm			Genérico Portameñes					
Arquitectura	Circulación	AC	AC									
			AF	AF 15cm	VE (Elementos Verticales Exteriores) Fachadas		Sin definir/For categoría					
			AF	AF 20cm	VE (Elementos Verticales Exteriores) Fachadas		Sin definir/For categoría					
			AF	AF 25cm	VE (Elementos Verticales Exteriores) Fachadas		Sin definir/For categoría					
			AF	AF 30cm	VE (Elementos Verticales Exteriores) Fachadas		Sin definir/For categoría					
			AF	AF 35cm	VE (Elementos Verticales Exteriores) Fachadas		Sin definir/For categoría					
			AF	AF 40cm	VE (Elementos Verticales Exteriores) Fachadas		Sin definir/For categoría					
			AF	AF 45cm	VE (Elementos Verticales Exteriores) Fachadas		Sin definir/For categoría					
			AFD	AFD p y p/20cm	VE (Elementos Verticales Exteriores) Fachadas		Aplacado de piedra		Periferia de acero galvanizado/Yeso laminado			Macanudo
			AFD	AFD p y p/30cm	VE (Elementos Verticales Exteriores) Fachadas		Aplacado de piedra	Geno	Yeso laminado			Macanudo
			AFD	AFD p y p/40cm	VE (Elementos Verticales Exteriores) Fachadas		Aplacado de piedra	Geno	Yeso laminado			Macanudo
			AFD	AFD p y p/50cm	VE (Elementos Verticales Exteriores) Fachadas		Aplacado de piedra	Geno	Yeso laminado			Macanudo
			AFD	AFD p y p/60cm	VE (Elementos Verticales Exteriores) Fachadas		Aplacado de piedra	Geno	Yeso laminado			Macanudo
			AFD	AFD p y p/70cm	VE (Elementos Verticales Exteriores) Fachadas		Aplacado de piedra	Geno	Yeso laminado			Macanudo
			Arquitectura	Envolvente (Cubiertas)	AC	AC	AC 8cm	EH (Elementos horizontales exteriores) Cubiertas planas/inclinadas		Sin definir/For categoría		
AC	AC 10cm	EH (Elementos horizontales exteriores) Cubiertas planas/inclinadas					Sin definir/For categoría					
AC	AC 12cm	EH (Elementos horizontales exteriores) Cubiertas planas/inclinadas					Sin definir/For categoría					
AC	AC 14cm	EH (Elementos horizontales exteriores) Cubiertas planas/inclinadas					Sin definir/For categoría					
AC	AC 16cm	EH (Elementos horizontales exteriores) Cubiertas planas/inclinadas					Sin definir/For categoría					
AC	AC 18cm	EH (Elementos horizontales exteriores) Cubiertas planas/inclinadas					Sin definir/For categoría					
AC	AC 20cm	EH (Elementos horizontales exteriores) Cubiertas planas/inclinadas					Sin definir/For categoría					
AC	AC 22cm	EH (Elementos horizontales exteriores) Cubiertas planas/inclinadas					Sin definir/For categoría					
AC	AC 24cm	EH (Elementos horizontales exteriores) Cubiertas planas/inclinadas					Sin definir/For categoría					
AC	AC 26cm	EH (Elementos horizontales exteriores) Cubiertas planas/inclinadas					Sin definir/For categoría					
AC	AC 28cm	EH (Elementos horizontales exteriores) Cubiertas planas/inclinadas					Sin definir/For categoría					
AC	AC 30cm	EH (Elementos horizontales exteriores) Cubiertas planas/inclinadas					Sin definir/For categoría					
AC	AC 32cm	EH (Elementos horizontales exteriores) Cubiertas planas/inclinadas					Sin definir/For categoría					
AC	AC 34cm	EH (Elementos horizontales exteriores) Cubiertas planas/inclinadas					Sin definir/For categoría					
Arquitectura	Particiones (Divisiones)	AD				AD	AD 5cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Sin definir/For categoría		
			AD	AD 7.5cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Sin definir/For categoría					
			AD	AD 10cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Sin definir/For categoría					
			AD	AD 12.5cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Sin definir/For categoría					
			AD	AD 15cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Sin definir/For categoría					
			AD	AD 17.5cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Sin definir/For categoría					
			AD	AD 20cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Sin definir/For categoría					
			ADS	ADS mc-g-mo-15cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Mortero de cemento	Geno	Mortero de cemento			
			ADS	ADS g-p-10cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado			
			ADS	ADS y-t-y-10cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado			
			ADS	ADS y-t-y-15cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado			
			ADS	ADS y-t-y-20cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado			
			ADS	ADS y-t-y-25cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado			
			ADS	ADS y-t-y-30cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado			
			ADS	ADS y-t-y-35cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado			
			ADS	ADS y-t-y-40cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado			
			ADS	ADS y-t-y-45cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado			
			ADS	ADS y-t-y-50cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado			
			ADS	ADS y-t-y-55cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado			
			ADS	ADS y-t-y-60cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado			
			ADS	ADS y-t-y-65cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado			
			ADS	ADS y-t-y-70cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado			
			ADS	ADS y-t-y-75cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado			
			ADS	ADS y-t-y-80cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado			
			ADS	ADS y-t-y-85cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado			
			ADS	ADS y-t-y-90cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado			
			ADS	ADS y-t-y-95cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado			
			ADS	ADS y-t-y-100cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado			
			ADS	ADS y-t-y-105cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado			
			ADS	ADS y-t-y-110cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado			
ADS	ADS y-t-y-115cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado						
ADS	ADS y-t-y-120cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado						
ADS	ADS y-t-y-125cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado						
ADS	ADS y-t-y-130cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado						
ADS	ADS y-t-y-135cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado						
ADS	ADS y-t-y-140cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado						
ADS	ADS y-t-y-145cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado						
ADS	ADS y-t-y-150cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado						
ADS	ADS y-t-y-155cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado						
ADS	ADS y-t-y-160cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado						
ADS	ADS y-t-y-165cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado						
ADS	ADS y-t-y-170cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado						
ADS	ADS y-t-y-175cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado						
ADS	ADS y-t-y-180cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado						
ADS	ADS y-t-y-185cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado						
ADS	ADS y-t-y-190cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado						
ADS	ADS y-t-y-195cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado						
ADS	ADS y-t-y-200cm	VI (Divisiones verticales interiores)		Enyesado	Geno	Enyesado						
Arquitectura	Falsos techos	AT	AT	AT 6cm	EH (Elementos horizontales interiores) Techos interiores		Sin definir/For categoría					
			AT	AT 8cm	EH (Elementos horizontales interiores) Techos interiores		Sin definir/For categoría					
			AT	AT 10cm	EH (Elementos horizontales interiores) Techos interiores		Sin definir/For categoría					
Arquitectura	Pavimentos	AP	AP	AP 5cm	EH (Elementos horizontales interiores) Techos interiores		Sin definir/For categoría					
			AP	AP 10cm	EH (Elementos horizontales interiores) Techos interiores		Sin definir/For categoría					
			AP	AP 15cm	EH (Elementos horizontales interiores) Techos interiores		Sin definir/For categoría					
Arquitectura	Madera	AM	AM	AM 1x2-5cm	EH (Elementos horizontales interiores) Techos interiores		Madera Genérico1					
			AM	AM 1x2-10cm	EH (Elementos horizontales interiores) Techos interiores		Madera Genérico1					
			AM	AM 1x2-15cm	EH (Elementos horizontales interiores) Techos interiores		Madera Genérico1					
			AM	AM 1x2-20cm	EH (Elementos horizontales interiores) Techos interiores		Madera m1					
			AM	AM 1x2-25cm	EH (Elementos horizontales interiores) Techos interiores		Madera m2					
			AM	AM 1x2-30cm	EH (Elementos horizontales interiores) Techos interiores		Madera m3					
			AM	AM 1x2-35cm	EH (Elementos horizontales interiores) Techos interiores		Madera m4					
			AM	AM 1x2-40cm	EH (Elementos horizontales interiores) Techos interiores		Madera m5					
			AM	AM 1x2-45cm	EH (Elementos horizontales interiores) Techos interiores		Madera m6					
			AM	AM 1x2-50cm	EH (Elementos horizontales interiores) Techos interiores		Madera m7					
			AM	AM 1x2-55cm	EH (Elementos horizontales interiores) Techos interiores		Madera m8					
			AM	AM 1x2-60cm	EH (Elementos horizontales interiores) Techos interiores		Madera m9					

Fig 6. Base de datos con los elementos generados. 2014. Fuente: estudio propio

### 3 CONCLUSIONES

La tecnología BIM nos permite abordar los procesos de diseño arquitectónico de maneras muy variadas, pudiéndose adaptar a diferentes maneras de solucionar un problema. Por un lado, se puede desarrollar un modelo escaso en detalles, pero obtener unas mediciones precisas. Si, por el contrario, se requiere un modelo detallado gráficamente, en el que se pueda tener un especial control sobre los elementos sin llegar a perderse entre los elementos disponibles o en listados interminables, también se puede conseguir. Estas son las virtudes de esta tecnología, pero para obtener los resultados satisfactorios, se tiene que analizar primero cuáles son los mecanismos idóneos.

En este ensayo se han conseguido 63 tipologías nuevas, entre muros, suelos, falsos techos y cubiertas, con tan sólo 20 materiales diferenciados. El hecho de utilizar como nomenclatura de los elementos constructivos generados, una combinación de códigos que

indican la categoría a la que pertenece, los materiales relevantes y el grueso total, nos permite controlar fácilmente y detectar, con sólo un golpe de vista, el elemento que queramos utilizar en cada momento. Esto se consigue gracias a aplicar los mismos criterios a prácticamente la totalidad de los elementos que conforman los principales sistemas de construcción.

#### **4 REFERENCIAS**

- [1] MINISTERIO DE FOMENTO, *Catálogo de Elementos Constructivos del CTE [en línea]*, Octubre 2011, Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción con la colaboración de CEPCO y AICIA. <http://www.elementosconstructivos.codigotecnico.org/>
- [2] Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña - ITeC. *Base de datos banco de precios BEDEC [en línea]*, Enero 2014. <http://www.itec.cat/noubedec.c/bedec.aspx>

<b>TÍTULO</b>	ANÁLISIS DE LA INTEGRACIÓN DE LA TECNOLOGÍA BIM Y LOS INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EDISOST
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	1.1 Investigación BIM y sostenibilidad
<b>AUTOR / ES</b>	MARTÍN DORTA, Norena FRANCO PÉREZ, Carolina BROOCK HIJAR, Diego GONZÁLEZ DE CHAVES Y ASSEF, Paula
<b>INSTITUCIÓN</b>	Universidad de La Laguna. Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura. Clúster Construcción Sostenible <a href="http://www.clusterccs.org/">http://www.clusterccs.org/</a>
<b>DIRECCIÓN</b>	Avda. Ángel Guimerá Jorge s/n. E.U. Arquitectura Técnica. 38204. La Laguna Tenerife.
<b>E-MAIL</b>	nmartin@ull.edu.es
<b>TELÉFONO</b>	922316502 Ext. 6211 / 610807000
<b>FAX</b>	922 319 870

## ANÁLISIS DE LA INTEGRACIÓN DE LA TECNOLOGÍA BIM Y LOS INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EDISOST

**Martín Dorta, Norena (1), Franco Pérez, Carolina (2), Broock Hajar, Diego (2), González de Chaves y Assef, Paula (3)**

- (1) Universidad de La Laguna, Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura, nmartin@ull.edu.es,
- (2) Clúster de Construcción Sostenible, carolina.franpe@gmail.com,
- (3) Universidad de La Laguna, Doctorado Física e Ingeniería, E.T.S. de Ingeniería Civil e Industrial, paulagcha@gmail.com

### RESUMEN

Para evaluar con precisión la adecuación de los edificios a los parámetros de sostenibilidad se requiere de sistemas con acceso a un amplio conjunto de datos. Desde que el Building Information Modeling (BIM) permite que la información multidisciplinar forme parte de un mismo modelo, se crea una oportunidad para que las medidas de sostenibilidad puedan incorporarse en el ciclo de vida de las construcciones. Desde el año 2009, el Cluster Construcción Sostenible (CCS) viene trabajando en materia de sostenibilidad en el sector de la construcción. En ese contexto crea *EDISOST*, una herramienta on-line que posee un conjunto de indicadores que tienen el objetivo de evaluar el grado de sostenibilidad de forma integral de proyectos de construcción y rehabilitación de edificios, en el ámbito de las Islas Canarias, y adaptable a otros territorios.

En este trabajo se presenta un estudio inicial de evaluación de la integración de los indicadores EDISOST con la tecnología de Modelos de Información de la Construcción. El objetivo principal ha sido comprobar la viabilidad de utilizar esta tecnología y proponer las líneas futuras de trabajo para desarrollar una herramienta que vincule los indicadores *EDISOST* con elementos paramétricos creados con la tecnología BIM.

**Palabras clave:** BIM, Building Information Modeling, Sostenibilidad.

### 1 INTRODUCCIÓN

Estudios recientes indican que la demanda de servicios relacionados con la construcción sostenible es cada vez mayor [1] [2]. El aumento de los costes energéticos y la creciente preocupación ambiental parecen ser la causa. Los beneficios que para el entorno y la salud generan de los edificios sostenibles (también llamados verdes) han sido ampliamente reconocidos. Un ligero aumento de aproximadamente un 2% en los costes iniciales en un diseño sostenible se traduce, en promedio, en un ahorro del ciclo de vida de aproximadamente el 20 % de los costes totales de la construcción, lo cual es más de diez veces la inversión inicial [3]. De ahí que los edificios sostenibles lo sean también en el ámbito económico.

Desde el año 2000, el número de métodos para la evaluación medioambiental de edificios en el mundo se ha multiplicado considerablemente. BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) fue el primer sistema que, aparecido en 1990, ofreció un método de

etiquetado de edificios. LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) es el de mayor implantación en el mercado de grandes edificios. Fue desarrollado en 1998 por la Green Building Council (USGBC) de los EE.UU para proporcionar a los propietarios y gestores de edificios un marco conciso para identificar e implementar de diseño práctico y medible de diseño sostenible, de construcción, de operación y de soluciones mantenimiento.

Actualmente existe un gran número de modelos, muchos de ellos basados en la metodología desarrollada por el grupo GBC (Green Building Challenge), actualmente iiSBE (International Initiative for a Sustainable Built Environment). La mayoría de estos sistemas de calificación utilizan criterios que son similares: evalúan el consumo de energía de un edificio, el uso eficiente del agua, los materiales utilizados y la calidad ambiental interior [4].

Una de las prioridades propuestas por la Estrategia Europa 2020 es el crecimiento sostenible, consistente en alcanzar un modelo económico y social respetuoso con el medio ambiente y que no realice un uso intensivo de recursos naturales escasos. En el caso de Canarias, la relación entre el desarrollo socioeconómico y el medio ambiente es especialmente relevante porque su economía depende mayoritariamente del turismo, que tiene como principal activo el paisaje y el medio ambiente [5].

Desde el año 2009 el Cluster Construcción Sostenible (CCS) [6] viene trabajando en materia de sostenibilidad en el sector de la construcción sostenible en Canarias. En ese contexto crea *EDISOST* [7]. Su principal funcionalidad es la de evaluar el grado de sostenibilidad de forma integral de proyectos de construcción y rehabilitación de edificios, tanto en fase de diseño como de obra finalizada, en el ámbito de las Islas Canarias. El objetivo fundamental de *EDISOST* es facilitar la incorporación de criterios de sostenibilidad en los procesos de planeamiento urbano y de diseño y construcción de edificios en el territorio canario. *EDISOST* está compuesto por seis áreas diferentes que abarcan todo el proceso constructivo, desde la planificación urbana hasta la reutilización de los materiales del edificio una vez acaba su vida útil, estas áreas son: Planeamiento Urbano, Calidad Medioambiental, Materiales y Recursos, Accesibilidad, Gestión de la Energía y Gestión del Agua. Cada área cuenta con sus propios indicadores que permiten valorar los aspectos relativos a la sostenibilidad más importantes dentro de las mismas. En total, la batería completa está compuesta por 69 indicadores.

El diseño inicial y las fases previas a la construcción de un edificio son los momentos más críticos para tomar decisiones sobre sus características de sostenibilidad [8]. Los entornos tradicionales de diseño asistido por ordenador (CAD) carecen, por lo general, de la capacidad para llevar a cabo los análisis de sostenibilidad en las primeras etapas de concepción. Los análisis y simulaciones en los edificios se realizan normalmente después de desarrollarse el diseño arquitectónico. La carencia de un proceso continuado de análisis de sostenibilidad durante la etapa de diseño da como resultado un proceso ineficiente para lograr la modificación dinámica del diseño con un conjunto de criterios de rendimiento [9]. Para evaluar la adecuación de los edificios y construcciones a los parámetros de sostenibilidad en el diseño inicial y en las fases de pre-construcción con precisión se requiere de sistemas con un acceso a un amplio conjunto de datos con respecto a la geometría de un edificio, los materiales, el entorno, las instalaciones, etc. Esta misma situación se repite en las etapas de gestión, mantenimiento y rehabilitación de edificios.

Desde que el Modelado de Información de la Construcción (Building Information Modeling) permite que la información multidisciplinar forme parte de un mismo modelo, se crea una oportunidad para que las medidas de sostenibilidad puedan incorporarse en todo el proceso de diseño, construcción, mantenimiento y rehabilitación. Building Information Modeling (BIM) es la nueva forma de concebir un proyecto arquitectónico y de ingeniería, reuniendo toda la información necesaria para su desarrollo: geometría, sistemas constructivos, cálculo, mediciones, presupuestos, información ambiental, pliegos, simulaciones, etc., construyendo digitalmente y de manera integrada todos los elementos necesarios.

Una reciente encuesta a 145 empresas de diseño y construcción en los Estados Unidos indica que los profesionales que realizan los análisis de sostenibilidad basados en BIM experimentan un importante ahorro de tiempo y costes en comparación con los métodos tradicionales. La combinación de estrategias de diseño sostenible y la tecnología BIM tienen el potencial de cambiar las prácticas tradicionales de diseño y producir de manera eficiente un diseño de las instalaciones de alto rendimiento.

En este trabajo se presenta un estudio inicial de evaluación de la integración de los indicadores *EDISOST* con la tecnología de Modelos de Información de la Construcción. El objetivo principal ha sido comprobar la viabilidad de utilizar esta tecnología y proponer las líneas futuras de trabajo para desarrollar una herramienta que vincule los *EDISOST* con elementos paramétricos creados usando la tecnología BIM.

## **2 EDISOST: HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD EN LA EDIFICACIÓN.**

Desde el año 2009 el Cluster Construcción Sostenible (CCS) viene trabajando en materia de sostenibilidad en el sector de la construcción. Su objetivo estratégico es promover la creación, en este ámbito, de un mercado sostenible en las Islas Canarias con el fin de contribuir a la reactivación del sector. En ese contexto crea *EDISOST*, una herramienta on-line que posee un conjunto de indicadores que tienen el objetivo de evaluar el grado de sostenibilidad de forma integral de proyectos de construcción y rehabilitación de edificios, tanto en fase de diseño como de obra finalizada, en el ámbito de las Islas Canarias, y adaptable a otros territorios. El objetivo fundamental de *EDISOST* es facilitar la incorporación de criterios de sostenibilidad en los procesos de planeamiento urbano y de diseño y construcción de edificios en el territorio canario.

*EDISOST* está compuesto por seis *Áreas* diferentes que abarcan todo el proceso constructivo, desde la planificación urbana hasta la reutilización de los materiales del edificio una vez acaba su vida útil. Estas áreas son: Planeamiento Urbano (PU), Calidad Medioambiental (CM), Materiales y Recursos (MU) (destacándose el ámbito de los Residuos), Accesibilidad (AC), Gestión de la Energía (GE) y Gestión del Agua (GA). Cada *Área* cuenta con sus propios *indicadores* que permiten valorar los aspectos relativos a la sostenibilidad más importantes dentro de las mismas. En total la batería completa está compuesta por 69 indicadores y siguen la jerarquía que se muestra en la Figura 1.

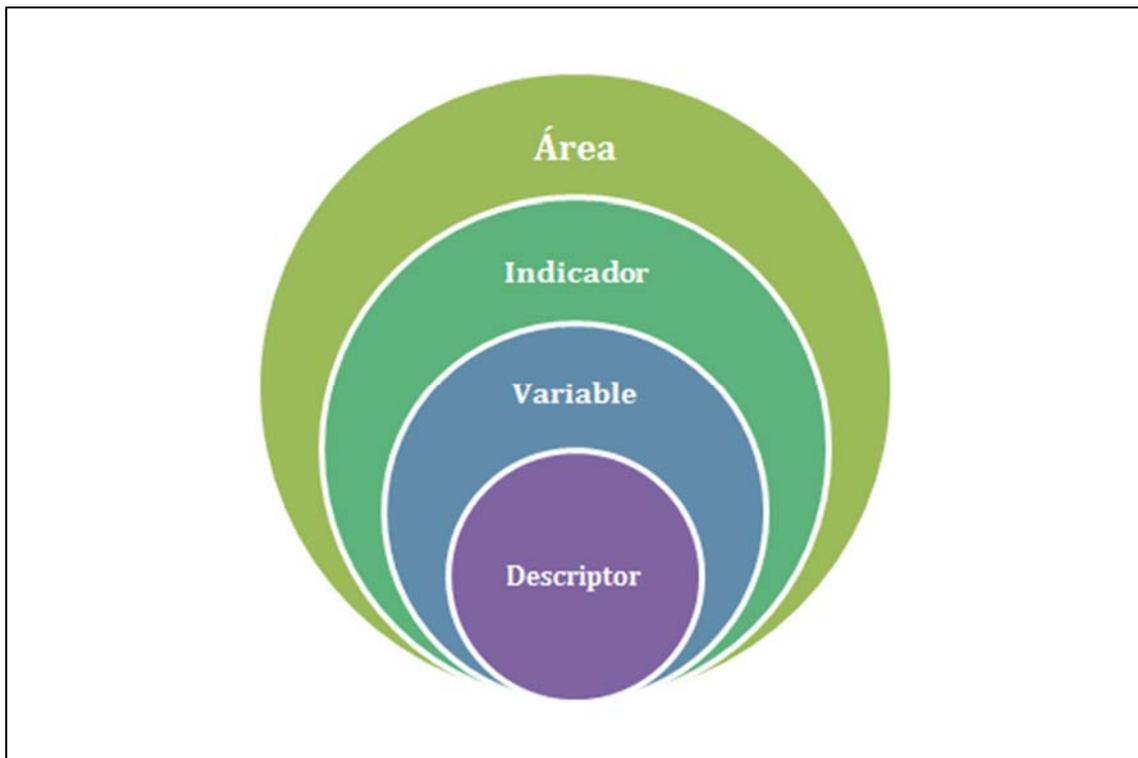


Fig. 1 Jerarquía de datos *EDISOST*. 2014. Elaboración propia

En este sentido cada indicador cuenta con la interrelación de variables considerando sus pesos relativos, así como de tablas de referencia que permiten asignar valores normalizados a partir de la interpretación de la realidad por parte del evaluador. Los descriptores definen en detalle cada una de las variables. Por ejemplo, la variable “V1: *Medidas de accesibilidad primer nivel*”, del Indicador “AC-02 de *Accesibilidad en el Aparcamiento*”, incluye tres descriptores: “*El número de Plazas (P)*”, el “*Ancho de la plaza (A1)*” y el “*Largo de la plaza (L)*”. De esta forma, basándose en criterios técnicos bien fundamentados y una metodología de cálculo rigurosa, se logra medir y evaluar aspectos de la construcción que de otra manera sería poco preciso o poco fiable, o bien requeriría de complejos trabajos de comités de expertos.

*EDISOST* es una herramienta que permite diversos usos, entre ellos: la autoevaluación en materia de sostenibilidad integral de los trabajos de los profesionales de la construcción; el etiquetado de proyectos constructivos por parte del equipo multidisciplinar de evaluaciones de sostenibilidad de CCS, así como la formación de profesionales en criterios de sostenibilidad en la edificación, rehabilitación y planeamiento.

Desde mediados del año 2013 se viene colaborando con el Cluster de Construcción Sostenible con el objetivo de evaluar la integración de la tecnología y los indicadores *EDISOST*.

### 3 BIM: BUILDING INFORMATION MODELLING

BIM ha sido desarrollado para apoyar a la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC). BIM permite unir los elementos de la construcción con información

incrustada para crear un modelo de producto de construcción [10]. Además, esta tecnología facilita la comunicación de las intenciones de diseño, y coordina los procesos de construcción usando la base de datos compartida de BIM. Las características de modelado paramétrico en BIM ofrecen mecanismos para asignar variables a los objetos BIM, permitiendo manipulaciones automáticas y semánticamente ricas de los modelos [11].

Los *Objetos BIM* son la representación de los elementos de la construcción, tales como muros, techos, suelos, puertas y ventanas. Tienen funcionalidades que pueden responder a las modificaciones, que se pueden encontrar en el mundo real. Estas funcionalidades son los comportamientos de los objetos BIM. Los parámetros de los Objetos BIM son accesibles a través de los atributos. Por ejemplo, el objeto “Muro” en BIM se puede mover, girar, y extender en función de las definiciones paramétricas, pero sólo los comportamientos predefinidos se pueden modificar. La mayoría de los objetos BIM representan componentes de construcción específicos y permiten comportamientos limitados. Esta tecnología permite a los usuarios crear *Objetos BIM* definidos por el usuario, con comportamientos y atributos personalizados, de forma que se pueden controlar las representaciones y propiedades geométricas a medida.

### 3.1 Estándares de Datos

A pesar de que la industria de la Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Mantenimiento (AEC/O) a nivel global gasta miles de millones de dólares cada año [12] sobre las cuestiones de interoperabilidad, se obtiene poco valor añadido. El intercambio de productos de la construcción está exigiendo cada vez más la evolución hacia herramientas más avanzadas de modelado, análisis, visualización y simulación.

La cuestión clave en esta área ha sido históricamente la forma de lograr la interoperabilidad entre varios modelos y múltiples herramientas que se utilizan en todo el ciclo de vida de los productos. Esto ha llevado a más de 30 años de esfuerzos de normalización para conseguir un estándar de modelos de producto. El programa más ambicioso para la normalización de los modelos de objetos en los edificios (Building Information Modeling), es el IFC (Industry Foundation Classes) [13] y se ha venido desarrollando desde hace más de 10 años.

IFC es un formato de datos de especificación abierta. Fue desarrollado por la International Alliance for Interoperability (IAI), predecesora de la actual Building Smart, con el propósito de convertirse en un estándar que facilite la interoperabilidad entre programas del sector de la construcción. Las clases y objetos IFC representan un modelo de información tanto geométrico como alfanumérico. La versión IFC 2x3 está formada por un conjunto de más de 600 clases y en continua ampliación. Además, actualmente ya está aprobada la versión 4. Todos los programas de software que soportan IFC pueden leer y escribir información e intercambiarla con otros programas. De este modo comunicamos “objetos”, con funcionalidad y propiedades.

## 4 DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE RELACIONES BIM-EDISOST

En este apartado se describe el marco que se ha elaborado para establecer la relación entre las variables *EDISOST* y los modelos BIM. El proyecto se ha desarrollado en varias etapas, que se describen a continuación:

**ETAPA 1:** En la primera etapa se elaboró un catálogo con los indicadores, variables y descriptores EDISOST. Se establecieron códigos para cada elemento y se tabularon las puntuaciones de cada descriptor. En la Tabla 1 se detalla un ejemplo para dos indicadores: el indicador AC-01, de *Accesibilidad General*, y el indicador MR-01, de *Exigencia de certificados de calidad medioambiental de los materiales*.

**ETAPA 2:** En la segunda etapa se exploraron distintas posibilidades para conectar *EDISOST* con los modelos BIM. En esta fase del proyecto se buscaron relaciones entre los elementos *EDISOST* y los tipos de parámetros que se pueden implementar en un entorno BIM: tipos de datos, categorías, clases IFC, etc. El análisis de la estructura *EDISOST* (Áreas, Indicadores, Variables y Descriptores) (ver Figura 1), y las distintas pruebas realizadas permite obtener las siguientes conclusiones:

- Los Objetos BIM paramétricos permiten incluir variables definidas por el usuario, de tal forma que podríamos incluir los descriptores *EDISOST*.
- Los Objetos BIM paramétricos son interoperables, es decir, podemos utilizarlos en distintas plataformas de software a través del formato IFC.

Se consideró que los Objetos BIM paramétricos era una opción viable para llevar a cabo esta primera aproximación a la vinculación de Modelos BIM con *EDISOST*. Autodesk Revit© ha sido la herramienta de software utilizada para crear los Objetos BIM, conocidos en esta aplicación como *Familias*.

Área/ Indicador	Variable	Descriptor/Código	1 punto	0.75 punto	0.50 punto	0.25 punto	0 punto
<b>ACCESIBILIDAD</b> AC-01 Accesibilidad General	V1	I: Itinerarios accesibles desde la vía pública hasta la zona privativa de la edificación o vivienda, incluyendo acceso a las zonas comunes: aparcamientos, jardines, piscina, azoteas, zonas deportivas, etc.	I: Cercano (10-20 m.), bien comunicado y sin barreras		I: Si no es cercano pero no se encuentran barreras		I: Si hay barreras
<b>RECURSOS</b> MR-01 Exigencia de certificados de calidad medioambiental de	V1	Mc: % Presupuesto de los materiales con eco-etiquetas certificadas	Mc: >30%	Mc: 20.01-30%	Mc: 10.01-20%	Mc: 1-10%	Mc: 0%

Tabla 1. Ejemplo de Variables y Descriptores de dos Indicadores de EDISOST: AC-01 y MR-01

**ETAPA 3:** En la tercera etapa, y como experiencia piloto, se desarrolló un Objeto BIM de cada Área con el objetivo de verificar si la opción escogida era válida. La Tabla 2 refleja la alineación de los descriptores *EDISOST* con los parámetros de los Objetos BIM. En ese ejemplo se detallan dos descriptores que corresponden a los de la Tabla 1. Se ha asignado un código a cada Descriptor de EDISOST, se han clasificado los tipos de datos (Entero, Número, etc.), se ha establecido la disciplina en la que se van a categorizar el conjunto de parámetros (Green Building), la clase IFC en la que exportará este parámetro (ifcSite) y el tipo de valores que puede adoptar el parámetro (en general, valores enteros o números). En la Figura 3 se muestra un ejemplo de un objeto creado, en este caso el indicador AC-01. Para cada indicador se elaboraron además las fórmulas lógicas que calculaban las puntuaciones para cada variable. Por motivos de confidencialidad de datos, se decidió finalmente que no estuvieran incluidas en los objetos BIM. Se utilizarán para el cálculo en Edisost, una vez recibido el modelo IFC.

<b>EDISOST</b>	Área	Accesibilidad (AC)	Materiales y Recursos (MR)
	Indicador	Accesibilidad General (AC-01)	Exigencia de certificados de calidad medioambiental de los materiales (MR-01)
	Variable	V1	V1
	Descriptor	I	Mc
<b>BIM</b>	Codificación del Descriptor EDISOST como Parámetro en BIM	ITI.ACCESIBLE	%MAT.CON.ECOETIQUETA
	Disciplina	Green Building	Propiedades de Green Building
	Tipo de Parámetro	Entero	Número
	Clase IFC	ifcSite	ifcSite
	Valores que puede adoptar el descriptor/parámetro	0 = Cercano (10-20 m.), bien comunicado y sin barreras 1 = Si no es cercano pero no se encuentran barreras 2 = Si hay barreras	0-100% (% Presupuesto de los materiales con eco-etiquetas certificadas)

Tabla 2. Alineación de las Variables EDISOST (AC-01 y MR-01) con los Objetos BIM creados

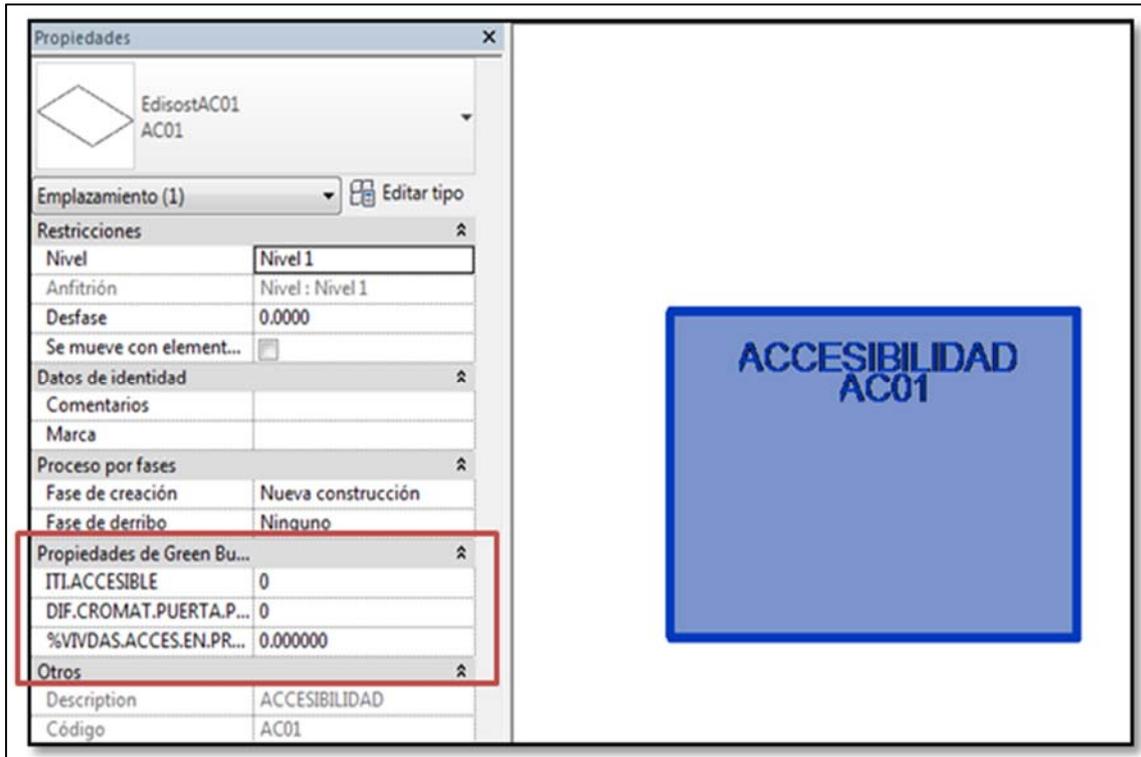


Fig. 2. Objetos BIM AC-01, creado en Autodesk Revit.. 2014. Elaboración propia

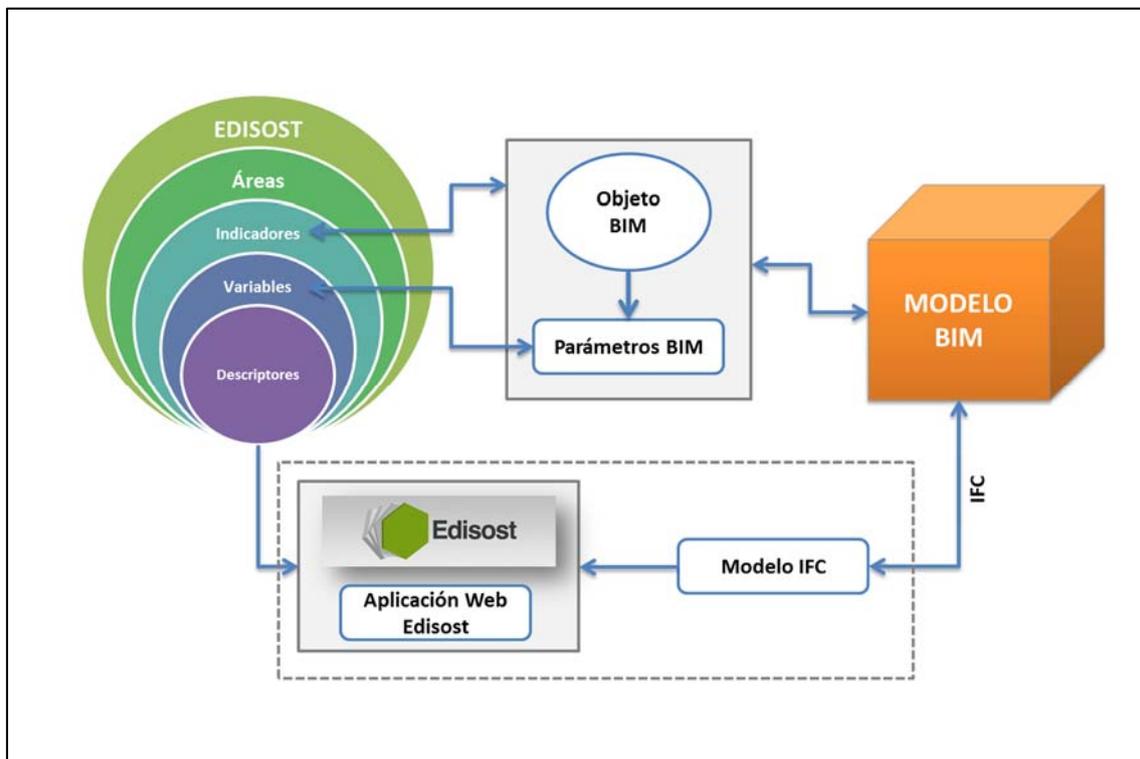


Fig. 3. Flujo de datos del Modelo BIM-EDISOST. 2014. Elaboración propia

**ETAPA 4:** Tras la experiencia de los objetos creados, se diseñó un modelo de datos BIM-EDISOST. Una de los requerimientos que se plantearon en el proyecto era que el modelo se pudiera conectar con la aplicación web que tiene actualmente EDISOST. Se pensó en usar el Modelo IFC, de tal forma que la aplicación web fuera capaz de leer el formato IFC, identificar los parámetros y sus valores y calcular las variables Edisost a partir de estos datos. Con esta idea se propone el Modelo que se presenta en la Figura 3. La zona delimitada por el rectángulo de trazos está en desarrollo, corresponde a un nuevo módulo del entorno web Edisost, que permitiría incorporar el modelo IFC, con los parámetros y los valores.

**ETAPA 5:** En la etapa final de esta primera fase del proyecto se han completado 69 Objetos BIM, que corresponden a los 69 Indicadores *EDISOST*, con todas sus variables y descriptores.

## 5 APROXIMACIÓN AL MODELO IFC RESULTANTE

Para validar el flujo de datos modelado, actualmente se están realizando distintas pruebas con proyectos reales. Uno de los elementos importantes es el modelo de datos IFC y la comprobación de que los parámetros y sus valores se exportan de forma correcta en IFC. A continuación se muestra un ejemplo con el indicador AC-04. En la Figura 4 se muestra la línea de datos del archivo IFC dónde se describe la entidad en la que se exporta el indicador AC-04: incluye el nombre y el código del objeto BIM que se ha definido.

```
#8034= IFCBUILDINGELEMENTPROXY ('305juC UfBd89ElZSOD5om', #
41, 'EdisostAC04:AC04:118703', $, 'AC04', #8033, #
8028, '118703', .ELEMENT.);

#8034= IFCBUILDINGELEMENTPROXY ('305juC UfBd89ElZSOD5om', #
41, 'EdisostAC04:AC04:118703', $, 'AC04', #8033, #
8028, '118703', .ELEMENT.);
#8037= IFCPROPERTYINGLEVALUE ( 'ESPACIO.GIRO90\X2\00BA\X0\ ', $, IFCREAL
(1.67), $ );
#8038= IFCPROPERTYINGLEVALUE ( 'TIP.PAVIM', $, IFCINTEGER(3), $ );
#8039= IFCPROPERTYINGLEVALUE ( 'Description', $, IFCTEXT
('ACCESIBILIDAD'), $ );
#8040= IFCPROPERTYINGLEVALUE ( 'AMBITO.PASO.PUERTA.PASILLO', $, IFCREAL
(0.8), $ );
```

Fig. 4. Entidad IFC del indicador AC-04. 2014. Elaboración propia

También se pueden localizar los parámetros creados en los objetos BIM, los tipos de datos y los valores que se le han asignado en el modelo BIM.

Esta fase se encuentra en estos momentos en evaluación. Se trata de explorar las posibilidades que nos ofrece el formato IFC y cuáles son las mejores prácticas en la clasificación y exportación de los datos.

## 6 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO

Este proyecto de colaboración entre el Cluster de Construcción Sostenible y la Universidad de La Laguna pretende abordar las potenciales de la tecnología BIM en el ámbito de la sostenibilidad en la edificación y la planificación urbana. En esta primera fase del proyecto se ha abordado la creación de Objetos BIM paramétricos incorporando las variables *Edisost* como parámetros en los objetos BIM. Esto permitiría que los usuarios (arquitectos, ingenieros, técnicos de certificación de sostenibilidad, etc.) tuvieran la oportunidad de valorar los indicadores *Edisost* en el modelo BIM. La exportación del modelo BIM al formato IFC incluye las variables y definidas los objetos y las valoraciones aportadas por los técnicos. Se trabaja actualmente en la integración del modelo IFC con el entorno web de *Edisost*.

En el desarrollo del proyecto, el equipo de trabajo se ha familiarizado con el trabajo con elementos paramétricos en BIM. En este ámbito tenemos que reseñar algunas consideraciones a tener en cuenta:

- Un número importante de los descriptores *Edisost* afectan al edificio de forma global. Por ejemplo, el parámetro *Lsb*, de la variable V1 del indicador *CM-01: “Control de los niveles de contaminación electromagnética de los espacios”*, establece que “Las líneas subterráneas de alta tensión no deberán cruzar la parcela”, de tal forma que este parámetro tiene una puntuación en función del grado de cumplimiento de este requisito. Este parámetro es un ejemplo de descriptor que afecta de forma global al edificio, y no a un elemento/geometría/estancia concreta. Los objetos paramétrico están, en general, concebidos para estar asociados a geometrías. A pesar de que se puede “engañar al sistema”, la incorporación de Objetos BIM a los que se le pudieran relacionar variables/parámetros de forma más natural e intuitiva es uno de los retos de esta tecnología. Reseñar que sólo hemos realizado pruebas hasta el momento con el software Autodesk Revit y es posible que este proceso sea distinto en otros softwares.
- La interoperabilidad de los objetos BIM entre las distintas aplicaciones de software presenta, en general, problemas que no son predecibles.
- El formato de datos IFC es complejo y se ha optado por simplificar la exportación en una sola clase en la versión 2x3. La versión 4 ya está aprobada e incorpora importantes mejoras que tendrían que ser evaluadas en este proyecto.

Como continuación de las tareas desarrolladas hasta el momento se plantean distintas líneas de trabajo:

- Evaluar el uso de las tablas de planificación como alternativa a las familias (Objetos BIM). Existen antecedentes en este ámbito en la valoración de la sostenibilidad con el sistema de indicadores LEED.
- Explorar la posibilidad de crear un módulo o plugin para los softwares BIM comerciales que permitan incluir las variables *Edisost* con una interfaz amigable.

- Evaluar la integración de Edisost con un Sistema de Información Geográfica (SIG) y con las denominadas SmartCities.

Este proyecto nos presenta importantes retos que requieren de un equipo multidisciplinar de participantes. La tecnología BIM aglutina muchos conocimientos y disciplinas, que es necesario reunir para elaborar un buen producto. Nuestros esfuerzos futuros se encaminarán en esa línea.

## 7 REFERENCIAS

- [1] Azhar, S. (2010). *BIM for sustainable design: results of an industry survey*. *Journal of Building Information Modeling*, 4 (1), pp. 27–28.
- [2] Biswas, T.; Wang, T.; and Krishnamurti, R. (2008). *Integrated sustainable building rating systems with building information modeling*. *Unpublished master's thesis*, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA.
- [3] Kats, G.; Alevantis, L.; Berman, A.; Mills, E.; Perlman, J. (2003). *The costs and financial benefits of green buildings, A Report for California's Sustainable Building*.
- [4] World Green Building Council. (2010). *Green Building Rating Systems*. Consultado el 26-03-2014 en <http://www.worldgbc.org/green-building-councils/green-building-rating-tools>
- [5] Gobierno de Canarias. (2013). *Estrategia de Especialización Inteligente de Canarias 2014-2020, versión 2.0*. Consultado el 26-03-2014 en [http://aciisi.itccanarias.org/ris3-consulta/images/documents/ris3\\_canarias\\_v2.0.pdf](http://aciisi.itccanarias.org/ris3-consulta/images/documents/ris3_canarias_v2.0.pdf)
- [6] Cluster Construcción Sostenible. (2014). Consultado el 26-03-2014 en <http://www.clusterccs.org/es/>
- [7] *EDISOST. Herramienta para la Evaluación de la Sostenibilidad en la Edificación (Obras nuevas y rehabilitaciones)*. 2013. Consultado el 26-03-2014 en <https://www.youtube.com/watch?v=M73Yzm8sTxM>.
- [8] Azhar, S; Brown, J., Sattineni, A. (2010). *A case study of building performance analyses using building information modeling*. *Proceedings of the 27th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC-27)*, Bratislava, Slovakia, June 25–27.
- [9] Schueter, A.; Thessling, F. (2008). *Building information model based energy/exergy performance assessment in early design stages*. *Automation in Construction*, 18 (2) , pp. 153–163.
- [10] Eastman, C. M., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K. (2008). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, John Wiley, Hoboken, NJ.

- [11] Sacks, R., Eastman, C. M. and Lee, G. (2004). *Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete*, *Automation in Construction*, 13(3), 291–312.
- [12] Gallaher M.P., O'Connor A.C., Dettbarn J.L., Gilday L.T. (2004) *Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry*. NIST, USA, 194 (GCR 04-867).
- [13] Building Smart. (2014). *IFC (Industry Foundation Classes)*. Consultado el 26-03-2014 en <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview/ifc-overview-summary>.

<b>TÍTULO</b>	BIM EN LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	1. Diseño y construcción sostenible con BIM, 1.4 Procesos de construcción, (capacidad del BIM en influir sobre los procesos tradicionales de construcción)
<b>AUTOR / ES</b>	PEREA MÍNGUEZ, Rafa; PÉREZ ARNAL, Ignasi; COCCO, Francesco
<b>INSTITUCIÓN</b>	Blog Construcción Industrializada, Be Nibug S.L. Be Nibug S.L., BIM Academy/WITS Institute, EcoUrbanLab Facoltà di Architettura di Alghero Abitare sociale.net
<b>DIRECCIÓN</b>	Avda del Cid 64-11 C.P. 46018 (VALENCIA)
<b>E-MAIL</b>	rafael.perea@hotmail.es / ignasiperezarnal@bimacademy.es / coccofrancesco@gmail.com
<b>TELÉFONO</b>	616 516 034 / 616 393 806 / 659 234 969
<b>FAX</b>	96 359 55 44

## BIM EN LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

**PEREA MINGUEZ, Rafa; PÉREZ ARNAL, Ignasi; COCCO, Francesco**

- (1) Director del Blog Construcción Industrializada, colaborador de Be Nibug S.L., rafael.perea@hotmail.es
- (2) Coordinador de Comunicación en Be Nibug S.L., Co-fundador de BIM Academy/WITS Institute, Co-Director del EcoUrbanLab, Facoltà di Architettura di Alghero . ignasiperezarnal@bimacademy.es
- (3) Socio Fundador de Abitare Sociale, coccofrancesco@gmail.com

### RESUMEN

La crisis del Sector de la Construcción en España se ha agudizado por el hecho de no poder internacionalizar sus productos y no haber introducido tecnología en sus procesos para crear una mejora continua de su producción. Adoptar modelos industriales, procesos de mejora continua, sistemas de ensamblado... ayudaría a convertir una obra –que normalmente se asemeja más a un campamento ambulante que a un espacio de producción- en una “planta” de ensamblaje. Esto es lo que se conoce por construcción *offsite*.

La construcción industrializada genera menor impacto ambiental, reduce los tiempos de obra y se aproxima a los conceptos de la economía circular, eliminando la generación de residuos a la vez que controla la contaminación acústica y atmosférica.

La ponencia quiere demostrar como el BIM aporta los medios necesarios para la industrialización de la construcción en el caso específico de su aplicación en la vivienda social, para organizar y planificar la fabricación de módulos espaciales ensamblables con las previsiones de suministros de los proveedores, su posterior transporte y ensamblado de los mismos para garantizar su mantenimiento y desmontaje futuro.

Por ello, podemos asegurar que el próximo ciclo de la Construcción será BIM o no será.

**Palabras clave:** BIM, Industrialización, Modular, Offsite, Vivienda social

### Antecedentes

Mientras estábamos celebrando tranquilamente en nuestras casas con nuestras familias el día de San Esteban de 2004 –en unos meses se cumplirán 10 años-, 254.000 personas murieron y 2 millones de personas se quedaron sin vivienda por un tsunami que asoló durante cuatro minutos las costas edificadas de tres países en el sudeste asiático.

En ese momento, nuestra profesión se preguntaba qué podía hacer para ayudar en una situación así. Ni nuestros estudios ni nuestra experiencia, ni nuestros procesos ni nuestros proveedores habituales podían ayudar en nada relacionado con un evento de este tipo y en ese preciso instante algunos pensaron que era necesario ponerse manos a la obra. Reflexionando se llegó a la conclusión que lo más acertado para este caso específico, era

crear unos estudios para hacer que arquitectos y urbanistas pudieran aprender a plantear refugios básicos primero, para después aprender a hacer viviendas de emergencia para situaciones post-catástrofe, lo que significaba tener la capacidad para producir mucho en poco tiempo.

Llegó la ocasión a través de la EsArq, la Escuela de Arquitectura de la Universitat Internacional de Catalunya. Al recibir una carta de interés de un programa internacional entre cuatro universidades europeas que precisaban un socio para un programa de máster de Cooperación Internacional. Y de allí se concibió un máster Erasmus Mundus (homólogo a los programas de excelencia americanos Fulbright Programs) denominado Sustainable Emergency Architecture.[1].

En poco tiempo se dedujo que el problema no era la formación sino la acción. El evento mundial que había provocado la mayor colecta de recursos económicos nunca conseguida (más de 5.000 millones de euros) no podía ejecutarse por problemas de mala gestión, de dificultad de ejecución, de garantía de ésta y de la consiguiente corrupción aparecida en el sistema.

En paralelo y en otro continente, Europa, y para ser más precisos en los países nórdicos, se estaba trabajando para introducir los procesos BIM (*Building Information Modeling*) e IPD (*Integrated Project Delivery*) precisamente por lo que aportan de transparencia y colaboración por lograr los objetivos fijados. La crisis mundial financiera derivada de los créditos *subprime* en 2007 obliga al sistema a ser más eficiente. Esta eficiencia se convierte en el sector de la Construcción en el hecho de no poder admitir gastos imprevistos y retrasos en la finalización de proyectos y de obras, porque los recursos en caja son la cantidad justa que se contrata y no puede haber mayores posibilidades de alargar plazos y alargar costes sin afectar a la sociedad a la que se dirige ese equipamiento construido o edificado.

De hecho, ya en 2006, siete países –Reino Unido, Tanzania, Etiopia, Zambia, Malawi, Filipinas y Vietnam- toman parte en la iniciativa internacional *Construction Sector Transparency* [2] para abordar la pérdida estimada de 400.000 millones de dólares que supone la corrupción en sus países, a la que se debe sumar la peligrosidad y los defectos de la mala construcción practicada cuando ocurren estos hechos.

Tiene todo el sentido, el intentar garantizar lo que se espera recibir por lo que se ha pagado y más cuando se trata de recursos económicos públicos. La preocupación se direcciona hacia la calidad, el coste y la entrega conveniente porque es dinero público, dinero de todos, tal como propone el CIOB [3] en Gran Bretaña.



Fig 1. La noticia aparecida bajo el título “La mitad de la ayuda prometida a las víctimas del tsunami no ha llegado aún dos años después” demuestra la ineficiencia y la no transparencia de los procesos de construcción de vivienda social por falta de una gestión abierta y trazable. 22 de diciembre de 2006.

Fuente: La Vanguardia (Barcelona, España)

Cuando se abordan las necesidades de la vivienda social en el mundo [4] –cuantificada en poder garantizar vivienda digna y adecuada para 2.000 millones de personas y así cumplir el mínimo que fija el Artículo 25 de los Derechos Humanos por un lado, y las necesidades inmediatas de futuras viviendas sólo en algunas ciudades sudamericanas de otro, obligan a pensar de una forma escalada su producción- ¿por qué no nos preguntamos sobre la conveniencia de cambiar los paradigmas que producen su financiación pública, su construcción deficitaria, sus plazos inaceptables y sus fugas de recursos intolerables?

Nos encontramos a las puertas de encontrar contenidos reales a procesos como el BIM, utilizándolo meramente como método de aseguramiento del ciclo de la edificación y ser eficientes en la manera de concebir, proyectar, contratar, ejecutar y mantener nuestras futuras edificaciones con el máximo rigor, control y, por tanto, convertirlo en herramienta útil para con la sociedad a la que el sector sirve.

Mientras todos los sectores económicos buscan su mejor eficiencia y rentabilidad económica a través de mejores procesos y mejor gestión, la Construcción ha basado su crecimiento en vender menor tecnología, aplicada a través de mano de obra sin conocimiento, a precios impulsados por factores de financiación. De hecho, el Sector de la Construcción no aborda su industrialización, su mejora continua, la posibilidad de crear “producto” exportable e internacionalizable. Ello conlleva la caída sin red de todos los agentes que conforman su

ciclo de producción hace 7 años, mientras el futuro de la Construcción pasaba necesariamente por abandonar las técnicas artesanales para acoger las tecnologías industriales. Para ello es necesaria la utilización de los procesos BIM. Si se pudiera crear una nueva palabra, este proceso se le llamaría BIMdustrialización.

En el mes de marzo de 2008 los principales indicadores macroeconómicos de España caen –y se reconocen de forma oficial- y durante 6 años sus efectos se han mantenido. Dos situaciones se identifican desde su inicio: la burbuja inmobiliaria y la crisis bancaria; y un efecto directo de ambas es el aumento directo del desempleo hasta más de una cuarta parte de la población activa. Lo que se había llegado a llamar cuarto sector –después del sector primario (agricultura y ganadería), secundario (industria) y terciario (servicios), se llegó a denominar al sector de la construcción como el cuarto sector por su tamaño, por su incidencia en otros sectores, por la generación de puestos de trabajo directos e indirectos- desaparecía por el hecho de haber consumado y consumido toda oferta posible -práctica desaparición del crédito financiero fácil para emprender proyectos inmobiliarios de todo tipo que lleva a la drástica disminución del crédito a familias para la vivienda por parte de los bancos y las cajas de ahorro-, habiendo construido durante trece años más que lo que construían Francia y Alemania conjuntamente cada año.

El sector de la construcción no puede absorber el cambio producido un año antes, el 7 de agosto de 2007 –fecha que los analistas señalan como el inicio de la crisis económica producida por lo que se conocía como hipotecas *subprime* en los EEUU- y no puede reaccionar como lo haría cualquier otro sector con ninguna de las dos posibilidades que existen en el mercado: si no se vende en el mercado nacional se debe intentar vender en el internacional y si no se vende el producto habitual se debe transformar en otros productos que sí se puedan vender.

Las empresas de construcción españolas basaban su actividad en su mismo país –aunque cuente con 7 de las mayores constructoras del mundo entre las 50 primeras- y por lo tanto su internacionalización era mínima, mientras que su producción se centraba en el uso de mano de obra básica, sin conocimiento ni experiencia, y realizada a pie de obra. Las empresas tampoco disponían de ningún catálogo de “productos” propio, una manera de hacer propia o un sistema de gestión y procedimientos propio. Todo ello lleva a un estancamiento de la producción en el sector de la construcción porque no se basaba en el conocimiento, en la tecnología, en la innovación, y por tanto en el *offsite* y en la industrialización.

## 2. Objetivo

Ofrecer salidas al sector que mayor PIB aportaba al país es obligatorio. Se afirma que para que la recuperación del país sea posible, las empresas y los trabajadores que conformaban el Sector de la Construcción deben encajarse de nuevo en el conjunto de la economía.

### 2.1 Industrializar la construcción

Industrializar la construcción ha sido un tema pendiente. Cualquier sector trabaja para optimizar recursos, para normalizar y mejorar procesos productivos, para estandarizar sistemas, pero la construcción se muestra reacia, con una continua incapacidad para absorber cualquier intento de ordenación industrial y de gestión productiva. Ésto comporta que ningún proceso constructivo sea vertical (empieza y acaba) sino que mayoritariamente son de carácter horizontal (uno empieza, otro sigue y un tercero termina) lo que produce una precariedad del producto final y una dificultad añadida para gestionar el proceso.

En los países anglosajones definen con el concepto MMC (*Modern Methods of Construction*) las tipologías modernas de construcción y ninguna de ellas es fácilmente encontrable en España. Este concepto llega a su máxima rentabilidad cuando el proveedor es sólo uno, que ofrece todo el producto empaquetado, de ahí el éxito -a veces comercial, a veces industrial- de paquetes constructivos, léase la nave en kit de Coperfil, el chalet prefabricado de Prefabricados Pujol [5], las oficinas-container de Alco [6], los hoteles de Sidorme realizados por Modultec [7], los módulos de hormigón armado de Nomadite [8], los módulos ligeros de hormigón de Compact Habit [9], los espacios de Sistemas TDM [10], la vivienda industrializada y ecológica Mebss de WMA y Pellicer i Fills [11]... Este producto “construido” depende de 5 variables sobre las que trabajar: la necesidad de convertir el edificio en producto, utilizar la construcción *offsite* frente la *onsite*, industrializar los procesos, mejorar los sistemas de gestión y aligerar la necesidad de vivienda globalmente hablando.

El inicio de esta propuesta parte de aplicar el proceso BIM en su totalidad: en el proyecto para ayudar a encontrar un módulo mínimo que pudiera ser ensamblable, editable y adicional para crear una vivienda –habiendo analizado los requisitos mínimos por parte de Naciones Unidas, UN-Habitat [12], [13]-.

### 2.2 Experiencias sobre la vivienda mínima/reducida

Experiencias sobre vivienda mínima se encuentran de forma excepcional: Existenzminimum [14], la “vivienda reducida”, las técnicas de prefabricación e industrialización de viviendas [15], la aplicación de nuevos materiales como el aluminio por Richard Buckminster Fuller, el perfil metálico por Jean Prouvé o el plástico con sistemas de panelado (Ernst May, Richard

Rogers...); nuevos sistemas de agregación (Moshe Safdie en la Exposición Habitat '67 en Montreal, el sistema constructivo Metastadt desarrollado por Richard Dietrich entre 1965 y 1972); de estandarización (Le Corbusier, Walter Gropius); de transporte con Konrad Wachsmann; para el ejército (sistema Dymaxion de R. B. Fuller, Ariel Scharoun); utilizando la construcción ligera (John Entenza con la convocatoria de las Case Studies); módulos circulares y prismáticos (Matti Suuronen, Kisho Kurokawa); o más recientemente operaciones de viviendas en bloque como las intervenciones Nemausus I y II del arquitecto Jean Nouvel (Nimes, 1987) [16] [17] [18] [19] utilizando sólo materiales industriales, productos de catálogo y ensamblándolos en la obra; el low-cost (Mario Cucinella [20], Samuel Mockbee [21] [22] [23]); el no-cost (Shigeru Ban [24] y su Voluntary Architects [25]). El objetivo de este proyecto es vislumbrar la posibilidad de generar opciones de futuro del sector de la construcción en España gracias a la industrialización de vivienda mínima.



Fig. 2 Moshe Safdie. Habitat '67, Montreal. 1967. Fuente: Salas, J. (2009) Por la industrialización de la vivienda aquí y ahora, Ciudad y Territorio, XLI (161-162) pp 629-643

Industrializar la construcción significará el diseño de un proyecto que pueda implementar mejoras de forma continua, la selección de materiales, productos y sistemas mediante un análisis de coste/beneficio, la incorporación paulatina de tecnología ligada a las TIC (tecnologías de la información y comunicación), la implementación del criterio de mayor ligereza, de menor emisión de CO<sub>2</sub> y de autosuficiencia respecto al uso de agua y energía, la generación de residuo cero, la máxima flexibilidad programática, la facilidad de su montaje por tiempo y por complejidad, la identidad como producto y servicio, la incorporación de su usuario en el proceso de diseño y ensamblado, y sobre todo, un menor coste.

Para ello, y como modo de ejemplo se siguió el proceso utilizado por la empresa barcelonesa Nibug (New Industrialized Building Generation) desde sus inicios: la apuesta

por el BIM (Building Information Modeling) [27] para crear un método de transformación de cualquier proyecto de edificación en un proyecto de fabricación. Su bautizo mediante el uso de AECO SIM de Bentley, para después pasar a Revit y su posterior inmersión en Catia (a través de CT Ingenieros, una de las 14 ingenierías en el mundo certificadas por Airbus, que diseña y desarrolla proyectos aeronáuticos, ferroviarios y automovilísticos) lleva a pensar que la bimetización de los proyectos arquitectónicos es necesaria para su posterior industrialización. De hecho, la necesidad de perfiles profesionales de BIM Manager y BIM Expert para cada tarea que se desarrolla en el ciclo de la Edificación les lleva a crear un ente de formación, BIM Academy, con la intención de profundizar y divulgar la interoperabilidad de softwares en los modelos de construcción 3D.

Experiencias sobre industrialización de la vivienda o de convertirla en producto en sí misma se encuentran también de forma excepcional en nuestro entorno: viviendas autosuficientes (Diogene de Vitra [28]), viviendas en serie (MCH [29] [30]), viviendas *open source* (Wikihouse [31]), viviendas inmediatas para refugiados después de una catástrofe (Cubotex [32]), mobile homes (Sunroller [33]), construcción modular (Michelle Kaufmann [34])...

La investigación se centra hoy en los procesos productivos automatizados mediante líneas de producción flexibles que permitan introducir variaciones –incluso durante la fabricación de los componentes- actuando sobre la cadena de producción en forma distinta para cada proyecto diferente. La denominada *mass-customization* que en versión libre nos atreveríamos a traducir como “producción masificada a medida”, proporciona una producción en serie y personalizada del producto final, con prestaciones que se adaptan a los requerimientos específicos de cada usuario, dando lugar a la personalización de los procesos industriales.

Los sistemas basados en la tecnología CAD/CAM (diseño y fabricación asistidos por ordenador) son los más difundidos por el momento. Estos sistemas permiten que una misma maquinaria fabrique piezas completamente diferentes, simplemente alternando los archivos informáticos que contienen las órdenes a seguir por las herramientas de corte y montaje, que se mueven en tres dimensiones.

### **2.3 Referentes para la implementación del BIM en un proyecto de vivienda modular**

El siguiente paso ha sido analizar el mayor productor de viviendas industrializadas del mundo, Sekisui Chemical Co, Ltd. [37] [38] de Japón. Desde 1971 se convirtió en el mayor fabricante de casas modulares en el mundo, llegando a producir el 90% de una casa en una planta –en una situación de *offsite*, o sea fuera del emplazamiento original donde se destinará el edificio final-.

También era necesario comprobar que un sistema industrializado modular podría ser tan flexible como para poder ser desarrollado con diferentes materiales. Teccon Evolution [39] permitía una solución rápida y ecológica para la construcción de viviendas y edificios de servicios que destaca por sus prestaciones autoportantes, su rapidez de montaje en obra y su nivel de calidad al basarse en una estructura de chapa fina perfilada de acero galvanizado (*Light Steel Framing*) y que compone un conjunto de fachadas, paredes interiores y forjados que llegan a la obra premontados y listos para ser instalados en seco.

### 3. Metodología

El trabajo se ha centrado en encontrar una solución para un módulo mínimo para dos personas y cómo fabricar esa solución mediante la utilización del BIM.

Diseñar ahora es un acto que se encuentra alineado con una nueva revolución industrial, después de rastrear sus orígenes de nuevo, relacionándose con la industria del software y del movimiento de diseño de código abierto. El objetivo es convertir un nuevo medio de producción por el que los usuarios pueden descargar el software de forma gratuita, adaptarlo y mejorarlo. A cambio, ellos comparten sus mejoras con todos los demás. De hecho, el software es más fácil de compartir que el hardware. Ahora estamos empezando a ver el surgimiento de un movimiento de código abierto para el diseño de objetos materiales, físicos, impulsados por el alcance global de la red junto con la tecnología cada vez más accesible y, de manera crucial, local para la fabricación directa, a kilómetro cero [40][41]. La fábrica del siglo 21 podría entonces estar en todas partes.

Contrariamente a la creencia popular, las comunidades abiertas y colaborativas, atributos habituales de los procesos BIM [42] no están trabajando gratis, no se trata de aficionados altruistas. Son participantes y actores de una especie de economía social *peer -to-peer* que produce el trabajo digital e intercambia valor fuera de la "empresa" tradicional o de la economía monetaria. Lo habitual cuando hablamos de edificios modulares, fácilmente diseñables, es encontrar espacios cúbicos. De allí, y como su mismo nombre anuncia, aparecen propuestas como las Multicube de Bauhu [43]. Su crecimiento se basa en múltiplos de módulos "Cube" individuales que se unen a la perfección entre sí para formar edificios complejos. Complejos y completamente autosuficientes ya que no requieren cimientos, por grande que la edificación sea.

#### 3.1 Cómo influye BIM en la creación de módulos, su fabricación y gestión

En 2003, Willy Müller Arquitectos se convirtió en el referente de cómo desarrollar una investigación que estaba asociada a las estructuras, a los módulos prefabricados y, en

definitiva, a equiparar una industria como la de la construcción con la de los automóviles. Pero como siempre, tal como decía el arquitecto Julio Cano Laso “no existen buenas obras, sino buenos clientes”, tuvo que ser el empeño de un promotor, Antonio Pellicer, quien al frente de una promotora familiar apostara por requerir un proyecto descrito como MEBSS que tenía una misión anexa: llegar a un sistema estructural modular, flexible y acoplable en múltiples opciones, con un proceso constructivo industrializado que racionalizara al máximo los costes de ejecución de una vivienda, equipada de elementos que la dotaran de un excelente funcionamiento bioclimático pasivo y activo [11] [44] [45] [46].

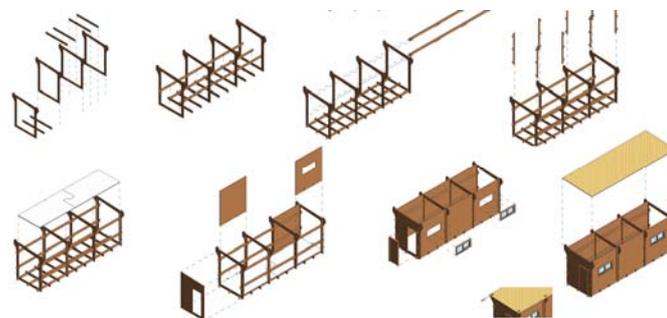


Fig.3 Flujos de trabajo: Proceso de fabricación BIM de las viviendas, con el diseño seriado de las piezas que una vez encajadas de una forma u otra permiten crear un módulo básico o doble, 2014. Fuente: Rafa Perea

La dificultad de la industrialización estribaba, en el caso de MEBSS, en la imposibilidad de poder construirla en cualquier lugar del mundo. Un radio de 200km penalizaba cualquier posibilidad de atender el mercado internacional, proclive a demandar cientos o miles de unidades para una operación inmobiliaria. Y de ahí, el crear una solución de un proyecto arquitectónico para vivienda social masiva que pudiera imprimirse en una máquina CNC y pudiera ser autoconstruible.

El objetivo es desarrollar una vivienda industrializada capaz de ser ensamblada y producida en serie. De ahí que su diseño sea capaz de "imprimirse" mediante "Nesting" y archivos CNC (CNC es el acrónimo de control numérico o control decimal numérico (CN), un sistema de automatización de máquinas-herramienta operadas mediante comandos programados en un medio de almacenamiento). 'Nesting' es una forma de trabajo basado en el máximo aprovechamiento del panel a recortar y en la mecanización simultánea de todas las piezas que componen la vivienda industrializada. Su filosofía es la optimización de tiempo y material, ya que en un único proceso se extraen de los tableros las piezas para proceder a continuación al ensamblaje de la vivienda básica.



Fig.4 Proceso de modularización del espacio habitable y fase inicial de montaje del forjado, y estabilización de la estructura (8,5 x 3 m), encaje de las correas horizontales y montaje de la estructura de muros, 2014. Fuente: Rafa Perea

El objetivo es desarrollar en Revit una vivienda industrializable y poder exportarla en formato .dxf (aconsejable para crear archivos CNC en un programa de “nesting”) a Autocad. Revit permite exportar a los formatos de archivo CAD (.dwg y .dxf). El primero compatible con Autocad y otras aplicaciones CAD mientras que el segundo (un archivo .dxf es un archivo de texto que describe un dibujo 2D) es un formato abierto compatible con otras múltiples aplicaciones CAD. Una vez tenemos cada una de las piezas en un archivo DXF independiente, podemos utilizar un programa de “nesting” (MyNesting) para gestionar los archivos CNC. Introduciendo las variables de tamaño de tablero y número de unidades a producir de cada tipo, el programa calculará cual es la forma más óptima de distribuir las piezas a cortar en los tableros que disponemos.

#### **4. Conclusiones. Y, por fin, llega el BIM, para industrializar la edificación**

El BIM se fundamenta en el uso de modelos informáticos que representan todos los elementos de un edificio y para que estos modelos puedan ser gestionados de forma eficiente, se estructuran mediante una jerarquía de componentes que se ensamblan entre ellos configurando sistemas cada vez más complejos (Figura 4). A imagen y semejanza de cualquier producto industrializado. Los profesionales que usan estas tecnologías están aprendiendo a discretizar sus producciones y a sistematizar cada vez más la creación de los modelos virtuales que permiten desarrollar sus trabajos de edificación.

El siguiente paso es el aprovechamiento de esta simulación para industrializar el propio proceso de construcción del edificio, ya que el esfuerzo de definición de todos los componentes a se viene desempeñando desde hace mucho tiempo y sólo es necesario

enfocarlo hacia sistemas de montaje y ensamblaje programados. De hecho, una de las aplicaciones del BIM es la simulación de los procesos de ejecución de la obra, así que las herramientas para planificar el desarrollo de forma industrializada ya existen en la actualidad. Sólo es necesario aprender a utilizarlas para este fin. [47].

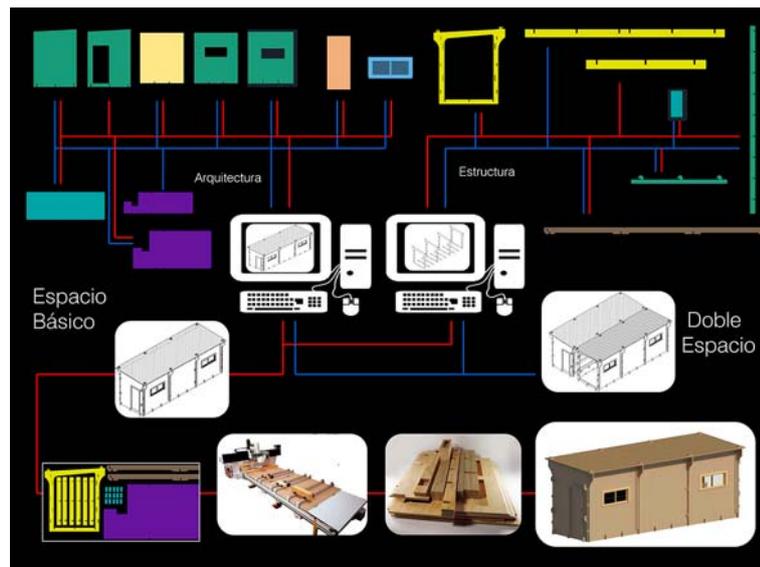


Fig.5 Diagrama de interoperabilidad BIM entre los softwares de aplicaciones Revit (gestión de carpinterías). Inventor (comprobación de uniones) y CAD Revit (exportación a máquinas de control numérico CNC), 2014. Fuente: Rafa Perea

Al mismo tiempo, una de las principales aportaciones de este sistema es la búsqueda continua entre el panorama de materiales y productos de la construcción que pudieran ser - dentro de la viabilidad económica que supone el realizar unas viviendas "para vender" de la forma más accesible posible- idóneos. Un proceso de introducción en el proyecto, chequeo estructural y ambiental, puesta en obra y certificación del proceso y de su economía otra vez, permite como en cualquier industria una mejora continua. Gracias al BIM.

#### 4 REFERENCIAS

- [1] Sustainable Emergency Architecture. <http://masteremergencyarchitecture.com>
- [2] Construction Sector Transparency Initiative (CoST)  
<http://www.building.co.uk/international-anti-corruption-initiative-to-be-launched/3148605.article>
- [3] CIOB Corruption in the UK Construction Industry 2013  
<http://www.ciob.org/sites/default/files/CIOB%20Corruption%20in%20the%20UK%20Construction%20Industry%202013.pdf>
- [4] BSFH. <http://www.bshf.org/research/research-programme.cfm?lang=01&thePubID=CAB926A9-15C5-F4C0-9986642A343A7C71>

- [5] Prefabricados Pujol. <http://esp.prefabricatspujol.com/productos/edificacion-industrializada/casas-pret-a-porter.html>
- [6] Alco. <http://www.alcogrupos.es/products.php?ap=8&sec=26>
- [7] Modultec. <http://www.modultec.es/>
- [8] Nomadite. <http://www.nomadite.com/nomadite/modulos.html>
- [9] Compact Habit. <http://www.compacthabit.com/es/nivells/submenu/titular/caracteristiques>
- [10] Sistemas TDM. <http://www.sistemastdm.com/>
- [11] Mebss. [http://www.conarquitectura.com/ca22/content/CA\\_221\\_large.html](http://www.conarquitectura.com/ca22/content/CA_221_large.html)
- [12] UN-Habitat competition. [http://architecturelab.net/2014/01/call-submission-world-habitat-awards/?utm\\_source=feedburner&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=Feed%3A+architecturelab+%28Architecture+Lab%29](http://architecturelab.net/2014/01/call-submission-world-habitat-awards/?utm_source=feedburner&utm_medium=email&utm_campaign=Feed%3A+architecturelab+%28Architecture+Lab%29)
- [13] World Habitat Awards. <http://www.worldhabitatawards.org/enter/apply.cfm?lang=00>
- [14] [http://fundacion.arquia.es/files/public/media/RAWTFZ2pljAoB2az\\_uZ4tbU8Di8/bGVnYWN5L3Rlc2lzL3Rlc2lzL2lkMjc/cGRmX2NvbM1cnNv.pdf?profile=](http://fundacion.arquia.es/files/public/media/RAWTFZ2pljAoB2az_uZ4tbU8Di8/bGVnYWN5L3Rlc2lzL3Rlc2lzL2lkMjc/cGRmX2NvbM1cnNv.pdf?profile=)
- [15] [http://aulapfc.files.wordpress.com/2011/10/aula-pfc\\_industrializacic3b3n.pdf](http://aulapfc.files.wordpress.com/2011/10/aula-pfc_industrializacic3b3n.pdf)
- [16] Jean Nouvel, Nemausus I & II. [http://en.wikiarquitectura.com/index.php/Nemausus\\_Housing](http://en.wikiarquitectura.com/index.php/Nemausus_Housing)
- [17] [http://www.housingprototypes.org/project?File\\_No=FRA004](http://www.housingprototypes.org/project?File_No=FRA004)
- [18] Raveltllat, Pere Joan, Block Housing, Gilli, Barcelona, 1992, p. 66-71.
- [19] Nouvel, Jean; Goulet, Patrice, Ed. du Regard, Paris, 1994, p. 118-125.
- [20] Mario Cucinella, 100K€. <http://www.mcarchitects.it/project/la-casa-100k>
- [21][22][23] Samuel Mockbee. <http://samuelmockbee.net/>, <http://samuelmockbee.net/rural-studio/>  
<http://www.ruralstudio.org/>, <http://20khouse.ruralstudioblogs.org/>
- [24][25] <http://www.shigerubanarchitects.com/>, <https://www.facebook.com/VoluntaryArchitectsNetwork>
- [26] Eloi Coloma. <http://www.practicaintegrada.com/storage/tecnologiabim/TecnologiaBIM.pdf>
- [27] Diogene, Vitra. <http://www.vitra.com/es-es/magazine/details/diogene>
- [28] Assignia, proyecto de Santa Teresa de Tuy; Essentium: Método Constructivo Habitacional (MCH)
- [29] <http://www.mchsystem.com/es/>
- [30] La mujer en el sector de la construcción prefabricada.  
[http://economia.elpais.com/economia/2014/03/09/agencias/1394404580\\_976381.html](http://economia.elpais.com/economia/2014/03/09/agencias/1394404580_976381.html)
- [31] Wikihouse. <http://www.wikihouse.cc/>
- [32] Cubotex, Tolder. <http://www.tolder.es/esp/191k-cubotex.php>
- [33] Sunroller, mobile homes. <http://sunroller.es/>
- [34] Michelle Kaufmann. <http://michellekaufmann.com/2010/05/modular-construction/>
- [35] Ikea shelter. <http://www.wired.com/2013/07/ikeas-innovative-new-refugee-shelter/#slideid-153753>
- [36] Energía para el Ikeashelter. <http://inhabitat.com/ikeas-solar-powered-flat-pack-refugee-shelters-offer-easily-deployable-emergency-housing/ikea-refugee-shelter2/>
- [37][38] Sekisui Chemical Co. Ltd. <http://www.sekisui.co.jp/>
- [39] Teccon, sistema constructivo industrializado modular. <http://www.tecconevolution.com/>
- [40][41][42] WikiHouse. <http://www.wikihouse.cc/>, <http://www.wikihouse.cc/library>,
- [43] Bauhu, sistema constructivo de módulos cúbicos. <http://www.bauhu.com/cube/multicube.html>
- [44] BMP. <http://www.bmpsa.com/es/prensa/noticias-2003/premiere-mundial-de-mebss--casas-modulares-sostenibles--en-bmp.html>
- [45] Tbd. <http://www.tublogdearquitectura.com/?p=2482>
- [46] Numeriza. [http://numeriza.com/wp-content/uploads/2008/02/mebss\\_construber.pdf](http://numeriza.com/wp-content/uploads/2008/02/mebss_construber.pdf)
- [47] Wadel Raina, G. (2009) La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: la construcción modular ligera aplicada a la vivienda, tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya.

<b>TÍTULO</b>	INTEGRACIÓN DEL DISEÑO PARAMÉTRICO VINCULADO A LA FABRICACIÓN DIGITAL EN LOS MODELOS BIM
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	Diseño y construcción sostenible con BIM
<b>AUTOR / ES</b>	VAL FIEL, Mónica BETETA MARCO, Miguel
<b>INSTITUCIÓN</b>	UPV Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica Autónomo
<b>DIRECCIÓN</b>	Camino de Vera, s/n.
<b>E-MAIL</b>	<a href="mailto:movalfie@ega.upv.es">movalfie@ega.upv.es</a> <a href="mailto:mibemar.co@gmail.com">mibemar.co@gmail.com</a>
<b>TELÉFONO</b>	625 641 400
<b>FAX</b>	963877509

## INTEGRACIÓN DEL DISEÑO PARAMÉTRICO VINCULADO A LA FABRICACIÓN DIGITAL EN LOS MODELOS BIM

**Val Fiel, Mónica (1), Beteta Marco, Miguel (2)**

- (1) Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, UPV. movalfie@ega.upv.es  
(2) Arquitecto. mibemar.co@gmail.com

### RESUMEN

En los últimos años el modelado paramétrico vinculado a la fabricación digital ha ido adquiriendo un mayor protagonismo en el campo de la arquitectura, permitiendo con ello recuperar la complejidad formal que el movimiento moderno desterró a principios de siglo XX. En este proceso, ha sido la arquitectura la que ha incorporado en su metodología de proyecto, desarrollos previamente instaurados en el diseño industrial de producto, donde los procesos de fabricación exclusiva reivindican un fuerte protagonismo.

La integración de procesos paramétricos digitales en el campo de la arquitectura hace posible la readaptación de la geometría del modelo arquitectónico mediante la iteración de sus parámetros, permitiendo análisis de sostenibilidad en su fase de diseño, con especial utilidad en el caso de formas singulares y superficies complejas.

Con todo ello, el estudio que se presenta considera los distintos enfoques adoptados en torno a lo paramétrico y determina el grado de conexión entre la complejidad del diseño paramétrico industrial y, las potencialidades de las nuevas plataformas BIM, dirigidas hacia un control integral y estandarizado del proceso de construcción. El estudio desarrolla la integración, pero también las limitaciones que las plataformas BIM presentan frente a estas tendencias de fabricación digital arquitectónica.

**Palabras clave:** BIM, complejidad formal, diseño paramétrico, Dynamo, sostenibilidad

### 1 EL SISTEMA PARAMÉTRICO LEGITIMIZADO EN EL DISEÑO INDUSTRIAL

En la actualidad las nuevas tecnologías han rediseñado los procesos de diseño. Frente a aquellos en los que las herramientas eran consideradas con un carácter puramente instrumental, el diseño paramétrico se ha consolidado como parte integral de la metodología de proyecto, vinculando así a la arquitectura con las nuevas herramientas digitales.

El diseño paramétrico es incorporado como un instrumento que da forma a la idea en el proceso de proyecto y que por retroalimentación de sus parámetros determina su evolución, donde la propia naturaleza del proceso ofrece una constante interacción con la forma del proyecto, y eleva a la categoría de coautor al propio sistema paramétrico.

A lo largo del siglo XX es importante destacar, que si bien el papel del arquitecto jugó un rol importante dentro del ámbito del diseño industrial, es ahora en la primera década del presente, cuando se evidencia desde la arquitectura una asunción de factores pertenecientes al ámbito del diseño industrial. En esta dirección, se evidencia como el diseño paramétrico instaurado dentro de la disciplina del diseño de producto, está siendo trasladado a los nuevos escenarios arquitectónicos.

En este ámbito del diseño industrial, es destacable el uso de tecnologías de CAD-CAM que abarcan todo el ciclo de desarrollo y fabricación de productos, desde el diseño conceptual, pasando por cálculos de tensiones, hasta la definición de los procesos de mecanizado. La principal ventaja de la integración de los procesos de ingeniería y fabricación, junto con las herramientas de diseño, es que posibilitan la evaluación de infinidad de alternativas durante el proceso de diseño, consiguiendo con ello reducir costes y mejorar el rendimiento de los productos.

En la búsqueda de una complejidad formal es destacable el trabajo de arquitectos como Frank O. Gehry o Zaha Hadid, ambos pioneros en la implementación en el campo de la arquitectura del uso de software de diseño paramétrico como *CATIA Computer Aided Three-dimensional Interactive Application*. *CATIA* fue inicialmente desarrollado para la industria aeronáutica, aunque en los últimos años se ha implementado en la industria del automóvil. Se trata de una solución para la gestión del ciclo de vida del producto, que proporciona un conjunto integrado de aplicaciones de CAD-CAM para la definición y simulación del proyecto.

## 2 IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO PARAMÉTRICO

### 2.1 Diseño paramétrico y BIM

El modelado paramétrico desarrolla un sistema de diseño en el que se establece la articulación de cada unidad diferencial con respecto al todo. Y esa vinculación de las partes, permite desarrollar la capacidad de estructurar e interactuar con cada una de las partes y en consecuencia con el conjunto.

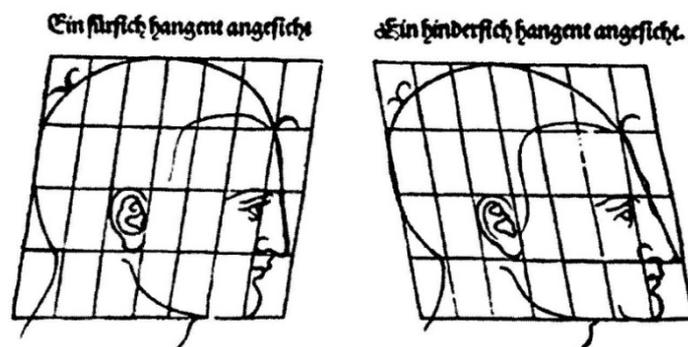


Fig 1. Alteraciones de las proporciones geométricas afectan a la figura humana, rasgos y expression facial. 1613 Alberto Dürero. *Les Quatres livres d'Albrecht Dürer de la proportion des parties et pourtraicts des corps humains*, Arnheim

Mientras que en las herramientas de CAD tradicionales, toda su geometría debe de ser editada manualmente, en el modelado paramétrico la geometría está asociada a determinadas variables que se ordenan bajo un conjunto de reglas. Con la modificación tanto de las variables, como de las reglas que las vinculan, se evidencian automáticamente los cambios en el conjunto, lo que permite durante el proceso de diseño interactuar con los ajustes de determinados parámetros y visualizar como estos puede afectar al todo.

Dentro de cualquier sistema es importante matizar que el grado en el que el usuario consigue influir y modificar al sistema, dependerá de la definición de las restricciones y los grados de libertad que hayan sido permitidos en el proceso de construcción de la geometría. En el diseño de producto, las propiedades físicas de los materiales de fabricación son las restricciones externas que se imponen al diseño. Sin embargo, dado que esta información puede ser incorporada en el modelo, es posible optimizar la geometría del producto respecto a las condiciones de estados límite en función del material elegido.

Mientras que el enfoque técnico del *Building Information Modelling* (en adelante BIM) es inherente al paramétrico, la geometría definida incorpora información asociada a dichas formas. Así, el modelado queda condicionado a partir de objetos preestablecidos, en los que se incrusta toda esa información, se posibilita de manera automática la obtención de esos datos y así se define la documentación de proyecto.

*“La creación de un proyecto se realiza mediante el modelado y ajuste de objetos paramétricos, que tienen su propio comportamiento ‘inteligente’ y son configurados definiendo los valores de sus parámetros editables [...]. Sin embargo, el software BIM limita las posibilidades de modelado de estos objetos, usando algoritmos internos”. En cambio, en los sistemas exclusivos de modelado paramétrico “se desarrolla una composición de entidades geométricas. Independientemente de la tecnología elegida, incorporan e insertan fórmulas matemáticas, restricciones, cálculos y funciones de control para generar un modelo geométrico desde una serie de datos de entrada.” [1]*



Fig 2. Variaciones de rotación y escala sobre la envolvente de una edificación en torre. 2014.  
 Beteta M., Val M.

## 2.2 Software: Dynamo para Autodesk® Revit / Vasari

En la actualidad existen numerosas herramientas de diseño paramétrico, que además de sus funciones preestablecidas, permiten la adición de nuevas prestaciones mediante diferentes lenguajes de programación.

La interoperabilidad de dichas herramientas paramétricas con las plataformas BIM puede realizarse a través de la importación y exportación de archivos (IFC) entre ambas aplicaciones, o a través de *plug-ins* que funcionan directamente integrados dentro de plataformas específicas. Ejemplos de esta integración directa son *Generative Components* para *Bentley Architecture Microstation*, *Digital Project* para *CATIA*, *Grasshopper* para *Rhinoceros*, y *Dynamo* para *Revit/Vasari*.

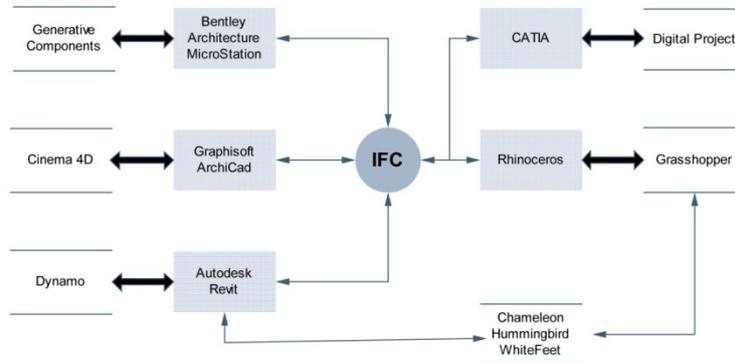


Fig 3. Diagrama de principales sistemas de diseño paramétrico y su interoperabilidad con plataformas específicas. 2014. Beteta M., Val M.

El diseño paramétrico puede definirse mediante un lenguaje de programación textual, como (*AutoLISP*, *RhinoScript*, *Python*, etc.), mediante lenguajes de programación visual (*Grasshoper*, *GenerativeComponents*, *Dynamo*), o la integración de ambos.

Los lenguajes de programación visual consisten en nodos que se identifican con operaciones de creación y edición de geometrías, y conectores que las unen, de acuerdo a una gramática espacial [2].

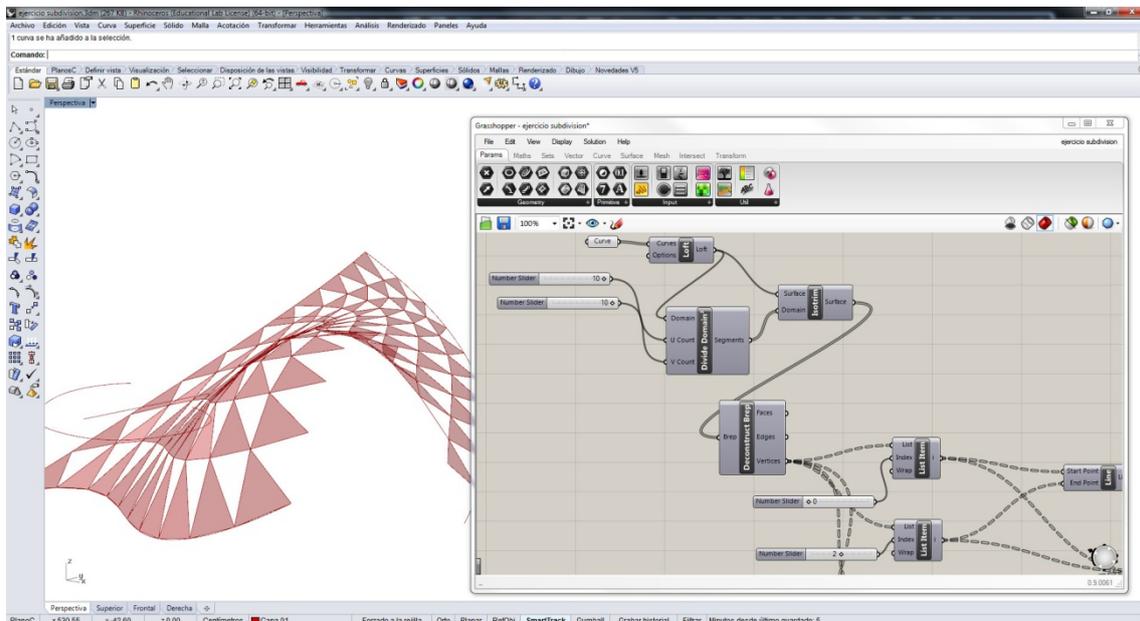


Fig 4. Integración de *Grasshopper* con *Rhinoceros*. A la derecha flujo de elementos y componentes en el proceso de definición de la superficie envolvente representada a la izquierda de la imagen. 2014. Beteta M., Val M.

Estos lenguajes permiten vincular, de forma sencilla e intuitiva, los parámetros que definen cada objeto del modelo con la construcción de su geometría, y definir un flujo de datos, que controla todos los parámetros de las operaciones de modelado. Así, al cambiar un parámetro o dato de partida, el modelo se reconstruye de forma automática.

La figura 4 muestra, en la parte de la derecha, una imagen parcial del flujo de datos. Estos nodos y su conexión generan la superficie que se muestra a la izquierda de la imagen. En este caso, Grasshopper, directamente integrado en Rhinoceros, gestiona y ejecuta el conjunto de las operaciones necesarias para el modelado de la superficie representada.

Dentro de los lenguajes de programación visual destaca de entre todos los presentados *Dynamo*, que se integra en *Autodesk® Revit* y *Vasari*. *Autodesk® Vasari* es una herramienta en desarrollo para el diseño conceptual de edificios, enfocado al análisis de eficiencia energética.

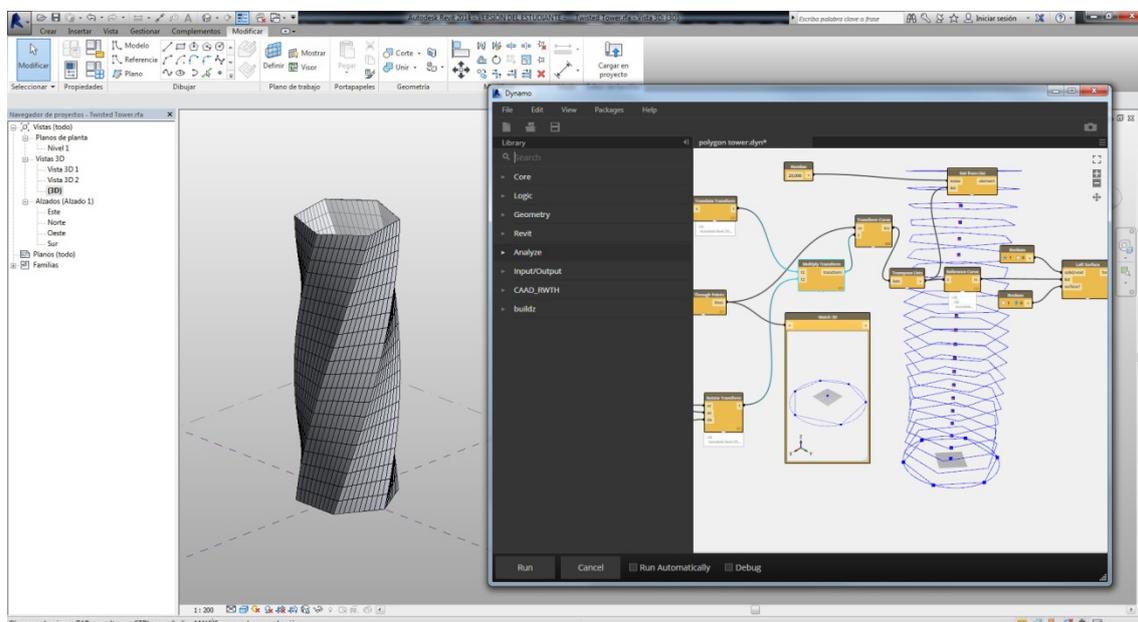


Fig 5. Integración de *Dynamo* con *Autodesk Revit*. Flujo de elementos y componentes en el proceso de definición de la torre representada en a la izquierda de la imagen. 2014. Beteta M., Val M.

*Dynamo* es un *plug-in* de código abierto iniciado por Ian Keough, mediante el cual es posible combinar el diseño paramétrico basado en algoritmos con el modelado BIM, ampliando las posibilidades de diseño y proporcionando mayor flexibilidad. Algunas de sus funcionalidades, destacadas por sus desarrolladores son:

- Generación automatizada de geometría y elementos de referencia, así como la extracción de geometría de *Revit* / *Vasari* para su incorporación al flujo de datos,
- Creación automatizada de instancias de familias, pudiendo además modificar sus parámetros en base a una definición matemática o dependiente del entorno.
- Importación/exportación de datos de fuentes externas, como hojas de cálculo o imágenes.
- Incorporación de scripts mediante el lenguaje de programación *Python* [3].

Un ejemplo muy representativo que sus desarrolladores utilizan para demostrar las potencialidades del programa se corresponde con la definición del modelo geométrico de un estadio, que comprende tanto la envolvente de paneles como la estructura de dicha envolvente y las gradas [4]. Modificando un parámetro del modelo que afecte a su geometría, como por ejemplo, el radio de la envolvente, todo el conjunto se redefine de manera automatizada, incluyendo estructura, envolvente y gradas, permitiendo el estudio de diferentes alternativas de proyecto en tiempo real. Esto presenta la ventaja de evaluar diferentes estrategias de diseño sin tener que redibujar el modelo para cada alternativa estudiada.

### **2.3 Aplicaciones en arquitectura en el ámbito de la sostenibilidad**

El diseño paramétrico permite, con la incorporación de variables externas al modelo, como factores climáticos, dar respuesta a condicionantes del emplazamiento del proyecto. La cuantificación de estas variables dentro del proceso de diseño y su impacto en las diferentes alternativas de proyecto posibilita una mejor respuesta al medio físico e incorporar de este modo cuestiones de sostenibilidad y eficiencia energética. La implementación de las tecnologías BIM en respuesta a la sostenibilidad implica el estudio de la edificación, centrado en la orientación y volumetría, destacando aquellas cuestiones relativas a las consideraciones de ventilación, soleamiento y optimización de su envolvente [5].

Un trabajo destacable en relación al diseño de la envolvente y la estructura que lo soporta fue el desarrollado en el proyecto para el *Lansdowne Road Rugby Stadium*. En éste, el software utilizado fue *Bentley Generative Components* integrado en *Microstation*. El estadio estaba semicubierto por una envolvente abierta compuesta por paneles a modo de lamas, cuyo ángulo de orientación debía definirse, con la intención de equilibrar tres criterios enfrentados: permitir la ventilación, evitar la entrada de agua por la lluvia, y atender al criterio estético [6].

En el proyecto *100 11Th Avenue, New York City*, de *Ateliers Jean Nouvel*, se realizó un modelado paramétrico de la fachada mediante *Digital Project*, integrado con *CATIA*. La fachada, de gran complejidad, estaba definida como una composición de paneles con una subdivisión aleatoria, con paneles inclinados con diferentes ángulos y en diferentes ejes. Además de los condicionantes de impermeabilidad y aislamiento térmico, las ordenanzas establecían unas condiciones de aislamiento acústico y un porcentaje máximo de vidrio para la fachada. El modelo paramétrico permitió la evaluación de las distintas alternativas, dando respuesta a todos los condicionantes [7].

Otra aplicación posible es el uso de algoritmos generativos, que consisten en generar la geometría óptima, sin que se haya modelado ninguna geometría previa. Esta aplicación permite definir soluciones arquitectónicas energéticamente eficientes respondiendo a criterios de diseño en conflicto, como permitir la máxima entrada de luz con la mínima pérdida energética. Algunas investigaciones se centran en generar la geometría y la disposición espacial de los volúmenes del edificio en base a las soluciones óptimas, incluyendo las variaciones en las dimensiones de sus huecos [8].

A escala urbana, algunos estudios en este campo se dirigen a evaluar modelos sostenibles de desarrollo del diseño urbano de las ciudades. Con planteamientos más concretos, centrados en la edificación, la consideración de valores ambientales como criterio de proyecto, permite la toma de decisiones en relación a su volumen, orientación y forma en la búsqueda de una óptima eficiencia energética.

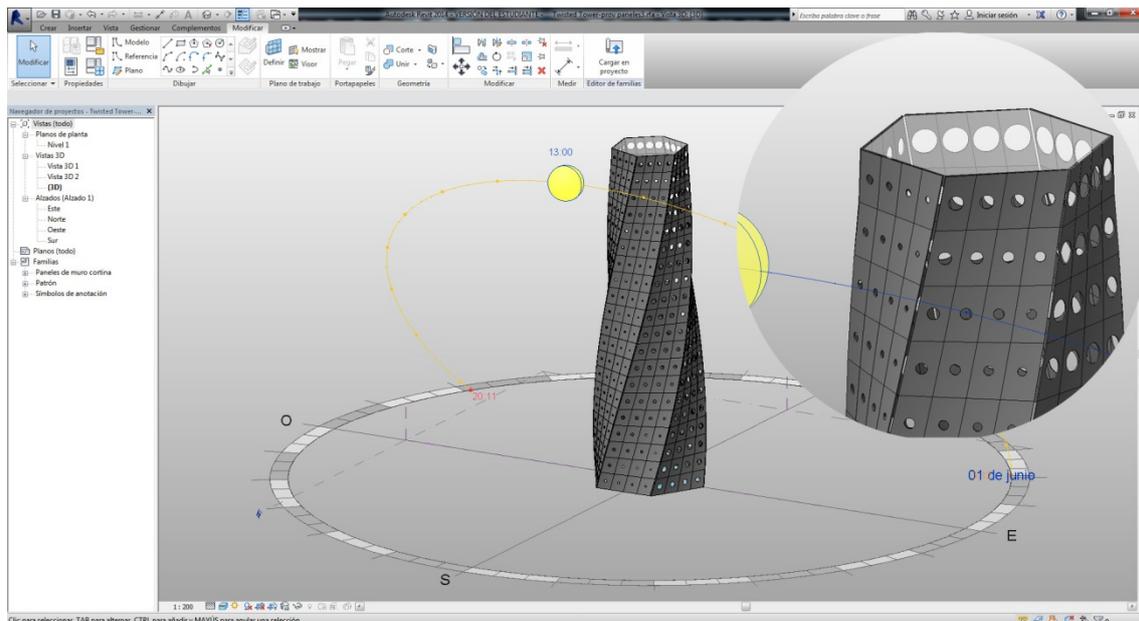


Fig 6. Modelo conceptual, donde las aperturas de la envolvente varían en función de su orientación. La geometría está definida en *Dynamo* en su totalidad. 2014. Beteta M., Val M.

Con estos criterios, el ejemplo que se muestra en la figura 6, representa un modelo conceptual, con una envolvente torsionada. El modelo se desarrolló en su totalidad en *Dynamo* integrado en *Autodesk Revit*. En este caso se posibilita la opción de poder controlar con parámetros numéricos toda la geometría de la envolvente: altura, rotación, número de subdivisiones, así como el número de lados del polígono que define su perímetro.

La incorporación de los factores de la radiación incidente sobre la envolvente del edificio permite la toma de decisiones referentes al diseño de elementos en este caso de captación, en relación a la dimensión de la apertura de huecos. El programa ajusta automáticamente las aperturas circulares en los paneles en función del ángulo de incidencia de la radiación solar. Se establece una vinculación entre el ángulo de incidencia del sol y la normal de cada uno de los paneles, de manera que fijando la posición del sol para una hora o fecha distinta se traducirá en un cambio en la apertura de los huecos de la envolvente, siendo la apertura mayor cuanto menor sea la radiación recibida. Asimismo, cualquier variación en la forma o volumen producirá la readaptación de los huecos a las nuevas condiciones de radiación solar.

El ejemplo muestra la variación de un único parámetro, la apertura del hueco en los paneles, y no se pretende que las aperturas den respuesta al conjunto de estadios de soleamiento, sino por ejemplo, analizar con las condiciones reales, variaciones de forma que den respuesta a los requerimientos de confort deseados.

### 3 CONCLUSIONES

La integración del diseño paramétrico junto con el BIM potencia en el ámbito de la arquitectura complejidad, flexibilidad y funcionalidad al proceso de diseño, con especial interés en las primeras fases de la definición del proyecto. Mediante las herramientas de diseño paramétrico pueden realizarse variaciones de forma rápida y automatizada, permitiendo estudiar y comparar diferentes alternativas de proyecto, mostrando especial relevancia las cuestiones de sostenibilidad. La interacción del modelo con cuestiones como la orientación del edificio, el volumen, soleamiento, etc., permite el análisis de sus posibilidades dando respuesta al medio, y con ello mayor impacto sobre el diseño.

La integración de *plug-ins* dentro de las plataformas BIM amplía las funcionalidades que los software gestionan, y hace posible sistematizar variaciones de mayor alcance, y con ello incorporar los condicionantes externos del modelo. Sin embargo, las limitaciones inherentes a las herramientas de modelado paramétrico se encuentran en la cualificación de los objetos que genera, que, si bien pueden servir de base a la definición geométrica del modelo BIM, carecen de información asociada, quedando en el ámbito del modelado de masas conceptuales. Además, el aprovechamiento de sus máximas posibilidades requiere de conocimientos más próximos vinculados al ámbito de la programación (gestión de listas numéricas, algoritmos geométricos, etc.) lo que añade complejidad a su uso.

No obstante, ante la incorporación de cualquier herramienta, siempre existe un periodo de transición en el que los nuevos instrumentos son usados continuado con los procesos del periodo anterior. La incorporación de estos nuevos procesos digitales, provocan una ruptura con las convenciones o los modos de hacer establecidos, estando inmersos en una fase en la que, como decía *McLuhan*, el propio medio es parte de la información que se transmite, al igual que los medios que nosotros mismos hemos creado, primero debemos observarlos, y luego entenderlos y serán ellos los que nos definen después.

### 4 REFERENCIAS

- [1] Boeykens S. (2012). *Bridging Building Information Modeling and Parametric Design*, 453-458. En *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction, 9th ECPPM Conference Proceedings*. EEUU: CRC Press Taylor&Francis group
- [2] Myers, B. (1990). *Taxonomies of visual programming and program visualization*. *Journal of Visual Languages & Computing*, vol.1, nº1. Academic Press, pp. 97-123
- [3] <http://dynamobim.org/blog/> <http://autodeskvasari.com/dynamo>
- [4] <http://bimcurriculum.autodesk.com/unit/unit-8-computational-design>
- [5] Krygiel E., Nies B. (2008). *Green BIM: successful sustainable design with building information modelling*. New Jersey, EE.UU: John Wiley & Sons
- [6] Roly H. (2009). *Parametric Development of Problem Descriptions*. *International Journal of Architectural Computing*, vol. 07 nº2, p.199-216

- [7] Eastman, C. et al. (2011). *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. New Jersey, EE.UU: John Wiley & Sons, Inc. p.514
- [8] Caldas, L. (2005) *Three-Dimensional Shape Generation of Low-Energy Architectural Solutions using Pareto Genetic Algorithms, Digital Design: The Quest for New Paradigms*. En *23rd eCAADe Conference Proceedings*. Lisboa, Portugal, pp. 647-654

2º Congreso Nacional BIM - EUBIM 2014

*Encuentro de Usuarios BIM*

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación  
Universitat Politècnica de València  
Valencia, 23 y 24 de mayo 2014*



## **BIM Y FACILITY MANAGEMENT**

<b>TÍTULO</b>	GESTIÓN REVIT 2013 Y LA GESTION INTEGRAL DE PROYECTOS
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	BIM y Facility Management - Metodologías BIM al servicio del Facility Management
<b>AUTOR / ES</b>	GOROSITO, Luciano
<b>INSTITUCIÓN</b>	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Venado Tuerto Universo BIM
<b>DIRECCIÓN</b>	Tolosa Nº 2230 – Córdoba – Argentina
<b>E-MAIL</b>	lucianogoroso@hotmail.com
<b>TELÉFONO</b>	
<b>FAX</b>	+543513957125

## GESTIÓN REVIT 2013 Y LA GESTIÓN INTEGRAL DE PROYECTOS

**Autor: Gorosito, Luciano**

(1) BIM Manager en UNIVERSO BIM, lucianogorosito@hotmail.com

### RESUMEN

La Tecnología *Building Information Modeling* (BIM) es adoptada por un número creciente de profesionales, pero hay un desconocimiento sobre cómo realizar una gestión integral de la obra, que incluya:

- La gestión presupuestaria.
- La planificación y control de la obra.
- El mantenimiento del edificio.

En esta comunicación se estudia una “metodología de trabajo” para una correcta y eficiente gestión integrada del proyecto.

- Se ha creado un software académico y abierto (Gestión Revit 2013) que hace de puente entre distintos programas comerciales:
- Se toma como base un modelo BIM 3D de Revit.
- Se exporta toda la información a Gestión Revit 2013. Se obtiene un cómputo y presupuesto automático.
- Se exporta toda la información de recursos y tareas a Microsoft Project. Se realiza la planificación y control del proyecto.
- El modelo BIM 3D + Diagrama de Gantt se integran dentro de Navisworks. Se realiza una simulación BIM 4D y 5D.
- La información del modelo BIM 3D se utiliza para cargar un sistema de mantenimiento de edificios.

La utilización de tecnología BIM permite el flujo de información a través de todo el ciclo de vida del edificio junto con la interacción de distintos programas de cada disciplina. Esta comunicación es un paso en una línea de investigación académica para facilitar esta integración.

**Palabras clave:** *cómputo, gestión, mantenimiento, planificación, presupuesto.*

## 1 INTRODUCCIÓN

El objetivo general de esta comunicación es desarrollar y explicar una metodología de trabajo que utiliza la información de un modelo de Revit, en todas las fases del ciclo de vida del edificio, sin pérdida ni duplicidad de información. Para esto el autor ha creado 2 programas propios, académicos y abiertos, y la metodología que debe seguirse en cada fase del proyecto; desde el presupuesto pasando por la planificación, hasta el mantenimiento y operación del edificio.

Actualmente se está extendiendo el uso y adopción de BIM por parte de los profesionales de la construcción. El concepto de BIM engloba a varios actores de la industria, y permite el intercambio de información entre las distintas disciplinas asociadas al proyecto.

Sin embargo, cuando se debe implementar BIM en todo el proceso de construcción, operación y mantenimiento de un edificio (Ciclo de vida) hay un desconocimiento de la forma de trabajo o metodología que debe emplearse para aprovechar toda la información del modelo BIM y lograr un verdadero flujo de trabajo.

El autor considera importante la creación de herramientas y metodologías de trabajo que logren integrar los programas comerciales existentes, generando un flujo de trabajo entre ellos.

## 2 LA GESTION INTEGRAL DE PROYECTOS

La Gestión de Proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para las actividades de un proyecto con el objeto de satisfacer o superar las necesidades y expectativas del cliente o de los inversores del proyecto. [1]

Un Proyecto es un esfuerzo de carácter temporal (tiene un inicio y un final) que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. [1]

En la industria de la construcción un proyecto puede durar meses o años, y se lleva a cabo para crear un producto único: la obra.

### 2.1 Que implica la gestión de proyecto integral

En esta comunicación el autor se refiere con la frase *Gestión de proyecto Integral* a las siguientes actividades:

**Documentación:** se refiere a la creación de los planos constructivos de la obra, a los pliegos de especificaciones técnicas, y a todos los documentos que se entregan para la realización del proyecto. La tecnología BIM resuelve la gestión de los planos constructivos de un modelo dentro del mismo programa.

**Planificación:** implica la realización de:

- Cómputo métrico del proyecto.
- Presupuesto por análisis de costos del proyecto.
- Diagrama de Gantt de las tareas del proyecto.

Con estos elementos se reducen los riesgos e incertidumbres del proyecto de manera considerable. Se trata de la gestión de la información que más condiciona el éxito o fracaso del proyecto, por estar involucrados los factores de tiempo y costos. El no cumplimiento de plazos, la desviación de costos o la aparición de trabajos imprevistos son el resultado de una falta de planificación adecuada. No es posible prever todas las incertidumbres de un proyecto, pero es necesario tener un plan de acción para la ocurrencia de los imprevistos más comunes de la construcción.

**Control de obra:** engloba las actividades de monitoreo y control de avance de la obra. Está relacionada directamente con la planificación, ya que los documentos generados sirven como herramientas de supervisión:

**Operación y mantenimiento del edificio:** se refiere a contar con toda la información del edificio dentro de un mismo sistema, que sea capaz de gestionar los distintos servicios asociados a las actividades de la instalación, y que permita gestionar el inventario y los recursos humanos, planificar mantenimiento preventivo, realizar mantenimiento correctivo, etc.

Que todas estas actividades se desarrollen de manera integral significa que la información necesaria en cada fase del proceso sea la misma, y no haya pérdidas o confusiones.

En todas estas actividades lo más importante siempre es la información y la comunicación. Sin información no hay manera de planificar ni coordinar actividades, pero tener la información y no comunicarla a tiempo a quién la necesite es también un problema.

## 2.2 La metodología de trabajo de Gestión Revit

En esta comunicación el autor plantea una Metodología de trabajo de 6 pasos, que involucra a 5 programas. Esta metodología se llama Gestión Revit. El diagrama de flujo con los procedimientos se resume en la **Fig. 1:** [2]

El punto de partida de la metodología de trabajo de Gestión Revit es tener ya construido el modelo virtual de la obra con el programa AutoDesk Revit..

Entre las limitaciones actuales de esta metodología se encuentran:

- No permite la incorporación del formato de intercambio IFC (The Industry Foundation Classes) como modelo de información del edificio.
- No tiene salida de información para adecuarse al estándar COBie (Construction Operations Building Information Exchange).

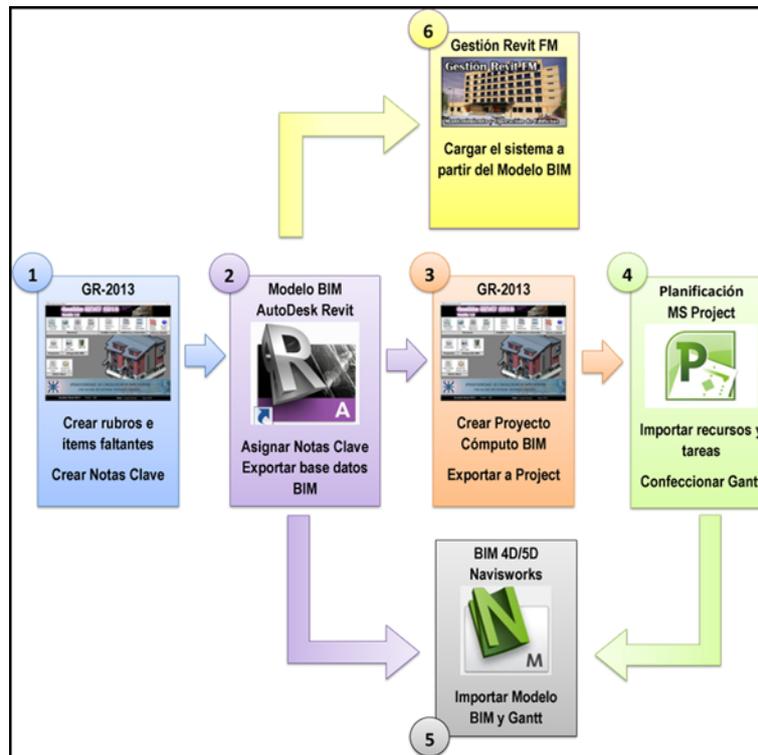


Fig. 1. Diagrama de flujo de Gestión Revit. 2014. Elaboración propia

### 3 COMPUTOS AUTOMATICOS BASADOS EN UN MODELO BIM

En un modelo virtual, cada elemento constructivo tiene características que son propias (propiedades de ejemplar) y características típicas con otros elementos (propiedades de tipo de familia). Y según la Categoría a la que pertenezca ese elemento, tendrá determinadas magnitudes físicas (longitud, área, volumen, etc.) que interesa cuantificar.

Gestión Revit 2013 (GR-2013) es el nombre de una aplicación creada por el autor con Microsoft Access. Consiste en un programa para confeccionar presupuestos, que puede leer toda la información de la base de datos ODBC (Open Database Connectivity) exportada desde un proyecto de Revit.

GR-2013 lee, al igual que un lector de códigos de barra, la **Nota Clave** de los elementos del modelo. Y dentro de su base de datos esa Nota Clave está asociada a la unidad de cómputo del ítem del presupuesto, y también a la información que debe ser leída del elemento según su Categoría de familia, esto a través de una **matriz de cómputo** [3]

No importa la magnitud, tamaño o complejidad del modelo BIM, sólo importa que sus elementos estén debidamente codificados.

#### 3.1 Las Notas Clave en un modelo BIM de Revit

El **PASO 1** de Gestión Revit es crear un archivo de Notas Clave, a partir de su base de datos de Rubros e Ítems de presupuestos.

Se debe abrir el proyecto de Revit que se desea computar, y analizando los elementos constructivos presentes en el modelo, se crean o completan los rubros e ítems de la base de datos de GR-2013.

Luego se crea el archivo de Notas Clave, que es un archivo de texto con valores separados por tabuladores. Este archivo se carga dentro del Proyecto de Revit.

### 3.2 Asignación de Notas Clave en un modelo BIM de Revit

En el **PASO 2** se abre el proyecto de Revit y se debe elegir un tipo de la familia de cada elemento del modelo, asignándole una Nota Clave, coincidente con el ítem del presupuesto. También se copia el *texto de Nota Clave* en el campo **Descripción**, borrando la unidad entre corchetes. Así se podrá, más adelante en la fase de visualización 5D, asociar cada elemento del modelo con un ítem de tarea del diagrama de Gantt, dentro de AutoDesk Navisworks. [2]

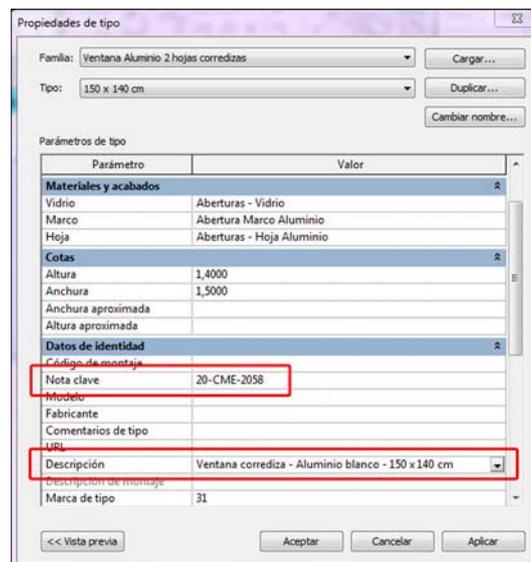


Fig. 2. Asignación de Nota Clave a un elemento del modelo BIM. 2014. Elaboración propia.

Son un caso especial aquellos elementos que pertenecen a las 4 categorías siguientes: escaleras, modelos genéricos, muros y suelos. En estos elementos la Nota Clave se asigna a los **Materiales** que componen la familia. Y el **nombre del material** debe ser reemplazado por el *texto de Nota Clave*, para más adelante facilitar la confección de la visualización 5D.

Completada la asignación de Notas Clave a todos los tipos de familia del modelo, se procede a exportar la base de datos ODBC del proyecto, sobre escribiendo el archivo "C:\GestionRevit2013\ Base\_Datos\_Revit.mdb".

### 3.3 GR-2013 y los cómputos automáticos

Una vez exportada la base de datos ODBC del modelo, pasamos al **PASO 3** de la metodología de trabajo. Dentro de GR-2013 se crea un nuevo presupuesto y se ejecuta el módulo que crea un cómputo automático de todo el modelo. Luego se completan los ítems

del presupuesto que no fueron modelados, y se agregan costos indirectos y gastos generales, junto con las deducciones de impuestos, imprevistos, etc.

En el programa se extraen varios entregables de impresión, que son comunes a cualquier programa de presupuestos: cómputo métrico, presupuesto, listado de materiales, análisis de costo de ítems, etc.

### 3.4 GR-2013 y el concepto de Repositorio Distribuido (Distributed Repository Concept)

“La idea básica de Repositorio Distribuido es considerar al BIM como una colección separada de bases de datos, mantenidas por diferentes programas. Estos programas separados se comunican de una manera que les permite intercambiar al menos algunos de sus datos para una mejor coordinación de proyectos.” [4]

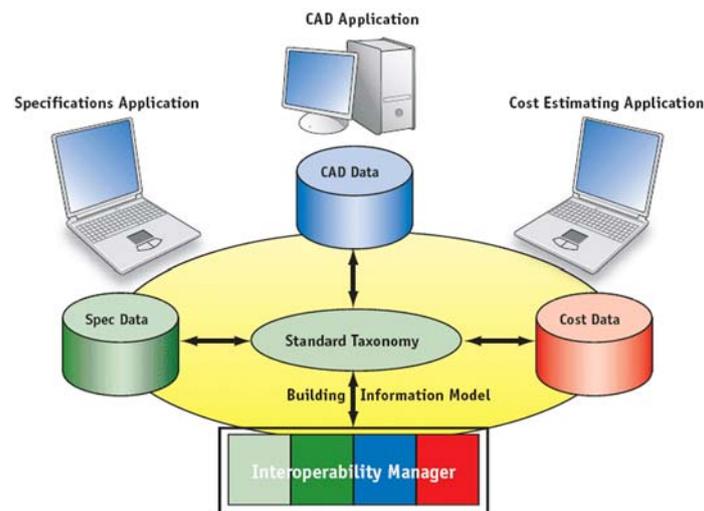


Fig. 3. La idea de Repositorio Distribuido considera al BIM como una colección separada de bases de datos, mantenidas por diferentes programas. 2007. Dean and McClenon

Gestión Revit se basa en este concepto, y utiliza algunos datos de la base de datos del modelo de Revit para crear los cálculos automáticos. Esta misma idea puede servir de punto de partida a nuevos desarrollos de sistemas abiertos, permitiendo la integración entre los distintos software del mercado. También permite adaptar la información extraída del modelo BIM a cada una de las distintas formas de trabajo o programas empleados.

## 4 LA PLANIFICACION DE TAREAS Y LA INFORMACION DEL MODELO BIM

Cuando se utiliza un programa para confeccionar la planificación de un proyecto, gran parte del tiempo de trabajo se destina a la carga de información dentro del programa. Se trata de cargar los recursos materiales y de trabajo, los costos, las tareas del proyecto, las asignaciones de recursos de cada tarea, etc.

Mucha de esta información necesaria ya se ha cargado en el presupuesto del proyecto, como parte del análisis de costos de los ítems del presupuesto.

A continuación se desarrolla el procedimiento mediante el cual GR-2013 reutiliza esta información para aumentar la productividad y evitar errores en la carga de datos. Con esto se avanza rápidamente por las distintas fases del proyecto, hasta llegar a la planificación con el máximo de información coherente con el modelo BIM.

#### 4.1 Gestión Revit 2013 y la planificación en MS Project

El **PASO 4** de Gestión Revit es la confección de la planificación del proyecto en Microsoft Project, creando un Diagrama de Gantt.

Para cada presupuesto creado en GR-2013 es posible exportar 3 archivos de texto plano, que contienen la siguiente información:

- **Recursos.txt:** Nombre, Tipo, Etiqueta de material y tasa estándar. Estos 4 campos son específicos para poder ser leídos por MS Project, y cargan toda la información referida a los recursos materiales utilizados en el proyecto.
- **Tareas.txt:** Nombre, Trabajo, Número1, Texto1. Estos 4 campos describen las tareas del proyecto, en coincidencia con la lista de ítems del presupuesto. Los últimos 2 campos personalizados, contienen la cantidad y unidad de medida del ítem respectivamente.
- **Asignaciones.txt:** Nombre de la tarea, Nombre del recurso, Unidades. Este archivo contiene las relaciones entre recursos materiales y tareas del proyecto, junto con la asignación de unidades de consumo de cada recurso.

Estos 3 archivos de texto se importan dentro de MS Project, utilizando el asistente para importación, y asociando cada campo de texto a los campos específicos de MS Project. [3]

Con este procedimiento sólo resta asignar las cantidades de mano de obra a cada tarea, coincidentes con la cantidad de empleados disponibles en el proyecto. Por último se debe planificar la secuencia de tareas, en correspondencia con el orden de ejecución de las mismas en la obra. Esto finaliza la confección del Diagrama de Gantt del proyecto.

#### 4.2 Los modelos BIM y la comunicación con otros programas

Como una alternativa al concepto del Repositorio Distribuido, también es posible utilizar archivos de texto plano para comunicar la información a varios programas. En este caso Microsoft Project no puede leer la base de datos del modelo BIM, pero si admite la importación de información a través de archivos de texto.

## 5 EL MODELO BIM Y LA VISUALIZACION 5D

Cuando al modelo BIM 3D se le agrega la dimensión del tiempo, se obtiene un modelo **BIM 4D**. Estos modelos simulan cómo será la secuencia constructiva del modelo virtual a lo largo del tiempo.

Un modelo **BIM 5D** o visualización 5D se define como un modelo BIM 4D al que se le agrega una dimensión más: el costo de las tareas. Así se obtiene una simulación de la secuencia constructiva del modelo virtual a lo largo del tiempo, y el desarrollo del costo de esas mismas tareas a lo largo del tiempo.

### 5.1 La confección de una visualización 5D

El **PASO 5** de Gestión Revit consiste en importar el modelo de Revit dentro de AutoDesk Navisworks, junto con el archivo de Microsoft Project que contiene el Diagrama de Gantt. Se trata entonces de enlazar la geometría del modelo a cada una de las tareas del diagrama de Gantt. [2]. Este proceso puede resultar laborioso, en la medida que exista mayor variedad de tipologías de elementos dentro del modelo BIM.

Entonces se aprovecha la herramienta de reglas de asociación automática de Navisworks para automatizar esta tarea. Para ello se crean 2 reglas de enlaces automáticos:

- Tipos de Revit y Tareas: se crea una regla que permita enlazar los tipos de revit que tengan el parámetro **Descripción** = al nombre de la Tarea con las Tareas.
- Materiales y Tareas: se crea una regla que permita enlazar el material de revit que tenga el **Nombre** = al nombre de la Tarea con las Tareas.

Aplicando estas 2 reglas de asociación automáticas se estará en condiciones de asignar cámaras al proyecto en AutoDesk Navisworks y grabar un video con la visualización 5D.

### 5.2 La Visualización 5D como resumen del proceso de gestión

Toda la información que se utiliza para confeccionar el modelo BIM 5D es de carácter técnico, y tiene una coherencia completa con el modelo BIM del proyecto. Entonces una visualización 5D es el resumen de todo el proceso integrado de gestión, y sirve como una herramienta de comunicación altamente efectiva, tanto para los actores técnicos del proyecto como para los clientes o inversores.



Fig. 4. Modelo BIM 5D, con información de avance de tareas y costos, en la esquina superior izquierda. 2014. Elaboración propia.

El modelo BIM 5D, al mostrar la secuencia constructiva del proyecto a lo largo del tiempo, permite revisar y corregir rápidamente aquellos elementos o tareas del proyecto que estén mal planificados. Incluso permite que se agreguen nuevas tareas que se hayan pasado por alto.

Una pausa realizada al video con la simulación 5D puede considerarse un documento técnico de la obra en un instante de tiempo determinado, que muestra los costos y el avance de obra hasta ese momento.

## 6 BIM AL SERVICIO DE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL EDIFICIO

Facility Management (FM) es una disciplina que engloba diversas áreas para asegurar y gestionar el mejor funcionamiento de los inmuebles y sus servicios asociados, mediante la integración de personas, espacios, procesos y las tecnologías propias de los inmuebles. [5]



Fig. 5. Diagrama de servicios asociados al FM. <http://www.issworld.com/>

Existen varios beneficios que los administradores de instalaciones (Facility Managers) pueden aprovechar utilizando BIM como herramienta para la gestión de instalaciones: [6]

- BIM puede mejorar la gestión del espacio, ya que puede mostrar rápida y visualmente donde se puede utilizar el espacio de forma más eficiente.
- BIM puede ayudar en los análisis de edificios, sobre todo en lo que respecta a sostenibilidad (como LEED). El modelo BIM puede ser un repositorio continuamente actualizable para todos los datos recogidos y programas desarrollados en relación con los objetivos verdes.
- BIM puede ayudar a simplificar la gestión de cambios. Los administradores de instalaciones pueden usar el modelo BIM para planificar futuros escenarios y configurar el espacio de forma más eficiente. BIM también puede ayudar a identificar los conflictos, cuando las necesidades de espacio o propósitos cambian.

Existen varios software de FM (CAFM: Computer-Aided Facility Management / Administración de Instalaciones asistido por computadora) en el mercado., pero también existen barreras para la adopción de estos programas, entre ellas: [7]

- Cultura de la organización o empresa
- Larga implementación
- Costos de Software

También existen otros datos de interés sobre el uso de BIM como herramienta para FM: [7]

- Un 65% de profesionales no usan BIM para FM.
- Muchos Facility Managers utilizan Planillas de cálculo como herramientas de FM.

El autor consideró importante crear una aplicación de Microsoft Access que resuelva algunos de los problemas antes mencionados. Así se desarrolló **Gestión Revit FM – Mantenimiento y operación de edificios**. [8]

A continuación se describen los alcances y características de Gestión Revit FM.

- Incorporación de la información la base de datos del Modelo de Revit.
- Rápida implementación, sin costo.
- Gestión de espacios: Niveles, Áreas y Habitaciones del proyecto.
- Gestión del inventario y mantenimiento del edificio, con alertas de mantenimiento preventivo y correctivo sobre habitaciones e inventario.
- Gestión de servicios inmobiliarios: alquileres, reservaciones, catering, eventos, etc.
- Gestión de recursos humanos asociados a las distintas Áreas.

## 6.1 Un sistema CAFM como entregable del proyecto

El **PASO 6** de Gestión Revit consiste en incorporar la información de la base de datos del modelo BIM de Revit, y utilizarla para completar un sistema CAFM de fácil uso.

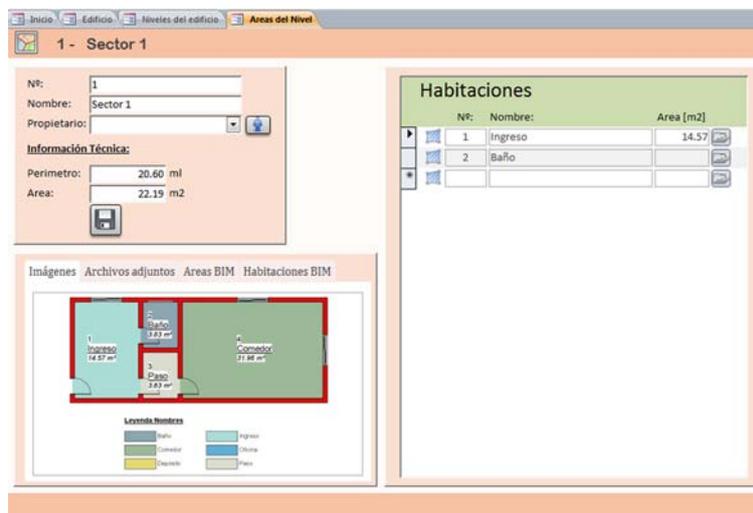


Fig. 6. Pantalla de Gestión Revit FM, habitaciones del proyecto. 2014. Elaboración propia.

La información que puede incorporarse de la base de datos del modelo BIM es la siguiente:

- **Información del Proyecto**
- **Niveles del Proyecto:** el operador completa los pisos del edificio tomando como base la información de los niveles existentes en el proyecto.
- **Áreas del Proyecto:** definiendo áreas en el modelo BIM se pueden delimitar departamentos o zonas de agrupación de habitaciones.
- **Habitaciones del Proyecto:** las habitaciones son las unidades principales de gestión en el programa, y es posible leer: número, nombre, perímetro, área, volumen, ocupación, acabados, etc.
- **Familias del proyecto:** considerando aquellas categorías del modelo relevantes para la gestión del inventario del edificio (Mobiliario, Puertas, Ventanas, Artefactos sanitarios, etc.) el sistema muestra la información principal de cada familia y sus elementos, como así también las Notas Clave asociadas al presupuesto del proyecto.

Gestión Revit FM es una base de datos, que permite incorporar archivos de datos adjuntos para los espacios y el inventario. Esto significa que en cada espacio pueden adjuntarse planos, fotos, diagramas, documentos, información, etc. A cada elemento del inventario también pueden adjuntarse recibos de compra, fotos, garantías, manuales técnicos, etc.

El objetivo principal de Gestión Revit FM es que cada profesional confeccione un sistema de información del edificio, basado en sus modelos BIM, para luego generar un Aplicativo que se entregue al cliente. El aplicativo debe contener la información del edificio y un conjunto de herramientas de gestión que resulten necesarias y útiles al administrador del edificio.

## 7 CONCLUSIONES

El uso de modelos BIM como herramienta principal de una gestión de proyectos integral tiene 2 características fundamentales: el punto de partida de la información debe ser el modelo BIM, y esa información debe fluir sin pérdidas por todas las fases del ciclo de vida del proyecto.

En esta comunicación se desarrolló y fundamentó una metodología de trabajo, apoyada sobre 2 programas abiertos, que permitió vincular los distintos programas comerciales utilizados en cada fase del ciclo de vida del edificio. No se trata de competir con la oferta de software del mercado actual, pero si se demostró que pueden desarrollarse herramientas simples y abiertas, apoyadas sobre conceptos sólidos, que favorecerán la gestión integral de proyectos.

## 8 REFERENCIAS

- [1] Project Management Body of Knowledge (2005) - ISBN: 9781933890517
- [2] Gorosito Luciano (2014). Wiki *Gestión Revit 2013 – Metodología de trabajo* - <http://www.universobim.com.ar/gestionrevit/index.php/2> - [La metodolog%C3%ADa de trabajo de Gesti%C3%B3n Revit](#)
- [3] Gorosito Luciano (2014). Wiki *Gestión Revit 2013 – GR-2013 Manual del usuario* - <http://www.universobim.com.ar/gestionrevit/index.php/4> - [Gestion Revit 2013: Manual del usuario](#)
- [4] Robert Paul Dean and Susan McClenon (2007) - *Specifying and Cost Estimating with BIM* - <http://www.buildings.com/article-details/articleid/3624/title/specifying-and-cost-estimating-with-bim.aspx>
- [5] Asociación Internacional de Mantenimiento (IFMA España) - *Qué es Facility Management* - [http://www.ifma-spain.org/facility\\_management.php](http://www.ifma-spain.org/facility_management.php)
- [6] Facilities.net - 2 FM quick reads on Building Information Modeling - <http://www.facilitiesnet.com/facilitiesmanagement/tip/Five-Ways-BIM-Can-Benefit-FM--23696>
- [7] Richard Williams (2013) – *Utilising BIM for Facilities Management* - University College London - <http://www.bartlett.ucl.ac.uk/graduate/programmes/postgraduate/mscdiploma-facility-environment-management>
- [8] Gorosito Luciano (2014). Wiki *Gestión Revit FM* – <http://www.universobim.com.ar/gestionrevit-fm>

<b>TÍTULO</b>	BIM COMO BASE DE DATOS AL SERVICIO DE CICLO DE VIDA DEL EDIFICIO
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	BIM y Facility Management
<b>AUTOR / ES</b>	ALARCÓN LÓPEZ, Ivón José, MARTÍNEZ CAVA, José-Luís, MARTÍNEZ GÓMEZ, David Carlos
<b>INSTITUCIÓN</b>	IBIM Building Twice, SL
<b>DIRECCIÓN</b>	Calle Jesús 50-8. 46007 Valencia
<b>E-MAIL</b>	(1) <a href="mailto:ivan@ibim.es">ivan@ibim.es</a> (2) <a href="mailto:jlmcbrau@gmail.com">jlmcbrau@gmail.com</a> (3) <a href="mailto:david@ibim.es">david@ibim.es</a>
<b>TELÉFONO</b>	963 220 946
<b>FAX</b>	--- ----

## BIM COMO BASE DE DATOS AL SERVICIO DE CICLO DE VIDA DEL EDIFICIO

**Autores: ALARCÓN LÓPEZ, Ivón José (1), MARTÍNEZ CAVA, José-Luís (2), MARTÍNEZ GÓMEZ, David Carlos (3)**

- (1) IBIM Building Twice, SL. Email: [ivan@ibim.es](mailto:ivan@ibim.es)
- (2) Arquitecto Técnico e Ingeniero de Edificación. Email: [jlmclau@gmail.com](mailto:jlmclau@gmail.com)
- (3) IBIM Building Twice, SL. Email: [david@ibim.es](mailto:david@ibim.es)

### RESUMEN

Durante todo el ciclo de vida de una edificación se genera gran cantidad de información, desde la gestión para la adquisición del terreno hasta su uso y posterior desmantelamiento, pasando por el diseño, construcción y explotación.

Del total de la vida útil de un edificio, el período más longevo es, sin duda, la fase de uso y mantenimiento del mismo.

En este estudio se analiza, desde una visión global, cómo coordinar toda la información que forma parte del ciclo de vida de un inmueble, relacionando la base de datos del modelo BIM con otras bases de datos que se van sumando continuamente durante la vida de las edificaciones, con el objetivo de optimizar la gestión en cada fase del proceso. Se observa la importancia de la 'cultura colaborativa de la información', donde todos los agentes participan en la construcción de un modelo de datos relacionado.

Desde esta perspectiva, la administración integral del patrimonio queda mejorada ofreciendo la información exacta a cada agente en cada fase, perfeccionando sobre todo el proceso constructivo y la disciplina del Facility Management.

**Palabras clave:** *BIM y Facility Management, Ciclo de vida, IFC, Interoperabilidad, Managing Building Data*

### 1 INTRODUCCIÓN

Cuando se presentó el Abstract de esta comunicación se pensó en como el uso de metodología BIM facilita la gestión de la información de un edificio en todo su ciclo de vida (proyecto, licitación, construcción, mantenimiento e incluso derribo) y en particular a la disciplina de Facility Management.

A medida que se fue desarrollando su enfoque ha ido evolucionando a un análisis de cómo se introduce un usuario en la tecnología BIM, como va cambiando su concepción del BIM, y por último una visión personal de cómo podría evolucionar la metodología de trabajo en BIM, es decir un cambio de perspectiva

## 2 UN CAMBIO DE PERSPECTIVA

No se debe confundir un programa de modelado 3D con BIM. Para usar tecnologías BIM se debe partir de un programa de modelado BIM, pero no todos los programas de modelado 3D son una herramienta BIM. Además de estar basado en objetos y de permitir bases de datos relacionales, dichos objetos deben corresponder con categorías o clases constructivas o arquitectónicas. Una base de datos de objetos que basa su cualidad principal en primitivas de formas (Prismas, cilindros, conos, esferas, etc) aporta poco a la hora de entender un edificio. A dicho programa de modelado BIM se le debe pedir coherencia en la información documental (vistas, planos, tablas, etiquetas, etc), es decir que realice representaciones de un modelo virtual, más que intentar construir el modelo virtual a partir de varias vistas generadas.

Cuando se habla del modelo BIM como base de datos única, no se debería entender como fichero único, sino como múltiples bases de datos relacionadas y vinculadas, de manera que se pueda encontrar toda la información relativa a un elemento a partir de dichas relaciones.

La información que debe contener un modelo BIM es toda la relacionada con la futura construcción (requisitos del cliente, datos de proyecto, de elementos para cálculos, para mediciones, para licitaciones, para contrataciones y compras, para simulaciones, para el usuario final y el mantenimiento del edificio, etc) a partir de un modelo generado (la geometría 3D) y alimentado por los distintos equipos BIM, por lo que si los datos no existen o no están debidamente relacionados y conceptuados será un fallo del equipo colaborativo gestor y ejecutor del modelo pudiendo hacer fracasar el concepto de modelo BIM.



capitulo	YC	identificador	ud	res	Medida	pre ntipo	nnivel
YCB070	m	Barandilla de seguridad para protección de bordes de excavació				10,36	SEG_Sargento_Tab1
391063	1 ET			72			
391713	2 ET			72			
391766	3 EC			74,652047058827			
414103	1 ET			225,468427299843			
414114	2 ET			175,323620614557			
414156	3 EC			177,728611764706			
YCF010	m	Sistema provisional de protección de borde de forjado,				6,52	Alsipercha_01
391673	3 EC			1			
391674	3 EC			1			
391675	3 EC			1			
391676	3 EC			1			
391710	3 EC			1			

Fig 1 Informe en Access. Relacionando adecuadamente distintas bases de datos, se puede acceder a información combinada de todas ellas, a demanda del cliente y personalizada para el propósito requerido. Fuente propia año 2014

### 2.1 Una posible evolución de la concepción de un usuario sobre el BIM

Al comenzar a usar programas de modelado BIM, se tiende a limitar la visión del BIM y circunscribirla a dicho programa. Al principio, y usándolo en fase de proyecto, es extraordinario y suficiente el uso de objetos arquitectónicos 3D, la coordinación y actualización automática de vistas, planos, etc. , la creación de tablas de los objetos del modelo, y alguna que otra herramientas más, (por ejemplo si hace renders será bien recibido). Pronto se le empezará a pedir que permita el trabajo en grupo, creación de fases, y opciones de diseño.

Poco a poco, y todavía dentro de la fase de proyecto, se van viendo las posibilidades del BIM, y se comienza a pedir que pueda realizar cálculos, mediciones, etc.. Posteriormente, ya que se tiene mucha información incluida, la realización de memorias y pliegos de proyecto. En este punto se comienza a profundizar en el concepto de interoperabilidad, comunicaciones con otros programas. La mayoría de programas utilizan IFC [1] como sistema de intercambio, pero muchos de ellos se limitan a leer una pequeña parte de datos y no tienen resuelto los procedimientos para cuando ese modelo cambia, por lo que hay que repetir la importación desde el principio. Mucho menos se tiene resuelto el procedimiento de vuelta del modelo obtenido al modelo BIM. Es decir dichos programas no tienen conciencia BIM. Resultado, como falla la bidireccionalidad entre programas el usuario quiere que la aplicación de modelado BIM realice todas esas funciones y pide a las empresas de software que desarrollen plug-in específicos para cada modelador BIM.

A medida que se van conociendo otros programas, como los de revisión de proyectos (pe Autodesk Navisworks) se verán otras posibilidades de las herramientas BIM: coordinación e disciplinas, detección de conflictos o interferencias, planificación y animación, pero se sigue pretendiendo que el modelador BIM realice las mayores funciones posibles y contenga la mayor información posible.

Cuando se trabaja en despachos o departamentos pequeños en el que se tienen que asumir casi todas las funciones del desarrollo de proyectos la colaboración y coordinación no tiene mucho sentido (salvo con uno mismo). Al trabajar con disciplinas y colaborar entre distintos despachos o departamentos (Diseño, estructuras, instalaciones, etc) se realiza con modelos vinculados y coordinados. Cada disciplina puede visualizar a las demás y ver como interfiere en sus modelos. Si bien ya se ha oído hablar antes de IFC, al trabajar con disciplinas empieza a cobrar mayor importancia y se promete que es el formato de intercambio entre las distintas aplicaciones. Surge un problema, ya que es el formato de intercambio se prueban sus posibilidades. Si se intenta desde el modelador BIM exportar el modelo a IFC y volverlo a importar en el modelador BIM, se produce cierta desilusión, ya que muchos elementos han perdido la posibilidad de editarse (los muros pueden no disponer de pinzamientos para modificar longitud y altura, las familias insertables pierden la parametrización de los tipos, etc). Mucho más si no se mapean adecuadamente las categorías del modelador BIM con las clases de IFC; en ese caso no solo se pierden cualidades sino que además se pierden objetos por el camino.

Categoría	Nombre de clase IFC	Tipo
<b>Aberturas de agujero</b>	Not Exported	
Líneas ocultas	Not Exported	
<b>Accesorios de conductos</b>	IfcBuildingElementProxy	
<b>Accesorios de tuberías</b>	IfcValveType	
<b>Aislamiento interior de con</b>	IfcCovering	
<b>Aislamientos de conducto</b>	IfcCovering	
<b>Aislamientos de tubería</b>	IfcCovering	
<b>Alzados</b>	Not Exported	
<b>Anotaciones genéricas</b>	Not Exported	
<b>Aparatos eléctricos</b>	IfcBuildingElementProxy	
Líneas ocultas	{ IfcBuildingElementProxy }	
<b>Aparatos sanitarios</b>	IfcFlowTerminal	
Líneas ocultas	{ IfcFlowTerminal }	
<b>Aparcamiento</b>	IfcBuildingElementProxy	
Líneas ocultas	{ IfcBuildingElementProxy }	
<b>Armadura estructural</b>	IfcReinforcingMesh	
<b>Armazón estructural</b>	IfcBuildingElementProxy	
Barra de refuerzo	{ IfcBuildingElementProxy }	
Caras ocultas	{ IfcBuildingElementProxy }	
Celosía	{ IfcBuildingElementProxy }	

Fig 2. Mapeado de categorías Revit con clases de IFC. Fuente propia año 2014

Resultado, se tiende a abandonar y menospreciar el modelo en IFC, sin caer en la cuenta que el modelo en IFC contiene toda la información que se haya introducido en el modelador BIM. Se puede comprobar que el modelo exportado de IFC contiene toda la información del modelo de inicial con visualizadores IFC tipo Solibri Model Viewer, Tekla, IFC Analyzer y programas de gestión de ficheros IFC como Solibri Model Checker , Solibri Model Optimizer, etc. [2]

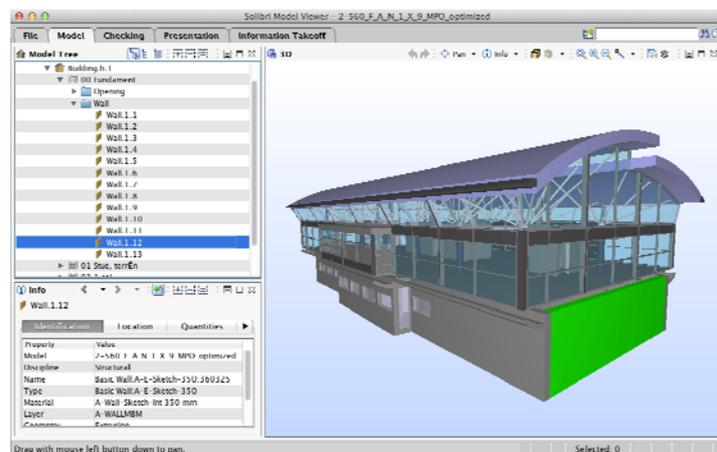


Fig 3. Ejemplo de contenido de información en IFC. Fuente propia año 2014

Lo mismo ocurre durante las siguientes fases del ciclo de vida del edificio (licitación, construcción, facilities, etc)

En fase de licitación los procesos siguientes son los más comunes que se realizan ya sean consideradas como de carácter externo a la empresa constructora o de carácter interno (en el caso de que sea de licitación de proyecto y obra). En cualquier caso se trata de describir las actuaciones comunes internas para **estandarizar, sistematizar y ordenar** las

actividades a desarrollar, los riesgos a gestionar y la documentación generada, su identificación y, por último, su archivo digital o en papel:

- Revisión de proyecto.
- Petición de Ofertas.
- Relación de suministradores, industriales y subcontratistas. Agenda de colaboradores.
- Resumen de mediciones.
- Precios descompuestos.
- Modificaciones al coste directo.
- Resumen de modificaciones al coste directo.
- Propuesta de Oferta.
- Relación de maquinaria.
- Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares.
- Informe Previo.

Normalmente, en o para un estudio de licitación, se elaboran los siguientes documentos técnicos además del proyecto:

- Concepción global de ejecución de obra
- Plan de obra con las unidades, actividades o capítulos presupuestarios,
- Procesos constructivos
- Logística y medios necesarios
- Estudio de riesgos
- Plan de Aseguramiento de Calidad, P.A.C.
- Estudio de Seguridad e Higiene.
- Estudio de Medio ambiente

¿Qué se puede ir extrayendo de los distintos modelos realizados? Fundamentalmente para estadística y retroalimentación de las empresas.

- A. Ratios de coste de unidades/actividades más representativas por tipologías.
- B. Conceptos de coste (y verificación de que están todos)
- C. Contraste del criterio de adjudicación.
- D. Comprobación de que los factores que intervienen en la adjudicación estén incluidos en la propuesta final de forma que todos y cada uno de ellos puedan obtener la calificación máxima.

En la fase de construcción y en los procesos de compras y subcontratación se trataría de definir las actividades necesarias para realizar las compras y subcontrataciones de manera que los materiales, equipos o servicios a comprar (o alquilar) cumplan con los requisitos exigidos.

Toda esta información es o debería ser extraíble del modelo BIM.

Como tales se pueden señalar:

- Solicitud de ofertas, siendo preciso e inexcusable: suministrar a los posibles proveedores toda la información necesaria para que las ofertas resultantes sean adecuadas y HOMOGÉNEAS.

- Requisitos a exigir (al objeto de la compra / subcontrato...) como ESPECIFICACIÓN DE COMPRAS en papel o formato específico o bien en el CONTRATO directamente.
- Especificaciones adicionales como serían las ambientales, legislaciones locales, etc.
- Comparativo. Homogeneización de ofertas.
- Consulta de calificación previa del proveedor en la base de datos.
- Impresión, gestión y archivo documental (electrónico y papel.)

Asimismo, para el proceso final o de mantenimiento por parte de los propietarios se debe poder extraer la siguiente información que habrá sido introducida previamente durante las fases de proyecto y/o construcción:

Informes de recepción, donde se indican los datos necesarios para realizar las actividades de recepción y si esta ha sido acorde con las especificaciones contractuales. Entre otros:

- A. identificación de material, elemento o equipo
- B. actividad en que se empleará o se ha empleado ya.
- C. documentación que ha de acompañar al envío
- D. frecuencias de actuación
- E. inspecciones a realizar
- F. criterios de aceptación y rechazo
- G. condiciones y lugares de acopio

El responsable de realizar las inspecciones de recepción debe entender claramente lo que tiene que hacer y no tener dudas sobre si debe o no aceptar un envío, debiéndose indicar claramente los valores esperados y las tolerancias admitidas de éstos (extraer del modelo BIM... donde los niveles de detalle... ¿podrían venir definidos por LOD?)

La recepción debería ser documentada en todas las actividades de riesgo alto o especial. La documentación generada debería volver al modelo para el usuario final.

Recepciones en instalaciones del proveedor

Recepciones parciales y / o condicionadas.

## **2.2 Posibles hitos para el cambio de perspectiva**

Según la reflexión anterior se tiende a dar el mayor protagonismo al programa de modelado BIM, si puede realizar muchas funciones (cálculos, mediciones, memorias, etc) se resolverán los problemas de interoperabilidad, aun a costa de saber que un plug-in específico dentro de una aplicación no puede ser tan completo como un programa independiente, y el mayoría de casos con muchos años de desarrollo.

Pero es posible cambiar el enfoque. Si se piensa en hechos que ya ocurren en la actualidad pueden ayudar a cambiar el punto de vista en los procedimientos de trabajo:

- Si se analiza el flujo de trabajo entre disciplinas se puede apreciar: que cada disciplina solo edita la suya, y que se analiza la información de las otras y se piden cambios de acuerdo a los roles y necesidades. Por lo tanto no se necesita modificar el vínculo de otras disciplinas. Hasta ahora normalmente esos vínculos eran de la misma extensión que el programa de modelado 3D. En el caso de Autodesk Revit extensiones .RVT (los archivos DWG también se pueden vincular pero generalmente

como apoyo para el modelado). ¿Los vínculos tienen que ser necesariamente de la misma extensión que los programas de modelado BIM?

- En la versión 2015 de Autodesk Revit se ha incluido la posibilidad de vincular un fichero IFC. Hasta ahora para vincular un modelo IFC había que importarlo en Autodesk Revit, guardarlo como rvt, y vincularlo. El vínculo IFC asume las categorías de Revit según el mapeado realizado, y aparece en tablas, se puede ocultar y modificar la visualización de dichos elementos, incluso con filtros, si bien no se pueden etiquetar, lo que todavía puede ser un inconveniente a la hora de montar planos. Además las mejoras en las importaciones IFC mejoran a cada nueva versión [3] ¿Un modelo IFC puede ser realmente útil?
- Autodesk ha resuelto la interoperabilidad del cálculo de estructuras del modelo BIM creando una comunicación directa entre Robot, un programa independiente y con una trayectoria de varios años en el cálculo de estructuras y Revit, al comprar Autodesk el programa Robot e incorporarlo a sus Suites. ¿El programa de modelado BIM tiene que ser el centro por el que tenga que girar todo el modelo BIM?
- Arktec, tiene en el mercado MidePlan, medición de proyectos desde modelos IFC. [4]. Si bien esta todavía implementando la aplicación para resolver los flujos de cambios.

Por lo tanto IFC podría ser realmente el fichero de intercambio y solucionar realmente los problemas de interoperabilidad, si se asume el cambio de perspectiva.

## 2.2 Una posible evolución del BIM

Según las curvas de asimilación de tecnología BIM por parte de los usuarios, en los distintos países, parece que la implicación en BIM no tiene marcha atrás y que es la forma de trabajo que se está adoptando en edificación.

### Levels of BIM Adoption in North America

Source: McGraw-Hill Construction, 2012

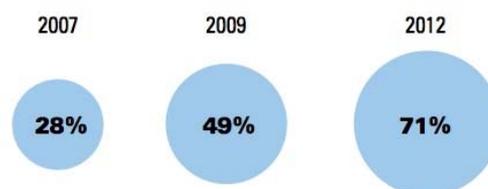


Fig 4. Nivel de adopción BIM en Norte America. Fuente: McGraw Hill

Las empresas desarrolladoras de software que actualmente tienen productos avanzados en cálculo de estructuras, instalaciones, gestión de facilities, etc pueden acometer más fácilmente su concienciación BIM si toman como referente a IFC. Al no tener que desarrollar

una herramienta específica para cada formato BIM (Autodesk Revit, Archicad de Graphisoft, Nemeschek Allplan, etc) se pueden centrar los esfuerzos en un único formato de fichero: IFC. Es un esfuerzo considerable los cambios que se proponen, o los que cada empresa dentro de sus políticas considere más oportunos. Las empresas que no lo realicen quedaran fuera de juego, en cuanto existan otras empresas que incorporen flujos de trabajo BIM en sus aplicaciones y los usuarios los demanden.

#### Cambios propuestos:

- Un primer paso debe ser la asignación de los elementos del programa de modelado BIM a una base de datos o catálogo de elementos constructivos. Cada elemento tendrá un código asociado y el catálogo tendrá la información relativa a ese elemento. Así no se necesitara definir ese elemento en cada programa que se utilice. Uno de los mayores problemas que existen en la actualidad es que en cada programa que se usa hay que definir por entero cada elemento. Por ejemplo un muro en función del programa a utilizar (cálculos energéticos, de estructura, etc) y como no existe una base de catálogo de elementos constructivos común en cada programa habrá que realizar esa asignación.

Es necesario que los programas de modelado BIM permitan la relación de bases de datos externas a elementos de modelo, tal y como se realiza ahora en Autodesk Revit con las notas claves, pero ampliándolo a poder leer cualquier base de datos y permitir la asignación entre campos de esa base de datos y parámetros de los elementos del modelo.

Otra forma de hacerlo, más conveniente que la anterior y dentro de la línea IFC, es crear un programa específico que realice dicha asignación a partir de un fichero IFC, teniendo controlado el control de cambios, para que cada vez que se modifique el fichero de IFC generado desde el programa de modelado BIM, no haya que realizar de nuevo las asignaciones realizadas y hacer solo las nuevas. Con ello se tendrá cada id de los elementos del modelo relacionadas con códigos de nuestra base de datos o bases externas. Se debe prever que pueda leer varios ficheros ya sea según disciplinas (Arquitectura, Estructuras, Instalaciones, Entorno, etc) o según el ciclo de vida del edificio (proyecto, licitación, construcción, mantenimiento, etc) y las relaciones entre ellos

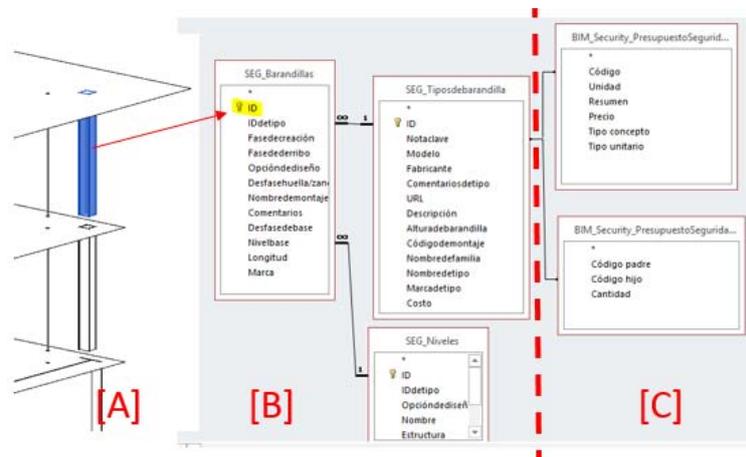


Fig 5. [A] Modelo BIM, [B] Base datos BIM, [C] Bases de datos externas. Fuente propia año 2014

- La implicación de las empresas de productos de construcción, facilitando sus productos en BIM y proporcionando sus propiedades y características en un formato asimilable en esa base de datos de catálogo de elementos constructivos.
- Las empresas desarrolladoras de software no deben limitarse a incorporar un importador IFC, que solo lee unas pocas propiedades de ese IFC, y después se pierde la relación con ese IFC. Se tienen que desarrollar los procedimientos de trabajo para incorporar y asimilar las entidades que vienen en el IFC a sus elementos, así como el control de cambios y la generación de un IFC para devolver e incorporarse al flujo de trabajo con disciplinas en BIM. A su vez tendría que estar conectado con las bases de datos relacionadas con el modelo IFC del punto anterior. A partir de este momento podrían ser consideradas como una herramienta BIM.
- El programa de modelado BIM no es el centro de los procedimientos BIM.
  - Se le debe pedir que contenga el mayor número de herramientas posibles que nos faciliten el modelado de los elementos arquitectónicos. Otra manera es que faciliten la incorporación de objetos realizados con modeladores no BIM. Por ejemplo dentro de los productos de Autodesk existe 3D Max, con un potente modelador de objetos con historial de modificadores. Se podría incorporar ese elemento modelado en 3D Max como una familia de Autodesk Revit tras una asignación de categorías, subcategorías y parámetros de forma parecida a como se hace con Autodesk Inventor.
  - Debe contener herramientas que faciliten el trabajo colaborativo o en grupo.
  - Si permite programación API, se podrán añadir herramientas.
  - Puede ser interesante la evolución a superobjetos, que a su vez contengan objetos, en relación al artículo de Milton Chanes: BIM ¿el futuro de la arquitectura? [5] ya sea con habitaciones o con otros elementos. Dentro de esta línea está también la posibilidad de desarrollar sistemas constructivos. Por ejemplo sistemas de forjados (donde poder definir los elementos que

interviene como viguetas o nervios in situ, bovedillas, rellenos, negativos, etc), sistemas de tabiquería de placas de cartón yeso (con definición de montantes, refuerzos, placas, aislantes, etc.), sistemas de falsos techos (con definición de guías, tirantes, placas, aislantes, etc.) a modo como Autodesk Revit tiene desarrollados los sistemas de muro cortina o las barandillas, aunque aún faltaría dar un paso más.

### **3 CONCLUSIONES**

Si se asume que la progresión de la adopción del BIM por parte de los agentes intervinientes es imparable y no hay vuelta atrás, es necesario un cambio en los procesos actuales de interoperabilidad y vinculación, pudiendo ser IFC un nexo de unión real entre ellos.

Tanto al analizar lo que se necesita en los procesos con disciplinas, como en la interoperabilidad entre programas, y realizando los cambios sugeridos en esta comunicación, un modelo IFC puede cumplir satisfactoriamente la labor de vinculación necesaria entre ellas.

A partir de este cambio de perspectiva el modelo IFC empieza a cobrar cierta importancia. Cada disciplina puede modelar y gestionar su información con cualquier herramienta BIM y pasa su modelo en IFC. Con las herramientas de revisión se analizan los conflictos y cambios y se envían a cada disciplina. Esta realiza sus cambios con su herramienta BIM y vuelve a pasar el modelo de su disciplina en IFC. De igual modo ocurre con la interoperabilidad entre programas para la realización de cálculos, mediciones, memorias, etc. Todos los cambios ocurridos en el modelo se reflejarán en el modelo IFC, y con este se actualizarán los cálculos, memorias, etc., y el modelo IFC resultante de la disciplina afectada

Ello puede significar un gran avance. En vez de crear herramientas específicas de cálculo, gestión de información, etc para cada tipo de herramienta BIM (Autodesk Revit, Archicad de Graphisoft, Nemeschek Allplan, etc) se pueden ampliar el número de nuevas herramientas BIM basadas en IFC.

#### 4 REFERENCIAS

[1] *Building Smart*, asociación sin ánimo de lucro, cuyo principal objetivo es fomentar la **eficacia** en el sector de la construcción a través del uso de estándares abiertos de interoperabilidad sobre **BIM** (Building Information Modeling) y de modelos de negocio orientados a la colaboración para alcanzar nuevos niveles en reducción de costes y plazos de ejecución.

<http://www.buildingsmart.es/>

[2] Solibri inc. <http://www.solibri.com/contact/solibri/>

[3] Rahul Shah. En el block Revit sticky notes.

<http://revitstickynotes.blogspot.com.es/2012/04/geometrygym-moving-forward-with-rhino.html>

[4] Arktec, Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción.

<http://www.arktec.com/ES/BIM/BIM/Gest/MidePlan.aspx>

[5] Milton Chanes, Consultor Freelance para Graebert GmbH

<https://www.linkedin.com/today/post/article/20140414174829-46913284-bim-el-futuro-de-la-arquitectura>

<b>TÍTULO</b>	LA NECESIDAD DE LA NUBE DE PUNTOS PARA EL MODELADO BIM DE ELEMENTOS COMPLEJOS
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	2.5 Aplicaciones de las Nubes de Puntos
<b>AUTOR / ES</b>	García Valldecabres, Jorge; Salvador García, Elena
<b>INSTITUCIÓN</b>	Universidad Politécnica de Valencia
<b>DIRECCIÓN</b>	Camino de Vera S/N
<b>E-MAIL</b>	jgvallde@ega.upv.es
<b>TELÉFONO FAX</b>	963879502 / 609611633

## LA NECESIDAD DE LA NUBE DE PUNTOS PARA EL MODELADO BIM DE ELEMENTOS COMPLEJOS

**Autores: García Valdecabres, Jorge (1), Salvador García, Elena (2)**

- (1) Doctor Arquitecto. Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica. U.P.V. jgvallde@ega.upv.es  
(2) Máster en Conservación del Patrimonio Arquitectónico. U.P.V. Ingeniero Técnico en Diseño Industrial. salvadorgarcia.elena@gmail.com

### RESUMEN

Actualmente las nubes de puntos 3D se han convertido en una de las principales fuentes de información directa complementando al levantamiento gráfico tradicional. El modelo tridimensional formado por estos millones de puntos, proporciona un registro preciso de la morfología arquitectónica del bien, que supone un apoyo imprescindible para los proyectos de intervención, restauración y puesta en valor del patrimonio arquitectónico.

Las ventajas de la obtención de la nube de puntos y su posterior tratamiento aplicado al patrimonio arquitectónico son múltiples, entre ellas podemos citar; la obtención de un levantamiento exhaustivo en tres dimensiones que permite conocer la morfología del edificio, analizar sus trazas, conocer su evolución constructiva y en definitiva facilitar la toma de decisiones ante una posible intervención. Otra de las ventajas a destacar sería el registro de la patología de sus fábricas, estructuras y elementos decorativos que permita detectar su deterioro y proponer un plan de mantenimiento.

La Universidad Politécnica de Valencia ha firmado un convenio con la Iglesia de San Juan del Hospital de Valencia, cuya finalidad es generar un modelo instrumental para la gestión de la información del bien arquitectónico mediante metodología BIM, de forma que en un único documento, se recoja todos los estudios que se van generando sobre el bien desde los diferentes ámbitos disciplinares.

**Palabras clave:** *Bim, escáner laser, levantamiento, patrimonio, restauración.*

## 1 INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la presente comunicación, es el de analizar el escáner láser, uno de los instrumentos más fiables de obtención de toma de datos en su aplicación para los levantamientos de arquitectura con valor patrimonial y la posterior aplicación de la nube de puntos para el modelado BIM.

La arquitectura patrimonial existente presenta en general una geometría única y compleja como resultado del paso del tiempo, de los estilos arquitectónicos superpuestos, de los elementos decorativos complejos, del reaprovechamiento de las estructuras anteriores, de la reutilización de los materiales para ampliaciones, de los asentamientos, desplomes y patología de diversa índole.

Hasta la existencia del escáner láser, la toma de datos de esta geometría compleja se ha realizado con instrumentos tradicionales, que aunque se haya realizado de forma precisa y por profesionales, los propios instrumentos no permiten la obtención de una toma de datos totalmente fidedigna, representando la geometría del bien de forma idealizada e incompleta.

El conocimiento de la nueva tecnología del escáner láser como instrumento de toma de datos fiel para la arquitectura patrimonial nos ha llevado a abrir una vía de investigación para conocer sus ventajas.

El edificio objeto de nuestro estudio, es el conjunto medieval de San Juan del Hospital, situado en Valencia.



Imagen 1. Patio Sur e interior de la iglesia del Conjunto de San Juan del Hospital de Valencia. 2009. Jorge García Valldecabres

El conjunto arquitectónico de San Juan del Hospital ha sido dibujado por diversos profesionales para su estudio e intervención y también en talleres desarrollados en la Escuela de Ingeniería de la Edificación de Valencia, dirigidos principalmente por Jorge García Valldecabres y Concepción López González, por ello, hemos querido aplicar también el escáner láser a este conjunto arquitectónico para estudiar las ventajas y virtudes que proporciona este nuevo instrumento de medida y comparar los resultados con los obtenidos mediante técnicas tradicionales.

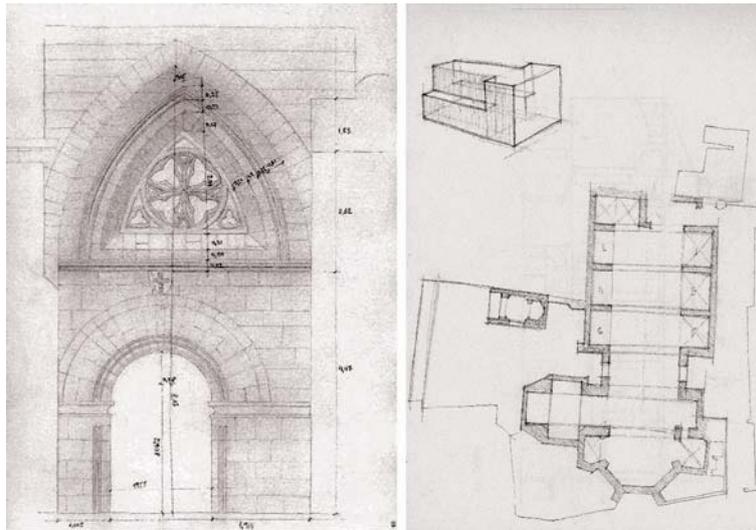


Imagen 2. Croquis de la portada sur de la iglesia de San Juan del Hospital y croquis de la planta de la iglesia de San Juan de Hospital. 2007. Jesús García-Herrero López TFG Jesús García-Herrero y Daniel Crespo Godino, 2004.

“Roque (2012, pp. 11-25) afirma que esta premisa ha sido fundamental para los avances tecnológicos en el campo de la toma de datos que dan pie a la aparición de nuevas instrumentos que transforman nuestro modo de registrar la realidad” [1]

## 2 CONTENIDO

La iglesia de San Juan del Hospital, fue declarada Monumento Histórico-Artístico de carácter Nacional en el año 1943 (BOE 16.04.1943). En el año 1994 se fundó la Comisión Histórico-Artística cuyos objetivos prioritarios fueron los trabajos de recuperación, protección, inventariado y catalogación de los fondos arqueológicos y documentales de la iglesia, llegando así al conocimiento y planteamiento del recinto como un “Conjunto Hospitalario”.

En el año 1996 se puso en marcha el Plan de Difusión y conocimiento del monumento bajo la supervisión de la Comisión y la Dirección Técnica del Museo “Conjunto Hospitalario de San Juan”. En este año se llevaron a cabo cuatro Campañas Arqueológicas en el interior de la iglesia y en parte de sus patios dirigidas por los investigadores de los Departamentos de

Historia Medieval y Arqueología y el Departamento de Medicina legal de la Universidad de Valencia. Los resultados de los informes de las campañas arqueológicas sirvieron de base para la redacción del Plan Director del Templo de San Juan del Hospital [2].

En el año 1997 se constituyó la Fundación Conjunto San Juan del Hospital de Valencia con el fin de impulsar, mantener y potenciar los hallazgos de carácter arqueológico, histórico y cultural. La Fundación Conjunto San Juan del Hospital de Valencia se encarga de la gestión del Museo del Conjunto Hospitalario que abarca: la iglesia con sus bienes muebles e inmuebles, el área cementerial, patios y anexos.

En año 2000 se redactó el Plan Director del Templo de San Juan del Hospital que recoge los estudios e investigaciones que se realizaron para el conocimiento profundo del BIC y que ayudaron a definir los criterios y estrategias para su recuperación. En él también se incluye un estudio con las principales afecciones patológicas que presentaban las estructuras que allí se erigían y el informe de actuaciones a llevar a cabo en el recinto.

En el año 2004 fue aprobado el proyecto de restauración del patio sur de la Iglesia de San Juan del Hospital y se llevaron a cabo intervenciones en algunas de las estructuras de los siglos XIII y XIV. En la actualidad, la prioridad de actuación en el Patio Sur se centra en la intervención de las estructuras que presentan un alto valor arquitectónico, histórico y cultural y que dado su avanzado estado de degradación requieren una actuación de urgencia.

A lo largo de estos años se han realizados diversos informes, estudios, levantamientos gráficos e intervenciones en el Conjunto de San Juan del Hospital (iglesia, patio norte y patio sur). La toma de datos del Conjunto de San Juan del Hospital a lo largo de todas las intervenciones se ha realizado mediante técnicas tradicionales.

Como cualquier instrumento de toma de medidas, el escáner laser tiene la finalidad de proporciona información sobre la geometría real de la edificación objeto de estudio. Aunque el escáner laser, es un instrumento más desarrollado y complejo tecnológicamente que la cinta métrica o el distanciometro, su finalidad es la misma en ambos casos.

La información proporcionada por el escáner láser puede tener aplicaciones en las disciplinas de arqueología, arquitectura, ingeniería e historia. Todas estas disciplinas se han apoyado en instrumentos de toma de datos para el conocimiento de edificaciones, objetos o estratos, tales como cinta métrica, distanciometro, teodolito, técnicas de rectificación fotogramétrica o estación total. Algunas de estas herramientas han entrado en desuso y están siendo sustituidas por herramientas de mayor precisión y mayor información como el escáner láser.

La eficacia de la utilización del escáner láser, viene dada por la precisión y la cantidad de información que ofrece, pero presenta algunos inconvenientes; se trata de un instrumento no asequible económicamente, requiere el conocimiento previo del software del escáner láser, y del software específico para el tratamiento de la nube de puntos.

Por ello, es recomendable que cuando se decida recurrir al uso del escáner láser se haga con un objetivo bien definido y se tenga la certeza de que la precisión de los instrumentos tradicionales no son suficientes para cumplir dicho objetivo.

El conocimiento de las nuevas tecnologías en materia de toma de datos a través del escáner láser, nos ha llevado a unificar una vía de investigación para estudiar las ventajas de la información que proporciona la nube de puntos y su aplicación en el modelado BIM para el estudio, conocimiento interpretativo, intervención, gestión y difusión de los bienes arquitectónicos de valor patrimonial.

A continuación explicaremos la metodología llevada a cabo en el trabajo de campo para la captura de datos mediante el escáner láser, la metodología seguida en gabinete para la unión y limpieza de la nube de puntos, los problemas que hemos encontrado en el desarrollo de ambos procesos y por último las conclusiones y el aprendizaje adquirido de los errores.

## **2.1 METODOLOGÍA EMPLEADA**

Como resultado del trabajo en campo, se elabora una metodología que incluye las siguientes fases:

- Captura de Datos con escáner laser
- Proceso de unión de nubes
- Limpieza de ruido

### **2.1.1 Captura de Datos con escáner laser**

Lo primero a lo que nos enfrentamos ante un edificio de tal magnitud como es San Juan del Hospital, es la elección del escáner apropiado a la escala de nuestro edificio. En nuestro caso, elegimos el escáner Leica ScanStation C5, por ser un aparato de alto rendimiento muy versátil, que puede escalarse fácilmente y con una velocidad de escaneo muy elevada.

Otro motivo de la elección de este modelo fue su capacidad de realizar poligonales y escanear objetivos con mayor flexibilidad en lugares bastante inaccesibles, obteniendo un campo visual completo de 360º x 270º, de muy alta precisión, con un alcance de 35m y velocidad de escaneo de 25.000 puntos/seg. [3]

Roca (2006) afirma que el escáner define un sistema de coordenadas X, Y, Z, cuyo origen se considera que es el escáner, y cada punto analizado se asocia con una coordenada y con una distancia. Estas coordenadas describen completamente la posición tridimensional de cada punto en el modelo que posteriormente se genera en un sistema de coordenadas relativo al escáner. [4]

Para la mayoría de los edificios, un solo escaneo no producirá un modelo completo, generalmente se requieren múltiples escaneos, incluso a veces centenares, dependiendo de las dimensiones del edificio a escanear y desde muchas direcciones diferentes para obtener información de todos los lados del edificio (Imagen 3). En nuestro caso realizamos la toma de datos de campo en dos días y realizamos un total de 50 escaneos.

Los escaneos deberán tener una secuencia continua de enlace, un proceso que se llama alineación. Para que este proceso sea mucho más rápido se realiza a través de puntos de

control o dianas, que posteriormente el software de manipulación de la nube de puntos, Cyclone, (en nuestro caso) las une entre sí para formar el modelo completo tridimensional.

### 2.1.2 Proceso de unión de nubes

En esta etapa, la información recogida en campo pasa por una serie de procesos para filtrar y unir la información en un único modelo. Tras la obtención de la toma de datos in situ, es necesario darle un tratamiento adecuado para poder trabajar con ella y exportarla a la plataforma final de modelado, puesto que los datos no dejan de ser puntos georeferenciados que definen entre sí un volumen pero que no constituyen un modelo. [5]. El tratamiento de dicha nube pasa, esencialmente, por la unión de los diferentes escaneos realizados y posteriormente la limpieza de elementos no deseados contenidos en la información bruta del trabajo de campo. El tratamiento de la nube se ha llevado a cabo con el software de Leica Geosystems para esta labor, Cyclone 8.1.

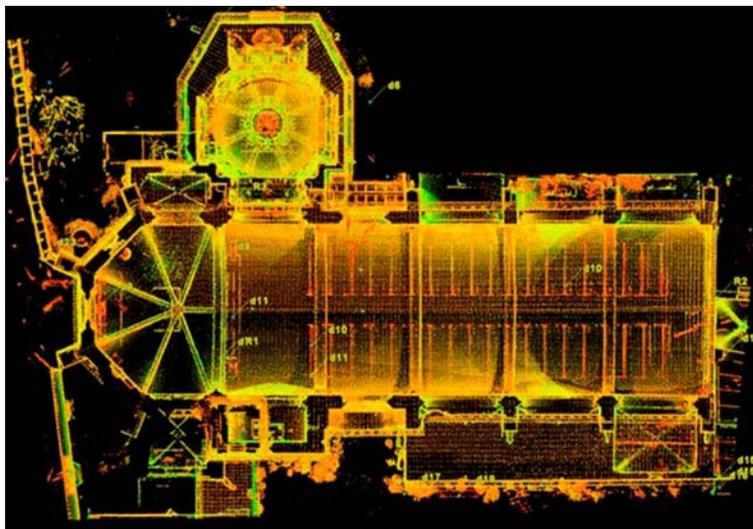


Imagen 3. Modelo unido del interior de la Iglesia de San Juan del Hospital. 2014. Proyecto de recuperación del Patio Sur del antiguo cementerio medieval de la Iglesia de San Juan del Hospital de Valencia. Fase de investigación.

En un principio, se dispondrá de tantas nubes de puntos como estacionamientos se hayan realizado, sin embargo, esto no implica que deban usarse todas puesto que puede haber escaneados redundantes, erróneos, desnivelados, etc. En nuestro caso de los 50 escaneos que se realizaron, desechamos varios porque estaban desnivelados o porque se habían tomado mal los datos.

Existen diversas formas de unión para las nubes, que dependen en gran medida del trabajo de campo y de los datos obtenidos. En la presente comunicación detallamos la Unión mediante Dianas pero existen otras formas de unión.

- Unión mediante dianas
- Uniones manuales
- Unión mediante dianas creadas por intersección de tres planos

### Unión mediante dianas

Es el método más efectivo pero conlleva una mayor planificación en el trabajo de campo. Para poder realizar la unión por este sistema, es necesario que durante la toma de datos se hayan colocado al menos 2 dianas por escaneo (a ser posible 3 por si fallase una de ellas) para que junto con la restricción de la verticalidad proporcionada por la nivelación del equipo, se generen 3 restricciones entre cada par de nubes y Cyclone realice la unión. [6]

Durante las operaciones de campo, es altamente recomendable que se dediquen unos minutos a estudiar las posibles ubicaciones del escáner y las dianas, de modo que estos puntos de control se tengan que mover lo menos posible durante el trabajo. Para agilizar el trabajo, si es posible, se puede realizar un croquis con la ubicación de las dianas y después nos colocaremos desde la futura posición del escáner a fin de corroborar in situ que desde esa posición pueden verse todas las dianas.

Realizando estas operaciones se puede llegar a disminuir el número de escaneos en campo, sin embargo, el rendimiento es menor ya que hay que perder algo de tiempo comprobando que los puntos de control están en una posición correcta. Así pues, la productividad en el trabajo de gabinete aumenta considerablemente ya que están localizadas las dianas, y las nubes son más fáciles de unir, lo que conlleva un ahorro de tiempo y la cuantiosa disminución en el error de unión. [6]

Seleccionamos los escaneados que deseamos unir y que disponen de dianas. Una vez quedan seleccionados, se aplican las restricciones de las dianas a las nubes de puntos y quedan referenciadas unas a otras, pero siguen siendo nubes diferentes. (Imagen 4)

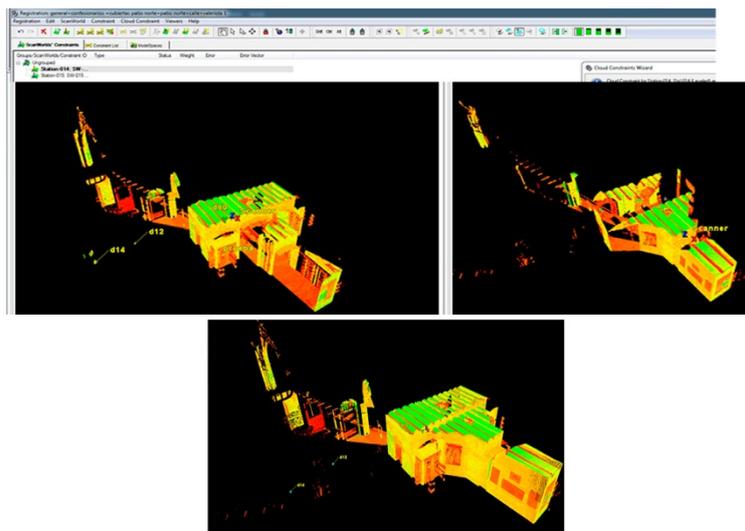


Imagen 4. Proceso de unión de nubes y resultante. 2014. Proyecto de recuperación del Patio Sur del antiguo cementerio medieval de la Iglesia de San Juan del Hospital de Valencia.

Tras calcular el registro de error se puede ver la desviación que supone cada diana, es posible que durante el trabajo de campo, las dianas se hayan movido ligeramente, y esto puede incurrir en errores bastante grandes. Hasta 4mm es una tolerancia aceptable, teniendo en cuenta que el propio equipo tiene un margen de error entre 2 y 3 mm.[6]

Es muy posible que algunas de las dianas devuelvan errores iguales o superiores a los 4mm y en la mayor parte de las ocasiones, todas corresponden a la misma diana, haciendo click sobre error, Cyclone lista de mayor a menor el error de las dianas y es posible deshabilitarlas. Por este motivo es recomendable trabajar siempre con 3 dianas a fin de poder subsanar este tipo de contratiempos.

En la imagen 5 que se muestra a continuación, se puede comprobar que la unión se ha realizado de forma correcta.

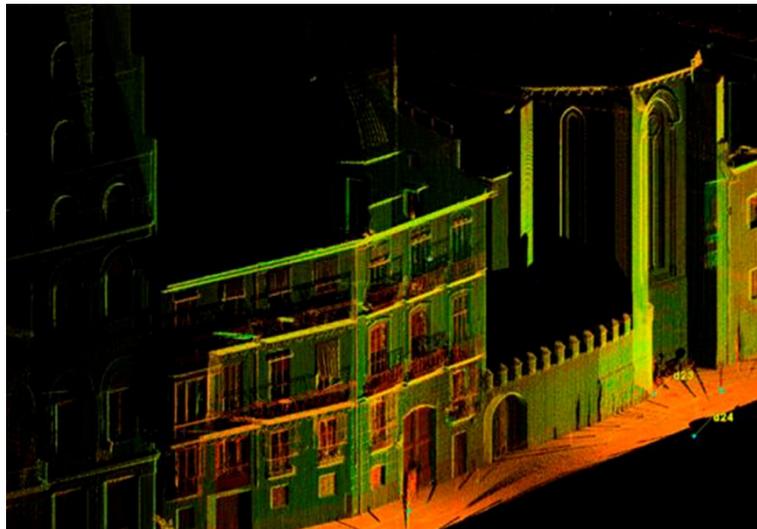


Imagen 5. Resultante de la unión de varias nubes de puntos y comprobación de la unión. 2014. Proyecto de recuperación del Patio Sur antiguo cementerio medieval de la Iglesia de San Juan del Hospital de Valencia. Fase de investigación.

Para comprobar si existe o no un desfase entre nubes es importante comprobar las esquinas. Para ello y como mejor se puede ver es realizando una sección y visualizando únicamente una rebanada.

Seleccionamos dos escaneados unidos y pinchamos dos puntos que definirán el espesor de la rebanada, verificando así la correcta unión de las nubes de puntos. (Imagen 6).

### 2.1.3 Limpieza de ruido

El ruido, anteriormente mencionado, son todas aquellas figuras y elementos impropios del elemento estudiado que dificultan la comprensión de este, arrojan sombras al edificio y desaparecen datos laboriosos de recuperar, es por ello, que en la medida de lo posible, es recomendable retirarlos previamente ya que en gabinete retrasan el trabajo. (Imagen 7). Sin

embargo, en muchas ocasiones esto es muy complejo o prácticamente imposible: árboles, mobiliario, personas, coches e incluso los rayos de luz solares, son captados por las estaciones de escáner y quedan registrados. [6]

Como hemos obtenido la información en 3D, es relativamente sencillo eliminar aquellos objetos no deseados en el modelo. La manera de seleccionar y eliminar puntos no deseados de la nube es bastante sencilla. En nuestro caso hemos eliminado personas, vegetación, y automóviles. La lista de objetos a eliminar de cada zona una vez unida la nube, varía de un proyecto a otro y sería absurdo esperar a que esto sea un proceso enteramente automático. Para que el proceso fuese meramente automático, se le debería programar al escáner mediante el algoritmo que permite eliminar aquellos datos según una distancia mínima y determinando el número de puntos.[6]

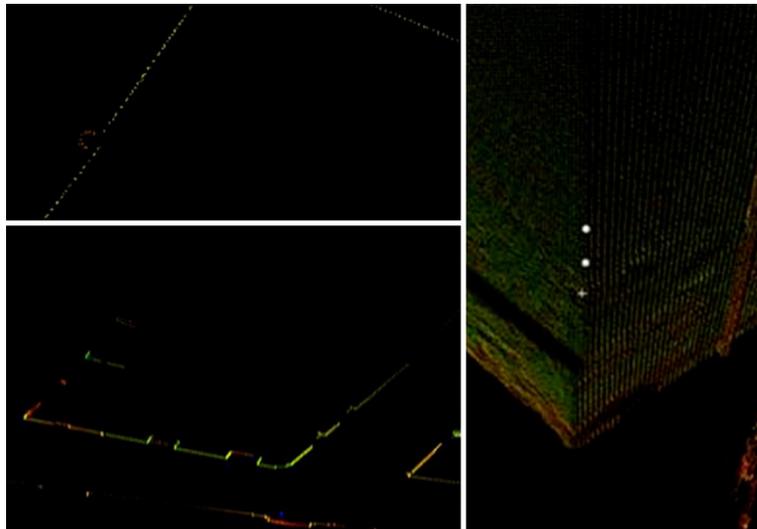


Imagen 6. Primero se seleccionan dos puntos. Selección de dos puntos (imagen de la izquierda) Después se crea la rebanada comprendida entre los dos puntos seleccionados. (imagen inferior izquierda). Por último se verifica la correcta unión de la nubes de puntos. 2014. Proyecto de recuperación del Patio Sur antiguo cementerio medieval de la Iglesia de San Juan del Hospital de Valencia. Fase de investigación.

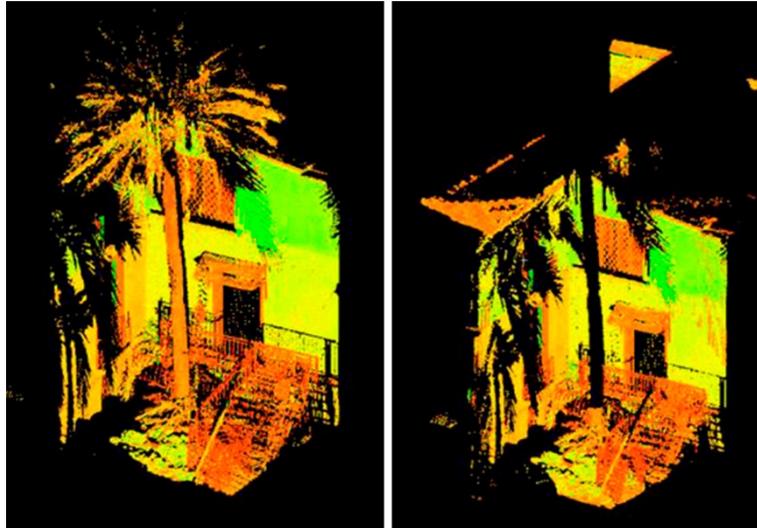


Imagen 7. En la imagen de la izquierda se observa el ruido generado por la vegetación existente. En la imagen de la derecha se han eliminado los elementos impropios en consecuencia se observa la sombra generada por el ruido. 2014. Proyecto de recuperación del Patio Sur antiguo cementerio medieval de la Iglesia de San Juan del Hospital de Valencia. Fase de investigación.

## 2.2 POSIBLES PROBLEMAS EN LA UNIÓN INCORRECTA DE NUBES DE PUNTOS

Es importante asegurar que las uniones están correctamente fusionadas en todas las áreas del escaneado. Es decir, es recomendable aislar partes críticas donde los errores hayan podido acumularse, se aconseja que las áreas que se decida chequear estén situadas a diferentes cotas. Las nubes de puntos pueden solaparse incorrectamente y tener desfase en alguna de las partes tal y como se muestra en la imagen.[6] (Imagen 8).

En estas imágenes se puede observar que en la esquina del edificio, las nubes de puntos no se han solapado bien. Concretamente, la nube de tono verde y la nube de tono amarillo de la imagen tienen un desfase de hasta 10 centímetros, con lo cual se debe corregir este error.

### 2.2.1 METODOLOGÍA. AISLAR EL ESCANEADO DEFECTUOSO

Una vez que se ha descubierto el error se tiene que proceder a corregirlo con una metodología ordenada. Principalmente, se debe encontrar el escaneado o escaneados que están desfasados. Para ello se selecciona un punto que claramente pertenezca a la nube desfasada y abriendo la tabla de información del elemento, sabremos a qué escaneado pertenece. Este chequeo lo haremos mediante el comando "Scan Name".

La segunda propiedad es que el comando "Scan Name", nos dice a qué escaneado pertenece el punto de la nube desfasada. Siguiendo esta misma ruta, localizaremos todos los escaneados unidos incorrectamente. Un dato a tener en cuenta, es que debemos hacer esta operación en la unión inicial donde cada escaneado es una entidad independiente. Una vez fusionadas todas las nubes la información "Scan Name" ya no aparecerá.[6]

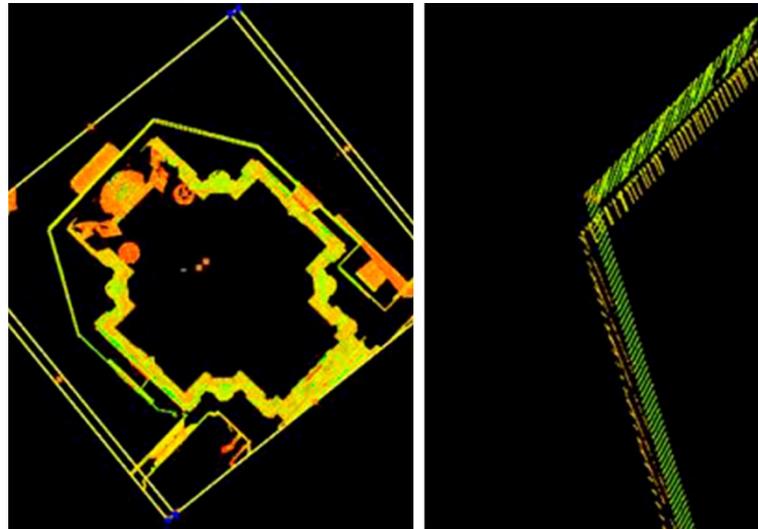


Imagen 8. Imagen de la izquierda área seleccionada para revisión de desfase de nubes. Imagen de la derecha comprobación y verificación del desfase entre las nubes. 2014. Proyecto de recuperación del Patio Sur antiguo cementerio medieval de la Iglesia de San Juan del Hospital de Valencia. Fase de investigación.

### 2.2.2 CONCRETAR LA MANERA DE ACTUACIÓN

Dependiendo del volumen de puntos desfasados y del error de desfase se procederá a solucionar el problema de un modo u otro.

Si el desfase es de hasta 4 o 5 mm, se asumirá el error y se continuará el modelo. Sin embargo, es necesario aislar las nubes de puntos incorrectamente unidas para poder ocultarlas o borrar las partes que no aporten más información.

Si el desfase es mayor a 4 o 5 mm, se procederá a realizar el proceso de unión de nuevo. Es recomendable utilizar una forma de unión diferente, es decir, lo ideal es unir desde las nubes centrales del espacio hacia afuera. De esta manera, el error será menor. Así mismo, es recomendable unir las nubes de dos en dos para ir aislando errores, y en caso de que los puntos de control fallen, se procederá a la unión por puntos en común. Cada vez que se unan dos nubes se chequeará el modelo de la unión resultante para comprobar que no hay ninguna nube desfasada. Para ello, se usará el comando "limit box", que puede aislar partes del modelo y se pueden observar más detenidamente. Si es necesario se procederá a crear un "limit box" y un nuevo espacio para el modelo usando el comando "Model Space", para que un mayor número de puntos escaneados se reflejen en la pantalla de nuestro equipo. Este procedimiento es más costoso, pero asegura un buen resultado. El problema de este proceso es que al realizar la unión de nuevo, no se guardan los cambios que puedas haber realizado en la anterior unión, es decir, los trabajos de limpieza de ruido tienen que volver a hacerse. [6]

### 3 CONCLUSIONES

La metodología utilizada para el tratamiento de la nube de puntos, se ha centrado en la comprobación meticulosa de la unión de cada escaneado consiguiendo un modelo completo con valores máximos de error de 2 mm. Este levantamiento nos permitirá comprobar posibles errores en levantamientos gráficos existentes realizados con instrumentos de toma de datos tradicionales.

La presente comunicación muestra los resultados del escaneado láser y del tratamiento de la nube de puntos como primera fase de una línea de investigación más ambiciosa que se encuentra en desarrollo. Esta primera fase es imprescindible para realizar un modelado fidedigno mediante metodología BIM.

El objetivo final de la línea de investigación tratará de estudiar las ventajas de generar un único modelo de información BIM modelado a partir de la nube de puntos, que permita ampliar y actualizar la información de otras disciplinas que complementan el estudio de un bien arquitectónico (arqueología, ingeniería e historia) según se vaya profundizando en él.

La difusión de los resultados de las fases pendientes de desarrollo se publicará tras la ejecución de los estudios necesarios.

### 4 REFERENCIAS

- [1] Angulo Fornos, R., 2012. *Construcción de la base gráfica para un sistema de información y gestión del patrimonio arquitectónico: Casa de Hylas, Arqueología de la Arquitectura*, no 9, pp. 11-25.
- [2] VV.AA., 2000. *Plan director del templo de San Juan del Hospital de Valencia*. Valencia.
- [3] Leica Geosystems, 2014. *Leica ScanStation C5 Escáner láser escalable*. [http://www.leica-geosystems.es/es/Leica-ScanStation-C5\\_94573.htm](http://www.leica-geosystems.es/es/Leica-ScanStation-C5_94573.htm).
- [4] Roca, J. Marambio, A., 2006. *Modelos Digitales de Nubes de Puntos de la Habana Vieja, Cuba*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- [5] García – Gómez, I., Fernández de Gorostiza López de Viñaspre, M. Mesanza Moraza, A. 2011. *Láser escáner y nubes de puntos. Un horizonte aplicado al análisis arqueológico de edificios*, Arqueología de la Arquitectura, no 8, pp. 25-44
- [6] March Oliver, R., 2014. *Manual de Metodología de tratamiento de nubes de puntos*. Valencia.

<b>TÍTULO</b>	Ventajas de la interoperabilidad entre BIM y FM
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	BIM y Facility Management
<b>AUTOR / ES</b>	GARCIA GARCIA, David Ignacio MARIN DITO, José Ignacio
<b>INSTITUCIÓN</b>	BaboonLab (FM:Systems Business Partner)
<b>DIRECCIÓN</b>	c/ Alfonso I 17, 5ª Planta, 50003, Zaragoza, España
<b>E-MAIL</b>	david.garcia@baboonlab.com
<b>TELÉFONO</b>	+34 699705854
<b>FAX</b>	+34 976916047

## VENTAJAS DE LA INTEROPERABILIDAD ENTRE BIM Y FM

**Autores: García García, David Ignacio (1), Marín Dito, José Ingacio (2)**

(1) CEO en BaboonLab, david.garcia@baboonlab.com

(2) COO en BaboonLab, ignacio.marin@baboonlab.com

### RESUMEN

El objeto de estudio se centra en la integración de BIM y FM en la última ampliación de la universidad Xavier en Cincinnati, Ohio.

El modelo BIM fue desarrollado con Revit, insertando los datos de producto y documentación, creando una lista de inventario que agilizó el proceso de vuelco de datos con mayor eficacia y precisión.

Durante el proceso previo a la ocupación, también se pudieron planificar los espacios y el mantenimiento. De esta forma la transición en la gestión fue suavizada amortizando a su vez la inversión en BIM para el ciclo de vida del edificio.

La bidireccionalidad entre el software de Autodesk y FM:Interact, gracias al plug-in, permite editar tanto en Revit como en el navegador, al igual que elegir qué parámetros de familias mapear a la base de datos de FM.

La solución permite al equipo de FM sin conocimientos previos de BIM consultar una plataforma web para pc y móviles de gestión con toda la información necesaria junto con una vista 3D del edificio.

La información suministrada por BIM permitió generar unos informes detallados que dieron como resultado un plan decenal para FM con un aumento de presupuesto de 750.000\$ a 12M\$ anual.

**Palabras clave:** *eficacia, interoperabilidad, planificación, precisión, rendimiento*

## 1 INTRODUCCIÓN

Desde la integración de BIM en España cada vez son más los proyectos realizados con modelos de información y mayor su calidad e información contenida. La forma y el estándar de modelado en cada equipo han estado destinados a la finalidad del propio modelo, y dado que en escasos ejemplos el proceso de desarrollo integrado BIM se ha desarrollado en su totalidad contando con todos los agentes involucrados en el proyecto, dichos objetivos se traducían en qué beneficios pretendían obtener o cuál era el compromiso final de cada uno de dichos agentes [1] [2].

Es en este momento donde hay que pensar en la utilidad de BIM para el ciclo de vida del edificio. El archivo de intercambio desarrollado por los profesionales en las respectivas disciplinas debe concebirse y tratarse como huella del trabajo y el diseño que acometen.

Pongamos como ejemplo el despacho de arquitectura que genera una distribución de espacios que posteriormente deberán ser gestionados o quien diseña unas instalaciones que necesitarán ser mantenidas bajo una planificación detallada y registrada. El modelo BIM se levanta y desarrolla junto con el proyecto, pero puede perdurar junto con el edificio y su gestión, quedando así preparado para posteriores reformas o ampliaciones. Es importante anotar que incluir la información de elementos como equipos mecánicos nos permite calcular y facilita la toma de decisiones de la instalación de determinados activos u otros.

## 2 AMPLIANDO LOS USOS DE BIM

Como ya conocemos actualmente, podemos beneficiarnos al contar con BIM de una mejora de la planificación, visualización, aumento de la productividad y coordinación, estimaciones, fases, análisis y documentación para la fabricación. A todas estas ventajas hay que sumar la posibilidad de incorporar información y estandarizar el modelado y su nomenclatura para la gestión de edificios, pero antes hay que tener claro cuáles son las posibilidades y necesidades de este enfoque [3]:

### 2.1 Gestión de espacios

En este caso utilizamos BIM para distribuir, gestionar y realizar seguimientos de espacios y sus instalaciones comprendidas. Un adecuado modelo de información para el equipo de gestión permite analizar el uso existente y planificar transiciones de futuros cambios, por lo que podemos asegurarnos el uso correcto y óptimo del espacio a la vez que actualizamos el historial de uso y ocupantes.

Su principal objetivo es identificar con mayor facilidad el espacio, aumentar la eficiencia en la transición y gestión, llevar un registro de los recursos y espacios y planificar necesidades. Para ello se requerirá de un software con integración bidireccional entre el software de gestión y una plataforma BIM de modelado 3D.



Fig. 1 Gestión de espacios. 2014. FM:Systems

## 2.2 Gestión de activos

Proceso por el cual un sistema de gestión organizado y recomendablemente bidireccional con el modelo BIM ayuda a los Facility Managers a tener localizados sus bienes y activos físicos, de sistemas, de entorno y equipamiento para ser controlados y gestionados eficientemente. Este sistema de gestión debe procurar estar adaptado y asegurar el beneficio de la propiedad y los usuarios de la manera más efectiva. Sirve de ayuda en las tomas de decisiones financieras, planificaciones desde corto a largo plazo y desarrollar pedidos progresivos y planificados. Éste módulo permite poblar la solución de gestión de activos desde el modelo BIM al igual que añadir parámetros de gestión desde el software de Facility Management en los elementos del modelo siempre y cuando tengamos una bidireccionalidad entre ambas plataformas [4].

Es de destacar la capacidad del software de acumular acciones de mantenimiento o reparaciones, documentos de usuario y/o manuales y especificaciones del equipamiento con enlace y descarga directa para un fácil y rápido acceso. De igual manera mantiene actualizada la información y documentos de garantía, mejoras, reemplazos, deterioro y/o daños.

## 2.3 Planificación del mantenimiento

Es un proceso en el cual la funcionalidad de la estructura del edificio y su equipamiento son mantenidos durante su vida operativa. Un mantenimiento adecuado y correcto mejorará el rendimiento del edificio, reducirá reparaciones y los propios costes del mantenimiento en sí mismo.

Podremos planificar acciones de mantenimiento proactivamente y situar al personal apropiadamente aumentando su rendimiento, reducir el mantenimiento correctivo y las reparaciones de emergencia y generar informes que mejoren el plan de actuación.

Ya nombrado en puntos anteriores, la conectividad entre la herramienta BIM y FM es crucial añadiendo en esta situación la posibilidad de visualización del modelo en 3D por parte del equipo de mantenimiento dentro del software de Facilities mientras que generan informes de actividad del mantenimiento o de reparaciones entre otras acciones.

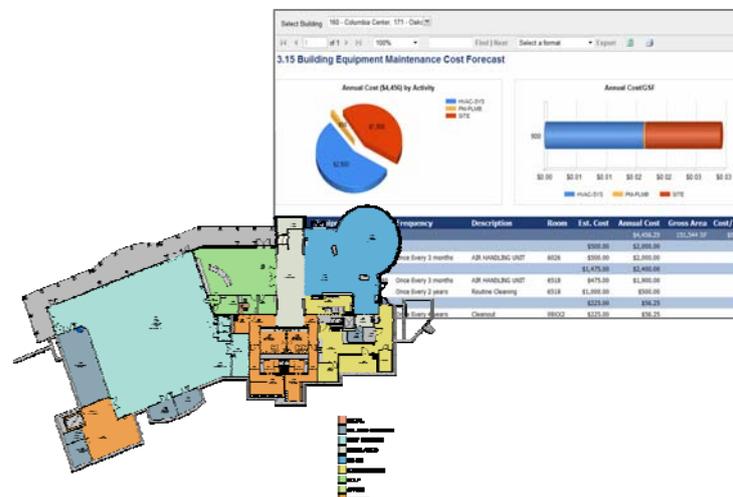


Fig. 2 Planificación del mantenimiento. 2014. FM:Systems

## **2.4 Análisis de funcionamiento del edificio**

Con este proceso se mide el rendimiento del edificio comparado a un diseño específico. Esto incluye cómo opera el sistema mecánico y cuánta energía consume el edificio en su totalidad. También corresponden a este apartado otros análisis como estudios de fachadas ventiladas, iluminación y solares.

El objetivo de este análisis es asegurar que el edificio está comportándose como en diseño y según estándares de sostenibilidad, identificar oportunidades para modificar intervenciones en el sistema para mejorar el rendimiento y crear escenarios de hipótesis cambiando diferentes materiales del edificio y comprobando el aumento o decrecimiento de las condiciones [5]

## **2.5 Otros aspectos relevantes en la gestión de edificios**

Para tener un conocimiento general de las tareas que competen a un Facility Manager y determinar ciertos requerimientos o toma de decisiones a la hora de elaborar el modelo, recordaremos otros conceptos paralelos. Algunos de los espacios de trabajo o salas comunes o colaborativas podrán ser reservadas bajo un calendario gestionado y programado desde el software de gestión. Los elementos no solo deben estar bien definidos para el inventario de activos, sino que es de gran importancia tenerlos registrados para posibles movimientos internos de personal o nuevas incorporaciones que conlleven la recolocación de mobiliario u otro tipo de inmovilizado como ordenadores que puedan estar vinculados al trabajador y que se desplacen con él. Todos estos movimientos y reestructuraciones se llevarán a cabo con diferentes hipótesis de cálculo bien elaboradas en el módulo de planeamiento estratégico de la plataforma de Facility Management. También hay que tener en cuenta las futuras reformas y ampliaciones de los edificios que serán de nuevo proyectos paralelos a la actividad presente de la empresa y podrán desarrollarse en el actual modelo BIM que mantendremos vivo gracias a la bidireccionalidad de las plataformas FM y BIM. Por último y no menos importante en relación con el resto estaremos pendientes de incluir la información que aporte un beneficio en la gestión de alquileres del portfolio de la empresa, ya sean edificios, plantas, locales o incluso objetos de menor tamaño igualmente importantes como la flota o cajeros automáticos en caso de las entidades bancarias. Teniendo en cuenta esta información requerida durante la ocupación, sabremos modelar con criterio nuestro proyecto en BIM y sincronizarlo con éxito.

## **3 RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN DE OBJETIVOS**

Es de gran importancia antes de definir a pequeña escala el modelo BIM saber cuáles son nuestras necesidades de información para la gestión de edificios y el mantenimiento y cómo determinarlas.

El enfoque en la universidad Xavier fue comenzar en una fase inicial del proyecto donde las partes interesadas pudiesen reunir dichas necesidades para que fuesen contempladas en el desarrollo del modelo y donde todo podía ser implementado fácilmente. Son cuatro las principales preguntas o enfoques que un equipo debe cuestionarse [6]:

1. ¿Qué elementos e información del edificio se están registrando actualmente en el modelo y qué otras sería beneficioso registrar (ejemplo: zonas, mobiliario y habitaciones)?
2. ¿Qué información es conveniente mostrar geoméricamente (en el modelo) y qué información se debe registrar en las tablas o bases de datos?
3. ¿Cuál es el nivel de desarrollo y/o detalle necesario para cada uno de los elementos contenidos?
4. ¿Cuáles son las propiedades o datos de las instalaciones del edificio que deben ser documentadas, incluyendo aquellas que ya lo están y las que sería beneficioso incluir?

Una vez finalizadas las reuniones, informes y sesiones, dieron como resultados principales los siguientes puntos enfocados siempre a las tareas y necesidades previas a la ocupación y tras el comienzo del uso del edificio.

Previo a la ocupación:

- Comenzar la planificación del mantenimiento y de los espacios
- Inserción de documentos e información de los elementos y productos del edificio
- Generación del inventario de activos y equipamiento
- Agilizar el proceso de traspaso de la información al sistema de gestión

Una vez localizados los elementos y la información a reunir se genera un documento de estandarización que contemple de igual forma una nomenclatura adecuada para su categorización en lo que podría ser una estructura desglosada y organizada de los elementos.

Los beneficios principales de la ejecución de esta iniciativa sobre la fase posterior al inicio de la ocupación fueron:

- Suavizar la transición de las operaciones de Facility Management
- Amortizar la inversión de BIM sobre el ciclo de vida del edificio
- Mayor eficiencia, precisión y rapidez en la creación de datos e información
- El modelo BIM está preparado para futuros proyectos de rehabilitación, reformas y ampliaciones

Por mencionar algunos de los objetivos que la propiedad tenía para la gestión, nombrar la visualización y diferenciación de las superficies útiles, construidas, asignables como compartidas, dedicadas o comunes y superficies rentables. Otros fines que se definieron son

la posibilidad de generar informes con información clave sobre datos en un servidor seguro, el registro de ocupación con total bidireccionalidad con el software BIM, la inclusión de los planos de evacuación de emergencia desde Revit, el histórico de mantenimientos y reparaciones para equipos mecánicos e instalaciones así como la previsión de gastos durante el ciclo de vida del edificio.

## 4 CASO PRÁCTICO: LA UNIVERSIDAD XAVIER

### 4.1 La universidad y el proyecto de ampliación

La universidad Xavier, localizada en Ohio, Cincinnati, fue fundada en 1831 y tiene un total de 7000 alumnos y 70 edificios valorados por encima de los dos millones de dólares para gestionar.

El proyecto acometido consistía en ampliar un 25% la totalidad del campus universitario con 4 nuevos edificios y uno de los objetivos era utilizar BIM para ayudar en el diseño y la construcción. Un proyecto con 117 millones de dólares de presupuesto que alcanzaba el récord de capital para el sector educacional.



Fig. 3 Ampliación de la universidad Xavier. 2014. Xavier University

### 4.2 BIM, la conexión entre la constructora con el equipo de FM

El departamento de Facility Management de la universidad, liderado por Greg Meyer, conocía ya los esfuerzos del vuelco de información con los edificios ya existentes y preveía que esta ampliación necesitaría la dedicación de dos personas para la recopilación e inserción de datos durante dos años completos, es decir, un esfuerzo de enormes proporciones en tiempo y dinero a lo que se añade la incapacidad de gestionar por completo dichas instalaciones durante este periodo.

Una de las reflexiones de Greg Meyer era preguntarse por qué tenían que introducir toda la información manualmente cuando la constructora ya tenía todos los datos recopilados y organizados en el modelo BIM.

La constructora, Messer Construction Co., realizó la ejecución del proyecto con software de Autodesk, más particularmente Autodesk Revit y Autodesk Navisworks. Como ya conocemos, estas plataformas trabajan sobre un entorno BIM por lo que la información del proyecto estaba contenida en sus modelos. La alianza entre Autodesk y FM:Systems se vio plasmada con el plugin de Revit, elaborado por el desarrollador de software de Facility Management, con el cual se realizó toda la sincronización de la base de datos así como los aspectos gráficos de los edificios.

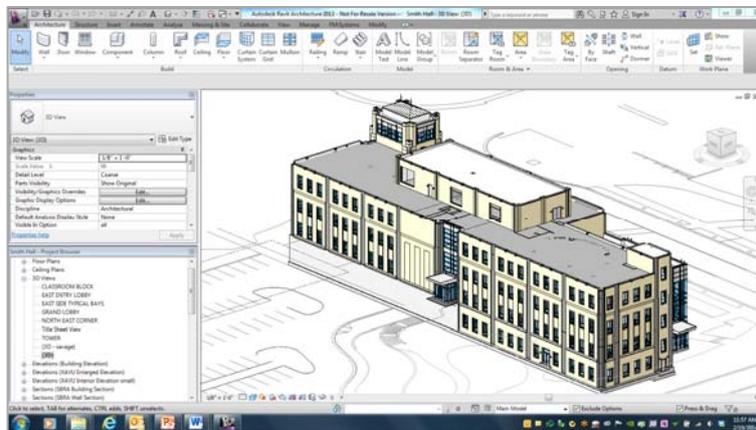


Fig. 4 Modelo BIM de Xavier University. 2013. Messer Construction Co.

Desde la fase de ejecución se fueron planificando los espacios e introduciendo parámetros e información relevante al ciclo de vida del edificio. Tipo de espacios, departamentos, códigos, empleados... todos ellos introducidos desde Autodesk Revit antes del fin de obra y de la ocupación del edificio. También se tuvieron en cuenta otros parámetros como longevidad de los activos, costes de reemplazamiento y con ellos la generación de informes de idoneidad y eficiencia que sirvieron en la toma de decisiones de diseño ahorrando grandes cantidades económicas.

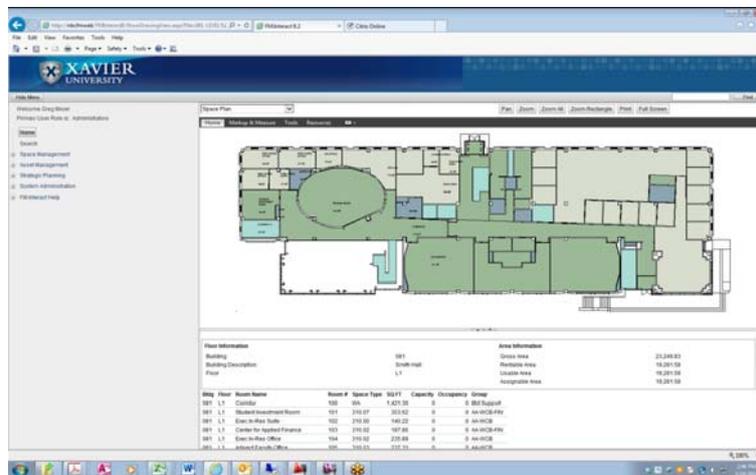


Fig. 5 Space Management Module FM:Interact. 2014. FM:Systems

### 4.3 Lecciones aprendidas

Una vez generados los modelos y terminado el proceso de sincronización con el software de gestión, todos los agentes involucrados en el proceso llegaron a las mismas conclusiones.

Desde un punto de vista macro, coincidían que el modelo seguía habiéndose generado mirando más los beneficios directos con el diseño y la construcción, faltando un enfoque más cercano a Facility Management. Los contratistas que intervinieron trabajaban en varias plataformas BIM, lo que ralentizó la conversión y el tratamiento del proyecto. El LOD del proyecto debía haberse planificado en una fase más temprana a la que se realizó para integrar eficientemente los sistemas de mantenimiento y espacios.

En una escala micro, se dieron cuenta que la mayoría de las instalaciones mecánicas, eléctricas y de fontanería (MEP – Mechanical, Electrical & Plumbing) no fueron modeladas en BIM por sus diseñadores, esto ralentizó considerablemente el proceso. Así mismo se tuvieron que desarrollar unos estándares para la delineación de los espacios con finalidades de FM, nomenclaturas para clasificaciones de espacios o acabados de muros y fachadas así como la creación de categorías de superficies y espacios.

Para los edificios de nueva construcción destacaron que la inclusión del desarrollo del modelo BIM para Facility Management debía contemplarse en las directrices del proyecto y de elementos de entrega y que los equipos debían tener una comprensión de BIM. Para edificios existentes, la rentabilidad del coste extra por el levantamiento en BIM era evidente, simplemente hubo que definir el LOD acorde con las necesidades de FM.

### 4.4 Otro caso posterior: The MathWorks, Inc.

La redacción del informe de Xavier’s University y las lecciones aprendidas tras el proyecto sirvieron a FM:Systems para aconsejar a The MathWorks, Inc. antes y durante el diseño y la ejecución de su nuevo edificio, 4 plantas con un sumatorio de 17.000 metros cuadrados con una cafetería para 300 personas y varias zonas de servicio comunes.

Category	Property	Value
Packaged RTU's	Manufacturer	AADI
	Model Number	RL-055
	Serial Number	
	RTU Type	
	Fuel Source	
	Refrigerant Type	
	Size (Tonnage)	15.2
	Voltage	460
	Amperage	
	Condensor Boilers	Manufacturer
Model Number		FBN-2000
Serial Number		
Boiler Type		Crest Commercial Boiler
Size (MBH)		3.075
BTU Input		2.000 MBH
BTU Output		1.840 MBH
Stack Size (dia)		
Modulator Motor Size (HP)		
Voltage		200

Fig. 6 Tabla de requerimientos de BIM. 2012. The MathWorks, Inc.

Se generaron desde un principio unas directrices y requerimientos de entregas detalladas para el modelado BIM y su desarrollo fue un tema planificado en las reuniones para mejorar su gestión y calidad durante todas las fases del proyecto. En estas directrices estaban incluidos los requerimientos para la sincronización del software de gestión desde el comienzo.

Toda la información necesaria para poblar las bases de datos fue incluida desde la fase inicial al igual que la información de espacios e instalaciones. Esto permitió empezar la gestión desde el principio de la ocupación e incluso planificar todo el mantenimiento antes de la finalización total de la obra. Todo ello pudo llevarse a cabo gracias a una fuerte comprensión del proyecto junto con BIM y su información, con la iniciativa de la propiedad al involucrarse en la toma de decisiones y gracias al apoyo externo de consultores en materia BIM que incluyeron gran parte de la información supliendo determinadas carencias de los agentes ya pertenecientes al proyecto.

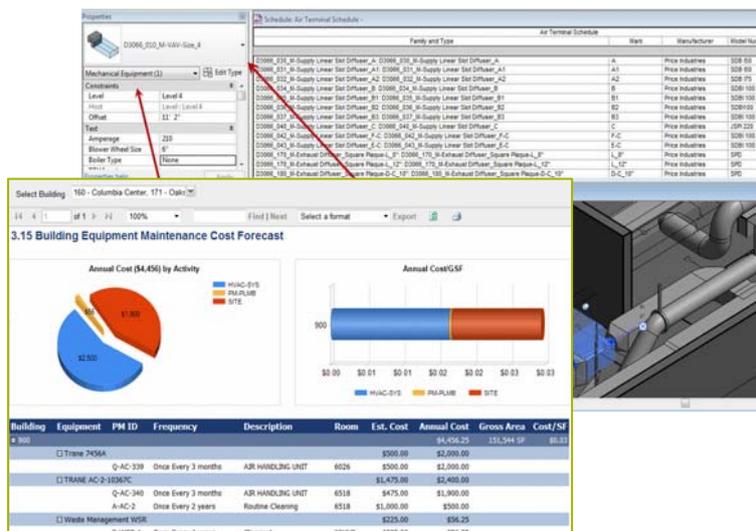


Fig. 7 Facility Maintenance. 2012. FM:Systems

## 5 CONCLUSIONES: ¿POR QUÉ SE RETRASA LA IMPLEMENTACIÓN?

### 5.1 Problema 1: La "O" tiene doble personalidad

La operatividad del modelo con las necesidades de la gestión de edificios se puede interrelacionar de una forma rápida y exitosa, aunque sin una planificación previa la información exportada no se comunica bien entre sí.

La visión final de contar en la gestión del edificio con el modelo BIM debe incluirse desde el principio y en cada una de las fases del proyecto. Los datos de FM y los requerimientos de modelaje deben estar claros, articulados y compartidos.

## 5.2 Problema 2: Confusión en torno a LOD

Si un elemento del modelo ha demostrado ser valioso para el equipo de trabajo, éste debe ser quien determine el LOD necesario para conseguir un beneficio específico de dicho elemento. El nivel de información (Data) y de desarrollo (Development) o detalle (Detail) del proyecto puede llevarnos a sembrar confusiones que nos hagan ver el levantamiento del modelo como una compleja y laboriosa tarea. Éste concepto se puede sintetizar en lo desalentador que parece el objetivo del LOD 500.

Podemos abordar esta situación documentando de forma clara los objetivos y tareas a llevar a cabo para el campo de Facility Management en unas directrices en las que un entorno híbrido puede ser una solución y donde lo importante es echarse a andar.

## 5.3 Problema 3: Falta de “Experiencia BIM”

Todavía son escasos los estudios, despachos y firmas de AEC no solo en España sino en el panorama internacional que tienen una gran experiencia interna o legado BIM. Todavía existen ciertos temores para desarrollar y plantear una gran inversión en la materia. Es este hecho el que no permite obtener una totalidad de los beneficios creando cierto desconocimiento del impacto que puede tener.

Es en este momento donde el cambio interno ha de producirse, bien apoyándose en un proveedor externo o consultor con amplio conocimiento en BIM, invirtiendo en nuevo personal motivado y con experiencia y/o articulando un plan de inversión que nos acerque a comprender dicho impacto en el sector y en nuestros proyectos, ya sea para la fase de diseño como en la fase última del ciclo de vida del edificio.

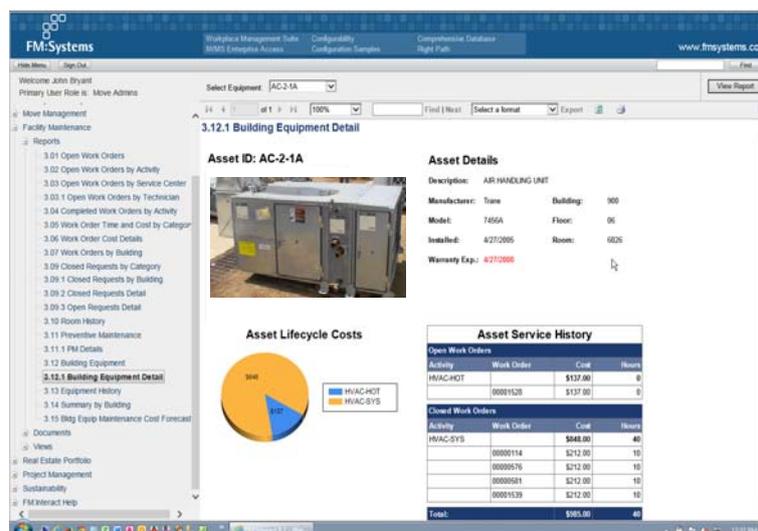


Fig. 8 Ficha de Equipo Mecánico sincronizado entre Revit y FM:Interact. 2014. FM:Systems

## **6 REFERENCIAS**

- [1] Teicholz, Paul (Ed.); IFMA Foundation (2013), “BIM for Facility Managers“, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA
  
- [2] Autodesk, Inc. (2013), “Customer Success Story: Xavier University Messer Construction Co. FM:Systems” [Brochure], Author, CA, USA
  
- [3] Shen, W.; Shen, Q. (2011), “Bim-based user pre-occupancy evaluation method for supporting the designer-client communication in design stage”, en Wamelink, J.W.F., Geraedts, R. P.; Volker, L. (Eds.), Proceedings of MISBE2011 - International Conference: Management and Innovation for a Sustainable Built Environment, 20 – 23 June 2011, Amsterdam, The Netherlands. Delft, The Netherlands: Delft University of Technology
  
- [4] The National 3D-4D-BIM Program. (2011). “GSA Building Information Modeling Guide Series: 08 – GSA BIM Guide for Facility Management”. Version 1.0, December, Office of Design and Construction, Public Buildings Service, U.S. General Services Administration, DC, USA
  
- [5] Computer Integrated Construction Research Program. (2013). “BIM Planning Guide for Facility Owners”. Version 2.0, June, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA
  
- [6] Computer Integrated Construction Research Program. (2011). “BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.1.” May, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA

2º Congreso Nacional BIM - EUBIM 2014

*Encuentro de Usuarios BIM*

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación  
Universitat Politècnica de València  
Valencia, 23 y 24 de mayo 2014*



## CASOS DE ÉXITO DE IMPLANTACIÓN BIM

<b>TÍTULO</b>	Uso de BIM en proyectos de gran escala
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	Casos de Exito de implantación BIM
<b>AUTOR / ES</b>	Real, M. Lucrecia
<b>INSTITUCIÓN</b>	MWH Argentina
<b>DIRECCIÓN</b>	Ministro Brin 2651 – Lanús Oeste – Buenos Aires - Argentina
<b>E-MAIL</b>	diazreal@speedy.com.ar
<b>TELÉFONO</b>	+54 9 11 33225584
<b>FAX</b>	

## USO DE BIM EN PROYECTOS DE GRAN ESCALA

**Autora: Real, M. Lucrecia**

dirección de correo electrónico [diazreal@speedy.com.ar](mailto:diazreal@speedy.com.ar)

### RESUMEN

En proyectos atípicos como presas y esclusas de navegación, el proceso BIM ha apoyado a MWH, con equipos de diseño trabajando en diferentes ubicaciones geográficas; a mejorar la calidad del diseño, aumentar la productividad, gestionar eficientemente los cambios, y a facilitar la comunicación con los clientes y constructores a través de las visualizaciones de los modelos 3D.

La necesidad de avanzar en el diseño de varios elementos en paralelo, permitió integrar rápidamente los modelos con una mejor coordinación; y en última instancia, ahorrar tiempo y dinero.

Como una de las primeras aplicaciones de BIM a proyectos de gran envergadura, se han producido algunas "lecciones aprendidas". La transición de diseño 2D al proceso basados en modelos 3D inteligentes hizo modificar el flujo de trabajo, lo que implicó un tiempo de formación e implementación del sistema en la compañía. Después de haber hecho la inversión para adaptar el flujo de trabajo BIM y la aplicación del software en los proyectos, MWH tiene ahora una plantilla para proyectos de complejidad similar en el futuro.

BIM ha aportado un valor significativo en todas las fases del ciclo de vida del proyecto, pero BIM se convertirá en el nexo vital entre la creación y gestión de activos, impulsando la eficiencia a lo largo del ciclo de vida para mejorar la utilización de los recursos.

**Palabras clave:** *Gran Escala, Exclusas, Presas, MWH*

### 1 INTRODUCCIÓN

La mayor complejidad en las construcciones, la creciente velocidad de cambios en los proyectos, la disminución en los plazos de entrega, la mayor competencia y la imperiosa necesidad de optimizar los recursos, generan que el proceso de coordinación de un proyecto constructivo sea una tarea de creciente complejidad.

Aún hoy, gran parte de las empresas de Ingeniería no generan información tridimensional como parte de las entregas de los proyectos que realizan. Es usual que el producto final generado por las distintas disciplinas sea entregado en planos bidimensionales que no permiten la visualización de conflictos entre éstas.

A partir de proyectos bidimensionales, la coordinación se basa en montar y analizar mentalmente varios planos tratando de encontrar de manera visual donde pudiesen generarse problemas de interferencias entre especialidades. Este es un proceso no sistemático, que no garantiza detectar todos los posibles conflictos, requiere un gran

esfuerzo humano y está sujeto a un alto nivel de error en el proceso de detección de conflictos que no son hallados y solucionados a tiempo.

Este era el desafío en el que nos encontrábamos en el proyecto de la ampliación del Canal de Panamá, obtener una mayor coordinación entre todas las disciplinas, en menor tiempo con un cliente más satisfecho y con documentación final completa.

Sólo lo podíamos lograr con una nueva tecnología: **TECNOLOGÍA BIM.**

Cualquier cambio genera una oposición, que siempre es más grande cuanto más revolucionaria es; y este es un claro ejemplo de ello.

## 2 DISEÑO COLABORATIVO

Actualmente el ingeniero, arquitecto que tenemos como imagen no es una persona sentada delante de una mesa inclinada con papeles, escuadra y lapiceras; ese lugar lo ocupa una persona que trabaja con una computadora consultando con un dispositivo móvil en la obra. Síntoma que hay un cambio de paradigma.

El CAD tiene que dejar el paso al BIM (Building Information modeling), nadie discute las ventajas que introdujo el CAD mejoraba considerablemente la velocidad de trabajo frente al papel, añadía la posibilidad de guardar y recuperar en cualquier momento la información para consultarla o incluso imprimirla, se podían corregir errores.

Pero si lo miramos fríamente, algo que solo permite hacer la distancia temporal, nos daremos cuenta de que la revolución fue relativa, pues no era más que la evolución lógica del lápiz y el papel: el primero se convertía en un ratón para introducir series de puntos con coordenadas en el espacio y el segundo en una pantalla. En ningún momento se cambió realmente la manera de trabajar.

Las diferencias entre BIM y CAD son más que notables, aunque a priori no parezca que hay ninguna porque ambos usan la misma máquina y un software muy similar en apariencia. Sin embargo el BIM no es una herramienta de dibujo, aunque sirva también para dibujar. Su mayor ventaja no es que permita trabajar más rápido, sino que es el almacenamiento de información y la relación que existe entre ella, que al fin y al cabo es de lo que hablan sus siglas: BIM - Building Information Modelling

El primer desafío que tuvimos en la empresa, fue el proyecto del Canal de Panamá una ruta comercial clave que conecta los océanos Pacífico y Atlántico. En el año 2009, la Autoridad del Canal de Panamá anunciaron el proyecto de ampliación del Canal para permitir el paso de buques de mayor tamaño. El proyecto de ampliación incorpora un tercer grupo de esclusas de navegación Post-Panamax., duplicando la capacidad del Canal, brindando beneficios significativos a las economías a nivel local, regional y global. El contrato de diseño-construcción fue adjudicado por las Autoridades del Canal de Panamá (ACP) al consorcio Internacional Grupos Unidos por el Canal (GUPC). Apoyando a GUPC en el diseño, MWH es la compañía líder de diseño, en asociación con Tetra Tech de California e IV Infra de los países Bajos.

Las esclusas levantarán los buques en tránsito desde el nivel de agua del Atlántico o del Pacífico aproximadamente 26 metros al nivel del agua de Lago Gatún. Luego, las esclusas bajarán el buque a nivel del mar en el extremo opuesto del canal.

Las operaciones de levantar y bajar se realizarán en tres etapas a través de tres cámaras: baja, mediana y alta. Con fin de limitar la cantidad de agua desperdiciada por la apertura de las cámaras y para proporcionar el agua suficiente para las operaciones en tiempo de escasez de lluvias, **el nuevo sistema cuenta con tinas de recuperación de agua**. Esto permitirá que los barcos más grandes puedan transitar el Canal utilizando hasta 7% menos agua que en las esclusas existentes.

En el **sector Atlántico**, las obras se ubican con la misma alineación prevista en el intento de ampliación llevado a cabo entre el 1939 y el 1942 al este de las esclusas existentes. Estas viejas excavaciones deberán ser rellenadas para poder fundar las tinas de recuperación de agua. Las tinas se ubican al oeste de la alineación de las esclusas nuevas.

En el **sector Pacífico** las nuevas esclusas se disponen en un lugar único para superar el desnivel entre el océano y el lago Gatún. Por este motivo, un cauce conecta la cuenca superior de las nuevas esclusas directamente con el Corte Culebra, evitando el salto que actualmente existe en Pedro Miguel.



Fig 1. Expansión de la Tercera Esclusa del Canal de Panamá

Esto proyecto implicó el trabajo de diferentes equipos de diseños en 7 ciudades, con desafíos específicos como:

1. Idiomas
2. Zonas geográficas dispersas
3. Diferencias Horarias
4. Softwares de alta complejidad
5. Preocupación corporativa en la seguridad
6. Emisiones de control de cambios múltiples



Fig. 2 Centros de Diseños

Para administrar, proteger, estandarizar y automatizar la forma en que la información se compartía entre las oficinas, se utilizó un sistema de transferencia de archivos que permitió personalizarlo a la medida de las necesidades.

Para el modelado de las estructuras de Hormigón (muros y estructura que contiene las compuertas – Lock Head), se utilizó Revit Structure desde la versión 2008 que era la que estaba disponible en ese momento.

Los componentes que utilizamos para el modelado fueron la clave de nuestra estrategia para prestar un servicio más completo, de mejor calidad, y conseguir ser competitivos y aumentar la satisfacción de nuestro cliente.

Los objetos paramétricos, también denominados familias, constituyeron la base de todo el modelado, con un sistema gráfico abierto para elaborar formas que definen cada parte del proyecto; llegando a la elaboración de todos los detalles constructivos que se están utilizando en la obra.

Un cambio en cualquier componente pudo causar un retraso, mayores costos, y pérdida de tiempo; pero como toda la información se almacenó en una base de datos única y coordinada; cualquier modificación se actualizó automáticamente en todo el modelo. Lo que implicó que en todas las vistas se vea reflejado, minimizando los errores.

Tuvimos un caso concreto de una modificación del hormigón de segunda etapa en los puertos de cada muro de las tres cámaras, que se visualizaba en casi el 30% de las láminas, y en un solo día pudimos actualizar y ajustar todas las visualizaciones donde se encontraba el puerto. Y solo lo pudimos hacer, porque se trataba de un elemento paramétrico y repetitivo que teníamos en la base de datos. Fig. 3

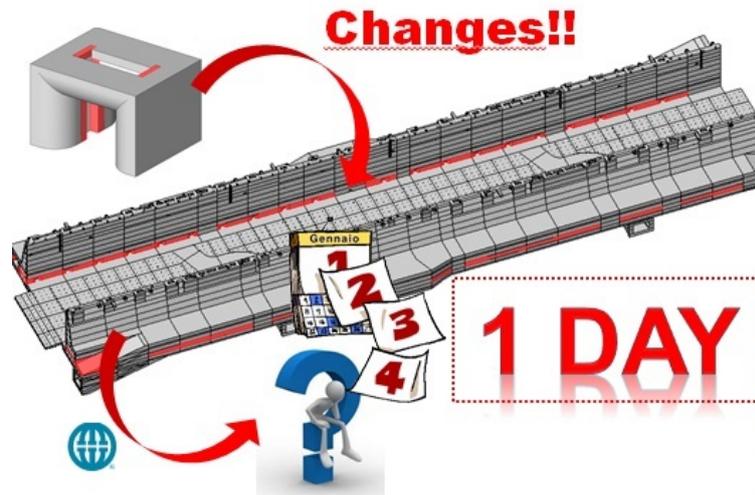


Fig 3. Cambios en Familia Paramétrica

Uno de los momentos claves en el que comenzamos a disfrutar de los beneficios de la productividad de BIM en este proyecto, fue cuando terminé de modelar la cámara alta (Upper Chamber), y comencé a modelar las otras 2 cámaras.

Voy a describir como se compone el proyecto rápidamente. Cada esclusa consta de 3 cámaras como dije anteriormente, cada cámara está compuesta por 23 muros. Al trabajar con elementos paramétricos, pude utilizar los mismos objetos para las tres cámaras, sólo modificándole algún parámetro para que se ajuste a las necesidades del muro.

Ello implicó que el modelo se realizó en muchísimo menos tiempo, bajando casi en un 60% las horas de modelado y la documentación de todas las láminas de las otras dos cámaras.

Las 95 láminas de la cámara alta, nos tomaron aproximadamente 6 horas de trabajo, a diferencia de AutoCAD que lleva aproximadamente 12 horas.

Y para el resto de las cámaras, computarizamos 3 horas por lámina. Y sólo lo pudimos hacer porque trabajábamos con Revit.

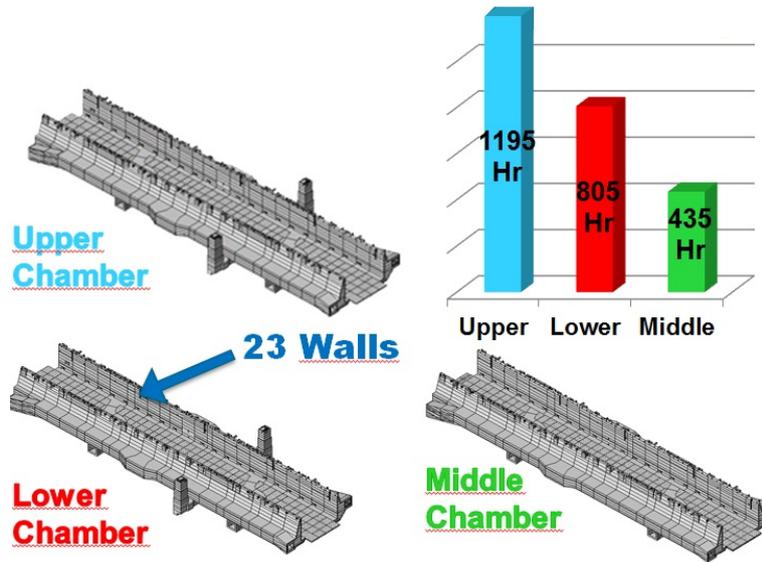


Fig 4. Productividad en Revit

El uso de inteligentes de modelos 3D en el proyecto ha traído beneficios significativos para los equipo de trabajo. Estas herramientas han permitido que las diferentes disciplinas puedan coordinar sus diseños de manera eficiente, ayudándoles a resolver los conflictos de interferencias antes de la construcción y mantener la documentación de construcción más coordinada. Fig.5

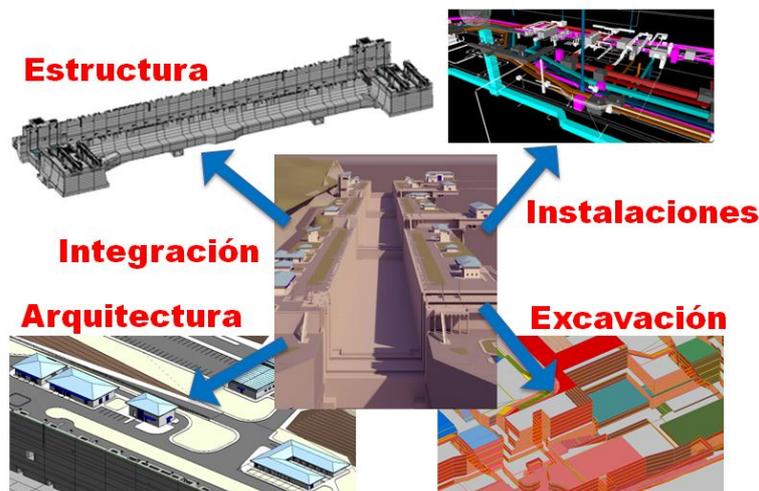


Fig 5. Coordinación de modelos 3D

Los reportes extraídos se utilizaron para las reuniones semanales de coordinación, lo que ayudo también en la comunicación de los involucrados. Fig. 6

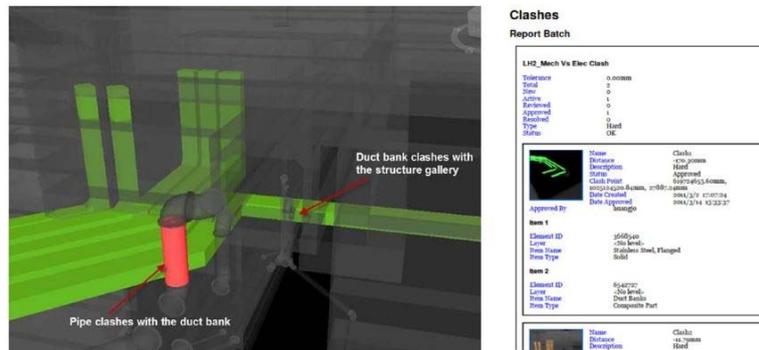


Fig 6. Detección de Interferencias

### 3 PROTOCOLOS

Hay dos conceptos fundamentales que aprendimos en este proceso y que estamos ahora poniendo en práctica en nuestros planes de BIM de cada nuevo proyecto

1. El nivel de detalle (LOD) que debemos definir para cada modelo y en cada etapa del proceso. Fig 7

	LOD 100 –Diseño Conceptual
	LOD 200 –Diseño Esquemático
	LOD 300 –Documentos de Construcción
	LOD 400 –Documentos de Fabricación Shop Drawings
	LOD 500 –Modelo para Mantenimiento

Fig. 7 LOD – Level of Development

2. El Responsable del modelo, que desarrollará el contenido de un elemento de acuerdo a las especificaciones de LOD que se requiera para una fase determinada del proyecto. Fig. 8

Project Name:		BIM Collaboration Matrix (last update 7/19/2011)			
Discipline / Model Name	Company	Office Location	BIM/CAD Software	Software Version	Model Coordinator
Central-A-A-Buildings	MWH	Buenos Aires	Revit Arch	2012	LR
Central-P_A_Buildings	MWH	Buenos Aires	Revit Arch	2012	LR
Central-G-C-Roads	MWH	Buenos Aires	Civil 3D	2012	LR
Central-A-S-Walls	MWH	Buenos Aires	Revit Structure	2012	LR
Central-A-S-LH1	MWH	Buenos Aires	Revit Structure	2012	LR
Central-A-S-LH2	MWH	Buenos Aires	Revit Structure	2012	LR
Central-A-S-LH3	MWH	Buenos Aires	Revit Structure	2012	LR
Central-A-S-LH4	MWH	Buenos Aires	Revit Structure	2012	LR
Central-P-S-Walls	MWH	Chicago	Revit Structure	2012	JH
Central-P-S-LH1	MWH	Chicago	Revit Structure	2012	JH
Central-P-S-LH2	MWH	Chicago	Revit Structure	2012	JH
Central-P-S-LH3	MWH	Chicago	Revit Structure	2012	JH
Central-P-S-LH4	MWH	Chicago	Revit Structure	2012	JH
Central-P-S-Upper	MWH	Chicago	Revit Structure	2012	JH
Central-A-WSB	IV Group	Netherlands	Tekla Xsteel - IFC - RVT		
Central-P-WSB	IV Group	Netherlands	Tekla Xsteel - IFC - RVT		
GateA1-Str	Tetra Tech	Bellevue	Revit Structure	2012	
GateA2-Str	Tetra Tech	Bellevue	Revit Structure	2012	
Central-A-Mep	MWH	Chicago	Revit MEP	2012	JH
Central-P-Mep	MWH	Chicago	Revit MEP	2012	JH
Central-A-M	MWH	Buenos Aires	Revit MEP	2012	LR
Central-P-M	MWH	Buenos Aires	Revit MEP	2012	LR
Central-A-E	MWH	Chicago	AutoCAD Electrical	2012	JH
Excav-A	Sembenelli	Milan	MicroStation InRoads		
Excav-P	Sembenelli	Milan	MicroStation InRoads		

Fig. 8 MEA - Model Element Author

## 4 CONCLUSIÓN

El BIM, tiene diversas ventajas por sobre otros modelos de diseño y construcción:

1. Mejora la comunicación y coordinación interdisciplinaria del proyecto a través de la visualización y el acceso simultáneo de información relevante para cada uno de los participantes.
2. Permite realizar revisiones del sistema de construcción efectivas en proyectos de alta complejidad.
3. Detecta y soluciona interferencias dentro del modelo digital en lugar de encontrar estos problemas durante la etapa de construcción.
4. Permite tener toda la información sobre el proyecto de manera centralizada y no diseminada en diferentes lugares, evitando tener varias versiones de la misma información con los incompatibilidades que esto conlleva.
5. Construye el proyecto digitalmente, analizando diversas alternativas y buscando la manera más eficiente de llevar a cabo la construcción.

Las empresas deben ser capaces de mejorar la productividad y abordar con éxito, en tiempo y presupuesto, proyectos cada vez más complejos.

***La transición a BIM es una decisión empresarial***

***es una decisión de gestión***

***es un proceso de cambio***

<b>TÍTULO</b>	El IM del BIM: building INFORMATION MANAGER
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	3.5 Nuevos Roles
<b>AUTOR / ES</b>	ALBEROLA SALCEDO, Roberto ARCE HERRANZ, Carlos MARTÍN MELCHOR, Borja MARTÍNEZ DE ARCE, Jesús MOLINA MILLÁN, Ignacio
<b>INSTITUCIÓN</b>	BIMpool
<b>DIRECCIÓN</b>	C / Campomanes nº 6, 5º Dcha
<b>E-MAIL</b>	<a href="mailto:info@bimpool.com">info@bimpool.com</a>
<b>TELÉFONO</b>	679 168 924

## EL IM DEL BIM. BUILDING INFORMATION MANAGER

**Autores: Alberola Salcedo, Roberto (1), Arce Herranz, Carlos (2), Martín Melchor, Borja (3), Martínez de Arce, Jesús (4), Molina Millán, Ignacio, (5)**

- (1) BIM pool, Project Management. roberto.alberola@bimpool.com
- (2) BIM pool, Ingeniería. carlos.arce@bimpool.com
- (3) BIM pool, Consultoría. borja.martin@bimpool.com
- (4) BIM pool, Estándares y procesos. jesus.martinez@bimpool.com
- (5) BIM pool, Diseño paramétrico. ignacio.molina@bimpool.com

### RESUMEN

En los proyectos BIM de mediana y gran envergadura que se están desarrollando actualmente en el mundo, la figura del Information Manager es pieza esencial para la gestión eficiente de la información a lo largo del ciclo de vida completo, y especialmente en la transmisión de ésta para el FM.

En el Reino Unido, que lidera el cambio de paradigma a BIM, se está imponiendo un modelo de gestión de proyectos que se articula a través de una serie de documentos (PAS1192, Digital Plan of Works, COBie,..), que intentan asegurar la eficiencia en el intercambio de la información. El papel del IM como garante de la integridad y consistencia de ésta lo ha convertido en un rol imprescindible y obligatorio.

Nuestra experiencia este año dentro de la Bentley Learning Academy de Londres, institución creada para el Proyecto Crossrail, nos ha animado a continuar trabajando en un manual de buenas prácticas al respecto, aunando esfuerzos para conseguir el desarrollo de esa función en España.

Esta presentación expone las carencias de nuestro país en este sentido, estudia la manera de adaptar la metodología existente a nuestro modo de trabajo, y qué mejoras inmediatas podemos obtener al incluir esa posición en los proyectos.

**Palabras clave:** *Crossrail, Information, Manager, PAS1192, UK*

### 1. INTRODUCCIÓN

Es frecuente tema de conversación en los entornos profesionales relacionados con BIM y el sector de la construcción la nueva situación y la gran oportunidad generada en el Reino Unido a partir de la UK Government Construction Strategy de Mayo de 2011. Esta estrategia, impulsada desde el más alto nivel gubernamental, establece la obligatoriedad del uso de BIM en los proyectos desarrollados para la Administración Británica a partir de 2016.

Sin embargo:

- ¿sabemos qué significa esta iniciativa?
- ¿sabemos qué supone?
- ¿cómo hay que relacionarse con los demás agentes?
- ¿qué hay que entregar?

Este documento trata de contestar algunas de estas preguntas y definir someramente:

- Cómo hay que desarrollar y trabajar en los proyectos con los diferentes agentes.  
Esta estrategia supone un cambio revolucionario en la manera en que tenemos que trabajar y comunicarnos con los diferentes intervinientes, ya sea en fase de diseño (arquitectura, estructura, instalaciones, etc), como en las fases de obra, puesta en marcha y explotación. La Estrategia impulsa y exige el trabajo colaborativo como única manera de poder cumplir satisfactoriamente las necesidades del cliente. Para ello se crea el denominado “Common Data Environment” (CDE) o entorno de trabajo colaborativo. Este CDE permite la gestión eficaz y confiable de la información en todas sus fases, permitiendo la existencia de lo que llaman el “single source of truth”.
- Cuál es el rol del Information Manager, que será el agente encargado de gestionar y controlar el flujo de información que se genera en todas las fases y asegurar la obtención de la información necesaria para entregar a la Administración con el fin de que pueda explotar y mantener su patrimonio. Este rol supone una oportunidad de trabajo para muchos profesionales formados en BIM y en el Project Management.

## 2. EL BIM TASK GROUP. MARCO NORMATIVO EN UK

Una serie de documentos, normativas, e iniciativas, focalizadas a través del BIM Task Group sirven de referencia para el cumplimiento de los objetivos del UK Government Construction Strategy, entre otros:

- **Digital Plan of Works.** Es el documento vivo que y define todas las conexiones entre los distintos documentos que siguen.
- **BS 1192:2007.** Normativa Británica de 2007 que establece la metodología para gestionar la producción, distribución y calidad de la información de construcción, incluyendo la generada con sistemas CAD, usando un proceso colaborativo y un estándar de numeración. Es aplicable a todas las partes involucradas en la preparación y el uso de la información a lo largo del diseño, construcción y operación de los edificios.
- **PAS 1192-2:2013.** Especificación que incorpora la metodología BIM y su uso en la fase de diseño y construcción.
- **PAS 1192-3:2014.** Especificación que incorpora la metodología BIM y su uso para la fase de operacional y de explotación.
- **UK CIC BIM Protocol 2013.** Es un acuerdo legal que se incorpora dentro de los contratos como anexo y que define los aspectos legales.
- **COBie UK 2012.** Documento que sirve para organizar y estructurar la información que se ha de traspasar al propietario del activo.
- **Government Soft Landings (GSL).** Directiva que pretende conseguir que la Administración pueda iniciar la fase de ocupación de sus edificios de una manera no traumática.
- **Scope of services for information management.** Documento que establece y define el rol del Information Manager.

La PAS1192-2:2013 Británica (Especificaciones para la gestión de la información en la fase de entrega de proyectos de construcción usando BIM) ofrece una guía acerca de los requerimientos necesarios para la gestión de la información generada con BIM.

La producción de información coordinada en la fase de diseño y construcción es un proceso que se basa en la consecución de tareas e hitos. En un entorno colaborativo los equipos deben producir la información usando métodos y procesos estandarizados para asegurar unos niveles de calidad y unos formatos comunes que permitan el uso y la reutilización de la información sin cambios ni problemas de interpretación.

Esta forma de trabajo colaborativo requiere entendimiento y confianza mutua entre los miembros del equipo y un mayor grado de estandarización. Pero los beneficios que reporta son muy importantes: menores retrasos, menos conflictos, mayor control de los riesgos del proyecto y un mejor conocimiento de los costes de cada tarea del proyecto.

Además, reduce la asignación de recursos a tareas que no añaden valor al proyecto, minimizando el tiempo invertido en búsquedas o esperas de información, en la producción o el procesado de datos poco relevantes y evita problemas causados por la descoordinación dentro del equipo de proyecto. Es fundamental empezar el proyecto teniendo claro su uso posterior y los requisitos marcados por el cliente (*"begin with the end in mind"*)

Se estima que los problemas debidos a la información inexacta, incompleta o ambigua en un proyecto pueden incrementar su coste entre un 20% y un 25% (ver Avanti Case Studies <http://www.cpic.org.uk/en/publications/avanti>). En Mayo de 2011 el gobierno británico publicó su intención de reducir los costes de la industria de la construcción en un 20% y su objetivo de alcanzar un nivel 2 de madurez BIM en todas las contrataciones públicas.

¿Qué requiere el nivel de madurez 2 en lo que a gestión de la información se refiere?

- Que cada agente participante en el proyecto pueda generar información de modo que facilite su uso por el resto de intervinientes.
- Que el cliente defina claramente sus requerimientos en lo que a información se refiere.
- Que se pueda evaluar a priori la capacidad de cada agente para generar la información requerida en el formato definido.
- Que cada agente redacte un BEP (*BIM Execution Plan* o Plan BIM) con todo el contenido necesario de acuerdo a su papel en el proyecto: roles, responsabilidades, procedimientos, etc.
- Creación y uso de un CDE (*Common Data Environment*) como plataforma de intercambio de información entre todos los agentes.
- Aplicación de los procesos, procedimientos y estándares definidos.
- Generación de los modelos de información usando softwares y formatos compatibles e interoperables con el resto.

## 2.1 Documentación manejada en la PAS 1192-2

La documentación que se incluye en la PAS 1192-2 no difiere demasiado de la que se maneja habitualmente en las obras que se realizan con BIM para que el impacto en la aplicación de esta Especificación sea el menor posible. Sí que detallan y concretan los documentos a generar, su relación entre ellos, el alcance, los responsables, las normativas y estándares a considerar, etc.

Algunos de ellos son el BEP (*BIM Execution Plan*), MIDP (*Master Information Delivery Plan*), PIP (*Project Implementation Plan*), TIDP (*Task Information Delivery Plan*) y otros de los que se hablará más adelante en este documento.

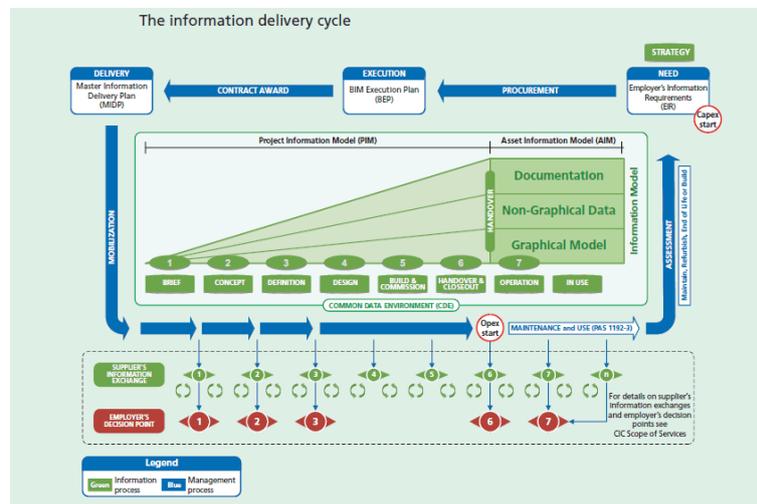


Fig 1. Information Delivery Cycle. 2013. PAS 1192-2

## 2.2 Proceso de generación y entrega de la información

### 2.2.1 Requerimientos y necesidades

Es el cliente el que debe definir al inicio los EIR (*Employer's Information Requirements* o Requisitos de Información) que incluyen, fundamentalmente, los requerimientos en el intercambio de información y el trabajo colaborativo correspondientes a cada fase del proyecto. Él es el responsable de que la información que contenga este documento esté completa para evitar posteriores duplicidades.

En lo relativo a la gestión de la información debe contener, al menos:

- Nivel de detalle requerido
- Plan de trabajo y separación de la información del modelo por cada agente.
- Requerimientos de coordinación y de detección de interferencias
- Requerimientos de trabajo colaborativo
- Requerimientos de la información del modelo para el CDE (*Common Data Environment*)
- Nivel mínimo de formación
- Requerimientos de seguridad e integridad del proyecto
- Especificaciones acerca de la información que se debe incluir y/o excluir del modelo
- Requerimientos acerca de las limitaciones del tamaño de los ficheros, formatos, emails, etc.
- Criterios de conformidad
- Sistema de coordenadas
- Software a usar y sus versiones, etc.

Los requerimientos deben ser específicos, medibles, alcanzables, realistas y que no impliquen pérdida de tiempo. Y estar definidos para cada hito e intercambio de información existente.

El EIR debe incluirse en el Pliego para que el ofertante pueda proponer su BEP y que el cliente pueda evaluar su propuesta, la capacidad del mismo, etc.

Según el CIC (Construction Industry Council) BIM Protocol de 2013 el cliente está obligado a determinar quién asumirá el rol de Information Manager durante el proyecto.

### **2.2.2 Petición de ofertas**

En el EIR el cliente especificará los detalles que deben incluir los ofertantes en sus propuestas para poder evaluar su capacidad para acometer el proyecto.

Asimismo el BEP que redacte el ofertante servirá para analizar si los requerimientos del cliente son alcanzables, pueden documentarse, verificarse, etc., a lo largo de toda la cadena de producción.

El ofertante, en caso de ser adjudicatario, deberá redactar un MIDP que confirme y desarrolle en detalle los aspectos propuestos en el BEP.

El BEP entregado en la oferta deberá contener:

- los requerimientos incluidos en el EIR
- los objetivos de proyecto relativos a los procesos colaborativos y de modelado de la información
- los hitos principales que marcan el avance del proyecto
- la estrategia a seguir en la entrega de la información del PIM (*Project Information Modelling*)
- el PIP (*Project Implementation Plan*) que incluya formularios para evaluar la capacidad del oferente en aspectos tales como Gestión de la Información BIM, Tecnología de la Información, Recursos, etc.

### **2.2.3 Adjudicación**

El ofertante, en caso de ser adjudicatario, deberá redactar un BEP “extendido” que confirme los aspectos propuestos en la versión previa: gestión de la información, planificación, documentación, procedimientos, soluciones IT, etc.

Además deberá incluir un MIDP que confirme y desarrolle en detalle los aspectos propuestos: recursos, capacidad, necesidades formativas del equipo, entregables del proyecto, etc.

También contendrá un TIDP (*Task Information Delivery Plan*) que fije los hitos, los responsables de cada documento, la transferencia de la responsabilidad en cada entrega, la secuencia en el desarrollo del modelo, etc.

Es fundamental concretar los roles de cada agente, su responsabilidad y autoría de cada entregable. Para ello pueden usarse los indicadores RACI (Responsabilidad, Autoría, Contribución y necesidad de Información)

Además deberá indicarse si el modelo se divide en partes, zonas o “volúmenes” de acuerdo con la nomenclatura empleada en la PAS 1192:2, y su asignación a cada agente y metodología de trabajo colaborativo: seguridad de la información, ubicación, modo de acceso, etc. Por la importancia de este tema, deberá gestionarse al más alto nivel dentro del proyecto.

### **2.2.4 Simulación y prueba**

La preparación antes del inicio de los trabajos es fundamental para comprobar que todos los mecanismos y flujos previstos han sido bien planeados y funcionan como se

pretende. Con este proceso se comprobará que las IT propuestas, el CDE, la cualificación del equipo, la interoperabilidad, etc., son válidas para el proyecto.

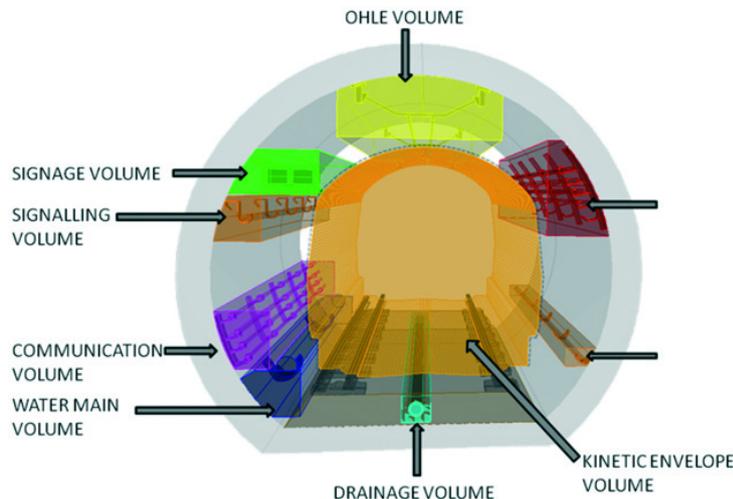


Fig 2. Subdivisión en “volúmenes” de una sección tipo. 2013. PAS 1192-2

### 2.2.5 Producción

La redacción del PIM (Project Information Modelling) será continuamente actualizada a lo largo del desarrollo del proyecto. Este documento puede comenzarse a partir de una propuesta de diseño que poco a poco se irá convirtiendo en un modelo de construcción virtual. La información contenida en este modelo debe incluir formatos nativos, tablas COBie y PDFs para alcanzar el nivel 2 de madurez BIM antes citado.

Debe asegurarse que la información generada en cada intercambio es exacta, apropiada y precisa. Y que el proceso para su generación, compartición y entrega es eficiente.

### 2.2.6 El Common Data Environment (CDE)

Esta plataforma de intercambio de información consta de las siguientes áreas:

- WIP: contiene la información no aprobada de cada agente.

Es en este sitio donde cada agente debe realizar la coordinación espacial con el resto de disciplinas.

- Gate 1: Aprobación (Adecuación del modelo, cumplimiento de procesos, métodos y estándares, contenido técnico apropiado, cumplimiento de COBie, ...)

Esa información pasa al área COMPARTIDA y ya puede ser usada por el resto de los agentes como información de referencia.

- Gate 2: Aprobación por parte del Cliente

Esa información pasa al área de DOCUMENTACIÓN PUBLICADA

- Gate 3: Información Verificada.

Se comprueba que la documentación recoge la información del proyecto tal cual ha sido construido. Esa información pasa al área de ARCHIVO. Aquí se guarda la info de cada hito del proyecto como registro de versiones y para resolver posibles disputas en el futuro.

- Gate 4: Info Aprobada

Cuando alguna información no es aprobada por el especialista correspondiente debe revisarse y ser “Aprobada” de nuevo.

- Gate 5: Aceptada: la información puede ser incorporada al AIM para su uso en FM

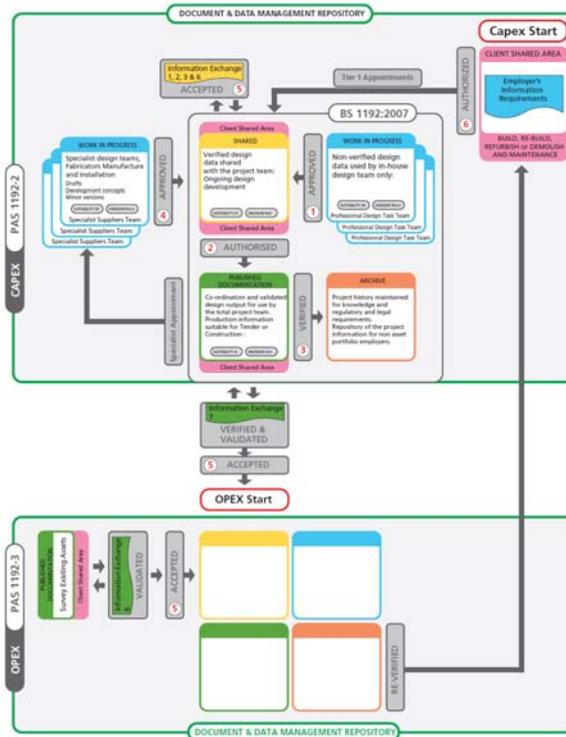


Fig 3. Extended Common Data Environment. 2013. PAS 1192-2

El cambio de propiedad de cada fase debe ser perfectamente comprendido por cada agente interviniente en el proyecto. Para el almacenamiento de la info en el CDE debe usarse una estandarización en la nomenclatura de los archivos, tal como la descrita en el BS 1192: 2007.

La definición del nivel de detalle y de la información a incluir en cada modelo debe ser definida por el cliente para cada uso, procurando no sobrecargar el modelo con información no necesaria para cada uso, fase, etc.

### 2.2.7 AIM

Al final el proceso de entrega del modelo con toda su información deberá generarse el AIM. Se recomienda el uso del formato COBie, subconjunto del IFC

## 3. CROSSRAIL BENTLEY INFORMATION ACADEMY

Es una institución creada para el proyecto Crossrail, una línea nueva ferroviaria que cruzará Londres de Este a Oeste y que es el mayor proyecto de infraestructuras que se está realizando actualmente en Europa con un presupuesto de 18.000 millones de euros.

La Bentley Information Academy busca mejorar la transmisión del conocimiento y facilitar el giro de la industria de la construcción hacia la innovación de la mano de los procesos BIM. El gobierno inglés de la mano del fabricante de software Bentley entiende que la creación de una institución como ésta permitirá aplicar los conocimientos BIM adquiridos a otras obras

en el futuro y apoya la estrategia del gobierno para extender el uso BIM. La UK BIM Construction Strategy 2016 exige el uso de 3D BIM colaborativo. Allí se organizan reuniones divulgativas de demostración, formación, acercamiento de las nuevas tecnologías, etc.

La BIM Academy proporciona a todos los agentes intervinientes en el proyecto el uso del sistema *eB Web* para gestión electrónica de toda la documentación generada por cada uno de ellos para su puesta en común, almacenamiento, consulta del resto de la información disponible en cada momento, aprobación de cambios solicitados, control de permisos, comprobación de que la información cumple los requerimientos en el momento de su entrega, informes detallados del estado de la información en cada momento, etc.

¿Porqué es necesario el uso del BIM en un proyecto de estas características? La complejidad técnica del proyecto, el gran volumen de información generado y compartido, la diversidad de agentes intervinientes, las múltiples interfaces entre las distintas disciplinas y secciones, etc., exigen una coordinación y un control que hacen imprescindible el empleo de esta metodología.

En este tipo de infraestructuras el modelo que se empleará para la posterior fase de operación y mantenimiento deberá ser completo y elaborado de acuerdo con los requerimientos del cliente desde el momento de su entrega.

En agosto de este año se prevé que el sistema esté gestionando más de 1,5 millones de ficheros CAD, con más de 2.500 usuarios, más de 80 contratos contemplados, etc.

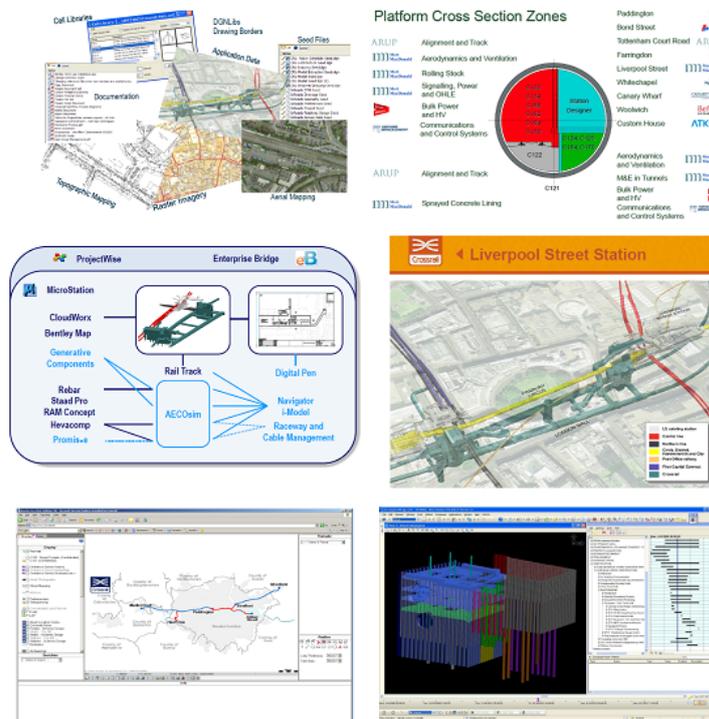


Fig 4. Composición de varias imágenes. 2014. Crossrail Bentley Learning Academy presentation

Existe un modulo integrado en el *eB Web System*, el AIMS (*Asset Information Management System*) que sirve para consultar referencias cruzadas entre los distintos elementos de la obra, etiquetado de cada maquinaria para posterior mantenimiento, localización en el modelo 3D, etc.

#### 4. MARCO LEGAL EN ESPAÑA

Vamos a analizar el marco legal en España en lo referente a la transmisión de información en un proyecto:

En lo referente a la gestión de la información, el marco regulatorio español, formalizado mediante la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ley de Ordenación de la Edificación establece someramente los requisitos de coordinación y entrega de información necesarios a la entrega del edificio.

Así, ya en la exposición de motivos dice lo siguiente:

*Se establece el concepto de proyecto, obligatorio para el desarrollo de las obras incluidas en el ámbito de la Ley, **precisando la necesaria coordinación entre los proyectos parciales que puedan incluirse, así como la documentación a entregar a los usuarios para el correcto uso y mantenimiento de los edificios.** Se regula, asimismo, el acto de recepción de obra, dada la importancia que tiene en relación con el inicio de los plazos de responsabilidad y de prescripción establecidos en la Ley.*

En lo referente a la entrega al promotor de documentación el artículo 7 indica:

*Artículo 7. Documentación de la obra ejecutada.*

***Una vez finalizada la obra, el proyecto, con la incorporación, en su caso, de las modificaciones debidamente aprobadas, será facilitado al promotor por el director de obra para la formalización de los correspondientes trámites administrativos. A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación. Toda la documentación a que hace referencia los apartados anteriores, que constituirá el Libro del Edificio, será entregada a los usuarios finales del edificio.***

Esta información constituye el Libro del Edificio, que sirve de base para el futuro mantenimiento de los inmuebles.

La mencionada LOE, ley de carácter estatal, se ha ido completando con regulaciones en el ámbito de las distintas Comunidades Autónomas, tales como la Ley 2/1999, de 17 de marzo, de Medidas para la Calidad de la Edificación de la Comunidad de Madrid, por mencionar alguna.

En otras latitudes se están llevando a cabo iniciativas para mejorar la gestión de la información en todas las fases de proyecto, y el caso Británico es paradigmático por la especial determinación en buscar caminos para mejorar los procesos de gestión e intercambio de la información.

Puesto que es la parte donde más incidencia hace la LOE, vamos a centrarnos en este caso en la transmisión de la información hacia el cliente final, con el objetivo puesto en la gestión y mantenimiento de inmuebles. Dado que la regulación española establece claramente la necesidad de un intercambio y transmisión de información, cabe decir que falta un desarrollo claro de cómo se debe realizar esa transmisión.

Estamos acostumbrados a que el Libro del Edificio en España sea un documento deficiente en cuanto a formato y calidad, y cantidad de documentación. Dadas estas circunstancias, se hace necesario una mejora en estos procesos de intercambio de información para conseguir los siguientes objetivos:

- Información completa
- Información actualizada a lo largo del ciclo de vida del edificio
- Información confiable,

en un formato estándar que permita la migración de datos a programas de gestión de patrimonio y mantenimiento, como son los denominados GMAO o CMMS

Aquí es donde BIM tiene un largo y próspero camino por recorrer. Entendemos que es la única herramienta y metodología capaz de dar respuesta a la necesidad planteada.

Habida cuenta de las experiencias que se están planteando en países de nuestro entorno en este sentido, tales como el UK Government Construction Strategy, seguro que podemos desarrollar en España una iniciativa para conseguir estos fines. Para ello sería necesario crear una propuesta similar a la Británica y su BIM Task Group, que estuviera liderada e impulsada por la Administración Central y participada por los diferentes agentes y organizaciones (Building Smart Spanish Chapter, Colegios Profesionales, Asociaciones Empresariales, etc.) del sector de la construcción y la gestión del ciclo de vida. El esfuerzo más necesario es el de convencer a todos los agentes de la necesidad de mejorar estos procesos.

Como se ha comentado, esta estrategia incluye la creación de un nuevo rol, el Information Manager, encargado de asegurar el correcto flujo de información que ha de tener lugar a lo largo de un proyecto, tal como indica el AEC (UK) BIM Protocol, incluyendo tanto la fase del proyecto en sí, como la fase de construcción y la de operación y mantenimiento.

Esta posición sería perfectamente aplicable a cualquier proyecto de mediana a gran envergadura en nuestro país. Basándonos en el modelo inglés, someramente su misión sería:

- Crear, desarrollar y gestionar un entorno de trabajo colaborativo (Common Data Environment) entre todos los agentes intervinientes en un proyecto, que estuviera basado en BIM y en una plataforma informática que permita la gestión de esta información.
- Garantizar flujo de información dentro del proyecto. Que todos los agentes dispongan de la información adecuada y en el momento adecuado.
- Gestionar la transmisión de la información del proyecto al cliente final. En este apartado cabe remarcar que esta tarea no se puede hacer al final del proyecto, sino

que tiene que ser fruto de un trabajo de recopilación de ésta que comienza en la propia concepción del proyecto. Este flujo de información se establece en una serie de hitos que los británicos llaman data drops y que está planteado en la estructura de la información de COBie UK 2012

## 5. CONCLUSIONES

La UK Government Building Strategy de 2011 supone un gran reto para toda la industria de la construcción, al promover el uso de BIM, convirtiéndolo en obligatorio en los proyectos de la Administración a partir de 2016. Sin embargo, también supone una gran oportunidad para profesionales formados en BIM y project management gracias a que se establece el rol obligatorio del Information Manager.

La Crossrail BIM Academy de Londres, institución creada inicialmente para dar soporte al mayor proyecto de infraestructuras de los últimos años en el Reino Unido, el Crossrail de Londres, es un magnífico ejemplo de organización orientada a la formación en el rol del Information Manager. Adicionalmente, su cometido es dar tutoría y formación a todos los agentes que intervienen en el proyecto, desde su concepción hasta la entrega y la gestión del mantenimiento.

El caso español está aun por desarrollar y podría tomar como modelo, entre otros, al británico.

## 6. REFERENCIAS

[1] PAS 1192-2:2013

[2] PAS 1192-3:2014

[3] UK CIC BIM Protocol 2013 (UK Construction Industry Council)

[4] Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ley de Ordenación de la Edificación.

[5] Ley 2/1999, de 17 de marzo, de Medidas para la Calidad de la Edificación de la Comunidad de Madrid

[6] Crossrail Bill Documents (Crossrail Ltd.)

[7] BIM Digital Plan of Work & Assemblies v7-1, 05/03/13 (UK BIM Task Group)

<b>TÍTULO</b>	BIM TOOLS IN VIRTUAL CONSTRUCTION – HERRAMIENTAS BIM EN CONSTRUCCIÓN VIRTUAL
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	3. Casos de éxito de implantación BIM-Experiencias reales
<b>AUTOR / ES</b>	LANDIVAR TABORGA, Arnaldo BÆK HESSELLUND, Regner
<b>INSTITUCIÓN</b>	Universidad da Coruña BIM Campus Living Lab VIA Univeristy College-Denmark BIM Lab / VIA Civil Engineering
<b>DIRECCIÓN</b>	Henrik Rungs Gade 4, 4TV- 2200 København, Denmark
<b>E-MAIL</b>	<a href="mailto:virtual.construction@bimcampus.org">virtual.construction@bimcampus.org</a> / <a href="mailto:arta@viauc.dk">arta@viauc.dk</a> / <a href="mailto:landivar.a@gmail.com">landivar.a@gmail.com</a> <a href="mailto:rbh@viauc.dk">rbh@viauc.dk</a>
<b>TELÉFONO</b>	+45 5280 5964
<b>FAX</b>	

## BIM TOOLS IN VIRTUAL CONSTRUCTION

### Comparative study Gantt-CPM (MS. Project/Navisworks) vs. LOB-LBMS (VICO Office)

**Autores: Landivar Taborga, Arnaldo (1), Bæk Hessellund, Regner (2)**

- (1) Arquitecto Técnico y Bigningskønstruktor. Profesor de Virtual Construction-BIM CAMPUS Living Lab- Universidade da Coruña-España y coordinador en BIM lab-VIA University College-Dinamarca, [virtual.construction@bimcampus.org](mailto:virtual.construction@bimcampus.org) / [arta@viauc.dk](mailto:arta@viauc.dk)
- (2) BSc, MSc in Construction Management, M.IDA Chartered Building Surveyor. Profesor Civil Engineering VIA University College-Dinamarca, [rbh@viauc.dk](mailto:rbh@viauc.dk)

## RESUMEN

Hasta ahora la mayoría de los esfuerzos que se están realizando con respecto a BIM se centran en la fase de Diseño de proyectos.

El reto viene ahora, cuando los proyectos continúan su ciclo y pasan a la fase de construcción, donde todavía no existe mucha experiencia en cómo implementar herramientas BIM.

El propósito de esta comunicación es presentar una evaluación de las actuales herramientas para poder afrontar los nuevos retos que BIM plantea en la fase de construcción, simulaciones 4D y 5D, especialmente en complejos y grandes proyectos y como se puede mejorar el actual proceso de programación a través del uso de Location-Based Management System<sup>1</sup> (LBMS) (Seppänen 2009) [1].

El estudio consiste en una evaluación comparativa de herramientas alternativas, realizada con VICO Office<sup>2</sup> y Navisworks<sup>3</sup> contra una de las herramientas más extendidas en programación, MS Project<sup>4</sup>.

**Palabras clave:** 4D Simulations, BIM tools, BIM in the Construction phase, VICO Office, Virtual Construction Management.

## 1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años el sector de la construcción ha experimentado una evolución y transformación en la manera de producir la información gráfica, comunicación gráfica que será empleada en la fase de ejecución de proyectos

Hemos pasado de la delineación de planos con regla y compás a la delineación en CAD 2D, la realización de infografías 3D y actualmente el sector se mueve a la implementación de modelos 3D BIM.

<sup>1</sup> Metodología desarrollada y experimentada por Seppänen, O. (2009) en la elaboración de su Tesis Doctoral "Empirical Research on the Success of Production Control in Building Construction Projects"

<sup>2</sup> Desarrollado por Trimble Company, an integrated construction management software of 3D BIM models for 4D location based scheduling (LBS) and 5D estimating

<sup>3</sup> Desarrollado por Autodesk, software for 4D scheduling visualisation.

<sup>4</sup> Desarrollado por Microsoft Office, software for scheduling and project control.

En 2008, Europa se vio afectada por la irrupción de la peor crisis financiera comparada con la ocurrida en 1929, afectando especialmente al sector de la construcción, muy sensitivo a los problemas económicos.

Dinamarca como el resto de Europa también es afectada por la crisis financiera, cayendo la producción en el sector de la construcción en más de un 30% en el periodo 2007- 2013<sup>5</sup>

Ante esta situación el gobierno danés reacciona aplicando políticas económicas expansivas para activar o al menos sostener el crecimiento económico del país.

El gobierno incentiva el gasto público a través del desarrollo de infraestructuras públicas y como ejemplo se desarrolla el plan para actualizar los centros hospitalarios en todo el país a través del programa "Godt Sygehus Byggeri"<sup>6</sup> la traducción al castellano sería "Buenas Construcciones Hospitalarias".

La visión es dotar a la sociedad danesa de los mejores centros hospitalarios donde el paciente sea centro de atención y para ello se está realizando una inversión de DKK 41.4 billones de coronas danesas aproximadamente € 5.56 billones de euros (valor de 2009) en la construcción de 16 super hospitales con una superficie total superior a 1.5 millones de m<sup>2</sup>.

Recientemente (28 de Marzo de 2014), la Unión Europea ha publicado la nueva Directiva sobre Licitaciones<sup>7</sup> (*Unión Europea 2014*) [2] en la que se recomienda explícitamente el uso BIM en la contratación pública y en la redacción de nuevos proyectos de ámbito público.

En este contexto, la anteriormente mencionada evolución en la representación gráfica de proyectos esta conduciendo al sector de la construcción a una nueva transformación tecnológica, donde la implementación de BIM significará un aumento en la productividad y reducirá el exceso y los errores en el desarrollo y ciclo de vida de nuevos proyectos.

Sin embargo, hasta ahora la mayoría de empresas, organismos no gubernamentales y el sector de la construcción en general han centrado su esfuerzo en la fase de diseño.

El reto se aproxima ahora cuando los proyectos continúan su ciclo y pasan a la fase de construcción, y es en esta fase donde todavía no existe suficiente experiencia en cómo implementar BIM.

Durante mi trabajo en Grontmij<sup>8</sup> A/S, el equipo de Project Management en la fase de diseño del hospital "DNV-Gødstrup regionhospitalet"<sup>9</sup> requirió de una simulación 4D del proyecto, las siguientes preguntas fueron planteadas:

Actualmente, ¿cuáles serían las características apropiadas de la(s) herramientas para explotar todo el potencial de los modelos 3D BIM en la fase de construcción, para obtener una simulación 4D de la programación?

¿Cómo se podría mejorar los actuales procesos de programación a la vez que mejorar la productividad en la fase de construcción?

<sup>5</sup> Datos estadísticos de Dansk Byggeri-Asociación Danesa de la construcción

<sup>6</sup> Página web de godtsygehusbyggeri: <http://www.godtsygehusbyggeri.dk/Maal%20og%20styring/Vision.aspx>

<sup>7</sup> Diario Oficial de la Union Europea: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2014:094:FULL&from=EN>

<sup>8</sup> Empresa de servicios de Ingeniería y Consultoría: <http://www.grontmij.dk/EN/Pages/Default.aspx>

<sup>9</sup> Página web: <http://www.dnv.rm.dk/forside>

¿Cuál sería el diagrama que ofrecería un mejor entendimiento de los flujos de trabajo de las distintas actividades a realizar en la fase de construcción de un proyecto? Diagrama de barras horizontal vs. Diagrama línea de balance

## 2 DIAGRAMA DE BARRAS HORIZONTALES-MÉTODO CPM

Un diagrama de barras horizontal es aquel en el cual diferentes categorías con diferentes valores son presentados con la intención de obtener un estudio comparativo entre las distintas categorías.

En el eje de coordenadas son dispuestas las diferentes categorías conformando una lista, mientras que en el eje de abscisas es dispuesta una serie con diferentes valores.

Como resultado de la descripción anteriormente mencionada, por cada categoría listada en el diagrama se dispondrá de una barra horizontal cuya dimensión será única y equivalente al valor de dicha categoría y se encontrará dentro del rango de valores establecidos en el eje de abscisas.

En el contexto del sector de la construcción, un proyecto es definido como “esfuerzo temporal realizado para crear un producto o servicio<sup>10</sup>” (*Project Management Institute 2013*) [3].

Por tanto para poder acometer dicho esfuerzo, los proyectos necesitan descomponerse en diferentes actividades secuenciadas que se realizaran en un determinado período de tiempo cumpliendo con una serie de hitos establecidos en la planificación, estableciendo la programación de proyecto.

En el método Gantt-CPM (Critical Path Method) método camino crítico, los resultados son representados por un tipo de diagrama de barras horizontal, donde las diferentes actividades que conforman un proyecto se disponen en el eje de coordenadas mientras que una serie temporal, calendario, es dispuesto en el eje de abscisas.

### 2.1 Características

Las principales características en el establecimiento de una programación (*Project Management Institute 2013*) [4] Gantt-CPM son las siguientes:

1. Lista de Actividades: Listado detallado de todas las actividades dispuestas en el eje vertical. EDT, Estructura Detallada de Trabajos.
2. Duración de actividades: Representadas por una barra horizontal, dispuestas en la zona central del gráfico, indicando el inicio y final de la actividad.
3. Dependencias: Entre las diferentes actividades dispuestas en el gráfico, son representadas con una línea enlazando las distintas actividades, este enlace conformará:

<sup>10</sup> Definición de proyecto de acuerdo con la organización PMI “temporary endeavor undertaken to create a unique product or service”: <http://www.pmi.org/PMBOK-Guide-and-Standards.aspx>

- a. La secuencia entre actividades
  - b. La duración total del programa en base a la secuencia anteriormente establecida
  - c. El camino crítico de la programación (CPM), equivalente a la duración total del programa
4. Holguras: espacio de tiempo que puede existir en la secuencia entre dos actividades
  5. Hito: Aquella actividad sin duración o recurso asignado.
  6. Recurso de actividades: Establecimiento de la asignación de recursos a cada actividad pudiendo ser mano de obra, materiales o equipos.

Durante la monitorización y seguimiento:

7. Programación de referencia (“Schedule baseline”): es la programación inicial aprobada que servirá de referencia para comprobar el desarrollo de las actividades programadas.
8. Estado de la programación (“Schedule status”): Muestra el estado actual de la programación, representada por una barra horizontal paralela a la actividad referencia a través de la cual podremos ver la evolución real de nuestro programa.
9. Línea de fecha actual: representada por una línea vertical que atraviesa el gráfico de arriba hacia abajo indicando la fecha sobre la cual se quiere comprobar el estado de desarrollo de la programación.

### **3 DIAGRAMA LINEA DE BALANCE-MÉTODO LBMS**

“Line of Balance” (LOB) traducido al castellano como Línea de balance, es un tipo de gráfico a la vez que representa una técnica de programación llamada “Location-Based Management System” (LBMS) en la que las distintas categorías fluyen en función de su ritmo de producción a través de las diferentes zonas en las que un proyecto es dividido.

En el eje de coordenadas se establecen las diferentes zonas en las que el proyecto es dividido, la primera zona se localizará al inicio del eje.

En el eje de abscisas se dispondrá la serie temporal, calendario.

Como resultado de la descripción anterior, se establece un entramado donde cada zona en la que está dividido el proyecto podrá alojar las distintas actividades que se vayan a desarrollar en el proyecto.

Las actividades se representarán como una línea inclinada que atravesará las distintas zonas a lo largo del gráfico de abajo hacia arriba y de izquierda a derecha empezando en la primera zona y continuando por las siguientes zonas hasta concluir en la última zona en la que está dividido el proyecto.

La inclinación de la línea indicará el ritmo de producción de la actividad, a mayor pendiente mayor ritmo de producción de la actividad.

### 3.1 Características

Las principales características en el establecimiento de una programación a través de LBMS son las siguientes:

1. Zonificación (“Location Breakdown”): Se establecerá la división del proyecto en distintas zonas sobre las que se vayan a desarrollar las diferentes actividades.
2. Actividades: Son las diferentes categorías de trabajo necesarias para el desarrollo del proyecto, tendrán asignados recursos de mano de obra.
3. Ritmo de producción: Establece la pendiente en la que se representa una actividad y su valor viene dado en función del tiempo necesario para finalizar un trabajo por unidad de elemento constructivo (horas/unidad).
4. Interferencia entre actividades: Se refiere cuando dos actividades con distinto ritmo de producción colisionan en una zona.

Durante la monitorización y seguimiento:

5. Programación de referencia (“Schedule baseline”): es la programación inicial aprobada que servirá de referencia para comprobar el desarrollo de las actividades programadas.
6. Estado de la programación (“Schedule status”): Muestra el estado actual de la programación, su representación nos dará la información necesaria para ver cómo ha sido el desarrollo real de las distintas actividades y a la vez nos presenta los ritmos de producción reales actualizando la previsión de trabajos para finalizar el proyecto.
7. Línea de fecha actual: representada por una línea vertical que atraviesa el gráfico de arriba hacia abajo indicando la fecha sobre la cual se quiere comprobar el estado de desarrollo de la programación.

## 4 EVOLUCION HISTÓRICA<sup>11</sup> (Weaver 2014) [5]

Los diagramas tipo Gantt fueron empleados por primera vez a mediados de 1890 por el ingeniero polaco Karol Adamiecki en el control de producción de trabajos de acería, posteriormente a finales de 1930 sus trabajos fueron publicados en polaco, quizás una de las razones por las que sus estudios y técnicas no tuvieron la difusión y el impacto en la comunidad científica.

El nombre de Gantt es atribuido en honor a Henry Gantt que empleó este tipo de gráficos para ayudar a encargados en la monitorización del progreso de los proyectos alrededor de los años 1910-1915.

El propósito de estos gráficos era comprobar si la progresión de trabajos de un proyecto se encontraba retrasados, adelantados o seguían la programación inicial.

El uso de este tipo de gráficos fue ampliamente desarrollado y empleado por la Industria militar de E.E.U.U. durante la 1ra Guerra Mundial.

---

<sup>11</sup> Historia corta de la programación, por Mosaic Project services:  
[http://www.mosaicprojects.com.au/Resources\\_Papers\\_042.html](http://www.mosaicprojects.com.au/Resources_Papers_042.html)

Posteriormente en 1958 los gráficos Gantt se convierten en una extensión del método del camino crítico (CPM) desarrollado por la marina estadounidense, para la ejecución de proyectos de ingeniería.

Actualmente es uno de los métodos más extendidos siendo su representación gráfica recomendada por el PMBOK<sup>12</sup>

Las aplicaciones informáticas más reconocidas que emplean esta representación gráfica son:

- MS Project
- Primavera P6
- Navisworks (entorno BIM)

Como antecedente a la técnica línea de balance, esta la técnica denominada “flowline”, empleada en la construcción del “Empire State Building” (Willis 1998) [6] a finales de los años 1930 en el que se erigieron 85 alturas en 13 meses.

El origen de la técnica y diagrama línea de balance se atribuye a George E. Fouch en el desarrollo de ciertos proyectos a principios de 1940 en la compañía “Goodyear Company”, posteriormente en el año 1942 el departamento de la marina estadounidense emplea la técnica en su movilización durante la 2da Guerra Mundial y posteriormente desarrolla la técnica con el objetivo de controlar la programación y gestión de proyectos repetitivos.

En 1968 Lumsden (Lumsden 1968) [7] adapta la técnica para la ejecución de proyectos residenciales, sin embargo la falta de desarrollo de aplicaciones informáticas ha hecho que la evolución de esta técnica sea haya desarrollado en un plano más teórico.

A principios de los años 1980 la Universidad de Helsinki-HUT desarrolla la aplicación informática para el uso de la técnica “location based management system”, la cual, a partir de los años 1985, es implantada con éxito por distintas empresas de construcción finlandesas.

Durante los años 2001-2002, en Finlandia, Seppänen (Seppänen 2009) [8] prueba el desarrollo de una nueva aplicación informática en remplazo de la anteriormente mencionada siendo esta nueva aplicación empleada en los estudios de investigación para la elaboración de su tesis doctoral publicada en 2009.

Las aplicaciones informáticas más reconocidas que emplean esta representación gráfica son:

- Synchro Software<sup>13</sup>.
- VICO Office Software (entorno BIM)

<sup>12</sup> Compendio de Estandares en la gestión de proyectos publicado por la organización internacional PMI: <http://www.pmi.org/PMBOK-Guide-and-Standards.aspx>

<sup>13</sup> Desarrollado por Synchro Ltd. Software for 4D/5D simulations: <http://synchroLtd.com/products>

#### 4 DIFERENCIAS.

La diferencia más importante y que a su vez va a conformar las ventajas e inconvenientes entre la representación gráfica de las dos técnicas es la forma en que las actividades son dispuestas en los diagramas.

En la representación Gantt-CPM una tarea de larga duración está dividida en actividades comunes que representan la duración total de la tarea.

En la representación LOB-LBMS una tarea de larga duración es representada como una única actividad basada en su ritmo de producción.

<b>Gantt-CPM</b>	<b>LOB-LBMS</b>
Actividades en función de su duración	Actividades en función de su duración y ritmo de producción
1 actividad por cada zona donde la tarea discurre (1 tarea puede tener más de 2 actividades comunes)	1 sola actividad por tarea y por zona (1 actividad = 1 tarea = 1 zona)
Recomendable en programaciones de corta duración o de actividades no repetitivas	Recomendable en proyectos de larga duración y con tareas repetitivas
A igualdad de tareas mayor número de actividades y de relaciones lógicas	A igualdad de tareas menor número de actividades y relaciones
No necesaria descomposición por zonas	Descomposición por zonas
Relación lógica entre actividades	Lógica "location-based"
Representación de hitos	No se pueden representar hitos
Directa y fácil obtención del camino crítico	No directa obtención del camino crítico, no aplicable a esta representación
Empleado en procesos no repetitivos y repetitivos	Recomendable en procesos repetitivos

**Tabla 1 Diferencia entre Gantt-CPM y LOB-LBMS. 2014. Landivar,A.**

## 5 CASO DE ESTUDIO: DNV-GØDSTRUP REGIONHOSPITALET

Grontmij A/S lleva implementando BIM en la fase de diseño en los proyectos en los que participa desde 2008, la implementación corresponde a las disciplinas de Construcción, Cálculo estructural, Instalaciones eléctricas, Instalaciones de climatización, Instalaciones de calefacción e Instalaciones de Fontanería y saneamiento.

Sin embargo no ha implementado BIM en la fase de construcción.

En junio 2012, el Instituto Tecnológico Danés (DTI) organiza un taller sobre BIM, en el que se introducen las aplicaciones para entornos BIM disponibles en el mercado danés, VICO Office es presentado como una herramienta apropiada para integrar los modelos en la fase de construcción.

En Abril 2013 el equipo de Project Management responsable del diseño del hospital DNV-Gødstrup requirió de una simulación 4D del proyecto.

El objetivo del presente caso de estudio es evaluar la herramienta apropiada para afrontar el reto de la implementación de BIM en la fase de construcción especialmente en largos y complejos proyectos como son la ejecución de un hospital, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Idoneidad para simulación 4D de la programación
- Idoneidad para optimizar la duración de la programación
- Idoneidad para comunicar a través de la generación de documentación

Por tanto el presente caso de estudio consiste en una evaluación comparativa de herramientas alternativas, realizada entre VICO Office y Navisworks contra una de las herramientas más extendidas en programación, MS Project para determinar la idoneidad de los aspectos anteriormente descritos.

### 5.1 Datos, consideraciones iniciales y periodo de evaluación

Los datos iniciales proporcionados por el equipo de Project Management:

- Modelo BIM de Construcción
- Programación inicial de los trabajos de construcción (Master Schedule) a realizar por encima de la cota de terreno

Los trabajos contemplados en esta programación son, Hormigón in situ, Elementos de hormigón prefabricado, Cerramientos de fábrica de ladrillo, Aislamiento y cubiertas, Estructura metálica, Cabinas de baño prefabricadas, Fachadas metálicas y balcones.

Las consideraciones:

- Ritmo de producción basado en los datos proporcionados en la programación inicial
- Jornada de trabajo de 10 horas por día laboral
- No se contempla ningún tiempo de reserva para contingencias

- No se han tenido en cuenta trabajos de invierno
- No se han contemplado montaje y desmontaje de maquinaria o equipos auxiliares

Periodo de evaluación	Software	Versión	Compañía	Tipo de testeador
11-jun-2013 al 23-jul-2013	VICO Office	4.1	Trimble Company	Usuario
26-jul-2013 al 04-Ago-2013	Navisworks	Simulate	Autodesk	Usuario

**Tabla 2 Periodo de evaluación. 2013. Landivar, A.**

## 5.2 Hallazgos y resultados

Durante el análisis de los datos, el hallazgo más interesante fue el resultado obtenido de la realización de un gráfico de línea de balance sobre la programación inicial, un programa fragmentado en el desarrollo de las distintas actividades con ritmos de producción no homogéneos.

También se detectó que el programador añade un tiempo de contingencias incluida en la duración de aquellas actividades en las que la tarea es no-prefabricada o no-industrializada, así mismo considera la duración de montaje de andamios parte de la tarea de cerramientos de fábrica de ladrillo.

Tanto en Navisworks como en VICO, es necesario tener el modelo 3D BIM para poder operar las aplicaciones de programación.

Durante la evaluación de las aplicaciones, el tiempo empleado en conocer el manejo de Navisworks fue menor que el necesario en el manejo de VICO, así mismo la navegación a través de Navisworks fue más simple comparada con VICO.

La obtención de resultados fue más rápida con Navisworks, el motivo principal es la fácil incorporación de la programación realizada con MS Project., mientras que con VICO el proceso es más largo y no permite la incorporación de otros archivos de programación.

Navisworks, no tiene ninguna función propia de una aplicación de programación (asignación de recursos, control de producción, obtención camino crítico...)

Navisworks no permite una optimización de los flujos de trabajo ya que no es posible realizar una programación en LOB-LBMS, con VICO esto es posible y en el presente caso de estudio la optimización de flujos de trabajo permitió una reducción de la duración del programa en más de un 20% comparado con el programa inicial.

Durante la optimización del programa inicial a través de VICO se detectaron las zonas sin actividad para obtener la compresión del programa, también se detectaron las zonas con interferencias entre actividades, la secuencia de trabajos en estos casos fue reorganizada.

Otros aspectos interesantes que se consideraron en el estudio fue la generación de documentación como herramientas de comunicación, VICO aporta una serie de gráficos y diagramas que permiten una mejor comprensión y control de la evolución de los trabajos.

	VICO Office	Navisworks	MS Project
Integración modelos 3D BIM	X	X	
Integración otras aplicaciones	X	X	
Extracción mediciones (Quantities Takeoff)	X		
Detección de colisiones (Clash detection)	X	X(i)	
Programación Gantt-CPM	X(ii)	X(iii)	X
Programación LOB-LBMS	X		
Animación 4D	X	X	
Programación 4D	X		
Histograma de recursos	X		X
Análisis de riesgos y viabilidad del programa	X		
Control y progreso del programa	X		X
Optimización de recursos	X		X
Optimización de flujos de trabajo	X		

(i) Disponible en la versión Navisworks Manage

(ii) Es posible obtener camino crítico

(iii) Generalmente importados de MS Project/Primavera P6/archivos CSV

**Tabla 3 Resultados estudio comparativo VICO Office vs. Navisworks vs. MS Project. 2013.**  
**Landivar, A.**

### 5.3 Ventajas y Desventajas

En la siguiente tabla son expuestas algunas de las ventajas y desventajas en el empleo de una técnica con respecto de la otra.

Concepto	Gantt-CPM (v/d)	LOB-LBMS (v/d)
Lectura del diagrama en proyectos de larga duración	Difícil lectura (v)	Fácil lectura (d)

Número de actividades necesarias en proyectos de larga duración	Elevada (d)	Menor (v)
Análisis continuidad en el flujo de trabajo	Difícil lectura (d)	Fácil lectura (v)
Obtención camino crítico	Obtención inmediata (v)	Difícil obtención (d)
Representación hitos	Si (v)	No (d)
Control ritmo de producción de actividades	No visualización (d)	Fácil visualización (v)
Interferencia entre distintas actividades	No visualización (d)	Fácil visualización (v)
Asignación de recursos	MO/Eq (d)	MO/Eq/MatQ (v)

(v): ventaja

(d): desventaja

MO: Mano de obra

Eq: Equipos

MatQ: Mediciones materiales

**Tabla 4 Ventajas y Desventajas entre el uso Gantt-CPM y LOB-LBMS. 2014. Landivar, A.**

## 6 CONCLUSIONES

El caso de estudio prueba que MS Project es insuficiente para explotar toda la información contenida en un modelo 3D BIM para la obtención de una programación 4D y que no permite una optimización del programa en base a los flujos de trabajo, la generación de documentación para comunicación es buena.

Navisworks integra modelos 3D BIM, sin embargo no tiene ninguna función propia de una aplicación de programación para poder realizar una apropiada simulación 4D, por tanto tampoco permite optimización de ningún tipo, Navisworks genera una secuencia animada del modelo 3D BIM y no genera ninguna documentación de comunicación.

VICO demuestra una muy buena integración de modelos 3D BIM, permitiendo una simulación 4D y proporcionando una muy buena documentación gráfica para el control y seguimiento de la programación y como para la comunicación con las partes intervinientes en el proceso de construcción.

La programación LOB-LBMS a través de VICO, permite también una alineación con los conceptos de "Last Planner System-Lean Construction" en los que se intenta maximizar los flujos trabajo y minimizar los desperdicios en la programación como interrupciones, paradas, y repetición de trabajos.

En cualquier caso, una buena programación es la conjunción de experiencia, técnica, tecnología y comunicación.

#### **4 REFERENCIAS**

- [1] Seppänen-Ballard-Pesonen (2010). "The Combination of Last Planner System and Location-Based Management System", Lean Construction journal 2010
- [2] European Union (2014). "Directive 2014/24/EU of the European Parliament and of the Council of 26 February 2014 on public procurement and repealing Directive 2004/18/EC". Official Journal of the European Union, Volume 57, 28-March -2014
- [3] Project Management Institute (2013). "PMBOK-Guide" 5<sup>th</sup> edition, Project Management Institute, Inc. ISBN 978-1-935589-67-9
- [4] Project Management Institute (2011). "Practice Standard for Scheduling" 2<sup>nd</sup> edition, Project Management Institute, Inc. ISBN 978-1-935589-24-2
- [5] Weaver, P (2014). "Brief history of Scheduling", paper Mosaic projects, <http://www.mosaicprojects.com.au>
- [6] Willis, C. (1998). "Building the Empire State", W.W. Norton & Company. ISBN 0-393-73030-1
- [7] Lumdsen, P (1968). "The line of Balance Method". Pergamon Press. ISBN 978-0-080055-25-1
- [8] Seppänen, O. (2009). "Empirical Research on the Success of Production Control in Building Construction Projects" PhD Dissertation, Helsinki University of Technology, Finland. ISBN 978-952-248-061-3

<b>TÍTULO</b>	LA INTEGRAL TRIPLE: BIM, TIEMPO, COSTE
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	Casos de éxito de implantación BIM
<b>AUTOR / ES</b>	VALDERRAMA, Fernando; SÁNCHEZ ACOSTA, Enrique
<b>INSTITUCIÓN</b>	Presto ; Universidad Europea de Madrid, Departamento de Informática, Automática y Comunicaciones
<b>DIRECCIÓN</b>	Manuel Silvela 15, 5º
<b>E-MAIL</b>	fernando.valderrama@presto.es
<b>TELÉFONO</b>	667 667 053
<b>FAX</b>	

## LA INTEGRAL TRIPLE: BIM, TIEMPO, COSTE

**Valderrama, Fernando (1)**  
**Sánchez Acosta, Enrique (2)**

- (1) Presto. fernando.valderrama@presto.es.  
(2) Universidad Europea de Madrid. esacosta@gmail.com

### RESUMEN

La tecnología para integrar el modelo tridimensional enriquecido con los tiempos de ejecución y los costes ya existe; existen los programas necesarios por separado y los canales para comunicar la información entre ellos. Como es conocido, la mera existencia de una posibilidad técnica no implica que se utilice automáticamente. Requiere afrontar y resolver primero los distintos intereses, responsabilidades y necesidades de cada uno de los agentes, generar una cultura de cambio y obtener un eco-sistema en el que todos los nichos estén cubiertos.

En el 5D el sector de la construcción tiene que recorrer un camino: primero, adquirir soltura colectivamente en el modelado, en la gestión de costes y en la planificación. En segundo lugar, entender que la integración requiere un esfuerzo previo, social, mediante la normalización y la utilización de los estándares, e individual, durante la puesta en marcha de cada proyecto. Sólo en último lugar es necesario ajustar los detalles pendientes de la tecnología, cuando estén claros los procesos de los usuarios y sus capacidades.

Esta comunicación demuestra que la integración 5D es posible utilizando programas comerciales y está a la espera de que el sector recorra primero los pasos anteriores, en su orden.

**Palabras clave:** *planificación, BIM, integración, coste, tiempo*

### 1 DISEÑAR Y PLANIFICAR

Los profesionales de la construcción, especialmente los que han sido formados desde el punto de vista del desarrollo del proyecto, tienden a considerar el diseño como la definición más o menos exhaustiva del objeto que hay que construir, tal y como quedará cuando haya sido finalizado. Una vez alcanzado este objetivo, en forma de documentación gráfica y escrita, suelen pensar que la tarea fundamental del proyecto está terminada [1].

Esta simplificación, fundamental para que el profesional de proyectos se centre en su tarea sin estar continuamente pensando en la viabilidad de la construcción, se apoya en que por sus conocimientos y su experiencia asume que existen procedimientos que permitirán alcanzar este estado final. No es necesario pensarlos ni explicitarlos en el proyecto, puesto que existen otros profesionales que los desarrollarán cuando sea necesario.

En palabras de Simon [2]: "Planteamos un problema proporcionando la descripción del estado final de la solución. La tarea es descubrir una secuencia de procesos que llevará a

ese estado meta a partir de un estado inicial. La conversión de la descripción del proceso a la descripción del estado nos permite reconocer que hemos acertado. La idea es: dado un plano, encontrar la receta."

Esta secuencia de procedimientos no es única. Depende del contexto, como las características del lugar y del momento, de los condicionamientos de coste y plazo, de los recursos disponibles, de los conocimientos, experiencia y personalidad de los agentes implicados.

## 1.1 Planificación

La obtención de un procedimiento así, cuyo resultado final sea el proyecto, en términos de Simon, se llama planificación, o a veces programación de la obra. Debe quedar especialmente visible el hecho de que planificar no es asignar unos tiempos a unas tareas que de alguna manera están predeterminadas, sino tomar decisiones sobre la forma de construcción más adecuada, sobre los equipos y los recursos que se van a utilizar y, sucesivamente, decidir la estructura de descomposición en actividades adecuada al proyecto, asignar sus duraciones y situarlas en el tiempo.

## 2 OBJETOS Y PROCESOS

Una vez obtenida una planificación es importante observar las significativas diferencias que hay entre su contenido de información respecto del contenido del proyecto, tal y como lo hemos descrito más arriba.

### 2.1 Diferencias entre objetos y procesos

En primer lugar, el procedimiento se describe en términos de procesos, tareas o actividades (verbos), no de objetos (sustantivos), y no existe una relación biunívoca entre los objetos del proyecto y las actividades de los procesos.

- Algunos objetos, que se definen eficientemente desde el punto de vista del proyecto como una sola entidad, requieren procesos claramente separados en el tiempo que son ejecutados por distintos equipos, siendo el muro multicapa el caso más evidente.
- Algunos objetos tienen suficiente entidad como para disponer de procesos específicos, como puede ocurrir con un componente importante de las instalaciones, pero otros necesitan agruparse con otros similares para dar lugar a tareas que merezca la pena considerar en la planificación, como ocurre con todos los pilares de una misma planta.
- Otros subsistemas de la edificación no se planifican uniendo exclusivamente objetos del mismo tipo, sino que se agrupan todos los objetos de un mismo subsistema, como puede ser la urbanización exterior.

Además, desde el punto de vista de la planificación, algunas de las agrupaciones de objetos anteriores se separan a su vez por plantas, por viviendas o por otros criterios.

En cualquier edificación, por sencilla que sea, aparecen las posibilidades anteriores y otras muchas.

## **2.2 Diferencias entre costes directos e indirectos**

De la observación inicial sobre lo que es un proyecto se desprende que ningún proyecto contiene la totalidad de los objetos necesarios para ejecutarlo. Cuando el proyectista define o modela lo que constituye su edificio, está definiendo en realidad exactamente aquello que el promotor está dispuesto a pagar, que es lo que permanecerá al final en la obra. Los medios no interesan a ninguno de estos dos agentes, sólo los fines.

Por tanto, el proyectista no modela el encofrado, ni los puntales, ni los demás medios auxiliares necesarios para ejecutar la obra, que se denominan en general como costes indirectos. La legislación española contiene una curiosa anomalía respecto a este criterio, al haber convertido los costes de seguridad y salud, control de calidad y gestión de residuos en costes directos y como tales, certificables para su abono por el promotor. Pero esta obligación no conlleva que los componentes de estas tres facetas de la ejecución queden modeladas en el proyecto, ya que se contienen en estudios o proyectos autónomos que no necesariamente se van a incorporar al modelo BIM del equipo de proyecto a medio plazo. Basta con que figuren en el presupuesto.

## **2.3 Diferencias entre actividades de ejecución y de gestión**

Una proporción muy alta de las actividades que componen una planificación útil y práctica son actividades de gestión, no relacionadas directamente con la ejecución de un componente físico del proyecto. Las obtenciones de permisos y licencias, las aprobaciones diversas por la dirección de obra, por las autoridades o por el cliente mismo, los tiempos que hay que prever para pedidos y entregas, boletines, inspecciones, puesta en marcha, desarrollo de detalle los subsistemas del proyecto, etc., son actividades que consumen mucho tiempo y, a diferencia de las actividades de ejecución, no se pueden acelerar mediante solapes ni añadiendo recursos.

## **2.4 Diferencias entre alcance y BIM**

El alcance del proyecto, es decir, los procesos necesarios para garantizar que el proyecto incluya todo el trabajo requerido para completarlo con éxito [3], debe formar parte del procedimiento de gestión del proyecto y se verá reflejado específicamente de la Estructura de Desglose de Trabajos o EDT. Pero esto no implica que todo el proyecto, con todo su detalle, se inserte en una única base de datos y menos aún de un programa informático único. Por ejemplo, el sistema BIM permitirá conocer el estado final del terreno con la mayor de las precisiones, pero no necesariamente esa misma base de datos tiene que contener la información geológica del terreno en la forma necesaria para presupuestar, planificar o ejecutar el movimiento de tierras. Otros agentes tomarán esas decisiones combinando

informaciones que vienen de diferentes orígenes. Tampoco es práctico incluir detalladamente en ese modelo BIM los componentes tecnológicos de alto coste que no ocupan un espacio significativo en la construcción, como las centrales de control de seguridad, energía o comunicaciones. Todo ello estará, necesariamente, en la EDT del proyecto, en el presupuesto, en la memoria, en el pliego de condiciones y en la planificación, pero no necesariamente en el modelo BIM.

Basta con observar cómo el uso de plantas o habitaciones tipo simplifica la realización del proyecto y sería poco práctico modelarlas todas, con todo su detalle, sólo para facilitar la obtención del presupuesto o de la planificación.

### **3 DEL BIM AL 5D**

Todas estas consideraciones anteriores son relevantes cuando reflexionamos sobre el objetivo de la integración entre BIM y planificación, que se ha dado en llamar 4D, en alusión natural a la cuarta dimensión *einsteniana* del tiempo. Esta integración trata de mejorar de alguna manera los procedimientos y los resultados de la planificación en un proyecto que se desarrolla mediante sistemas BIM respecto a la situación anterior, mejoras que se pueden resumir en dos metas:

- Dado el modelo, facilitar la generación de una planificación.
- Dada una planificación, comprobarla en el modelo.

Abordaremos los dos objetivos en orden.

Utilizar la información contenida en el modelo BIM, que se supone veraz, más completa y más accesible que la que figura en planos digitales convencionales, es siempre una ayuda y una mejora. Al mismo tiempo, la obtención directa de una planificación basada en procesos a partir de un modelo de objetos aparece como casi imposible, siguiendo el razonamiento de los apartados anteriores. Sin embargo, existe un paso previo que puede ayudar a conseguirlo.

#### **3.1 El presupuesto**

A diferencia de la planificación, el presupuesto sí es una colección de objetos, exactamente los mismos que componen el modelo BIM, pero reclasificados de otra manera [4].

El proceso de obtención del presupuesto requiere añadir un nuevo tipo de información a los objetos, seleccionando la unidad de obra a la que pertenecen. Esta tarea implica una continua toma de decisiones, ya que es cuando se relaciona un tipo o familia ideal con un producto o sistema constructivo concreto. A partir de esta decisión, cada objeto puede recibir una nueva información asociada, la que corresponde a su unidad de obra, que puede estar predefinida en un cuadro de precios genérico, específico de la empresa que construye o incluso particular de un proyecto.

La estructura de la EDT del presupuesto propuesto es la siguiente:

- Capítulos: generados agrupando unidades de obra similares
- Unidad de obra: asignada al tipo o familia de la entidad
- Línea de medición: cada uno de los objetos

Al extraer estos objetos del modelo para formar el presupuesto se incluye información complementaria a la estrictamente necesaria para este fin, con su identificación geométrica, geográfica (como plantas, viviendas o zonas) y otros parámetros relevantes, convirtiendo así el presupuesto en un paso intermedio muy conveniente para obtener la planificación.

### **3.2 Dificultades superadas**

El paso previo por el presupuesto resuelve gran parte de las dificultades enunciadas anteriormente.

La descomposición tradicional de la unidad de obra permite el desglose automático de objetos que contienen sub-objetos, como el muro multicapa citado como ejemplo.

Una nueva descomposición complementaria, orientada a los procesos, puede añadir actividades que requieren tiempo pero no coste directo, como el apuntalamiento, el encofrado o el fraguado. Esta descomposición puede figurar en el cuadro de precios y actuar de forma similar a la aplicada para obtener los costes.

Las posibilidades de los programas de gestión del coste existentes, como actualizar la información respecto de un cuadro de precios, reemplazar en bloque unidades de obra, desglosarlas o refundirlas, generar variantes paramétricas o relacionar unidades de obra deduciendo unas mediciones a partir de otras, son ayudas muy importantes en este proceso, que no están disponibles en los sistemas BIM existentes.

En cuanto a los componentes de la EDT que por cualquier razón no se hayan incluido en el modelo BIM habrán sido añadidos al presupuesto en algún momento por el equipo de proyecto o por el responsable del coste. Faltarán las actividades de coste indirecto y las de gestión, pero son precisamente las que se definen y añaden durante la etapa de planificación.

## **4 DEL 5D AL 4D**

Una vez asignados los objetos a unidades de obra y reclasificados en el presupuesto, para obtener una planificación falta por analizar las distintas formas de relación entre los objetos de cada una de estas unidades de obra y los procesos.

#### 4.1 Comportamientos

Para ello, se han predefinido los siguientes comportamientos, o formas de relacionar las unidades de obra con las actividades a que corresponden:

Tabla 1. Comportamientos

	DESGLOSE	POR PLANTA	POR ZONA
La unidad de obra equivale a una actividad		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La unidad de obra se desglosa en sus inferiores de tipo actividad		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cada objeto de la unidad de obra equivale a una actividad		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La unidad de obra se refunde con las demás de su capítulo		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

La combinación del comportamiento básico y el desglose resuelve las formas de relación más habituales en una obra de edificación. Por ejemplo:

- La instalación de los ascensores es una actividad única, que se puede desglosar en sus inferiores si se desea (guías, puertas, cabina, maquinaria, pruebas, permisos).
- En los soportes de hormigón la actividad se obtiene desglosando la unidad de obra por plantas (o plantas y zonas si el tamaño del edificio lo requiere)
- Las unidades de obra de electricidad que no tienen otro comportamiento más específico se refunden en el capítulo y se desglosan por plantas y zonas.

El comportamiento más habitual de cada unidad de obra puede quedar también predefinido en el cuadro de precios, por lo que sólo es necesario modificar los casos que se aparten de la regla. Los objetos que tengan un comportamiento no reglado se pueden asociar manualmente a cualquier actividad deseada, quedando marcados para que el proceso automático, si se realiza de nuevo, no altere esta decisión del usuario.

Esta clasificación en comportamientos permite generar la estructura de la planificación inicial de forma completamente automática, incluyendo las actividades y su organización jerárquica. Es necesario, no obstante, aplicar las mismas consideraciones que las tenidas en cuenta en su momento para generar el presupuesto: esta planificación no es completa.

#### 4.2 Duraciones y recursos

El paso intermedio por el presupuesto y las posibilidades de los cuadros de precios permiten conocer también el consumo de recursos de las actividades generadas, facilitando por tanto el cálculo de las duraciones y equipos y con ello la programación de la obra. En este sentido, la costumbre del uso de cuadros de precios en España resuelve de forma natural un problema que parece insalvable en otros países, donde no existen o no se utilizan habitualmente.

## **5 LA INTEGRAL TRIPLE**

La búsqueda de un mecanismo automático de generación de actividades a partir de las unidades de obra basado en reglas, además de ser un objetivo importante en sí mismo, por el ahorro de trabajo inicial, es crucial para que la información entre el modelo, el presupuesto y la planificación quede realmente integrada.

En este sentido, es habitual encontrar demostraciones de programas comerciales en los que una planificación queda aparentemente vinculada a un modelo BIM. Existe, sin duda, una planificación y existe una tabla de relaciones entre sus actividades y los objetos del modelo BIM. Gracias a ella, en el mismo modelo, o más frecuentemente en un programa de visualización auxiliar, se puede visualizar la secuencia temporal de la ejecución. Pero esta tabla de relaciones entre objetos y actividades es estática, ya que se ha realizado manualmente. No puede actualizarse a medida que el modelo se desarrolla y cambia, puesto que no existe un procedimiento para relacionar los nuevos objetos con las actividades correspondientes.

En el proceso que hemos descrito hay una tabla visible de asociaciones, mantenida en el mismo programa que gestiona el coste, pero se genera y se actualiza automáticamente a través de la definición de comportamientos.

### **5.4 De vuelta al modelo BIM**

La comprobación de la planificación en el modelo BIM, segundo objetivo de la integración que quedó pendiente de análisis, se basa en la asignación de cada objeto con la actividad a que ha correspondido finalmente, que en este caso es una propiedad más de la línea de medición, más la vinculación entre la línea de medición y el objeto original a través de un identificador unívoco de tipo IFC\_Guid o su equivalente.

El programa de gestión del coste, en base a esta estructura de información, puede leer las fechas calculadas por el programa de planificación para cada objeto, utilizarlas para sus propias tareas de cálculo de recursos, costes y certificaciones y facilitarlas al sistema BIM o a cualquier otro programa de visualización que las utilice.

## **6 CONCLUSIONES**

La integración 3D+4D+5D sólo es viable y práctica si se realiza en orden inverso: 3D+5D+4D. La EDT de costes se obtiene con relativa facilidad a partir del modelo BIM y la estructura básica de la EDT de tiempos se obtiene a partir de la EDT de costes mediante la asignación de comportamientos. El mantenimiento de un sistema de reglas y de elementos de identificación cruzada entre familias, objetos, unidades de obra y actividades permite una integración real, bidireccional, dinámica, permitiendo el uso de distintos programas especializados y la colaboración entre los distintos agentes del proceso de proyecto y ejecución.

Hay que insistir una vez más en que la mera existencia de posibilidades tecnológicas prácticas y fiables para esta integración no garantiza que vayan a ser usadas en un futuro próximo, ya que previamente es necesario que estos agentes que deben colaborar adquieran ventajas que compensen su coste del cambio, o se vean obligados a hacerlo por estímulos exteriores. Una infraestructura tecnológica no tiene éxito hasta que se genere un eco-sistema que la soporte y una cultura que la aproveche.

## **7 REFERENCIAS**

- [1] Valderrama, F., Mattos, A.D. (2014). Planificación y control de obras. Sistemas de gestión y técnicas. Barcelona: Editorial Reverté.
- [2] Simon, H. A. (1966). The Sciences of the Artificial. Cambridge, MA: MIT Press.
- [3] Project Management Institute (2013). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). NewtonSquare, PA: Project Management Institute.
- [4] Valderrama, F., Sánchez Acosta, E. (2013). Algunas experiencias, tres claves y una propuesta para integrar el modelo BIM y el presupuesto. Valencia: 1º Congreso Nacional BIM EUBIM 2013.

<b>TÍTULO</b>	ADOPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA BIM EN LA ASIGNATURA “PROYECTOS” DE LOS GRADOS DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	Casos de éxito de implantación BIM
<b>AUTOR / ES</b>	REYES RODRÍGUEZ, Antonio Manuel; CANDELARIO GARRIDO, Alonso; MÉNDEZ FERNÁNDEZ, Francisco; CORTÉS PÉREZ, Juan Pedro; PRIETO MURIEL, Ana Paloma
<b>INSTITUCIÓN</b>	Escuela de Ingenierías Industriales Universidad de Extremadura
<b>DIRECCIÓN</b>	Avda. Elvas s/n 06006 Badajoz. ESPAÑA
<b>E-MAIL</b>	amreyes@unex.es
<b>TELÉFONO</b>	656 288 853
<b>FAX</b>	924 289 601

## ADOPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA BIM EN LA ASIGNATURA “PROYECTOS” DE LOS GRADOS DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

**Autores: REYES RODRÍGUEZ, Antonio Manuel (1); CANDELARIO GARRIDO, Alonso (2); MÉNDEZ FERNÁNDEZ, Francisco (3); CORTÉS PÉREZ, Juan Pedro (4); PRIETO MURIEL, Ana Paloma (5)**

- (1) Escuela de Ingenierías Industriales de Badajoz. Universidad de Extremadura. [amreyes@unex.es](mailto:amreyes@unex.es)
- (2) Escuela de Ingenierías Industriales de Badajoz. Universidad de Extremadura. [alcandela@alumnos.unex.es](mailto:alcandela@alumnos.unex.es)
- (3) Escuela de Ingenierías Industriales de Badajoz. Universidad de Extremadura. [fmendez@unex.es](mailto:fmendez@unex.es)
- (4) Escuela Politécnica de Cáceres. Universidad de Extremadura. [jpcortes@unex.es](mailto:jpcortes@unex.es)
- (5) Centro Universitario de Mérida. Universidad de Extremadura. [palomaprimu@gmail.com](mailto:palomaprimu@gmail.com)

### RESUMEN

La asignatura “Proyectos” es una asignatura Común a la Rama Industrial que se imparte en el cuarto curso de los distintos grados de ingenierías industriales. En la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Extremadura se realiza un proyecto real trabajando en equipo, compartiendo las tareas a realizar entre seis alumnos. Uno de los seis alumnos hace de jefe de grupo.

El gran problema que existe para realizar este trabajo es la coordinación entre los distintos agentes del proyecto. La tecnología BIM permite mejorar notablemente la cooperación entre los distintos agentes que actúan en la realización del proyecto.

El objetivo de este artículo es analizar la posibilidad de transvasar información entre un programa de diseño BIM (el software elegido es el REVIT) con un programa de cálculo de las distintas partes del proyecto y de gestión de la documentación (el software elegido es el CYPE). Con ello, se conseguirá un trabajo más eficiente, ahorrando tiempo en la realización del proyecto, y se alcanzará un nivel de coherencia del proyecto mucho más elevado.

**Palabras clave:** Asignatura, BIM, Coordinación, Integración, Proyecto

### 1 INTRODUCCIÓN

Actualmente, la tecnología BIM se debe aplicar de forma obligatoria en los países nórdicos [1] (Suecia, Finlandia, Noruega o Dinamarca) y en otros países como Singapur o Australia entre otros. Resumidamente puede decirse que el modo de trabajo consiste en la entrega del proyecto a la administración en formato IFC. En Singapur, por ejemplo, existe una verificación automática de la normativa online (e-PlanCheck) [2].

Esta tecnología también revolucionará la forma tradicional de realizar los proyectos en nuestro país en un futuro inmediato [3], al igual que lo ha hecho ya en los países anteriormente citados. La importancia de esta tecnología radica en que el proyecto se definirá de forma exacta y precisa, ya que se podrá contemplar la obra en 3D en nuestra computadora. De esta manera podemos observar y corregir, entre otros aspectos, los conflictos de choque entre distintas instalaciones o entre ellas y los diferentes elementos

constructivos. Esto evita que posteriormente aparezcan en la obra, donde es mucho más costoso e ineficiente corregirlos.

Una vez que nuestra obra tiene un diseño bien elaborado y que ya se han solucionado los problemas geométricos e incluso la coordinación cronológica de las distintas partidas integrantes en ella, el modelo BIM nos permite obtener una documentación precisa del proyecto, quedando en anécdota histórica el actual método de redacción de proyectos basado en el “copia y pega”.

El objetivo, por tanto, será dotar al alumno de la capacidad de realización de proyectos utilizando la tecnología BIM. Este plan de implantación del BIM en la construcción también estará adaptado a la asignatura Proyectos, para la impartición de dicho plan en los contenidos de esta asignatura. Hay que considerar que dicha asignatura se imparte en cuarto curso de todos los grados de ingeniería en España, aunque puedan tener nombres diferentes. El estudio de adaptación de esta metodología se ha desarrollado durante el curso académico 2013-2014 y la implantación de esta tecnología en un programa real de formación se realizará el curso 2014-2015 en la asignatura “Proyectos” de los tres grados de Ingenierías Industriales que se imparten en la Universidad de Extremadura, concretamente el Grado en Ingeniería Mecánica, Eléctrica y Electrónica.

Es curioso observar cómo las ventajas ya reconocidas del BIM coinciden con las competencias profesionales de estos estudios y con muchas de sus competencias transversales [4].

El punto de partida para la creación del método de realización de proyectos serán los planes de implantación del BIM en la construcción en Finlandia y Singapur.

## **2 CONTENIDO**

A partir de los planes de implantación del BIM en la construcción de Finlandia y Singapur, se ha elaborado un plan de implantación del BIM adaptado a la asignatura Proyectos, en particular, y a nuestro país, en general. Dicho plan consta de diversas etapas que, a su vez, se subdividen en subetapas. En cada una de las etapas del proyecto se alcanzará un determinado nivel de detalle (LOD).

La diferencia más significativa del mencionado plan con respecto al plan de realización de proyectos que existe en España actualmente es el nivel de detalle alcanzado en el proyecto básico.

En el plan convencional de ejecución de un proyecto, la mayor parte del nivel de detalle se alcanza en el proyecto de ejecución, hasta adquirir un nivel de detalle de acuerdo a obra. Sin embargo, como se verá en el siguiente subapartado, en el nuevo plan de realización de un proyecto, gran parte del nivel de detalle se conseguirá en el Proyecto Básico (“Diseño y Construcción del Modelo”), siendo en la etapa de Proyecto de Ejecución (“Diseño Detallado”) donde se afina el proyecto hasta conseguir un nivel de detalle de acuerdo a obra.

En los siguientes apartados se analizarán estos contenidos:

- Definición del nuevo plan de implantación del BIM en la construcción, adaptado a la asignatura “Proyectos”.
- Realización de un proyecto ejemplo para demostrar la aplicabilidad del método en un ejemplo real, llegando hasta un nivel de consecución de los documentos del proyecto de forma semiautomatizada.

## **2.1 Plan de implantación del BIM en la construcción adaptado a la asignatura “Proyectos”**

Las etapas y subetapas en que se dividirá el proyecto son [1 y 2]:

- 1) **Necesidades y Objetivos:** esta etapa se corresponde con lo que en nuestro país se conoce como “Programa de Necesidades”. Dicha etapa estará subdividida en las siguientes subetapas: Áreas, volúmenes e identificación de los espacios; Organización temporal del proyecto y Reglamento a emplear.
- 2) **Diseño de Alternativas:** la etapa del proyecto en cuestión consiste en la fase “Anteproyecto” utilizada en la jerga de la construcción española. Esta etapa consta de las siguientes subetapas: Situación y emplazamiento de nuestro edificio; Proponer diseños espaciales distintos al cliente; Reglamento a emplear y Visualización de los distintos modelos.
- 3) **Pre-diseño o Diseño y construcción del modelo:** esta etapa del proyecto se corresponde con el término de “Proyecto Básico” propio de nuestro país. Sin embargo, no se corresponde con el concepto “Proyecto Básico”, en el sentido de que el nivel de detalle que se adquirirá en la etapa Pre-diseño será mucho mayor. Las subetapas de esta etapa del proyecto son las siguientes: Desarrollo de la alternativa de diseño elegida; Desarrollo de estructura, instalación eléctrica y resto de instalaciones; Visualización del modelo y Fusión de modelos y comprobación de errores.
- 4) **Diseño Detallado:** esta sería la última etapa de realización del proyecto en sí, y se correspondería con la fase tipificada en el CTE como “Proyecto Ejecución” [5]. El nivel de detalle que se alcanzará en esta etapa será de acuerdo a obra. Las subetapas que componen la etapa de “Diseño Detallado” son las siguientes: Aprobación del cliente de las soluciones adoptadas; Obtención del edificio BIM; Estructura, instalación eléctrica y resto de instalaciones; Visualización de las soluciones de diseño en el modelo BIM; Fusión de modelos y comprobación de la corrección del edificio en su conjunto; Estimación de mediciones y presupuestos del edificio y Simulación de la estructura e instalaciones en el software BIM.
- 5) **Contrato licitación:** en esta etapa del proyecto es donde se presenta el documento Proyecto a las diferentes instituciones administrativas para su validación. En esta etapa se entregan los modelos del BIM y del presupuesto al contratista, se preparan las distintas licitaciones y se verifica el proyecto por parte de la administración.

- 6) **Construcción:** en esta etapa ya se han adquirido los diferentes permisos para empezar la realización de las obras. La novedad esencial que permite el BIM en esta etapa, con respecto a la etapa de construcción convencional, es que en todo momento la construcción podrá ser visualizada desde dos perspectivas: modelo BIM (sería el resultado que se debería obtener tras la construcción) y propia construcción (materialización física de la construcción en base al modelo BIM). Esta doble perspectiva permite una mayor claridad a la hora de realizar las obras, gracias a la definición alcanzada en el modelo BIM. En esta etapa se organizan los procesos productivos en BIM y el seguimiento de la obra con esta tecnología.
- 7) **Puesta en marcha:** gracias a la tecnología BIM, también se permite realizar el control del edificio una vez que comienza su vida útil. En esta etapa se desarrollan el modelo as-built y el manual de mantenimiento.

## 2.2 Asignación de horas efectivas a cada etapa del proyecto

El nuevo objetivo que se plantea es la asignación de horas efectivas de docencia a cada una de las etapas del proyecto anteriormente definidas, para cuadrar la impartición de dichas etapas dentro de las horas disponibles en la asignatura "Proyectos".

Las horas lectivas se reparten de la siguiente forma, en función de la actividad realizada:

- *Gran Grupo:* horas de impartición de conocimientos teóricos generales de la asignatura, donde asisten la totalidad de los alumnos matriculados en la asignatura.
- *Seminario/Laboratorios:* en el caso de la asignatura "Proyectos", estas horas se corresponden con *Práctica de Ordenador*, donde se aplicarán de forma práctica los conocimientos impartidos en las clases de Gran Grupo.
- *Tutorías ECTS programadas:* son horas en las que asisten un grupo reducido de alumnos. Su finalidad en esta asignatura será la de realizar un seguimiento individual de los proyectos de cada alumno

Por tanto, se enunciarán las etapas del proyecto incluyendo la repartición horaria. Dicha repartición horaria está realizada según el grado de relevancia de cada fase en el proyecto y los contenidos impartidos actualmente en la asignatura.

Etapas del proyecto con distribución horaria:

- 1) **Necesidades y objetivos:** a esta etapa se dedicarán 3 horas de grupo grande y 1 hora de prácticas de ordenador. La repartición de las horas de esta etapa entre las subetapas será la siguiente:
  - *Horas de Gran Grupo:* a la subetapa de "organización temporal del proyecto" se le dedicarán 2 horas; mientras que a la subetapa de "Reglamento a emplear (Reglamento urbanístico)" se le reservará 1 hora.

- *Horas de Práctica de Ordenador*: a la subetapa de “áreas, volúmenes e identificación de los espacios” se le dedicará 1 hora.
- 2) **Diseño de alternativas**: a esta etapa se le reservarán 12 horas de grupo grande, 5 horas de prácticas de ordenador y una sesión de tutorías ECTS. La repartición de las horas entre las subetapas será la que sigue:
- *Horas de Gran Grupo*: a la subetapa de “reglamento a emplear”, donde se tratarán la parte I del Código Técnico de la Edificación (CTE) y algunos de sus documentos básicos (SI, SUA, HS, HR y HE), se le dedicará 12 horas.
  - *Horas de Práctica de Ordenador*: a la subetapa de “situación y emplazamiento de nuestro edificio” se le reservará 1 hora; mientras que la subetapa “Proponer diseños espaciales distintos al cliente” se impartirá en 4 horas.
  - *Sesión de Tutoría ECTS Programadas*: a la subetapa “visualización de los distintos modelos” se dedicará la primera sesión de tutoría ECTS, con el fin de que los profesores de la asignatura observen las evoluciones en los proyectos de los alumnos.
- 3) **Pre-diseño**: se dedicará 11.5 horas de prácticas de ordenador a la impartición de esta etapa. La repartición de las horas dedicadas a esta etapa entre las subetapas será la siguiente:
- *Horas de Práctica de Ordenador*: a la subetapa “desarrollo alternativa de diseño elegida” se le dedicarán 2 horas, y a la subetapa “Estructura, instalaciones e instalación eléctrica” se le reservarán 9.5 horas.
- 4) **Diseño detallado**: la impartición de esta etapa estará compuesta por 7.5 horas de prácticas de ordenador y una sesión de tutorías ECTS. La repartición de las horas entre las subetapas que componen esta etapa se realizará de la siguiente forma:
- *Horas de Práctica de Ordenador*: a la subetapa “estructura, instalaciones e instalación eléctrica” junto con la subetapa de “fusión de modelos” se le reservarán 1.5 horas; a la subetapa “estimación mediciones y presupuesto del edificio” se le destinará 4 horas; y la impartición de la subetapa de “simulación de estructuras e instalaciones” será en 2 horas.
  - *Sesión de Tutoría ECTS Programadas*: a la subetapa “aprobación del cliente a las soluciones adoptadas” se dedicará la segunda sesión de tutoría ECTS, en donde, obviamente, el papel del cliente lo hará el profesor.
- 5) **Contrato licitación**: la enseñanza de esta etapa abarcará 3 horas de *Gran Grupo*, dedicadas a la explicación de los diversos trámites administrativos que debe experimentar un proyecto, y 1.5 horas de *Práctica de Ordenador*, en donde se explicará el método a seguir para la preparación de las licitaciones (redacción del proyecto).

- 6) **Construcción:** a esta etapa se le dedicará 3 horas de *Gran Grupo*, donde se explicará los siguientes temas: agentes del proyecto y pliego de condiciones.
- 7) **Puesta en marcha:** se le reservará a esta etapa 1 hora de *Gran Grupo*, donde se explicarán muy sucintamente las dos subetapas que la componen: modelo as-built y manual de mantenimiento.

### 2.3 Proyecto ejemplo

Como aplicación de la tecnología BIM y para corroborar que es posible la adaptación de la asignatura “Proyectos” a dicha tecnología, se realizará un proyecto ejemplo utilizando el software REVIT 2013 de Autodesk.

En la versión 2013 del software REVIT se unifican, por primera vez, los tres módulos de REVIT existentes: Architecture, Structure y MEP. Gracias a esta unificación se puede trabajar dentro de un mismo proyecto con elementos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones. Esto es posible debido a la creación de una plantilla especial denominada plantilla FULL, es decir, una plantilla creada por el usuario que contiene, a su vez, plantillas de: Architecture, Structure y MEP implementadas en REVIT por defecto; sin necesidad de exportar e importar de módulo a módulo de REVIT (como ocurría en versiones del software).

Cabe mencionar que los alumnos ya conocen los distintos programas de cálculo y documentación de CYPE gracias al trabajo en asignaturas previas, como las distintas asignaturas de cálculo de estructuras o las asignaturas de instalaciones industriales y comerciales. Asimismo, el manejo básico de REVIT se está también implantando ya en una asignatura denominada “Aplicaciones informáticas para la ingeniería”. Se enseña un manejo básico, pero el desarrollo del proyecto en la asignatura objeto de este estudio es lo que capacita definitivamente al alumno a este respecto.

Por otra parte, hay que considerar que los alumnos también han trabajado ya los distintos Documentos Básicos del CTE, concretamente en las asignaturas ya comentadas de “Instalaciones Industriales y Comerciales I y II”. En estas asignaturas también aplican el REBT (RD 842/2002) y otros. Los alumnos del grado en Mecánica se especializan aparte en el Documento Básico de Seguridad Estructural en las asignaturas específicas de dicho grado.

Todo el procedimiento puede resumirse en el esquema que recoge la figura 1:

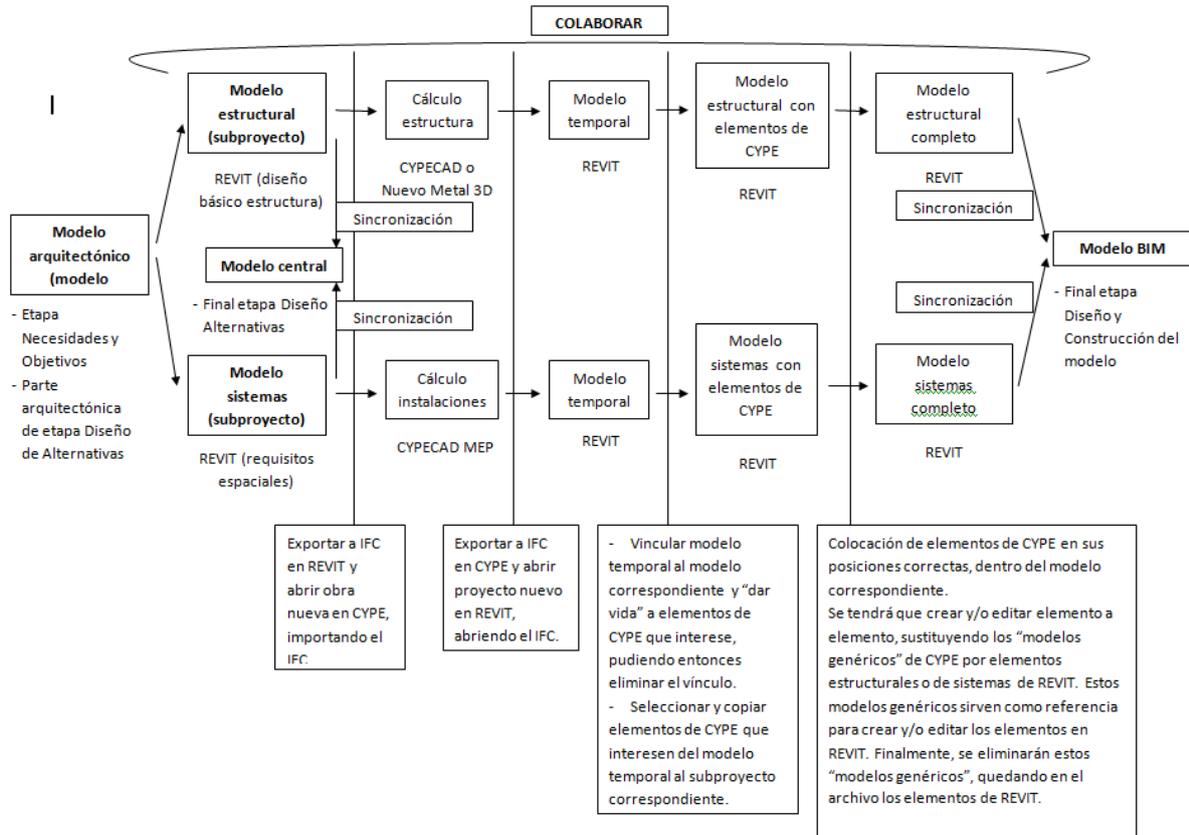


Figura 1. Proceso de gestión colaborativa del proyecto. Fuente propia

En este proyecto ejemplo se realizará una bodega y su correspondiente edificio de oficinas. Ambas construcciones se encuentran anexas y situadas en el término municipal de Los Santos de Maimona (Badajoz). La bodega posee estructura metálica, siendo la del edificio de oficinas de hormigón. También se realizará el diseño y cálculo de las instalaciones de ambos edificios.

Mencionar también que como programa de cálculo se empleará el software CYPE 2014, utilizando los siguientes módulos del programa: “Nuevo Metal 3D” para el cálculo de la estructura metálica (bodega), “CYPECAD” para el cálculo de la estructura de hormigón (edificio de oficinas) e “Instalaciones del edificio” para calcular las diferentes instalaciones que incorporarán ambos edificios (bodega y edificio de oficinas).

El objeto de este proyecto ejemplo es analizar el tiempo empleado en la realización de cada una de las etapas, por lo que se cronometrará el trabajo indicando el número de horas empleado. Gracias a este tiempo, se podrá decidir si el número de alumnos que actualmente realizan el proyecto simultáneamente (6 alumnos) invierten un tiempo adecuado de acuerdo con los créditos asignados a la asignatura “Proyectos”.

El tiempo empleado en cada una de las etapas del proyecto han sido:

- 1) **Necesidades y Objetivos:** se han empleado 5 horas en la realización de esta etapa en la bodega (2 horas) y en el edificio de oficinas (3 horas). El resultado de esta etapa se muestra en las figuras 2 y 3.

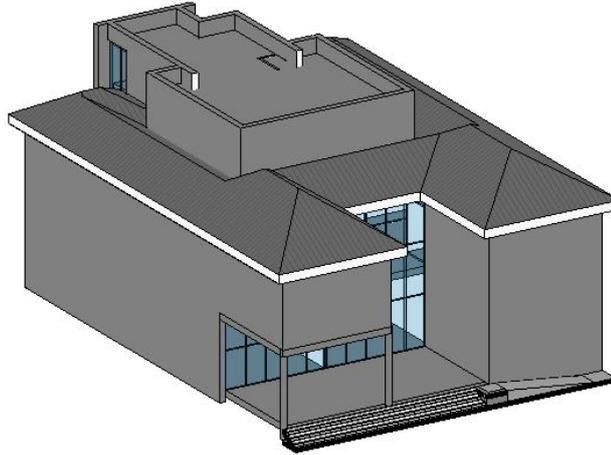


Figura 2. Resultado de la fase 1. Perspectiva del edificio de oficinas. 2014. Fuente propia.

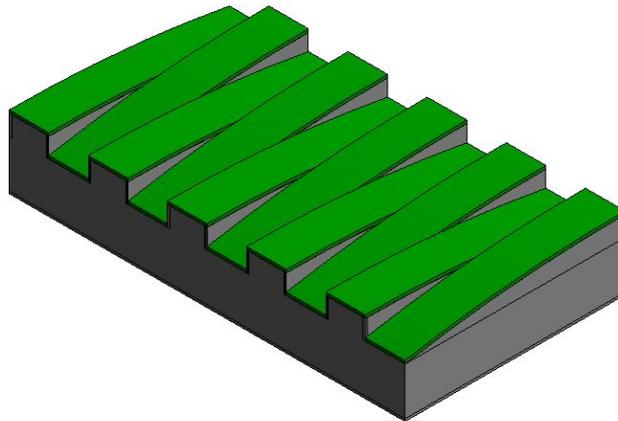


Figura 3. Resultado de la fase 1. Perspectiva de la nave para la bodega. 2014. Fuente propia.

- 2) **Diseño de Alternativas:** se han invertido 8 horas y 15 minutos, de las cuales 4 horas se han empleado en la bodega y 4 horas y 45 minutos en el edificio de oficinas. El resultado de esta etapa se muestra en las figuras 4 y 5.



Figura 4. Resultado de la fase 2. Perspectiva del edificio de oficinas. 2014. Fuente propia.

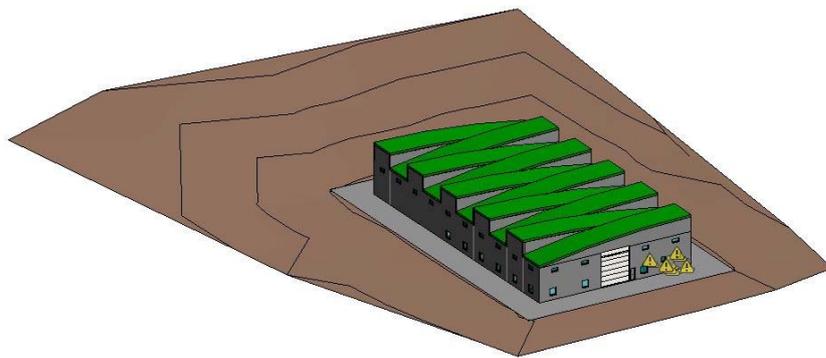


Figura 5. Resultado de la fase 2. Perspectiva de la nave para la bodega. 2014. Fuente propia.

- 3) **Pre-Diseño:** se han invertido un total de 66 horas en la realización de esta etapa. Como se puede observar en el tiempo, en la etapa de Pre-Diseño se obtiene un nivel de detalle mayor que en un Proyecto Básico, que sería la correspondencia de la etapa Pre-Diseño en el plan español.
- 4) **Diseño Detallado:** se han empleado 10 horas en la realización de esta etapa, mucho menos tiempo del que se emplearía en el Proyecto Ejecución, de haber seguido para el mismo proyecto, la secuencia tradicional de mínimos establecida en el CTE. El resultado de esta etapa se muestra en las figuras 6 y 7.

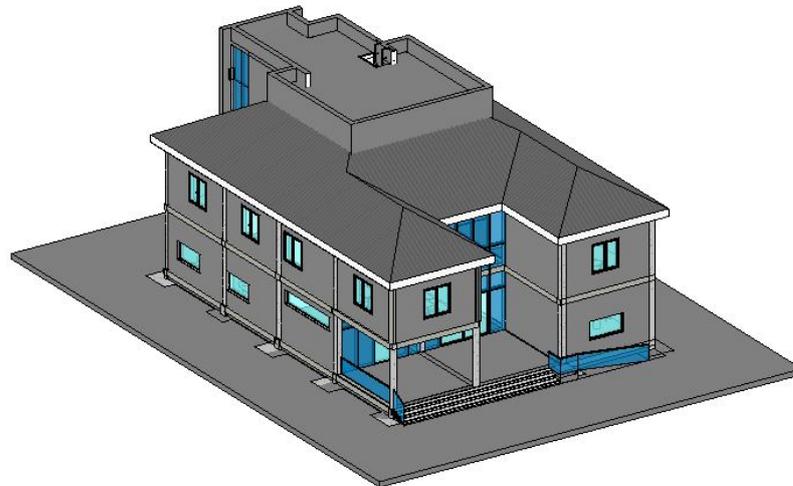


Figura 6. Resultado de la fase 4. Perspectiva del edificio de oficinas. 2014. Fuente propia.

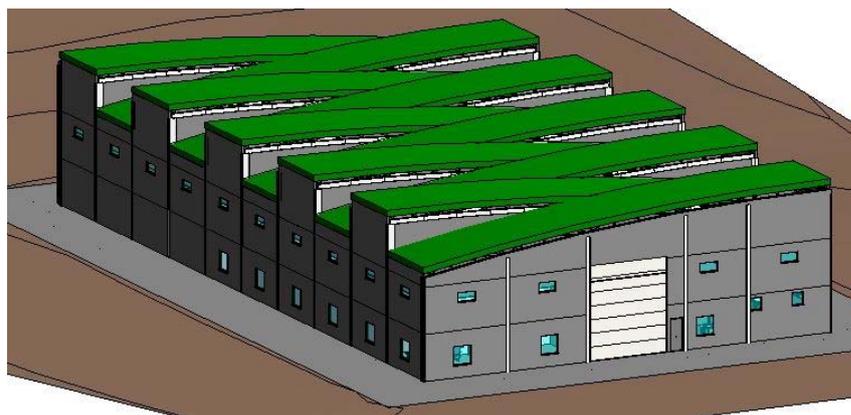


Figura 7. Resultado de la fase 4. Perspectiva de la nave para la bodega. 2014. Fuente propia.

Otro aspecto importante es que el alumno debe obtener toda la documentación del proyecto referente a la parte que se le asigna. Para ello, se le automatizará todo lo que sea posible la tarea de obtención de la documentación, con el fin de que el alumno invierta la mayoría del tiempo en la realización del proyecto en sí, y no en la redacción de memorias, elaboración de planos, mediciones, etc.

Para ello, en el software usado de BIM se ha creado en la plantilla utilizada unos planos de unas vistas predeterminadas, obteniendo automáticamente el alumno los planos que requiere su parte del proyecto. También, mediante los módulos de CYPE “Documentos del proyecto según el CTE” y “Arquímedes”, se obtendrá el resto de documentación a aportar en el proyecto (memorias, pliego de condiciones, memorias y presupuestos) a partir de los cálculos realizados en el módulo de CYPE correspondiente, según el caso.

### 3 CONCLUSIONES

La incorporación de un plan de realización de un proyecto adaptada a la asignatura “Proyectos”, en particular, y al sistema español (CTE), en general, marca las pautas necesarias para incorporar el BIM como herramienta de trabajo a la hora de realizar un proyecto, incluyendo la materialización del proyecto en el emplazamiento propuesto y la puesta en marcha de la edificación.

La utilización del BIM reporta muchas ventajas, como que la ejecución del proyecto se realizará de forma más organizada, colaborando en el mismo proyecto varios proyectistas y viendo automáticamente cada actualización realizada por cualquier compañero desde su puesto de trabajo. También se podrán observar y solucionar detalles que sin la utilización del BIM sería inviable percatarse. Otra ventaja sería que los proyectos de construcción pueden completarse de manera más rápida, económica y sostenible.

Con la implantación de esta nueva metodología docente pretendemos conseguir resultados parecidos a los que ofreció una encuesta realizada en Chile en 2013 [6]. Esta encuesta acerca del BIM ofrecida a distintos expertos en el mundo de la construcción desveló los siguientes aspectos interesantes: el 87% observa mejora de calidad del proyecto final; el 83% indica que se produce una reducción del tiempo de desarrollo del proyecto; el 78% observa una reducción en los conflictos de reducción; y el 57% opinan que el BIM aumento el número de proyectos que reciben y las oportunidades de negocio.

Como conclusión en grupo, decir que es verdad que el BIM es una tecnología aún en desarrollo, y causa de ello es que la sincronización entre programas BIM y programas de cálculo no es como nos gustaría que fuese. En este sentido, un ejemplo claro de interconexión no perfecta es la que hay entre el software BIM REVIT y el software de cálculo CYPE, el cual es ampliamente utilizado en España.

Sin embargo, está claro que esta tecnología marcará los próximos años de construcción en nuestro país, debido a su gran potencia respecto a la forma actual de construir en España.

### 4 REFERENCIAS

- [1] *BIM REQUIREMENTS 2007 VOLUME 1: GENERAL PART*, Senate Properties de Finlandia publicado el 31/12/2007.
- [2] *SINGAPORE BIM GUIDE*, Building and Construction Authority de Singapur versión 1.0 publicado en Mayo de 2012.
- [3] *Directiva sobre contratación pública de la Unión Europea*, <<http://bimmeeting.es/directiva-sobre-contratacion-publica-de-la-union-europea-euppd/>>, Consultado el día 04/02/2014

[4] *Modelado de información de construcción*, <[http://es.wikipedia.org/wiki/Modelado\\_de\\_informaci%C3%B3n\\_de\\_construcci%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/Modelado_de_informaci%C3%B3n_de_construcci%C3%B3n)>, Consultado el día 27/01/2014 Encuesta nacional BIM 2013: Informe de resultados,

[5] *Código Técnico de la Edificación*, REAL DECRETO 314/2006 de 17 de marzo, BOE nº 74 de 28 de marzo 2006

[6] <<http://www.bim.uchilefau.cl/arch/Encuesta%20Nacional%20BIM%202013>>, Consultado el día 04/02/2014.

## **5 AGRADECIMIENTOS**

La presente comunicación ha sido posible gracias al apoyo económico y financiación del Gobierno de Extremadura y del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través de la subvención concedida al grupo de investigación IGPU (Ingeniería Geomática y Patrimonio Urbano) de la Universidad de Extremadura inscrito en el catálogo de grupos de investigación de la Comunidad Autónoma de Extremadura

<b>TÍTULO</b>	ARGOLA ARQUITECTOS. CASO DE ÉXITO DE IMPLANTACIÓN BIM
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	Caso de éxito de implantación BIM
<b>AUTOR / ES</b>	Aramburu Gimeno, Antonio; Gómez de Tomás, José Luis; Martínez Salas, Nuria
<b>INSTITUCIÓN</b>	Árgola Arquitectos
<b>DIRECCIÓN</b>	C/ Fuencarral, 123 Planta 4º 28010 Madrid
<b>E-MAIL</b>	antoburu@argolaarquitectos.com, jlgt@argolaarquitectos.com nuriamartinez@argolaarquitectos.com
<b>TELÉFONO</b>	+34 91 446 69 81
<b>FAX</b>	argola@argolaarquitectos.com

## ÁRGOLA ARQUITECTOS. CASO DE ÉXITO DE IMPLANTACIÓN BIM

**Aramburu Gimeno, Antonio(1);Gómez de Tomás, José Luis(2);Martínez Salas, Nuria(3)**

(1) antoburu@argolaarquitectos.com

(2) jlgt@argolaarquitectos.com

(3) nuriamartinez@argolaarquitectos.com

### RESUMEN

La implantación de un sistema BIM en un estudio de arquitectura es un proceso largo en el tiempo, que implica un esfuerzo que se ve recompensado con los resultados obtenidos y la reducción del tiempo empleado en conseguirlos, tal y como queremos transmitir en este documento.

Árgola arquitectos es pionera, desde el año 2006, en el desarrollo de proyectos BIM. Hemos recorrido un largo camino asociado a grandes cambios y actualmente tenemos completada la implantación BIM en el estudio, en la disciplina de arquitectura.

Para Autodesk, propietaria del software BIM que utilizamos, Árgola arquitectos es un caso de éxito en la implantación del programa (ya en 2008). Con este documento pretendemos compartir nuestra experiencia con varios ejemplos reales y exponer las nuevas oportunidades de negocio que surgen, y que nos posibilita esta nueva tecnología.

**Palabras clave:** *árgola arquitectos, implantación bim, revit.*

### 1 INTRODUCCIÓN

El documento se estructura en una serie de apartados que pretenden explicar desde cómo se ha producido la implantación BIM en el estudio, hasta cuáles son las nuevas oportunidades de cara a un futuro inmediato con esta nueva herramienta. Para ello relataremos:

-Experiencias reales, con la **descripción del proceso** de adopción de esta metodología, y con la inclusión de ejemplos de **casos reales**, con distintos grados de desarrollo.

- Como consecuencia de esta adaptación se organiza el trabajo del equipo de diseño, con la inclusión de **nuevos roles y flujos de trabajo** y una organización especializada por afinidades, aptitudes y experiencia, de una manera sistemática, para optimizar el rendimiento del equipo.

-Cambio del concepto documental. Esta nueva organización del trabajo permite generar la documentación del proyecto de un nuevo modo, siendo esta nueva **generación de documentación bidireccional**, convirtiéndose el documento que antes era un fin en sí mismo en una "vista" del proyecto, manipulable y variable, en la cual se pueden introducir datos que modifican automáticamente otros documentos.

-**Relación** con los clientes finales y con las empresas promotoras y constructoras.

-**Beneficios** obtenidos con este nuevo proceso de trabajo y **nuevas oportunidades** de negocio

## 2.1 Experiencias reales

### 2.1.A Descripción del proceso de adopción de esta nueva metodología.

A mediados del año 2006 comenzamos a probar Revit, y sin formación previa, hicimos un anteproyecto con el que quedamos satisfechos (se trabajó con Revit en paralelo al trabajo en CAD y como apoyo en 3D, aunque finalmente se documentó totalmente en Revit).

Empezábamos a ser conscientes de que teníamos unas máquinas muy potentes que no estaban trabajando al límite, y estábamos usando herramientas y maneras de dibujar que al fin y al cabo eran en cierto modo análogas a trabajar a mano sobre un tablero. Queríamos cambiar nuestra manera de trabajar porque veíamos que estaba obsoleta. Sentíamos que teníamos que optimizar nuestro trabajo. En 2006 todavía no se hablaba del concepto BIM (realmente este término es un concepto que en España empieza a escucharse en 2008 o 2009), pero la herramienta nos pareció tremendamente potente.

A continuación explicamos brevemente nuestro primer anteproyecto realizado con Revit:

**Proyecto:** 46 viviendas unifamiliares adosadas. Granada.



Fig 1. Viviendas en Vegas del Genil, Granada. 2006. Árgola arquitectos [1]

**Objetivo:** Optimizar el proceso de consecución de una imagen variada y heterogénea de un proyecto de viviendas adosadas, sin pautas de repetición ni seriación aparentes. Redefinición del concepto de chalet adosado. Generar documentos convincentes y comprensibles para el cliente.

**Grado de desarrollo:** Modelado en 3d e infografías para explicar al cliente el proyecto más fácilmente. Tablas de superficies brutas y útiles. Detalles en AutoCAD.

**Resultados:** Total comprensión del cliente del producto ofertado, rapidez de ejecución del proceso proyectual, comprensión en obra inmediata de planos, y de detalles de encuentros volumétricos muy variados.

A continuación comentamos brevemente nuestro primer proyecto de ejecución con Revit:

**Proyecto:** Centro comercial y de Ocio en el puerto de Marín.

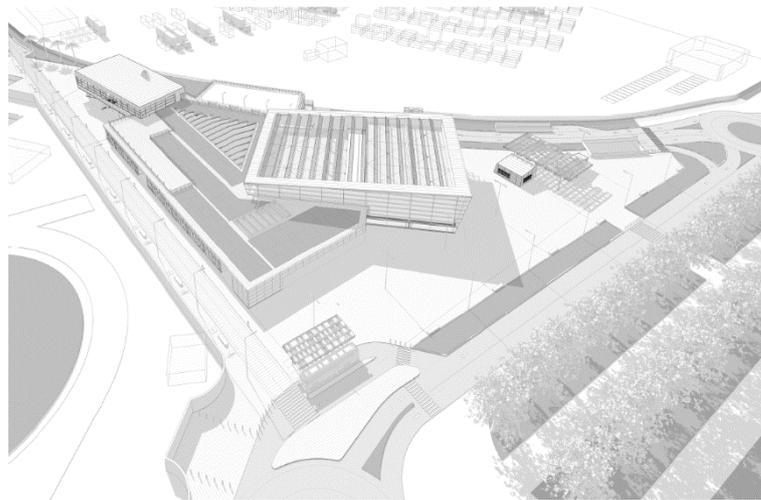


Fig 2. Centro Comercial Puerto de Martín, Pontevedra. 2007. Árgola arquitectos [2]

**Objetivo:** Conseguir el desarrollo de un proyecto de ejecución con un equipo reducido de 2 arquitectos, y una rápida coordinación con las disciplinas de estructuras e instalaciones para cumplir plazos muy reducidos.

**Grado de desarrollo:** Modelado, infografías y axonometrías seccionadas, para explicar al cliente el proyecto más fácilmente. Tablas de planificación: Superficies brutas y útiles, Memorias de carpinterías, cerramientos, cubiertas. Alternancia de detalles en Revit y AutoCAD.

**Resultados:** Proyecto básico y de ejecución entregado en un plazo de 3 meses. Desarrollo del proyecto a un mayor grado arquitectónico que el standard, con definición de elementos y múltiples encuentros que en otras ocasiones se rediseñan en obra. Edición inmediata de cambios importantes de volumetría y del programa del proyecto, con toda la documentación maquetada y lista para imprimir. Herramienta muy celebrada por colaboradores de otras disciplinas (aunque no la usaban) para comprensión espacial de la propuesta y evitar conflictos con la arquitectura.

Cuando empezamos este proyecto, la idea inicial era hacer el modelo en Revit, ya que veíamos que era factible, pero, al no tener a penas experiencia con la herramienta, pensábamos que llegaría un punto en el que exportaríamos el proyecto a AutoCAD y continuaríamos trabajando ahí. Sin embargo, a las 3 semanas, nos dimos cuenta de que no era necesario volver AutoCAD, y nos convencimos de que el proyecto se podría llevar hasta el final utilizando una única herramienta: Revit. Aun con muchos errores de principiantes, efectivamente, así ocurrió.

Tras este proyecto... ¿llega la implantación? Tras haberlo probado 2 arquitectos del estudio, teníamos claro que esta herramienta nos hacía el día a día más fácil. Pero implantarlo en un estudio grande (25 arquitectos aproximadamente) y funcionando, era otra historia.

Hay que invertir tiempo en formación para luego tener un retorno. Se pueden organizar formaciones, pero la gente tiene que realizar un esfuerzo personal adicional, buscar tiempo extra para el estudio de la herramienta, y aplicarla a los propios proyectos, no a tutoriales ni a ejercicios.

## 2.1. B. Ejemplos de casos reales

A continuación se muestra una Tabla con los proyectos de Árgola arquitectos realizados con Revit desde el año 2007. Nótese cómo el número de proyectos BIM del estudio ha ido aumentando progresivamente, y cómo, a partir del 2011, se realizan cada vez más proyectos en el extranjero.

<b>2007</b>
Proyecto de Ejecución. Centro Comercial en el Puerto de Marín, Pontevedra
Proyecto de Ejecución. Naves frigoríficas en Centro logístico. Huelva
<b>2008</b>
Concurso. Centro de Salud Cabanillas del Campo. Guadalajara
Concurso. Centro de Congresos de Punta Umbría. Huelva
Concurso. CHAR Torremolinos. Málaga.
<b>2009</b>
Proyecto de Ejecución. Proyecto de 180 viviendas en régimen VPO. Huelva
Proyecto de ejecución. Proyecto de urbanización en el Puche Norte. Almería
Concurso. Centro de salud San Antón. Cartagena
Concurso. Centro de Salud Lorca. Murcia
Concurso. Viviendas VPO Benquerencia. Toledo
Concurso. Viviendas VPO El Cañaveral. Madrid
Concurso. Viviendas VPO Azuqueca. Guadalajara
Concurso. Centro de Investigaciones Biopol. Barcelona
Concurso. Centro de Salud Sisante. Cuenca
Concurso. Centro de Salud Soria Norte. Soria
Concurso. Centro de Salud Hellín. Albacete
<b>2010</b>
Concurso. Parque Científico BIOPOL en Hospital duran I Reinal. Barcelona
Concurso. Centro de Salud Manzanares. Ciudad Real
Concurso. CEIP Divina Pastora. Ciudad Real
Concurso. Centro de Investigación de la Energía de la Universidad de Huelva. Huelva
<b>2011</b>
Proyecto de Ejecución. Dos Aparcamientos Públicos. Córdoba
Concurso. Hospital Fraternidad Muprespa. Madrid
Concurso Internacional. Viviendas para jóvenes. Córdoba
Concurso. Hospital Ilmecen. Argelia
Iniciativa Público Privada. Hospital Vitarte. Perú
Redacción. Hospital en Córdoba. Argentina
<b>2012</b>
Proyecto de Ejecución. Centro deportivo, Comercial y aparcamiento en los Mondragones. Granada
Concurso. Helsinki Central Library. Helsinki
Proyecto de Ejecución. Hospital Cerrito. Guatemala
Concurso. Hospital Monja Blanca. Guatemala
Proyecto Básico. Edificio de Oficinas en Lima. Perú
Proyecto de Ejecución. Hospital tipo 20 camas. Ecuador
Proyecto de Ejecución. Hospital tipo 60 camas. Ecuador
Proyecto de Ejecución. Hospital tipo 120 camas. Ecuador
Proyecto de Ejecución. Hospital tipo 120 camas. Ecuador
Proyecto de Ejecución. Hospital tipo 200 camas. Ecuador
Proyecto de Ejecución. Hospital tipo 400 camas. Ecuador
Proyecto de Ejecución. Hospital especialidades. Ecuador
Concurso. Hospital semiagudos de Eibar. Guipúzcoa
Concurso. Sede Parque Científico Tecnológico. Tenerife
Concurso. Hospital Chiriquí. Panamá
Redacción. Hospital en Mendoza. Argentina
Anteproyecto. Ampliación de Hospital Baca Ortiz. Ecuador
Concurso. Hospital IBN SINA. Kuwait
Concurso. Hospital New Maternity. Kuwait
Iniciativa Público Privada/ Diagnóstico Urbanístico. Renovación Urbana y dotacional distrito de Barranco. Lima, Perú
Estudios Previos. Torres de Oficinas en Ciudad Real. Ecuador
Estudios Previos. Tranvía en Astana. Kazajistán
Proyecto de Ejecución. Cartel Tío Pepe. Madrid
Estudios Previos. Edificio Lima Santa Cruz. Perú
<b>2013</b>
Estudios Previos. Estudio de cabida y aprovechamiento inmobiliario de conjunto de lotes. Municipalidad de Surquillo. Panamá
Servicios de Consultoría. Elaboración Proyecto de Licitación Básico y Proyecto Ejecutivo Hospital de Isla Bioko. G. Ecuatorial
Concurso. Hospital General de Toledo. Toledo
Proyecto Básico. Proyecto Urbanístico, Centro Comercial y Hotel Via Expresa. Lima, Perú
Estudios Previos. Conjunto Comercial y Terciario República Panamá. Panamá
Proyecto de Ejecución. Centro Logístico de Transportes Niebla. Huelva

Concurso. Hospital de El Niño . Panamá
Estudios Previos. Clínica alto standig para miembros del Senado y Cámara de Representantes. Nigeria
Concurso. Animal Rescue Shelter & Customs Service Centre. Qatar
Concurso. Health Campues en Kocaeli. Turquía
Concurso. Hospital Río Carrión. Palencia
Estudios Previos. Hospital Nigeria. Nigeria
Concurso. Izmir & Kocaeli Health Campus. Turquía
Concurso. Hospital Central Wilaya de Argel. Argel
Proyecto, Supervisión de Obra y Gestión y seguimiento de la tramitación administrativa. Edificio de Oficinas en calle Juan de Arona. Perú
Concurso. Hospital Militar Bechar. Argelia
Concurso. Rehabilitación Energética Edificio Madrid Río. España.
<b>2014</b>
Concurso. Remodelación de 5 salas VIP en aeropuerto de Barajas. España
Proyecto, Supervisión de Obra y Gestión y seguimiento de la tramitación administrativa. Edificio de Oficinas en calle Las Palmeras. Perú
Concurso. Hospital Militar de 342 camas en Béchar. Argelia

Veamos ahora algunos ejemplos con temática, objetivos, y diseño variado:

- 1. Pabellón en Punta Umbría:** Ejemplo de concurso – nivel de anteproyecto- con una propuesta de geometría compleja, no ortogonal.



Fig 3. Pabellón de Ferias y Congresos Punta Umbría. Segundo premio. 2008. Árgola arquitectos [3]

**Proyecto:** Pabellón de Ferias y Congresos de Punta Umbría. Huelva. 2008.

**Objetivo:** Conseguir un diseño singular, representativo, y poder transmitirlo visualmente a nivel de concurso.

**Grado de desarrollo:** Modelado e infografías, axonometrías seccionadas, esquemas energéticos, estudios de soleamientos, esquemas estructurales. La versión de Revit de entonces no tenía el motor de masas conceptuales que tiene ahora, y la geometría se exportó y se volvió a importar, utilizando Rhinoceros.

**Resultados:** General tal cantidad de documentos gráficos que nos vimos obligados a seleccionar información a presentar para no sobrecargar la propuesta (nunca nos había ocurrido esto antes en un concurso). Con esta herramienta pudimos expresar de manera convincente y coherente una propuesta que por sus características singulares a nivel geométrico, estructural o constructivo necesitaba gran cantidad y variedad de documentos gráficos.

En el año 2009, con fondos infográficos de esta propuesta de concurso, Autodesk inició una campaña publicitaria con el ejemplo de éxito de Árgola arquitectos en España, en la implantación de Revit Arquitectura:



Árgola Arquitectos, SLP  
Customer Success Story

AutoCAD Revit® Architecture  
AutoCAD® Architecture  
Autodesk® Impression

“Con Revit Architecture al fin encontramos un programa que nos permite optimizar nuestro propio rendimiento y nos facilita las labores de diseño y, además, las de producción.”

—Antonio Aramburu Gimeno  
Arquitecto - Socio  
Árgola Arquitectos, SLP

**Eficiencia y creatividad.**  
Con Revit® Architecture, Árgola Arquitectos ha conseguido mejoras en el diseño y mayor productividad.

Fig 4. Árgola, caso de éxito en la implantación de Autodesk Revit. 2009. Árgola arquitectos [4]

## 2. Proyecto Vía Expresa: Un anteproyecto-básico internacional de gran envergadura:



Fig 5. Proyecto Vía Expresa. (IPP) Lima. Perú. 2010. Árgola arquitectos [5]

**Proyecto:** Iniciativa Público Privada de cubrimiento de un tramo de la Vía Expresa con programa de aparcamientos y parques públicos, oficinas, hotel, y centro comercial.

**Objetivo:** Con plazos fijados por la administración, y un programa muy complejo y variado, poder desarrollar un ambicioso plan de “cosido” urbano y regeneración con nuevos polos de atracción en un ámbito desestructurado y residual. Se requería gran coordinación para conseguir, en un plazo muy reducido, una propuesta viable que permitiera el inicio de su tramitación.

**Grado de desarrollo:** Modelado, tablas de superficies, infografías, axonometrías seccionadas, esquemas energéticos, estudios de soleamientos, esquemas estructurales,

**Resultados:** La envergadura de este proyecto marcó una nueva manera de entender el flujo de trabajo en un proyecto BIM de gran superficie y escala urbana. El reto de trabajar en un mismo modelo, en ocasiones incluso más de 9 personas, sin interferencias, obligó a ordenar y diversificar el trabajo con mucha disciplina y jerarquía, para evitar interferencias entre los componentes del equipo.

El proyecto constaba de 3 grandes nuevos espacios urbanos (2 parques y una plaza), 4 edificaciones de gran altura (centro comercial, oficinas y hotel), y la intervención en los alrededores para integrar todo en la ciudad. Además, a un nivel inferior soterrado, tenía que seguir funcionando la autopista urbana. Todo ello en un único archivo, algo que no habíamos hecho jamás.

El anteproyecto, listo para tramitación (con toda su documentación gráfica ampliamente desarrollada y explicada para su fácil comprensión por técnicos y “no-técnicos”), las mediciones y ratios de las superficies de cada uso y el programa pormenorizado de todas las edificaciones por usos y plantas, así como las justificaciones urbanísticas, se completó en 2 semanas, un record en el estudio para un proyecto de estas características. Posteriormente se sometió a diversas modificaciones por parte de la administración de la Municipalidad de San Isidro de Lima, modificaciones que pudieron realizarse de forma muy ágil.

La figura de BIM manager, así como la tendencia al cambio de flujos de trabajo en el estudio, empezaron a imponerse como indispensables. Imposible con los antiguos métodos y herramientas haber podido alcanzar este hito. Además, teníamos la seguridad de que toda la información era congruente, sin documentaciones contradictorias ni “olvidos” propios de estos plazos.

### 3. 180 VPO en Huelva: Del concurso a la obra:



Fig 6. 180 viviendas de VPO en Marismas del Odiel. Huelva. 2008-2011. Árgola arquitectos [6]

**Proyecto:** 180 viviendas VPO. Huelva. Concurso ganado 2008. Obra finalizada 2011.

**Objetivo:** Un diseño atractivo, y un cumplimiento escrupuloso de los requerimientos VPO, un presupuesto estricto que no se viera modificado en el transcurso de la obra ni por soluciones constructivas no contempladas ni por falta de previsión a nivel del proyecto.

**Grado de desarrollo:** Modelado, control estricto de acabados, de superficies, de envolventes, de recorridos de instalaciones, de elementos estructurales, de encuentros y de soluciones de fachada repetidas pero aparentemente aleatorias, descripción visual en infografías, axonometrías seccionadas, esquemas energéticos, estudios de soleamientos, esquemas estructurales.

**Resultados:** Ninguna desviación mencionable ni de diseño ni presupuestaria en el transcurso de la obra – salvo cambios mínimos propuestos expresamente por el cliente- por tener el modelo actualizado continuamente y con todos los elementos constructivos definidos, supervisados y revisados en el modelo 3d, con control especialmente estricto de medición de superficies útiles vendibles, y superficies construidas para ajustar el ratio a los apretados requerimientos de la promotora. Ausencia de modificados. Este resultado sólo hubiera sido posible con otros procesos y herramientas anteriores (CAD, etc) a costa de un esfuerzo mucho mayor en fase de proyecto y una ampliación de documentación en fase de obra. Podemos decir, basándonos en este caso real, que la herramienta BIM nos ha ahorrado recursos en el desarrollo del proyecto y en el transcurso de la obra, tanto a los arquitectos – en proyecto y obra- como al promotor- en la obra-, y a la contrata.

#### **4. Complejo deportivo, comercial y aparcamiento público en Los Mondragones, Granada: 3 en 1.**

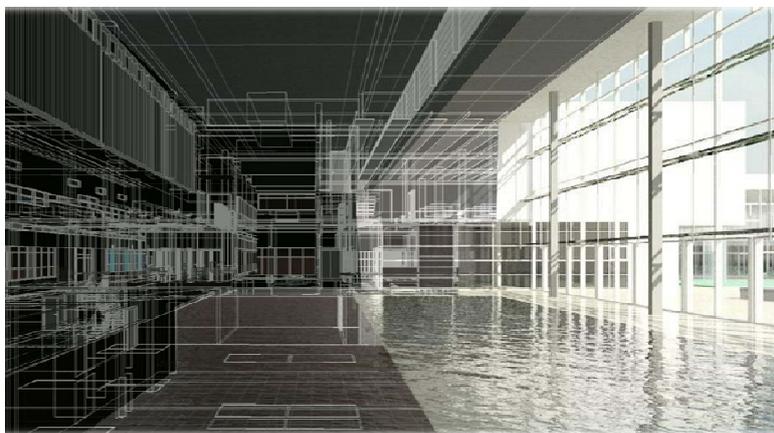


Fig 7. Complejo deportivo y comercial en Mondragones. Granada. 2011-2014. Árgola arquitectos [7]

**Proyecto:** Complejo deportivo, comercial y aparcamiento público en Los Mondragones, Granada. Concurso ganado en 2011- Finalización obra Junio 2014.

**Objetivo:** Definición de un modelo constructivo para ejecución. Coordinación de dicho modelo con ingenierías de la propiedad-promotora. El edificio consta de tres grandes usos diferenciados, aparcamientos bajo rasante, centro deportivo y centro comercial. El objetivo principal era integrar los tres usos tan diferentes en un edificio singular.

**Grado de desarrollo:** Proyecto de ejecución. Modelado, control estricto de acabados, de superficies, de envolventes, de recorridos de instalaciones, de elementos estructurales, de encuentros , en un proyecto de gran heterogenidad, descripción visual en infografías,

axonometrías seccionadas, esquemas energéticos, estudios de soleamientos, esquemas estructurales.

Actualmente se está terminando la obra y, a su vez, se ha ido actualizado un modelo específico con toda la información “as built”, incluyendo innumerables órdenes de cambio en obra.

**Resultados:** Durante el inicio de la obra, en la fase de movimiento de tierra, se encontraron importantes restos romanos en la parcela que hicieron parar la obra e hicieron necesario la redacción urgente de un proyecto modificado, respetando dichas ruinas y siguiendo las indicaciones de la autoridad competente. Al tener todo el edificio modelado en BIM, estas importantes modificaciones se pudieron acometer en un tiempo record.

## 5. Concurso para Nuevo Hospital del Niño, Panamá.

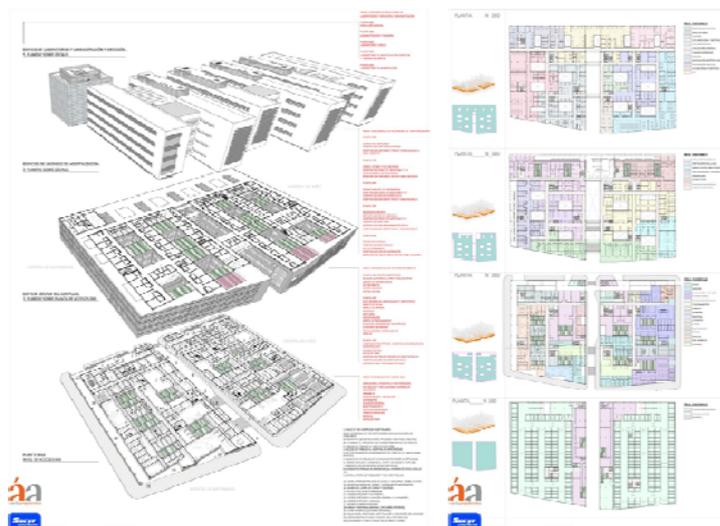


Fig 8. Nuevo Hospital del Niño. Panamá. 2013. Árgola arquitectos [8]

**Proyecto:** Concurso para Nuevo Hospital Materno Infantil “El Niño”, Panamá City, Panamá.

**Objetivo:** Conseguir hacer un concurso de un hospital de 90.000 m<sup>2</sup> en tres semanas. Desarrollar a fondo los estudios de masas desde el inicio como base del proceso de diseño.

**Grado de desarrollo:** Desarrollo de paneles y planos. Modelado e infografías, axonometrías seccionadas, esquemas energéticos, estudios de soleamientos, esquemas estructurales. Cuadros de superficies. Nivel de acabado de anteproyecto avanzado. Se compartió el modelo con profesionales externos para la realización de una maqueta y las infografías y video, que, gracias al modelo BIM, pudo hacerse en tiempo récord y sin incongruencias.

**Resultados:** Por criterios empresariales, la empresa licitadora que nos contrató tardó en decidirse en presentarse o no al concurso, con lo que los plazos de redacción se acortaron. Si no hubiéramos usado esta herramienta, no podríamos haber presentado a tiempo y con tanta información disponible

### 2.2 Nuevos roles y adaptación de los flujos de trabajo

Las nuevas necesidades han ido surgiendo conforme los distintos tipos de proyecto iban desarrollándose en el estudio, como hemos visto en los ejemplos.

Hay un nuevo rol que ha surgido en el estudio como consecuencia de la implantación BIM. Se ha llegado a la figura de alguien que asiste con la tecnología en general y con el uso de Revit en particular y que está remunerado específicamente por esa tarea (BIM manager), incluso en Árgola arquitectos lo hemos dividido en dos partes, especializando el aspecto de comunicación visual del proyecto para su mejor comprensión o visualización (lo hemos llamado RENDER manager), y ahora contamos con el apoyo de una tercera persona, para ayudar a coordinar todo el proceso en BIM.

Continuamente nos estamos esforzando en identificar aquellos procesos diferenciados y sistematizados que se puedan repartir con distintas atribuciones de trabajo según las distintas cualidades y aptitudes de cada miembro, para formar equipos diversificados que respondan en ínfimos plazos de entrega, con resultados competitivos. Si además ponemos a cada uno a trabajar en lo que más le gusta, mejor será el rendimiento. El reto es, de una manera flexible y continuamente adaptada a cada caso, el poder ofrecer en nuestro trabajo en equipo una relación de medios y tiempo empleado con cotas muy altas de productividad, aspecto vital en licitaciones o grandes proyectos a nivel internacional.

### **2.3 Generación de documentos para la construcción:**

Cambio del concepto documental. Esta nueva organización del trabajo permite generar la documentación del proyecto de un nuevo modo, siendo esta nueva **generación de documentación bidireccional**, convirtiéndose el documento que antes era un fin en sí mismo en una “vista” del proyecto, manipulable y variable, en la cual se pueden introducir datos que modifican automáticamente a otros documentos.

La coordinación entre todas las “vistas” del proyecto ahorra mucho tiempo y evita incongruencias. El concepto “vistas” del proyecto ha cambiado realmente al utilizar esta herramienta. Una tabla de superficies útiles, un alzado con estudio solar, una memoria de carpinterías, un render, son “vistas” sacadas de la misma base de datos (el modelo).

Utilizando una herramienta BIM (en nuestro caso Revit) la reducción del tiempo necesario para entregar un proyecto de ejecución se produce en gran parte gracias a la manera en la que el software gestiona las introducciones de datos y sus modificaciones (a través de este nuevo concepto de “vistas”)

Los documentos del proyecto ya no son el resultado final de una cadena de eventos que se han sucedido de una manera lineal en el tiempo y en el desarrollo del proyecto, lo que provoca disfunciones y retrasos en el paso de información de uno a otro, sino que ahora son “vistas” de los datos del modelo que se actualizan en tiempo real.

### **2.4 Relación con los clientes y /o promotoras y constructoras.**

Inicialmente los clientes desconocían el concepto de BIM, y al comentárselo no les interesaba en particular. A partir de ir presentando sucesivos proyectos en Revit los mismos clientes se percataban de las ventajas de usar un modelo virtual, como poder entender mejor el edificio al poder visualizarlo desde distintos puntos, tener un control mayor en torno a las mediciones y superficies y, sobre todo, ver que nuestra capacidad de respuesta a posibles cambios se incrementaba considerablemente.

Se han dado ya varios casos de clientes que nos han pedido expresamente modelos BIM y otros que nos han venido a pedir ofertas por nuestro manejo del mismo.

El siguiente paso respecto a los clientes es el uso de los modelos virtuales para la gestión de la vida útil del edificio, disciplina en la que el estudio lleva tiempo investigando para, en su momento, poder ofrecer dichos servicios.

Las constructoras son más reacias al uso de BIM, creemos que tardarán más en implantarlo en España, aunque las grandes empresas que están internacionalizándose están viendo que se les exige en muchos pliegos, así que poco a poco se irá extendiendo. El problema es que, conceptualmente, el uso de un modelo virtual donde poder hacer simulaciones de todo tipo previo a la ejecución, impide el modelo de “proyectos modificados” y contradictorios en los que se basan las constructoras para su modelo de negocio.

### **3. CONCLUSIONES**

#### **Beneficios obtenidos y Oportunidades de negocio**

Los procesos BIM no afectan a nuestra manera de diseñar, en todo caso ayudan, pero sí afectan y cambian, como nueva herramienta, todos nuestros procedimientos de producción documental y de colaboración.

Para mencionar sólo algunas de las ventajas, nosotros valoramos especialmente lo siguiente: Ausencia de incongruencias en la documentación, Control de cambios mucho más sencillo que con herramientas anteriores. Proyecto entendido como almacén de información, es decir, la información está almacenada en el modelo y la podemos extraer en cualquier momento. Además esta entrada y salida de información es provechosamente asimétrica, pues para una cantidad de datos introducida, a lo largo del proceso se retorna más cantidad de información y más compleja (entendiendo el proceso total como proyecto, obra, uso y mantenimiento).

Algunos clientes extranjeros piden directamente BIM, aunque muchos de ellos todavía no tienen del todo claro el alcance de sus aplicaciones, como por ejemplo toda la parte de Facility Management para mantenimiento preventivo, gestión de espacios...Otros sin embargo sí, y lo piden precisamente porque luego quieren poder gestionar eficientemente su edificio.

Otros clientes lo piden de una manera indirecta: con unos plazos y unos honorarios que hacen que sólo con la eficacia y la productividad de una herramienta BIM sea posible.

Uno de los factores diferenciales que nos ha permitido afrontar con éxito la licitación para un gran Hospital de Chile (El Salvador) y dos Ciudades Hospitalarias en Turquía, (ambos por desarrollar en un plazo inminente) es el currículum de proyectos en BIM que acumulamos, además de nuestra experiencia hospitalaria nacional e internacional.

Así en un plazo inmediato, queremos dominar las coordinaciones con las otras disciplinas: Structure y MEP, y más allá del proceso de proyecto, también queremos empezar a manejar software como Navisworks, software de Project Management integrado con Revit, software de Facility Management basado en modelos BIM... en definitiva, queremos seguir participando con nuestro modelo BIM en el resto de la vida útil de nuestros edificios.

También tenemos voluntad de seguir en primera línea de formaciones de Revit arquitectura, punto vocacional que también compartimos los tres autores de este documento:

Antonio Aramburu y José Luis Gómez, son miembros del claustro de profesores del 1er MASTER BIM (Grupo DEMO-IDESIE)

Nuria Martínez Salas, es, a su vez, profesora de Revit en diversos cursos impartidos en la Universidad Europea de Madrid (UEM)

#### **4 REFERENCIAS**

- [1] <http://argolaarquitectos.com/web/project/46-viviendas-vegas-del-genil/>
- [2] <http://argolaarquitectos.com/web/project/centro-comercial-marin/>
- [3] <http://argolaarquitectos.com/web/project/centro-de-congresos-de-punta-umbria/>
- [4] [http://images.autodesk.com/emea\\_s\\_main/files/cs\\_argola.pdf/](http://images.autodesk.com/emea_s_main/files/cs_argola.pdf/)
- [5] <http://argolaarquitectos.com/web/project/via-expresa-iv/>
- [6] <http://argolaarquitectos.com/web/project/180-viviendas-vpo-en-marismas-del-odiol/>
- [7] <http://argolaarquitectos.com/web/project/centro-deportivo-los-mondragones/>
- [8] <http://argolaarquitectos.com/web/project/nuevo-hospital-el-nino-de-ciudad-de-panama-pa/>

<b>TÍTULO</b>	AVANCES EN LA INVESTIGACIÓN SOBRE LA TECNOLOGÍA BIM EN INTERVENCIÓN APLICADO AL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	3.5 Nuevos Roles
<b>AUTOR / ES</b>	Zornoza Zornoza, M <sup>a</sup> Remedios, March Oliver, Rubén
<b>INSTITUCIÓN</b>	Universidad Politécnica de Valencia
<b>DIRECCIÓN</b>	Camino de Vera S/N
<b>E-MAIL</b>	remezornoza@gmail.com
<b>TELÉFONO</b>	963879502 / 696039490
<b>FAX</b>	

## AVANCES EN LA INVESTIGACIÓN SOBRE LA TECNOLOGÍA BIM EN INTERVENCIÓN APLICADO AL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO

**Autores: Zornoza Zornoza, M<sup>a</sup> Remedios (1), March Oliver, Rubén (2)**

- (1) Master en Conservación del Patrimonio Arquitectónico. U.P.V. Arquitecto Técnico. Ingeniero de Edificación. remezornoza@gmail.com  
(2) Arquitecto Técnico. U.P.V. ruben.march.oliver@gmail.com

### RESUMEN

El Building Information Modeling (BIM) es un método innovador mediante el cual arquitectos, ingenieros e individuos involucrados en el proceso constructivo de la obra nueva intercambian información de manera eficiente, desarrollando representaciones digitales de todas las fases del proceso de construcción.

El objetivo de nuestro trabajo es la aplicación del software Revit para especializar la modelización del patrimonio histórico artístico. Por un lado se pretende establecer familias para modelar elementos concretos como losas, canecillos, molduras, columnas,...etc., con unos determinados parámetros y por otro lado se pretende realizar la exportación a una base de datos utilizando diferentes métodos. Los datos que se presentan es la fase experimental de exploración y análisis en el cual estamos trabajando utilizando el método BIM, de tal forma que, se pueda desarrollar una base de datos donde volcar la información aportada desde las diferentes disciplinas que intervienen en la conservación del patrimonio, tanto arquitectónico como artístico: historiadores, arqueólogos, historiadores del arte, arquitectos, ingenieros,...etc.

El uso de este método aplicado a la investigación y estudio del patrimonio, representará un gran avance en el manejo e intercambio de información entre los diferentes profesionales relacionados con su conservación, ya que en un único documento se reúne toda la información (gráfica y escrita), relativa al mismo.

La introducción de información desde los diferentes ámbitos disciplinarios se puede llevar a cabo de manera simultánea, de tal forma que cada usuario puede visualizar en cualquier momento los datos aportados por los otros usuarios en tiempo real. Esta aportación novedosa del método BIM permite minimizar los errores que puedan producirse en el proceso de intervención.

**Palabras clave:** Bim, interoperabilidad, investigación, patrimonio, restauración.

## 1 INTRODUCCIÓN

El BIM es una metodología ampliamente implantada y utilizada en proyectos de obra nueva a nivel intencional, mientras que en España es una metodología aún emergente en el campo de los proyectos de nueva planta. En cuando al desarrollo de esta metodología en el ámbito nacional e internacional para la gestión del patrimonio arquitectónico se encuentra todavía en fase inicial. Es así, que se presenta una oportunidad para desarrollarla. Lo que se pretende en una primera fase de nuestra investigación es la aplicación del software Revit para especializar la modelización del patrimonio histórico artístico. Por un lado se pretende establecer familias para modelar elementos singulares y por otro lado experimentar la realización de una base de datos donde los diferentes sectores relacionados con patrimonio puedan volcar la información obtenida en sus investigaciones.

## 2 CONTENIDO

Los antecedentes y el estado actual de los conocimientos en torno a la aplicación del BIM a los bienes patrimoniales en el ámbito nacional fueron en parte expuestos en el Primer Congreso Nacional EUBIM 2013 celebrado el pasado año aquí en Valencia, en la Universitat Politècnica de València, coorganizado por el Grupo de Usuarios de Revit de Valencia (GURV) que dirige Alberto Cerdán Castillo, donde el Dr. Juan Enrique Nieto Julián expuso “La necesidad de un modelo de información aplicado al patrimonio arquitectónico”[1].

Es importante destacar la aportación del grupo de investigación HUM799 (Universidad de Sevilla) expuesta en el artículo de Roque Angulo Farnos: “Sobre la construcción de la base gráfica para un sistema de información y gestión del Patrimonio Arquitectónico: Casas de Hylas en Itálica” [2], en el que ha experimentado mejorar los recursos gráficos para la representación de los bienes y la edición de planimetría mediante la generación de un modelo tridimensional basado en tecnología CAD e intentando resolver las carencias presentadas por el sistema SIG sobre un bien arqueológico.

Por otro lado se vincula el modelo a una base de datos que se nutre de los datos contenidos en él y aporta otros nuevos dentro del entorno de visualización utilizado. Estos resultados fueron expuestos en los dos primeros congresos Internacionales sobre Arqueología e informática gráfica, Patrimonio e innovación. Arqueología 2.0., celebrados los años 2009 y 2010, organizados por el grupo Virtus de la Universidad de Sevilla, y en la actualidad se siguen celebrando o con conferenciantes como Alfredo Grande, del Centro de Investigación, Desarrollo y Formación en Arqueología Virtual o Alan Chalmers que expuso “The Digital Laboratory”, WMG, University of Warwick, UK. [3]

Internacionalmente se están llevando a cabo estudios similares, concretamente en el Departamento de Arquitectura de la Universidad de Bolonia en el que Simone Garagnani llevó a cabo el estudio titulado “Building Information Modelling semántico e rilievi ad alta risoluzione di siti appartenenti al Patrimonio Culturale”. Este estudio consistió en traducir la información geométrica de precisión adquirida mediante las técnicas de escáner láser y fotogrametría digital a un modelo BIM. [4]

El estudio de los bienes patrimoniales implica el trabajo multidisciplinar de diferentes ámbitos profesionales: Historiadores, arqueólogos, historiadores del arte, arquitectos, restauradores, forenses, químicos, biólogos...etc. Tradicionalmente cada uno de los profesionales que ha intervenido en el análisis y puesta en valor de un bien patrimonial ha realizado su trabajo de forma independiente y al margen del resto de disciplinas, o bien de forma coordinada pero volcando las investigaciones de cada uno de ellos en documentos independientes: informes arqueológicos, memorias historiográficas, informes forenses, proyecto de intervención, etc.

Se trata de introducir un modelo instrumental interdisciplinar. Es deseable que este modelo instrumental, además de contener toda la información relativa al bien patrimonial objeto de estudio, permita que sea difundida de forma sencilla, directa y amena entre la sociedad. De este modo se abarcarían dos objetivos de forma simultánea:

A.- Mejorar el flujo de trabajo aumentando la productividad y facilitando la toma de decisiones, en el caso de intervención destinada a la conservación del bien patrimonial.

B.- Favorecer la difusión del patrimonio cultural entre la sociedad estimulando el turismo cultural y motivando el aprendizaje entre escolares y universitarios.

Este método innovador permite el intercambio de información de forma eficiente de manera que, sobre el levantamiento en tres dimensiones del bien objeto de estudio, se puede aportar, en ese mismo archivo, una ingente cantidad de material gráfico, documentación escrita y fotográfica por lo que todos los profesionales que intervienen en el estudio pueden volcar sus informes en el mismo archivo en el que se encuentra la visión espacial digitalizada del objeto. De esta forma se puede conseguir el primer objetivo establecido. Por otro lado, el software asociado al método BIM dialoga perfectamente con programas de edición audiovisual, y realidad aumentada lo que facilita la obtención del segundo objetivo.

No sólo la comunidad científica tendrá acceso a la información elaborada por los diferentes profesionales involucrados, sino que toda la sociedad podrá beneficiarse del uso de esta metodología de trabajo al tener acceso directo a la información almacenada a través de programas de realidad virtual lo que fomentará el establecimiento de una sociedad proclive y abierta a la innovación que acoja el desarrollo y la adopción de nuevas ideas y su incorporación a nuevos procesos, productos y servicios.

Al igual que con los métodos tradicionales, es necesario establecer una metodología para llevar a cabo de forma eficaz la aplicación del BIM y establecer un flujo de trabajo. Es recomendable dedicar tiempo a planificar y establecer unos criterios de clasificación para catalogar el bien por secciones generales (evolución constructiva, usos, estado de conservación, etc.) o particulares.

En primer lugar se importarán las nubes de puntos, o si se trata de un levantamiento tradicional, las cotas recogidas en trabajo de campo.

Seguidamente se generará el modelo tridimensional con la metodología BIM a partir de los datos recopilados anteriormente. En este se definirá la geometría del edificio, la relación de espacios, los sistemas y técnicas constructivas empleadas, la caracterización de materiales con sus propiedades fisicoquímicas, las instalaciones y todos los parámetros relativos al bien patrimonial como los usos y actividades que se albergan.

A continuación se procede a la fase de representación donde se producirá la información gráfica similar a la de un levantamiento mediante técnicas tradicionales de dibujo in situ para facilitar la interpretación y la lectura directa de las fábricas, el sistema constructivo, las técnicas, forma, métrica, materiales,...etc. del edificio, considerándose como fuente primaria de información, tal y como recoge en el artículo 2 de la Carta de Venecia (ICOMOS 1964) y la Carta del Rilievo (Valmontone, septiembre de 1999). Existe la posibilidad de utilizar otras técnicas más avanzadas, de hecho las estamos utilizando, de toma de datos mucho más precisas como el scanner láser y el foto-scanner 3D, que complementan el levantamiento tradicional. [5] [6]

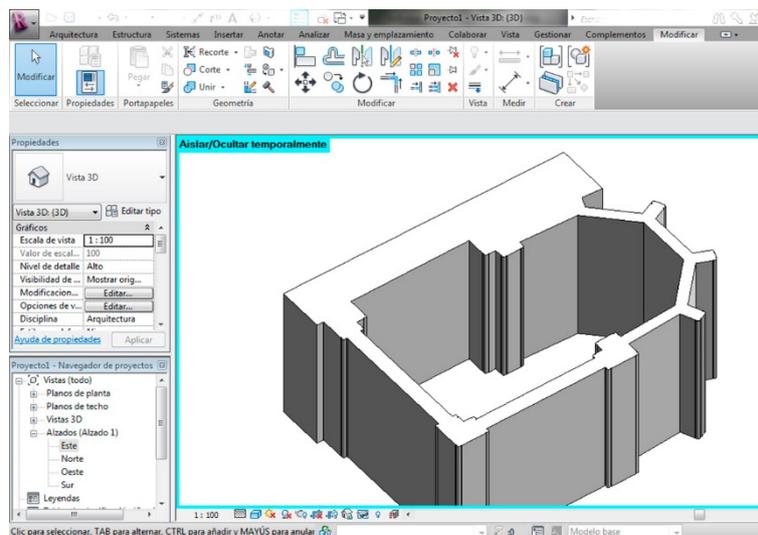


Fig 1. Modelado de los muros de la capilla funeraria. 2013. Proyecto de recuperación del patio sur antiguo cementerio medieval de la iglesia de San Juan del Hospital de Valencia. Rubén March Oliver.

Modelado el monumento es posible continuar la pormenorización del documento, por ejemplo mediante la incorporación de unidades estratigráficas por elementos o entidades hasta alcanzar el nivel de detalle deseado para plasmar sobre toda la información para su conocimiento y generación de la base de datos. Así mismo, se reflejarán las lesiones y el conjunto de manifestaciones patológicas.

El último paso, sería la puesta a disposición de la información en la base de datos para ser utilizada de acuerdo con las necesidades de puesta en valor del bien y de cada una de las partes y elementos que lo configuran, conservación, mantenimiento, intervención y divulgación.

El impacto previsible de los resultados derivados de la aplicación del BIM se presenta en tres puntos claramente definidos: impacto científico-técnico, social y económico.

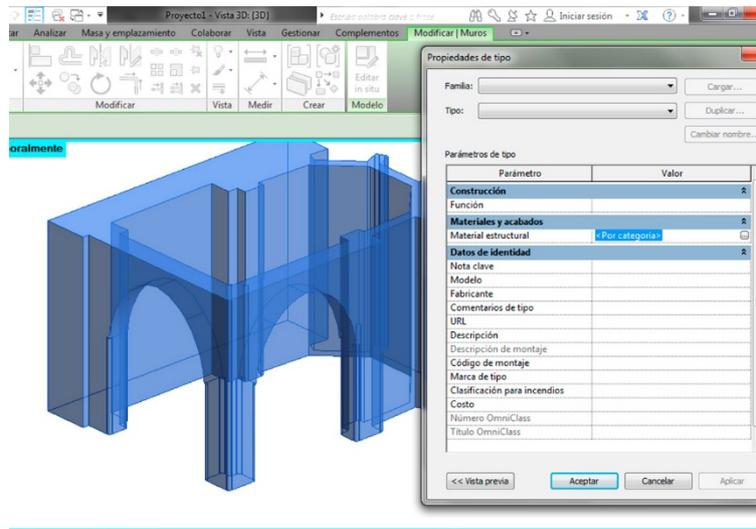


Fig 2. Consulta de datos de la capilla funeraria. 2013. Proyecto de recuperación del patio sur antiguo cementerio medieval de la iglesia de San Juan del Hospital de Valencia. Rubén March Oliver.

A.- Impacto científico-técnico: Hasta el momento nuestra investigación sobre patrimonio se está llevando a cabo a través de las aportaciones realizadas por diferentes profesionales donde cada resultado obtenido se difunde de forma diferente, almacenando la información en diversos archivos. Con la utilización de la tecnología BIM es posible almacenar la documentación que proviene de diferentes disciplinas en un único archivo.

En nuestro caso, estamos trabajando conjuntamente un arquitecto, dos técnicos y un historiador y volcamos las diferentes aportaciones de cada uno en un mismo archivo central. Trabajamos dos equipos diferentes y hemos desarrollado un modelo virtual central donde cuando sincronizamos se reflejan los cambios que ha realizado cada uno.

Este método agiliza trabajo ya que a partir de una imagen digitalizada mediante elementos paramétricos en tres dimensiones podrá ir introduciéndose la información relativa a cada uno de los elementos que aparecen en esa imagen (ejemplo: pinchando sobre una losa en bajorrelieve del pavimento aparecerá su ficha donde se pueden indicar las dimensiones, material, datos relativos al descubrimiento arqueológico, información sobre la historia de la losa, mapeo de la patología, análisis físico-químicos de la piedra,...etc.).

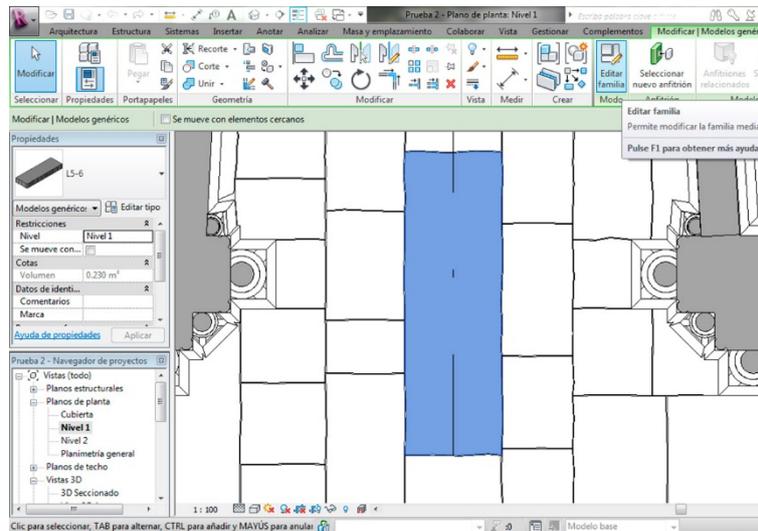


Fig 3. Consulta de datos de una losa del pavimento. 2013. Proyecto de recuperación del patio sur antiguo cementerio medieval de la iglesia de San Juan del Hospital de Valencia. Rubén March Oliver.

Esta forma de trabajo permite minimizar errores al tener acceso en cada momento a la información que otros profesionales han aportado. Ahorra mucho trabajo ya que no es necesario esperar a tener la totalidad de los informes emitidos desde cada disciplina para tener una visión global del bien estudiado y ello facilitará la toma de decisiones en el caso de intervención destinada a la conservación del bien patrimonial.

B.- Impacto social: Se prevé, y así lo estamos reflejando en el desarrollo del Proyecto Refundido y de Recuperación del Patio Sur del antiguo cementerio medieval de la iglesia de San Juan del Hospital de Valencia, la realización de un museo virtual para la divulgación de las diferentes investigaciones, ya que todavía estamos en fase de proceso obteniendo resultados a diario.

Del avance de nuestras indagaciones, la sociedad podrá beneficiarse del uso de esta tecnología porque la exportación de los archivos BIM a otros programas de realidad virtual permitirá que los datos almacenados sobre un bien puedan ser visualizados en los museos o en el mismo lugar donde se encuentra el bien, incluso a través de aplicaciones para telefonía móvil de realidad aumentada. De este modo, se acerca la ciencia a la sociedad y deja de ser un bien exclusivo de los científicos.



Fig 4. Aplicación móvil del museo Street museum nl. 2013. Organización ArLab de la Royal Academy of Art de la Haya y University of Technology de Delft y Leiden.

C.- Impacto económico: La última fase de nuestra investigación tratara este punto, el impacto económico. En principio estamos barajando la hipótesis de exportación de los datos obtenidos en Revit-Bim al formato "FileMaker Pro", para una mejor divulgación. Este software es utilizado para implantación de soluciones y aplicaciones personalizadas para gestión de información en plataformas, iPhone iPad, Windows, Mac y páginas web.

Este trabajo tan especializado, implica la necesidad de emplear técnicos capacitados para desarrollar dicho cometido. Asimismo, la difusión de la información entre la sociedad hará necesario el diseño de aplicaciones y distribuidoras entre museos y colegios, y se prevé que aumentará la apertura de empresas relacionadas con el sector.

## **2.1. Aplicación del método BIM en la capilla funeraria del patio sur de San Juan del Hospital.**

Se trata de realizar un modelo de la capilla funeraria reflejando tanto su estado actual como todos sus estados a lo largo de la historia, darle materialidad, características propias para terminar fabricando una base de datos gráficos y técnicos que puedan ser compartidos multidisciplinariamente.

El trabajo que hemos realizado se ha dividido en varias fases:

### **2.1.1. Modelado**

El modelado es la fase inicial en la metodología BIM. Partiremos de las mediciones tomadas en campo apoyadas en su caso por planos anteriores si los hay. En este caso concreto, al tener acceso a los planos realizados por Jorge García Valldecabres en su tesis doctoral, comenzamos el modelado con la importación de estos planos que tienen formato CAD, es decir en dos dimensiones. [7]

A partir de estos planos se realizó la maqueta digital siguiendo una metodología ordenada. La manera de realizar la maqueta digital es ordenando los elementos en familias y uniendo

las familias en un modelo central, por ello, varias personas pueden estar trabajando en este modelo central al mismo tiempo. Una persona podría estar haciendo la estructura global y otra modelando las familias de detalles, según explica Julián Nieto y Enrique Juan en su artículo “Generación de modelos de información para la gestión de una intervención: La cárcel de la Real Fábrica de Tabacos de Sevilla”. [8]

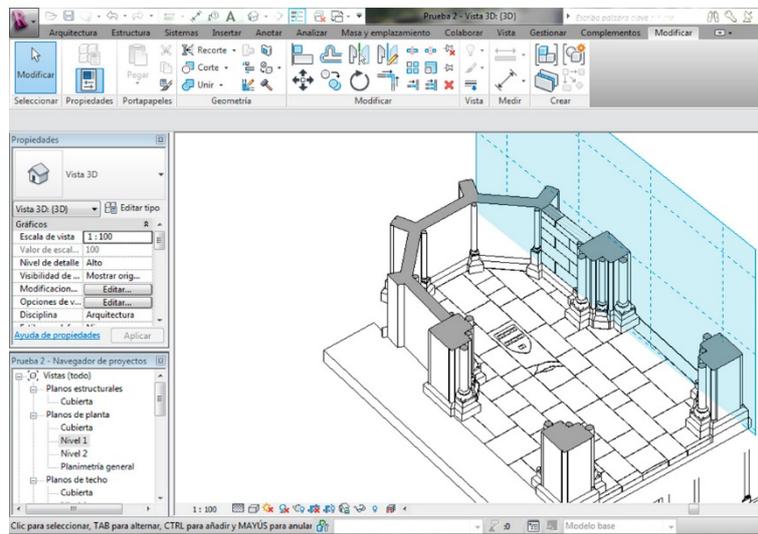


Fig 5. Maqueta digital realizada por varios usuarios al mismo tiempo. 2013. Proyecto de recuperación del patio sur antiguo cementerio medieval de la iglesia de San Juan del Hospital de Valencia. M<sup>a</sup> Remedios Zornoza Zornoza.

Las familias utilizan la plantilla normalmente de “modelos genéricos”, es decir trabajamos con modelos sólidos y no con masas. Es adecuado explicitar que los manuales de Revit como el de Paul F. Aubin [9], recomiendan el uso de las masas para fases de ideación y no de modelar una situación existente. Además se pueden añadir más características a familias de sólidos tales como materiales, densidades, texturas etc. Cuando los elementos son relativamente serios se puede incluir en el modelo central una misma familia varias veces, este es el caso de la familia “sillar ortogonal”.

Se decide iniciar el modelo con el contorno de los muros principales obviando las trazas de los arcos y el nacimiento de los nervios que se adherirán posteriormente como familias. De esta manera algunas personas del equipo de trabajo pueden estar realizando familias que después adhieren al modelo central como se comentó en el Congreso Internacional de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación. [10]

La metodología BIM expone la parametrización de los elementos para poder modificarlo sin necesidad de entrar en el modo de edición. Lo mismo con todas las familias y componentes in situ.

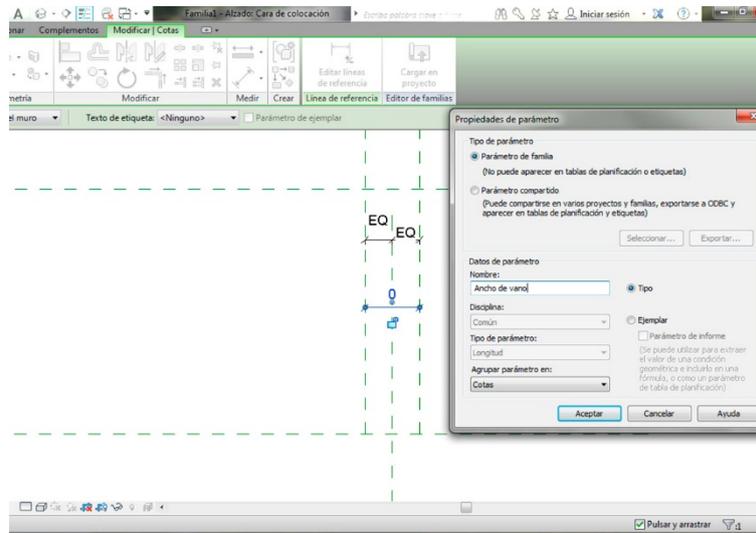


Fig 6. Parametrización de un muro. 2013. Proyecto de recuperación del patio sur antiguo cementerio medieval de la iglesia de San Juan del Hospital de Valencia. M<sup>a</sup> Remedios Zornoza Zornoza.

Una vez definido el volumen principal, se implantarán tantas familias como elementos singulares requiera el edificio o se deseen catalogar/individualizar.

Durante la generación del modelo, es probable que lleguemos a un nivel de detalle muy elevado. Esto implica que para vistas de pequeña escala, la visualización no sea satisfactoria. Es necesario comprender que deseamos ver en la visualización baja y que deseamos ver en la visualización alta. Este paso es tan sencillo como clicar sobre el elemento deseado con el botón derecho, pulsar “Visualización” y seleccionar en que calidad deseamos reproducirla.

### 2.1.2. Pruebas

Una vez modelado, se inician las pruebas. En este momento ya debemos tener planteado, al menos en parte, el esquema de trabajo. En este caso, se ha partido de la capilla ya restaurada. En otras ocasiones se partirá del modelo sin restaurar y se aplicarán los cambios posteriormente.

En este momento se plantea la necesidad de detallar más el modelo, para poder realizar una estratigrafía muraria. Para realizar esto, se va a optar por realizar los sillares como familia paramétrica y después los más singulares como familias independientes, de modo que tendremos un inventario de cada uno de los sillares. Para poder aplicar a cada sillar una textura y de este modo definir la estratigrafía, es necesario parametrizar el material por tipo. En este caso se hace indispensable aplicar la visualización explicada en el capítulo anterior.

El primer inconveniente al modelar las silleras es el gran periodo de tiempo de procesado en la edición. Se ha probado a generar los sillares de tres maneras diferentes.

En primer lugar, modelo genérico basado en muro, es decir componentes anidados en muros. Las ventajas que este sistema tiene es que al incrustar el objeto, que la geometría principal queda vacía, siendo más preciso a la hora de generar listas y que permite colocar sillares en parte del espesor del muro y no en la totalidad.

En segundo lugar, modelo genérico establecido como ventanas. Las ventajas que tiene son que permite dar plumillas de forma general y que son listados de forma independiente y no con el resto de componentes.

En tercer lugar, modelar mediante componentes in situ, es decir componentes anidados en muros. Las ventajas que presenta este método, es el rápido desarrollo y que, además, permite colocar sillares en parte del espesor del muro y no en la totalidad

Se concluye pues, que el método más correcto es el modelo genérico basado en muro, a pesar de ser más pesado y más costoso.

Una vez elegido este sistema, se presentan dos opciones: la primera es desarrollar el modelo con una extrusión hueca y la segunda que corte la geometría del muro o sin vaciar el muro. Siendo el más efectivo sin vaciar el muro.

#### 2.1.3. Ampliación y mejora del modelado

Una vez modelado y definido, es evidente que no se puede profundizar al 100% en el modelo puesto que se debe invertir mucho tiempo. No obstante, el modelado en Revit permite ampliar sobre el modelo existente toda la información necesaria. La novedad introducida es la implementación de familias especializadas con parámetros particulares de los elementos patrimoniales. Por ejemplo, al desarrollar una familia con paramentos para la generación elementos singulares tipo losas o canecillos, llegando a la conclusión de que es más apropiado trabajar con familias de modelos genéricos, que con familias de masas, es decir, sólidos, ya que las familias de masas son más apropiadas para fases de diseño que para fase de situaciones existentes.

Para este paso se toman como referencia las losas del suelo, que son piezas labradas muy valiosas. Por otro lado, conforme se avanza en el proyecto se hace necesario establecer fases o periodos históricos, y hay que rectificar los elementos construidos anteriormente. En este caso, las dos naves del modelo se construyeron en fases diferentes y puesto que están modeladas de una pieza, hay que rectificarlo y separarlo en dos.

#### 2.1.4. Periodos

Este paso se puede realizar en el momento del proyecto en que se considere oportuno. Consiste en asimilar las fases de ejecución con los periodos más destacados del monumento. No obstante, lo ideal es asignar en el momento síntesis de cada elemento una fase de construcción para seguir una metodología más ordenada.

Gracias a que Revit puede introducir para cada elemento una fase de ejecución, y otra de demolición, permite representar en un mismo archivo las diferentes etapas por las que ha pasado un monumento.

#### 2.1.5. Elaboración de la presentación

Una vez acabada la maqueta digital, tenemos que proceder con la fase de presentación de nuestro trabajo. Por ello comenzaremos a trabajar entrando en el navegador de proyectos, en el apartado de "planos".

Lo primero que tenemos que hacer es formar una plantilla de presentación, con un cajetín, diseño gráfico de página, gama de colores,...etc. Esta plantilla nace como una familia que al cambiarla se modifica el diseño de todas las páginas. Se van constituyendo todos los planos que consideremos necesarios y volcamos las diferentes vistas desarrolladas

mediante niveles. Para la representación de la evolución, utilizaremos los filtros de fases para ir mostrando unas u otras fases.

El mapeo de lesiones lo representaremos mediante la herramienta de “modificar gráficos en vista” o con la opción de visualización alta que muestra las características gráficas de los materiales. Es decir, cuando se crea un elemento se le puede aplicar una lesión, por ejemplo, costra negra y asignarle un sombreado a este elemento que se verá cuando tengamos opción de visualización alta.

En cuanto a los inventarios y listados, se materializan en el apartado de tablas de planificación, aquí podemos hacer recopilación de bases de datos de propiedades que hemos ido dando a los elementos, así podemos presentar las características de las partes de los edificios para posteriores ampliaciones, restauraciones o propuestas. Los modelos pueden ser siempre mejorados, tratados por otras personas y con la herramienta “sincronizar”, ver los cambios realizados por compañeros en tiempo real.

#### 2.1.6 Exportación a bases de datos

##### BASE DE DATOS INTERNA

Para la generación de la base de datos existen varias posibilidades: Por un lado, el programa Revit 2014 contiene un sistema de generación de familias personalizadas donde podemos incluir información característica de cada elemento, de este modo se puede empezar a tratar una base de datos. Este sistema sería el ideal para mantener la interoperabilidad de las distintas disciplinas, sin embargo, es necesario que todos los especialistas manejen el sistema BIM.

##### BASE DE DATOS EXTERNA

Por otro lado, existe la posibilidad de exportar los datos de Revit a una base de datos externa mediante el modo de exportación ODBC. De esta forma, se pueden obtener datos que podrían ser tratados en plataforma Excel, Acces, FileMaker Pro o SQL Server, por lo que Microsoft ODBC se convierte en un conector. La información generada en la base de datos puede ser importada de nuevo al modelo BIM a través de Excel a una tabla de planificación de Revit.

##### GENERACIÓN DE UNA APLICACIÓN

Cabe la posibilidad de abrir una nueva línea de investigación que puede consistir en la exportación de los datos de Revit a un formato IFC, lo que requiere la generación de una nueva aplicación vinculada con el patrimonio y el tratamiento de datos que se obtengan.

### 3 CONCLUSIÓN

La implantación del BIM tiene como finalidad el diseño de un modelo instrumental para la gestión de la información, de forma que en un único archivo se recoja, desde el análisis previo a la puesta en valor, todos los estudios que se van realizando desde los diferentes

ámbitos disciplinares. El objetivo es mejorar el flujo de trabajo y difundir la información a la sociedad. La presente comunicación muestra algunos de los resultados de trabajar con Revit aplicado al patrimonio que pertenecen a un proyecto más ambicioso en fase experimental, es decir, una primera fase de una línea de exploración que se encuentra en proceso de desarrollo.

El objetivo de nuestro proyecto, tratará de estudiar las ventajas de generar un único modelo de información BIM, que permita ampliar y actualizar la información de otras disciplinas que complementan el estudio de un bien arquitectónico basadas en arqueología, ingeniería e historia, según se vaya profundizando en él. Nuestra hipótesis de trabajo se basa en la generación de familias personalizadas para cada elemento objeto de estudio, por lo tanto estamos en fase de su tratamiento y experimentando la manera de cómo y en que formato exportamos estos datos sin que exista pérdida de información. La futura difusión de los resultados obtenidos de las fases pendientes de investigación se publicará tras la ejecución y ensayo de los estudios necesarios.

Lo que se pretende es la aplicación de las nuevas tecnologías al estudio del Patrimonio Cultural, a su difusión mediante programas y aplicaciones informáticas de uso habitual entre la sociedad, lo que supone una solución innovadora en un contexto de cambios sustanciales en la expansión educativa y en la forma de consultar y extraer fuentes documentales sobre un bien, que nuestra línea de investigación aspira desarrollar.

#### 4 REFERENCIAS

[1] Nieto Julián, Juan Enrique; Marín García, David; Rico Delgado, Fernando; Moyano Campos, Juan José. 2013. *“La Necesidad de un Modelo de Información Aplicado al Patrimonio Arquitectónico”*. EUBIM 2013. Fuentes Giner, MB.; Oliver Faubel, I. Valencia. Universitat Politècnica de València.

[2] Angulo Fornos, Roque. (2012). *“Construcción de la base gráfica para un sistema de información y gestión del patrimonio arquitectónico: Casa de Hylas”*. Arqueología de la arquitectura, 9, enero-diciembre 2012, 11-25. Madrid / Vitoria. ISSN 1695-2731. eISBN 1989-5313. doi 10.3989/arqarqt.2012.10005.

[3] Alfredo Grande, León; López-Menchero Bendicho, Víctor Manuel; Hernández-Barahona Palma, Ángeles. 2011. *“III Congreso Internacional de Arqueología e Informática Gráfica, Patrimonio e Innovación”*. Arqueológica 2.0. Sociedad Española de arqueología virtual. SEAV. Sevilla. España

[3] Garagnani, Simone. 2012. *Building Information Modeling Semantico e Rilievi ad alta risoluzione di siti appartenenti al Patrimonio Culturale Semantic Building Information Modeling and high definition surveys for Cultural Heritage sites*. DISEGNARECON. NUMERO SPECIALE DoCo 2012 – Documentazione e Conservazione del Patrimonio Architettonico ed Urbano. 297 – 302.

[4] Carta de Venecia. 1964. Carta Internacional para la Conservación y Restauración de Monumentos, Artículo 2.

[5] Cartas del Rilievo, Valmontone, 1999.

[6] García Valdecabres, Jorge. (2010). *“La métrica y las trazas en la iglesia de San Juan del Hospital de Valencia”*. Tesis doctoral, UPV.

[7] Nieto Julián, Juan Enrique. (Mayo 2012). *“Generación de modelos de información para la gestión de una intervención: La cárcel de la Real Fábrica de Tabacos de Sevilla”*. Virtual Archaeology Review. VAR. Volumen 3 Número 5. ISSN: 1989-9947.

[8] Aubin Paul F., 2013. Renaissance Revit, Creating classical Architecture with modern software. G3B Press.

[9] Nieto Julián, Juan Enrique; Marín García, David; Rico Delgado, Fernando; Moyano Campos, Juan José. 2012. *“La interoperabilidad del modelo virtual de información línea temática”*. XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación. Hidalgo Delgado, Francisco; López González, Concepción. Valencia. 743-751. Editorial Universitat Politècnica de Valencia.

<b>TÍTULO</b>	CASOS DE ÉXITO Y METODOLOGÍA DE TRABAJO BIM EN UN ESTUDIO DE ARQUITECTURA DE PEQUEÑO TAMAÑO. EL CASO DE MVN ARQUITECTOS
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	Casos de éxito de implantación BIM
<b>AUTOR / ES</b>	Varela de Ugarte, Diego, Medina García, Emilio, Gómez de Iturriaga, Carlos
<b>INSTITUCIÓN</b>	MVN Arquitectos
<b>DIRECCIÓN</b>	c/ Explanada, 16 – 1º dcha
<b>E-MAIL</b>	mvn@mvn-arquitectos.com
<b>TELÉFONO</b>	915.431.753/628.455.848
<b>FAX</b>	

## CASOS DE ÉXITO Y METODOLOGÍA DE TRABAJO BIM EN UN ESTUDIO DE ARQUITECTURA DE PEQUEÑO TAMAÑO. EL CASO DE MVN ARQUITECTOS

**Autores: Varela de Ugarte, Diego (1), Medina García, Emilio (2), Gómez de Iturriaga, Carlos (3)**

- (1) Arquitecto, Socio Director MVN Arquitectos, [dvarela@mvn-arquitectos.com](mailto:dvarela@mvn-arquitectos.com)
- (2) Arquitecto, Socio Director MVN Arquitectos, [emedina@mvn-arquitectos.com](mailto:emedina@mvn-arquitectos.com)
- (3) Arquitecto, Colaborador MVN Arquitectos, [cgomez@mvn-arquitectos.com](mailto:cgomez@mvn-arquitectos.com)

### RESUMEN

Queremos trasladar la experiencia vivida por MVN desde 2008, año en el que adoptamos Autodesk Revit como herramienta de trabajo, hasta la actualidad. Ha sido un proceso con fracasos, de los cuales hemos aprendido mucho, y éxitos, que nos están permitiendo vadear esta crisis de una manera satisfactoria.

Mostramos nuestros trabajos iniciales, donde el uso del software se limitaba a la modelización, hasta el momento actual en el que con la incorporación de escaneados laser de alta definición (HDS o nube de puntos), software de presupuestos (Presto y Medit), coordinación con otros profesionales (Navisworks Manage) o integración del resto de las herramientas de Revit (MEP y Structure) podemos considerar que nos encontramos en una posición avanzada de implantación del BIM dada la escala de nuestro equipo. Toda esta labor nos ha permitido elaborar una metodología de trabajo basada en BIM que puede permitir a otros profesionales adentrarse en este mundo alejando los fantasmas de la utilización de esta tecnología solo por los grandes estudios de arquitectura.

La aplicación de esta metodología nos permite mejorar el rendimiento del tiempo asignado a la elaboración de proyectos al tiempo que minimizamos imprevistos durante la ejecución. La estandarización del uso de las herramientas nos permite ser más libres en el diseño sin penalizar nuestros plazos ni el coste que nos supone.

**Palabras clave:** *coordinación, estandarización, flujo de trabajo, metodología, nube de puntos.*

### 1 INTRODUCCIÓN

Desde que en 2008 nos iniciamos en el mundo del BIM hemos podido observar como no se han experimentado en España cambios significativos sobre la percepción de lo que estas siglas significan en el colectivo de los estudios de arquitectura. Al igual que nosotros al principio, el uso de las herramientas BIM se circunscribe al modelado y posterior edición de imágenes en 3D de un modelo del que poco más provecho se saca.

Quizás la falta de trabajo general producida por la acuciante crisis que estamos viviendo está ralentizando la inmersión en algo que visto de una forma objetiva es ya el presente en muchos países y que tarde o temprano se establecerá como el estándar de trabajo en un

sector, el de la construcción, cada vez más especializado y con mayores necesidades de integración entre las diferentes disciplinas.

Contrariamente a lo que pueda parecer esta tecnología no es solo coto de grandes estudios o empresas de ingeniería. Estudios de pequeño tamaño pueden salir muy beneficiados de su incorporación ya que supone una clara mejora del rendimiento, pudiendo abarcar más trabajo sin aumentar los plazos ni incrementar los costes.

Sí vemos necesario, y en eso nuestra experiencia nos avala, la incorporación de una metodología clara que permita realizar un flujo de trabajo sencillo y conciso que minimice la necesaria ralentización que la incorporación de esta tecnología requiere.

En las siguientes líneas explicamos brevemente nuestro proceso de integración y la metodología que seguimos en nuestros proyectos.

## 2 CONTENIDO

### 2.1 Los inicios. Fracasos y éxitos

Bien por falta de preparación o por falta de tiempo nuestros primeros proyectos con “BIM”, en nuestro caso a través del software Revit Architecture de Autodesk, se limitaron a la construcción de modelos tridimensionales para la posterior edición de imágenes infográficas en 3D. La facilidad para levantar dichos modelos nos servía para plasmar las ideas iniciales como si de una maqueta se tratara, y que posteriormente representábamos en planos utilizando CAD. Las horas invertidas en la generación de esos modelos no tenían uso en la posterior edición del proyecto que se resolvía de la manera tradicional.



Fig. 1 Centro de Salud en Seseña. Concurso. 2008. MVN Arquitectos.

Fue precisamente la crisis, la necesidad del “yo me lo guiso yo me lo como” por la falta de recursos, la que hizo que decidiéramos dar el salto a realizar los proyectos íntegramente en Revit. La Casa AP y la Nueva Sede de la Fundación Botín en Madrid fueron los dos proyectos elegidos. El primero conseguimos llevarlo hasta el final, aunque fallamos en la

actualización durante la fase de obra. Con el segundo tuvimos que dar marcha atrás en la entrega del proyecto de ejecución que por falta de tiempo y soltura en el manejo de la herramienta tuvimos que acabar en CAD.



Fig. 2 Nueva Sede de la Fundación Botín en Madrid. 2011. *MVN Arquitectos*.

A partir de ahí y “gracias” a la ralentización de los trabajos y a la incorporación al equipo de colaboradores con mayor conocimiento de la herramienta fuimos capaces de completar los siguientes trabajos e implementarlos durante la fase de obras.

A la vez fuimos incorporando nuevas herramientas al proceso de trabajo como el Escaneado de Alta Definición o High Definition Surveying, HDS en sus siglas en inglés, la llamada *Nube de Puntos*, de gran utilidad especialmente en obras de reforma.

Posteriormente fuimos incorporando más herramientas que poco a poco han ido cerrando el círculo que nos están permitiendo desarrollar nuestro trabajo de una manera mucho más efectiva, siendo mucho más libres a la hora de diseñar y reduciendo de una manera muy importante las indefiniciones y los imprevistos durante la fase de obra.

Para ello seguimos una metodología de trabajo que exponemos a continuación y que se resume en:

## 2.2 Estrategia

En el momento en el que se nos confirma un encargo, planteamos la estrategia a seguir dependiendo del tipo de proyecto a realizar. Para ello evaluamos las necesidades y dimensionamos el equipo de trabajo acorde a éstas (arquitectos, aparejadores, arquitectos técnicos, ingenieros de edificación, ingenieros de estructuras e instalaciones, especialistas en acústica, paisajistas, profesionales LEED *Leadership in Energy & Environmental Design*, etc.) de entre los colaboradores habituales de MVN Arquitectos y dependiendo de su madurez en la utilización de herramientas BIM.

Una vez planteado el equipo asignamos responsabilidades dentro del proceso determinando las parcelas de trabajo de cada equipo participante, siempre coordinados por MVN, quien mantendrá el modelo BIM tridimensional alojado en una nube virtual de su propiedad. Dicho

modelo será editable y estará fragmentado por disciplinas, basado sobre un modelo no editable, pero, con capacidad de gestión bidireccional de la información. De esta manera se garantizará la Propiedad Intelectual de cada parte.

La forma de trabajo individual no influye ya que aunque cada equipo trabaje bajo sus propios estándares metodológicos, toda la información se procesa y transforma en un único modelo central. Para ello se utilizan herramientas de detección de colisiones que permiten la generación de informes a todas las partes.

### 2.2.1 Recopilación de información

Una vez determinada la estrategia que se va a seguir, MVN recopila la información adicional sobre el proyecto. Para ello, aparte de la información habitual (documentación gráfica existente, estudio geotécnico, normativa, etc.) se realiza un escaneado de alta definición (HDS):

- En el caso de obra nueva, se levantará la parcela con toda su topografía, vegetación y contenido, y los edificios colindantes en caso de que los hubiera para realizar análisis de sombreadamiento, obstrucciones visuales, etc.
- En el caso de reforma o rehabilitación, el edificio existente, interior y exteriormente. Si resulta posible tratamos de hacerlo también tras las demoliciones, pues nos da una información más completa de todo lo existente que permanece.

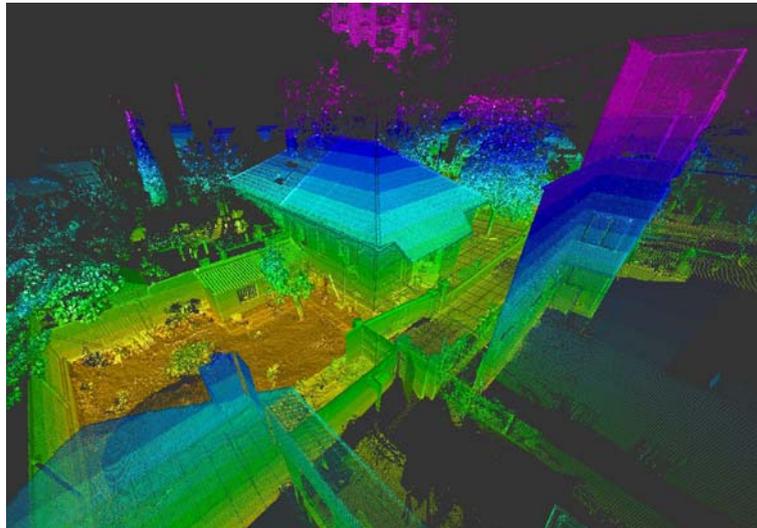


Fig. 3 Casa CJ. Levantamiento con HDS. 2013. *Ubícalo & MVN Arquitectos*.

El escaneado genera un archivo (o un gran número de ellos) que contienen millones de puntos, cada uno con información espacial (su posición según coordenadas X, Y, Z), información de color (según su intensidad, RGB) y la intensidad de la señal. Este escaneado, llamado “nube de puntos” es totalmente compatible con las herramientas de

diseño BIM y se utiliza como base para generar y ajustar con altísima precisión cualquier punto del espacio escaneado (muros, techos, suelos, huecos, instalaciones, etc).

Una vez recopilada esta información, estaremos en disposición de generar un primer MODELO básico, con el estado actual de la edificación o si se tratase de una obra nueva, con las dimensiones precisas del solar y la topografía, incluso del entorno que lo rodea.

### **2.2.2 Estudios Previos**

Con la información recopilada MVN plantea al cliente un estudio previo con las ideas principales del proyecto y la distribución básica de espacios que resuelvan el programa de necesidades planteado por el cliente.

El modelo tridimensional nos permite dar una información clara para la rápida comprensión de las soluciones que planteamos, y facilita mucho al cliente la toma de decisiones, antes de continuar el proceso.

Una vez aprobada la idea y con este modelo como base se organizará la primera reunión de trabajo interdisciplinar.

### **2.2.3 Reunión con el equipo de trabajo y el cliente**

Con el MODELO BIM básico y los estudios previos presentados y aprobados por el cliente, MVN comparte esta información con todos los componentes del equipo de trabajo, para que se familiaricen con el proyecto y la idea que va a desarrollarse.

Esta primera reunión servirá para recibir los inputs de cada integrante del equipo y contrastarlos con las intenciones del cliente. Nuestra experiencia nos enseña que esta primera reunión interdisciplinar con la participación del cliente (si el proyecto tiene una envergadura que lo justifique) nos permite avanzar mucho más en el proyecto que el trabajo individualizado de cada una de las partes y por ello la consideramos fundamental.

Esquemmatizando este proceso, podemos decir que hemos abierto la puerta a una gran base de datos que es el modelo que hemos distribuido, sobre el cual a partir de este momento irá añadiéndose toda clase de información.

Este modelo central está en el servidor de MVN, y registra cada input proveniente de cualquiera de los participantes. Los conflictos entre disciplinas en esta fase son multitud, pero las herramientas disponibles nos proporcionan informes detallados inmediatos de colisiones, fallos y errores, que solventaremos de forma precisa y rápida sobre el modelo central, que se actualiza constantemente.

La actualización de dicho modelo es la clave del éxito pues es la información sobre la que todo el mundo desarrolla su parte y es en la que estamos encontrando las mayores dificultades.

## 2.2.4 Anteproyecto, Proyecto Básico y de Ejecución

El proceso definido en el punto anterior se repetirá durante todo el diseño, especialmente durante la fase de Anteproyecto, que nosotros entendemos como la más importante, ya que es en ella donde se fijan todas las bases del futuro proyecto

Durante este proceso y siempre trabajando sobre un modelo único y centralizado se irán haciendo las modificaciones y ajustes necesarios para llegar a la solución de Anteproyecto definitiva que servirá de base para el posterior desarrollo del proyecto básico y de ejecución.

El proyecto Básico no es más que un hito dentro del flujo de trabajo. Llegado el momento se extraerá del modelo la información necesaria para presentar ante las administraciones correspondientes, sin interferir en el proceso.

El proyecto de Ejecución tendrá un grado de definición suficiente que permita generar la documentación necesaria para la correcta definición gráfica, dimensional y constructiva del proyecto de tal forma que se eviten al máximo los errores y omisiones de cara a la licitación.

Para ello, todos los integrantes del equipo habrán trabajado de manera sincronizada en el modelo centralizado generando una documentación única y coherente, que al ser realizada en un entorno tridimensional evitará futuros conflictos en obra.



Fig. 4 Casa EE. Superposición modelo BIM y HDS. 2014. MVN Arquitectos

MVN actualiza el modelo a diario en la carpeta compartida del proyecto a la que tienen acceso todos los integrantes del equipo. De la misma manera, cada equipo actualiza su parte del modelo con la misma frecuencia de tal forma que la información fluya constantemente de manera bidireccional.

La manera de compartir el modelo, puede llevarse a cabo de diversas maneras:

1. Mediante el intercambio de archivos actualizados por Dropbox, lo cual no permite una sincronización inmediata ni una interacción constante de las partes desde cualquier lugar. Esta forma, no sería la opción más idónea para poder hablar de una colaboración BIM total.
2. A través de una carpeta compartida en un servidor propio, en nuestro caso con SugarSync. Para nosotros sería la forma óptima pero estamos encontrando problemas con las rutas de acceso.
3. Autodesk Revit Server es una aplicación de servidores opcional para el software Revit. La aplicación permite que varios usuarios trabajen simultáneamente en proyectos de Revit en una red de área extensa (WAN). Con el trabajo compartido basado en servidor, se instalan varios ejemplares de Revit Server en distintos ordenadores y se configuran para desempeñar funciones específicas a fin de permitir una óptima colaboración entre todos los colaboradores.

Continuamente se evalúan las colisiones entre las diferentes disciplinas con el fin de corregir errores y actualizar el modelo central.

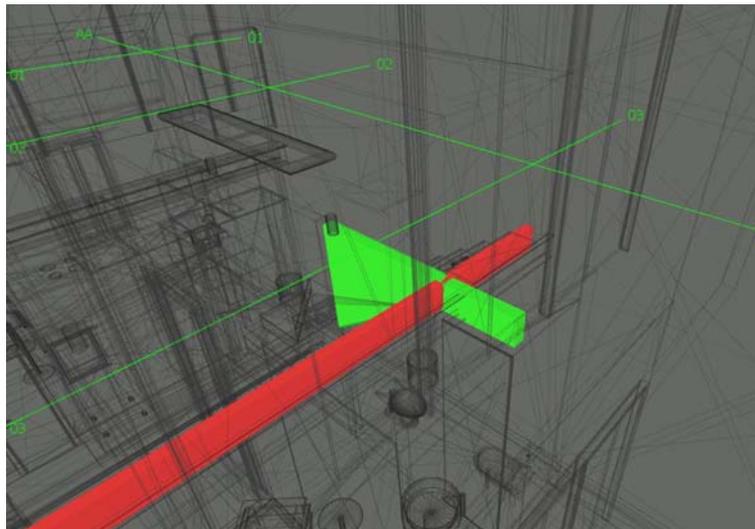


Fig. 5 Reforma P Baja Oficinas Aegon. Detección de colisiones con Autodesk Navisworks Manage. 2014. MVN Arquitectos

De esta manera todo el equipo dispone de acceso a este archivo único y nos acercaremos a lo que se conoce como modelo BIM 4D y 5D, que incluye presupuesto y planificación.

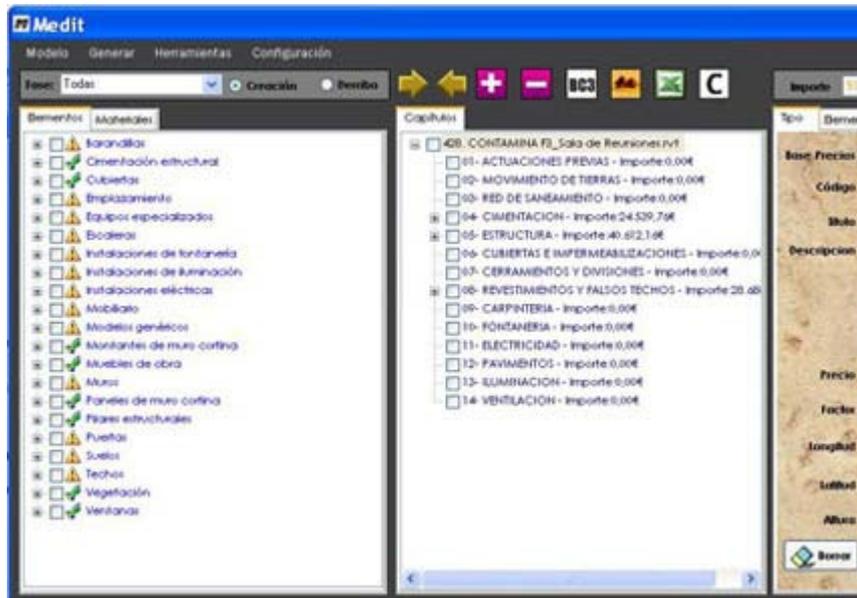


Fig. 6 Presupuesto a partir del modelo central con Medit- BIM Ibérica & MVN Arquitectos

Al trabajar sobre un modelo tridimensional en el entorno BIM es más sencillo visualizar las posibles interferencias entre disciplinas. Esto supone una carga de trabajo mayor en las primeras fases de diseño pero es ahí donde las modificaciones son menos costosas. De esta manera se llega a la licitación y a la obra con un modelo muy estudiado que reduce mucho los cambios e imprevistos en la fase de obra, donde su repercusión económica sería mucho mayor.

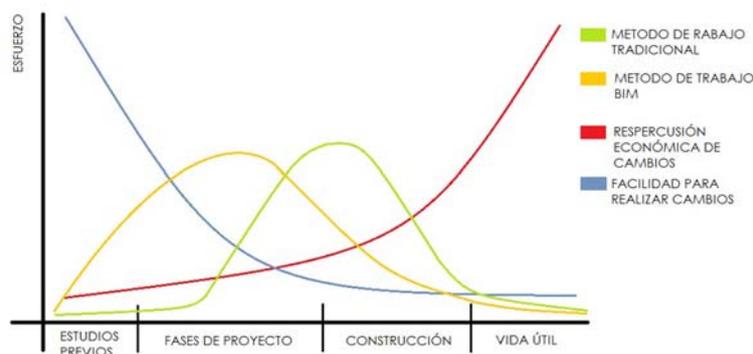


Fig. 7 Comparativa metodología tradicional vs metodología BIM. Adaptación MVN Arquitectos

### 2.2.5 Licitación

MVN preparará la documentación necesaria para la licitación y estudiará comparativamente las ofertas presentadas aunque será responsabilidad del cliente elegir la constructora que realice las obras.

Idealmente las constructoras ofertantes trabajarán en un entorno BIM de tal manera que MVN compartirá el modelo no editable para su evaluación con toda la información actualizada y contrastada. Conscientes de que esto no ocurre en todos los casos, especialmente en obras de pequeño tamaño, MVN preparará la documentación necesaria para la licitación en los formatos más comunes.

### 2.2.6 Obra

Con un MODELO 5D al alcance de todos los agentes involucrados, dan comienzo las obras.

Estas seguirán el curso habitual de cualquier proceso de construcción, con la salvedad de que todo el equipo de diseño y, deseablemente, la constructora, han podido prever desajustes y problemas de manera anticipada.

MVN actualiza el modelo con los cambios producidos según el avance de las obras, sincronizándolo y contrastándolo con el resto del equipo. Esto permite reorganizar los trabajos de forma ordenada, evitando demoras por problemas de coordinación.

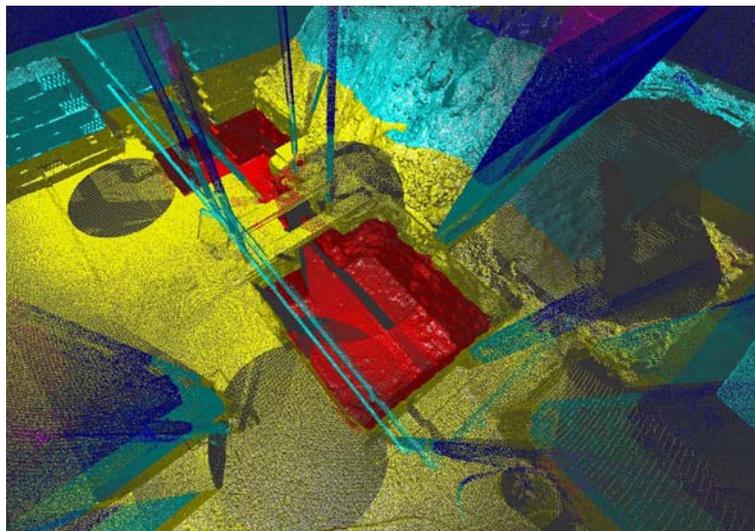


Fig. 8 Casa CJ. Comprobación cimentación con HDS. 2014. *Ubícalo & MVN Arquitectos.*

Al haber ido actualizando el modelo durante toda la fase de obra la documentación necesaria para realizar el final de obra está disponible en un periodo corto de tiempo y es totalmente fiel a la obra ejecutada.

Con el trabajo anterior hecho, dispondremos de un modelo virtual AS BUILT, que contiene toda la información del proyecto.

Este modelo AS BUILT:

- Agiliza y precisa las labores de Facility Management, que son imprescindibles a la hora de poder cuantificar el consumo energético o de recursos que requerirá la edificación a lo largo de su vida útil.
- Deja un documento fidedigno y concreto de QUÉ se hizo, CÓMO se hizo, CUÁNDO se hizo y QUIÉN lo hizo, facilitando en un futuro cualquier modificación que sea necesaria.

### **2.3 Problemática común**

Si bien nos ha sido difícil encontrar compañeros de viaje en la fase de proyecto por la poca implantación que todavía existe en el mercado español en lo que a ingenierías de pequeño y medio tamaño se refiere, es en la fase de licitación y obra donde esta problemática se pone más de manifiesto.

Tampoco acabamos de entender porque la implantación de esta herramienta es gravada, en ocasiones con un elevado porcentaje, por dichas ingenierías aduciendo excesivos costes de formación o superiores cargas de trabajo.

Con respecto a la fase de licitación y obra, donde las figuras del Project Manager y contratista cobran especial relevancia, nos encontramos con el desconocimiento absoluto y grandes dosis de reticencia a la hora de aceptar la estandarización del BIM como entorno de trabajo, sin duda por la falta de capacidad para desenvolverse en él con soltura.

## **3 CONCLUSIONES**

La tecnología BIM no es algo que esté reservado a grandes empresas, sino que puede ser implementado en estudios de todo tipo. En nuestro caso nos está ayudando a mejorar notablemente el rendimiento del tiempo asignado a la elaboración de los proyectos. Al mismo tiempo, el trabajo continuo en tres dimensiones minimiza los posibles problemas durante las obras.

Por otro lado la estandarización de las herramientas nos permite tener más tiempo para dedicar al diseño sin por ello penalizar los plazos ni los costes asociados a la producción.

En la fase de obra los cambios se adaptan con mucha mayor rapidez y permite tener la información permanentemente actualizada. Una vez terminada la obra se dispone de un modelo tridimensional con toda la información al día, muy útil para los servicios de Facility Management.

A día de hoy la mayor dificultad para el desarrollo completo de la herramienta la encontramos en la fase de licitación, por la falta de preparación en general del conjunto de agentes implicados, en especial los project managers y los contratistas, aunque también es habitual que topen con ella los directores de ejecución de las obras.

Esto hace que frecuentemente la documentación tenga que volver al "modo CAD" para poder ser procesada por éstos, perdiendo con ello todas las ventajas que hemos descrito. En el sentido inverso, la información que nos llega de estos agentes no nos permite un ensamblaje inmediato de la documentación, debiendo ser utilizada muchas veces como una plantilla gráfica sin información paramétrica.

No obstante, el avance de las directivas nacionales e internacionales, exige ya en muchos proyectos la utilización del entorno BIM, por lo que necesariamente es un camino que deberán recorrer project managers, contratistas y resto de agentes de la construcción.

Mientras eso llega, quienes hayan decidido no esperar, contarán con ventaja sobre el resto.

<b>TÍTULO</b>	DESARROLLO DE ESTRATEGIAS <i>BOTTOM-UP</i> EN LA IMPLANTACIÓN DE BIM EN LA UNIVERSIDAD: EL MODELO BIM CAMPUS
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	Implantación BIM
<b>AUTOR / ES</b>	FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, Ángel José (1); FERREIRO PÉREZ, Gustavo (2)
<b>INSTITUCIÓN</b>	(1) Universidad de A Coruña. Departamento de Tecnología y Ciencia de la Representación Gráfica (2) Universidade Lusíada de Porto.
<b>DIRECCIÓN</b>	Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica Castro de Elviña, 90 -15071 A Coruña Tel.: (+34) 981 167 000 Ext.: 2712
<b>E-MAIL</b>	angel.fernandez.alvarez@udc.es
<b>TELÉFONO</b>	981 167 000
<b>FAX</b>	

## DESARROLLO DE ESTRATEGIAS *BOTTOM-UP* EN LA IMPLANTACIÓN DE BIM EN LA UNIVERSIDAD: EL MODELO BIM CAMPUS

**Autores: Fernández Álvarez, Ángel José (1), Ferreiro Pérez, Gustavo (2)**

(1) Universidad de A Coruña. E-mail: angel.fernandez.alvarez@udc.es

(2) Universidade Lusíada de Porto. E-mail: bimcampus@bimcampus.org

### RESUMEN

Los campus de la edificación de las universidades españolas se enfrentan al reto de implantar, propagar y desarrollar la transferencia de las TIC en desarrollo urbano sostenible basadas en herramientas BIM (*Building Information Modeling*). Hasta ahora se han planteado acciones individuales y esporádicas que carecen de un plan global y basadas en la oferta de títulos que, en muchas ocasiones, precisan de docentes procedentes de otras universidades o de profesionales del sector de la consultoría tecnológica. En la mayoría de los casos dichas iniciativas no disponen de un método de implantación correctamente diseñado y adaptado a las necesidades de formación especializada de los profesionales del sector de la edificación.

El presente trabajo plantea la necesidad de adoptar enfoques *bottom-up*, intrínsecamente agregativos y colaborativos, y de establecer un método correcto y verificado, como condición para el éxito actual y futuro de los programas de implantación BIM desarrollados en los centros universitarios del ámbito de la edificación. Para ello se toma como ejemplo el desarrollo de la experiencia real BIM CAMPUS llevada a cabo en la Universidad de A Coruña y que ha permitido obtener unos resultados extraordinariamente positivos en la introducción de esta tecnología emergente en el marco de la formación universitaria.

**Palabras clave:** *bottom-up, docencia, implementación BIM, liderazgo colaborativo, living lab.*

### 1 INTRODUCCIÓN

La tecnología BIM (*Building Information Model*) ya no es novedosa. La primera herramienta de este tipo tiene ya treinta años de vida desde que en 1987 GraphiSoft hiciera su debut como “Edificio Virtual” [1], y en 1996 Jerry Laiserin [2] aplicase el término BIM a las aplicaciones de modelado inteligente de edificios que permiten un intercambio de información en formato digital a lo largo del proceso de edificación.

Aunque se trata por tanto de una tecnología con un amplio recorrido su implantación en el ámbito universitario español no se ha producido al ritmo que sería deseable para conseguir mejorar la calidad de la formación de los agentes del sector de la edificación. En enero de 2010 la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de A Coruña planteó, en colaboración con *Freelance Consulting*, la posibilidad de implantar un sistema de formación en BIM que diese respuesta a la necesidad de que los alumnos universitarios que cursan estudios en el ámbito de las tecnologías de edificación adquiriesen las competencias necesarias en BIM.

Se trataba de una alianza colaborativa [3]. Por una parte, el interés de un conjunto de profesores de la Escuela de Arquitectura Técnica en la adopción del BIM como la tecnología del futuro para encarar los retos de la sostenibilidad en la edificación y, por otra, el interés de la consultoría como pyme tecnológica, en desarrollar un programa de Diseño Colaborativo como parte de una estrategia encaminada a la investigación de las infraestructuras de datos urbanas y, en concreto, al desarrollo del Modelo Digital Urbano (MDU).

Conscientes de las carencias existentes en la formación en BIM, y con una visión clara de las ventajas de una estrategia de colaboración, se crearon a través de la Fundación Universidade da Coruña (FUAC), los primeros convenios para el desarrollo de seminarios BIM para alumnos de la EUAT. Tras la propuesta de la Universidad y la firma de los convenios oportunos, *Freelance Consulting* desarrolla la base de su programa *Collaborative Design*, y crea la organización que gestionará el programa, denominada BIM CAMPUS *living lab*.

La implantación de BIM, su integración como herramienta y los innovadores métodos que conlleva, no están presentes todavía en las escuelas relacionadas con la edificación en la universidad española [4]. Después de treinta años de desarrollo de esta tecnología, se comprueban las dificultades para articular una propuesta estratégica de arriba hacia abajo (*top-down*), bien sea desde el gobierno y el sector de la edificación, con el objetivo de una mayor sostenibilidad y calidad, bien sea desde las propias universidades, incapaces de dar respuesta en su seno a la cuestión, quizá por la transversalidad de la propuesta frente a la rigidez de la estructura académica, quizá por el reto que suponen las tecnologías digitales y el cambio de cultura que provocan, y a las que no se ha podido dar una respuesta adecuada. En este contexto, se demuestra la incapacidad del sistema para desarrollar estrategias nacionales globales, provocando el surgimiento de iniciativas de abajo hacia arriba (*bottom-up*), entre las cuales se situaría la experiencia BIM CAMPUS.

## 2 ESTRATEGIAS *BOTTOM-UP*

Las estrategias *bottom-up* aplicadas a las organizaciones se basan en compartir recursos y/o en la colaboración de personas. Se desarrollan, sobre todo, en entornos con una gran complejidad, donde prima una visión holística. Es el caso del diseño y la construcción del territorio, donde los objetivos de sostenibilidad solamente pueden ser alcanzados a través de la integración con un nivel máximo de colaboración. Como afirma Moss Kanter, “*las colaboraciones más fuertes y más cercanas se producen en las alianzas en la cadena de valor, donde el interés común que promueve la colaboración es alcanzar el mayor valor para el cliente*”. Pensemos en la implantación del modelo BIM académico como un proyecto, y en el cliente como la sociedad en la que se inserta la institución universitaria y a la que sirve como productora de conocimiento y bienestar.

En esencia, toda estrategia *bottom-up* relativa a las organizaciones, se basa en la construcción de un equipo colaborativo. Este equipo responde al concepto de “enjambre”, y se articula de manera horizontal [5]. El éxito de una célula está determinado por dos características: la adecuación de las competencias y la proactividad, es decir, las aptitudes y

las actitudes de sus participantes. Las organizaciones horizontales surgen en la era de la automatización y tienen un impacto importante en la economía mundial debido a la versatilidad de sus comportamiento [6].

## 2.1 Modularidad y proactividad del enfoque *bottom-up*

Los enfoques *bottom-up* han sido profusamente aplicados a las ciencias de la computación, donde son empleadas para dar soluciones en entornos extremadamente complejos, que no permiten una solución a priori. No podríamos denominarlos de ningún modo como alternativos, pero es cierto que han sido menos empleados que los clásicos enfoques *top-down* (verticales, jerárquicos). La interoperabilidad es un claro ejemplo de enfoque *bottom-up*. El diseño modular y la proactividad serían sus características fundamentales.

Las propiedades derivadas de la modularidad son: agregación, anidación y repetición. Sería una agregación, tanto individual a un grupo, como un grupo con otro grupo en un objetivo concreto común. Es muy importante destacar la horizontalidad y la oportunidad, ya que a medida que las iniciativas se van difundiendo son aceptadas, rechazadas, reformuladas o rescatadas, en una interacción en el tiempo que refuerza la participación de todos los actores, de modo directo, en la decisión acerca de las acciones.

Las propiedades derivadas de la proactividad son: complementariedad, permanencia y resistencia. Complementariedad interna y externa, como ventaja interna, para consolidar la relación *win-win* entre diferentes organizaciones y permanencia como garantía de sostenibilidad de la iniciativa, ya que no precisa apoyos económicos, políticos.

Como ejemplo de las estrategias españolas *bottom-up* en el fomento del BIM podemos señalar Building Smart Spanish Chapter (BSSCH), Gurb (Grupo de Usuarios de Revit), Foro BIM, BIM CLUB, BIM Forum España, ProBIM profesionales del BIM, BIM Meeting, y diversos grupos de la red social LinkedIn. Además BIM CAMPUS forma parte de Building Smart Spanish Chapter desde su fundación, encuadrado en el grupo formación e investigación, y actualmente lidera la iniciativa openBIM SKILLS, Estándar de Certificación de perfiles BIM.

## 2.2 Modelos de estrategias *bottom-up*

La colaboración activa tiene lugar cuando las organizaciones desarrollan mecanismos/estructuras, procesos y habilidades para alcanzar el nivel necesario de integración. Existen dos grupos de modelos *bottom-up*: los que comparten una visión común y los que comparten medios y habilidades. Dentro del primer grupo, tenemos a su vez dos modelos.

Un primer modelo (1A) se basa en compartir el apoyo a un elemento necesario. La diferencia entre simpatizante y participante depende del planteamiento de la iniciativa, ya que la simple recepción, e incluso la redifusión de noticias, no genera un avance en la posibilidad de compartir recursos y conocimientos. Sin embargo, el poder de convocatoria

permite organizar eventos entre personas conectadas, que pueden articular este modelo. Es el caso de Gurv.

Un segundo modelo (1B) se basa en compartir el descubrimiento del conocimiento. Páginas web y recursos existentes se seleccionan y publican, y se anima los participantes a compartir las investigaciones propias. Es el caso de BIM CLUB. Los modelos que comparten la visión generan eventos y actos de apoyo que demuestran públicamente la capacidad de convocatoria y la relevancia del hecho a la sociedad y al sector. Este impacto retroalimenta de forma positiva la motivación interna.

En el segundo grupo tenemos dos modelos que pretenden generar un efecto multiplicador, que involucra a las personas y produce la masa crítica necesaria para la continuidad de sus actividades.

El primero de estos modelos (2A) consiste en compartir recursos. Por ejemplo, abrir una plataforma o código al público, provocando la adhesión a la iniciativa. La participación de los usuarios se articula a través de una relación abierta de colaboración. Las personas entran a formar parte de mecanismos en funcionamiento en los que se implican e implican a los demás. Es el caso de BIM *meeting* y BIM CAMPUS *living lab*.

Finalmente el último modelo (2B) se basa en compartir habilidades. Actores con experiencia en el mercado comparten y difunden sus habilidades, para provocar en los usuarios más avanzados y proactivos (*prosumers*), un efecto multiplicador. Es el caso de BIM CAMPUS.

### **2.3 La experiencia BIM CAMPUS como método de implantación *bottom-up***

BIM CAMPUS se articula como una herramienta de investigación-acción, encuadrada en el programa Diseño Colaborativo, creado por *Freelance Consulting*, como pyme tecnológica especializada en TIC en el sector AECO (*Architecture Engineering Construction and Operations*), centrada en la práctica integrada en el ciclo de vida del edificio, desarrollando el modelo *Design Build* [7].

El objetivo de BIM CAMPUS es el fomento de la TIC en desarrollo urbano sostenible, para contribuir al objetivo social de la sostenibilidad y competitividad de la red urbana formada por las ciudades de Galicia. Concretamente, se pretenden aprovechar las oportunidades en el desarrollo de *SmartCity* Coruña, tal como aparece declarado en la Agenda Digital de A Coruña [8]. Este tipo de proyectos precisa de dos pilares básicos para desarrollarse: infraestructuras de datos urbanas y profesionales con competencias colaborativas.

La estrategia BIM CAMPUS apuesta por la implantación masiva de competencias BIM, a través sobre todo de la introducción de los perfiles BIM que precisa la industria dentro del programa formativo de la universidad, cuya misión es la investigación y la transferencia, con una implantación regional compatible con el planteamiento de una estrategia nacional de implantación de BIM de tipo *bottom-up*. Esta estrategia no excluye en ningún caso, en un futuro próximo, una estrategia híbrida consecuencia de la masa crítica generada por las distintas universidades, una vez creadas las condiciones y el marco adecuado para que el

gobierno y las comunidades autónomas puedan aplicar las recomendaciones del parlamento europeo sobre la utilización de BIM en la licitación de proyectos públicos.

### **3 CULTURA COLABORATIVA**

Las empresas precisan de profesionales con competencias digitales BIM, para incorporarlos a sus equipos de trabajo. Esta transformación hacia organizaciones *Design Build*, (método de entrega de proyecto en el cual el dueño ejecuta un solo contrato con una sola entidad— (*design-builder*)— para proveer servicios de arquitectura e ingeniería y servicios de construcción), requiere en mayor medida la acción de las personas que la presencia de recursos y tecnología, necesarios pero no suficientes. Precisamente la cultura colaborativa encuentra su primer obstáculo en conseguir cambiar a una organización que sigue funcionando, que es operativa. Lo importante, en consecuencia, es generar los perfiles de competencias necesarios, tanto de aptitudes como de actitudes, de los agentes del cambio que deberán transformar las organizaciones desde dentro. En este sentido, parte de los perfiles BIM de Usuario deben obtener un nivel suficiente para ser expertos en las competencias funcionales BIM, y aquellos que deseen incorporar a su perfil profesional las competencias de implantación y gestión BIM, alcanzarán el perfil BIM MANAGER.

Un BIM MANAGER es un Director de Tecnología (CTO: *Chief Technology Officer*), y es el ejecutivo o jefe de tecnología, que solamente responde ante la dirección de la organización u organizaciones, que en el caso de la colaboración es el esquema predeterminado. Actúa como integrador entre varias organizaciones y es tanto un implementador de tecnología como un gestor de la práctica integrada.

Como segundo obstáculo o fragilidad se plantea que los objetivos no pueden ser asegurados en un plazo concreto, ya que el ritmo de adopción depende de los actores del mercado, que hasta la fecha, y con treinta años de desarrollo de esta tecnología, no han demostrado una actitud proactiva hacia el cambio, como demuestran las estadísticas de productividad de la industria de la construcción.

#### **3.1 Fortalezas: alianza colaborativa**

El nivel de la colaboración se mide por la integración entre las organizaciones participantes. La colaboración con la EUAT alcanzó un nivel muy alto de integración, proporcionando las instalaciones y los medios necesarios y con una participación muy significativa de un grupo de profesores involucrados en la introducción de las nuevas tecnologías en la docencia, aportando BIM CAMPUS su experiencia acerca de las competencias BIM y la implantación TIC de BIM.

Se creó por tanto el marco adecuado para el desarrollo de la experiencia, a pesar de las rigideces intrínsecas a la naturaleza orgánica de la universidad, aspecto que debe ser motivo de reflexión crítica que permita avanzar hacia un nuevo modelo de gestión universitaria con capacidad de adaptarse a la velocidad de los cambios tecnológicos y a cuestiones transversales que responden a las necesidades concretas de la sociedad en

cada momento. Esta alianza demostró en varias ocasiones su fortaleza y la capacidad de sobrevivir a variaciones en la composición de los equipos de gestión y a las alteraciones del plan de implantación.

### **3.2 Fragilidades: financiación y cuestiones internas**

Desde un principio, quedó claro que la implantación no podría contar con financiación por parte de la Universidad o de sus centros. Sin embargo, sí que se dispusieron los medios existentes y el personal de apoyo y se aceleró la disposición del hardware necesario dándose impulso al servidor BIM, infraestructura de datos alojada en las instalaciones de la EUAT.

La financiación de BIM CAMPUS se basó en las aportaciones de los estudiantes a través de una matrícula gestionada por la FUAC lo que lo convierte en un programa autofinanciado y autosostenible. Esto significa que se mantiene un alto control económico y se emplean los escasos medios sobrantes en fomentar las fases de externalización y los programas y ayudas a profesores y estudiantes. La implantación BIM CAMPUS no precisa por tanto de partidas específicas en los presupuestos de la Universidad.

En cuanto a las cuestiones internas, un patrón que se repite en las experiencias de implantación es el hecho de que los destinatarios son precisamente aquellos que tienen la responsabilidad de generar el conocimiento y desarrollar la tecnología dentro de las organizaciones. Como refleja Kostas Terzidis [9] el temor al cambio, a lo desconocido, puede provocar tanto adhesiones más allá de lo razonable, con expectativas ficticias e imaginarias, como el rechazo total y la resistencia a la adopción de la novedad. Como refiere Terzidis, en muchos casos, es el desconocimiento del otro, la alteridad acerca de la máquina digital, lo que provoca prejuicios, y en su fase más aguda, la indiferencia. En nuestro caso, al predominar en la ingeniería de la edificación la visión de la gestión de la información, tanto del producto como del proceso, que son las dimensiones que más han impulsado la implantación de BIM, la respuesta por parte de los colectivos implicados (profesores y alumnos) ha sido totalmente positiva y de una gran implicación en el programa.

## **4 FASES DE IMPLANTACIÓN DEL PROGRAMA**

Las tres primeras fases o fases de internalización tienen como objetivo formar a las personas y preparar las infraestructuras que permitan posteriormente el desarrollo de la colaboración entre la universidad, considerada como cliente y propietario, y las entidades externas participantes. Las tres fases siguientes o fases de externalización tienen como objetivo la integración en los estudios de Grado, la colaboración con entidades públicas y privadas y la integración en la investigación

En los siguientes apartados, se describe el desarrollo de cada fase en el período del proyecto de implantación comprendido entre los años 2010 y 2013.

## Fase 1: Programación y calendario de seminarios BIM

La primera acción del proyecto de implantación fue la elaboración y publicación de un calendario de seminarios BIM, con el soporte de la FUAC, según los convenios firmados con los actores internos. Se considera como un primer gesto prioritario para visualizar que había comenzado el proceso de implantación. Los niveles BIM establecidos y los tipos de competencias son los siguientes: BIM A1 – Modelo digital (Coordinación), BIM B1 – Trabajo colaborativo (Coordinación), BIM A2 – Documentación del modelo (Diseño), BIM A3 – Modelado Avanzado (Diseño), BIM B2 – Interoperabilidad 2E (Ingeniería) y BIM B3 – Interoperabilidad MEP-Estruct (Ingeniería).

La disponibilidad de la tecnología de Servidor BIM, fundamental para la colaboración abierta a través de Internet, provoca la investigación acerca de la formación orientada a perfiles para las profesiones de la edificación en Europa y en el resto del mundo, y en consecuencia, la necesidad de determinación de los perfiles BIM, según criterios compatibles con BIM level 3, iBIM o *integrated* BIM.

En 2011 se funda el capítulo español de BuildingSMART, como parte de la organización internacional Building SMART Alliance, y BIM CAMPUS apoya esta iniciativa convirtiéndose en socio desde un primer momento. La pertenencia a esta organización como parte del grupo de formación e investigación, que se considera otra iniciativa *bottom-up*, articula la proyección pretendida hacia el ámbito nacional, estableciendo la propuesta de investigación como una estrategia global para la implantación de BIM en España.

En cuanto a las estrategias de relación y comunicación con los estudiantes, los medios TIC y las redes sociales fueron la clave. Se emplearon los siguientes recursos:

- Medios TIC: Microsite de BIM CAMPUS en la web de la FUAC [[www.fuac.udc.es](http://www.fuac.udc.es)] y soporte para video-conferencia (SKYPE:bimcampusonline).
- Redes sociales: Twitter @BIMCAMPUS y comunidad de estudiantes (suscripción BIM CAMPUS Newsletter).

La información acerca de BIM CAMPUS se materializó en la publicación del calendario de seminarios, cuyo folleto explicaba claramente los perfiles BIM y niveles correspondientes.

El soporte BIMCAMPUSonline a través de *Skype*, supone un contacto directo con BIM CAMPUS *living lab*. Este soporte recibido por alumnos y profesores es el mismo que reciben los clientes de la consultoría y acerca al BIM Manager al estudio en tiempo real. Fruto de este soporte, 19 alumnos de PFC que lo solicitaron, dispusieron de un seguimiento completo con un orientador en el área de modelado de información y diseño bioclimático.

La red social Twitter tuvo dos aplicaciones: difundir y reenviar noticias y eventos relevantes acerca de BIM y, por otro lado, notificar incidencias en tiempo real acerca del aula de curso, incidencias por baja del profesor, etc.

BIM CAMPUS *newsletter* mantiene informados acerca de los temas que son de interés para estudiantes y profesores que están en contacto, así como también a agentes externos interesados en conocer las actividades y progresos del programa.

## **Fase 2: Formación y entrenamiento de profesores**

Desde el primer momento, los profesores se mostraron interesados por disponer de formación adecuada en BIM, formándose en diciembre de 2011 un grupo de 14 profesores de ambos centros (EUAT y ETSAC). En la fase 2 la convocatoria se extiende al profesorado de ambos centros, por varias causas: los esfuerzos anteriores de implantación promovidos por profesores de Expresión Gráfica vinculados a la Escuela Técnica Superior de Arquitectura, la presencia de profesores con actividad docente en ambos centros y la actitud de colaboración y disposición de los centros para fomentar la formación conjunta.

La formación tuvo dos convocatorias, y se repite regularmente, aprovechando períodos de evaluación en los que se interrumpen las actividades académicas docentes y en los que los profesores disponen de tiempo para realizar esta actividad. La programación y el calendario de actividades de formación se publican y difunden de forma generalizada a todo el PDI de los dos centros.

## **Fase 3: Infraestructuras de datos: servidor BIM**

Un acontecimiento tecnológico tiene una importancia decisiva: la disponibilidad en el mercado del servidor BIM de GraphiSoft, que acompaña al lanzamiento de GraphiSoft ArchiCAD 14. A partir de este momento, la posibilidad de colaboración abierta en la “nube” de la organización, basada en perfiles, está disponible para cualquier usuario del sistema BIM de ArchiCAD.

Paralelamente se producen avances en el contexto internacional como la estrategia de competitividad del *Cabinet Office*, departamento ministerial que asesora al Primer Ministro del Reino Unido en diversas cuestiones entre las que se incluyen la eficiencia y la innovación. Destaca especialmente la utilización del término “colaboración”, y los documentos que dan lugar a esta estrategia, tanto el denominado *Latham Report* [10], como el posterior *Egan Report* [11]. La palabra colaboración, entendida como alianza entre corporaciones, también toma forma como colaboración integrada, a través de la BS 1192:2007, superando el denominado BIM *level 2*, basado en compartición de archivos, y abriendo la puerta a la colaboración abierta, BIM *level 3*, iBIM o BIM integrado. En este sentido el servidor BIM de GraphiSoft es único en el mercado, ya que, aunque se detectan carencias, permite alcanzar un control de procesos y una mejora continua, disponiendo de los elementos necesarios de un entorno VDE (*Virtual Design Environment*).

## **Fase 4: Integración en los estudios de grado y posgrado**

La explicación de por qué se trata de una fase de externalización radica en el hecho de que BIM CAMPUS pretende ser una estrategia global para la implantación de BIM a nivel nacional, y en consecuencia, debe aportar el marco adecuado para provocar un nuevo análisis sobre las competencias digitales BIM, en particular, y las competencias digitales, en

general. La hipótesis plantea una estrategia *bottom-up*, de modo que aquellas instituciones académicas más dinámicas generen un debate nacional en el seno de la comunidad universitaria. Son esos nuevos referentes los agentes del cambio a nivel global, dentro del marco adecuado donde realizar el diseño de las cualificaciones.

En este sentido, esta fase sería tanto interna como externa. Interna porque la masa crítica de estudiantes obliga a una toma de posición por parte del profesorado, provoca de modo natural el cambio de actitud y, consecuentemente, se generan acciones dentro de los límites de su programación docente. Externa porque determinados profesores e investigadores adoptan una actitud más proactiva, implicándose en la implantación, de modo que comparten la visión y apoyan los esfuerzos para crear un nuevo marco general, y provocan el surgimiento de estrategias *top-down* por parte de los responsables de la política educativa y de investigación y de las agencias destinadas a tal fin.

En este punto, se ha provocado una estrategia híbrida, ya que las estrategias *bottom-up* nunca son excluyentes, y con esta certeza asentada, las instituciones pueden evaluar el estado y las previsiones de desarrollo, como parte de un plan global a nivel nacional. Dos estrategias se articulan para introducir las competencias digitales BIM relacionadas con la práctica integrada en los estudios de Grado: por una parte profesores directamente implicados relacionados con el CAAD y la gestión de información y, por otra, profesores simpatizantes y proactivos. La actitud proactiva de los profesores asistentes a la fase 2, prepara el caldo de cultivo de la fase 4. A medida que las competencias digitales en BIM son mejoradas se facilita la incorporación de la herramienta BIM en las distintas materias del plan de estudios del Grado.

#### **Fase 5: Colaboración con entidades públicas y privadas: BIM CAMPUS *living lab***

Recientemente se ha extendido por las Universidades de todo el mundo el concepto de *Living Lab* como nueva herramienta para la investigación, el desarrollo y la innovación, basado en involucrar a los usuarios en todas las fases del proceso de creación de productos y servicios basados en TIC.

El concepto *Living Lab* tiene su origen en el *MediaLab* del MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) y se presenta como una metodología de investigación para testear, validar, realizar prototipos y refinar, soluciones complejas en entornos reales de participación activa y en constante evolución. Los *BIM Labs*, siguiendo este modelo de “laboratorios vivientes”, aportan un enfoque dinámico y multidisciplinar a un problema sistémico, como es el de la gestión integral del proceso de la edificación. Este es el caso de BIM CAMPUS. Es clave para introducir al cliente y a los agentes del mercado en el ámbito de la investigación, que necesariamente debe conocer qué demanda la sociedad para evolucionar en las soluciones adecuadas, adaptándose al entorno al que da soporte.

Al mismo tiempo la pertenencia de BIM CAMPUS al BSSCH, como ya se ha referido, demuestra el poder agregativo de las estrategias *bottom-up* y que estos “laboratorios vivientes” pueden constituir un agente importante en la generación de estándares y protocolos. Desde sus iniciativas, pueden materializar sus contribuciones, a través de sus miembros y de otros profesionales colaboradores, a la iniciativa uBIM, para la traducción de

los BIM protocolos, los IDM (*Industry Delivery Manuals*), según el modelo de la norma ISO correspondiente.

Actualmente, BIM CAMPUS lidera la iniciativa *openBIM SKILLS®*, estándar de certificación de perfiles BIM, que persigue facilitar la homologación internacional de las competencias BIM a través de un agente neutral como es *Building Smart International*. Otra iniciativa es la participación en el desarrollo de títulos de posgrado, como es el caso del proyecto de nuevo título de especialización de Posgrado en BIM (BIM EXPERT) de la Universidad de A Coruña y que será impartido en la EUAT.

### **Fase 6: Integración de BIM en la investigación**

El apoyo al profesorado permite el desarrollo de la faceta investigadora del personal docente en su área de especialización. Debemos recordar que las tecnologías basadas en BIM son transversales y adquiere importancia la investigación acerca de su impacto en las diferentes dimensiones del proceso edificatorio. Como aspecto negativo podemos reseñar que aún no se ha constituido un grupo de investigación sobre BIM propiamente dicho sino que los profesores doctorandos involucrados se incorporan a equipos, en los que introducen la herramienta BIM. En este ámbito la implantación de la tecnología BIM está en condiciones de provocar movimientos que favorezcan a los agentes con perfiles más proactivos, introduciendo dinámicas en el organismo universitario relacionado con la edificación, similar al de otras áreas como las relacionadas con la producción industrial.

### **BIM CAMPUS index. Medición del éxito de la implantación. *Benchmarking*.**

Como proceso de aseguramiento de la calidad, a nivel interno, las fases permiten establecer hitos, trabajando por objetivos y generando la monitorización de los resultados. En el futuro, el establecimiento de un conjunto contrastado y absolutamente fiable de indicadores, permitirá conocer el estado de la implantación de BIM a nivel nacional, y la creación del Observatorio BIM de *Building Smart Spanish Chapter*, que se plantea como la entidad necesaria para la colaboración entre la organización de los estándares de BIM y el gobierno, en el establecimiento de una estrategia nacional de implantación de BIM.

El documento en el que se refleja esta información es el BIM CAMPUS *report*, documento de referencia editado por el BIM CAMPUS *living lab*, en colaboración con los responsables de convenios en vigor, y las comunicaciones donde se anticipa estos resultados se articulan a través de los boletines BIM CAMPUS *newsletter*.

El índice se basa en la consecución de los objetivos parciales, las fases. Cada fase tiene una serie de parámetros de seguimiento. La comparación con los resultados se establece para medir el impacto de acciones puntuales o prolongadas, que se van produciendo a lo largo del tiempo, encuadradas en las fases 4, 5 y 6, tanto en la integración en los estudios de Grado y Posgrado, como en la colaboración interna y externa.

Las fases pasan del rojo al verde, con la intención de indicar el potencial de la práctica integrada 2E, EcoEficiente. De este modo, tras la internalización, el objetivo es medir el

potencial de transferencia de TIC en desarrollo urbano sostenible, así como el momento y alcance de las iniciativas de colaboración con los sectores público y privado.

En el futuro, para su uso a nivel externo, una red de BIM CAMPUS, o iniciativas de implantación que usen el mismo modelo, podría utilizar este índice para monitorizar el estado de la cuestión del BIM a nivel nacional, ya que los criterios son generalizables.

## **6 CONCLUSIONES**

Las estrategias *bottom-up* son sostenibles en el tiempo y crean un efecto duradero, más allá de la permanencia de las personas concretas en los órganos de dirección y gestión de la Universidad. Se obtiene como resultado una masa crítica extendida a todos los niveles, como tecnología transversal, y que garantiza un crecimiento en el futuro. La experiencia de BIM CAMPUS, método abierto y públicamente disponible, es generalizable al resto de las universidades españolas. Teniendo en cuenta la importancia de los agentes externos profesionales, un *networking* basado en BIM CAMPUS permitiría a agentes del cambio internos producir los mismos efectos en sus propias universidades.

En futuras investigaciones se debería incidir en el ritmo de implantación, y la aplicación de estrategias híbridas, *bottom-up* y *top-down*, a partir de un estado de madurez suficiente del método BIM CAMPUS a nivel nacional. Así mismo, deberían investigarse los factores que se incrementan a mayor o menor ritmo, y la propia velocidad de implantación, recurriendo a nuevas y mejor desarrolladas herramientas de *benchmarking* sobre BIM *management*.

Así mismo, debería esclarecerse la influencia del tamaño de la Universidad, tanto en el aspecto físico como en su influencia y relevancia, establecida por las clasificaciones y rankings internacionales de universidades. En este sentido, el mecanismo de evaluación que propone el método BIM CAMPUS debería ser desarrollado y aplicado a toda la universidad española con impacto en el área de la Edificación, para aportar los primeros resultados fiables de estimaciones de implantación de BIM a nivel regional, y en consecuencia, adoptar las medidas más apropiadas que promuevan una expansión eficiente del BIM.

## 7 REFERENCIAS

- [1] Laiserin, J. (2003). "GraphiSoft on BIM", en *The Laiserin Letter* [acceso 15/04/2014]: <<http://www.laiserin.com/features/issue19/>>.
- [2] Laiserin, J. (2002). "Comparing Pommés and Naranjas", en *The Laiserin Letter* [acceso 15/04/2014]: <<http://www.laiserin.com/features/issue15/feature01.php>>.
- [3] Moss Kanter, R. (1994). "Collaborative advantages: the art of alliances", en HBR, (Vol. 4). Boston: Harvard Business Review.
- [4] Coloma, E. (2013). "Cómo curar la enajenación universitaria", BIM en la Universidad. Actas del 1º Congreso Nacional BIM-EUBIM 2013. Valencia: Editorial UPV.
- [5] Samli, A. C. (2008). *Globalization from the Bottom Up: A blueprint for Modern Capitalism*. New York: Springer.
- [6] Callicott, N. (2001). *Computer-Aided Manufacture in Architecture: the pursuit of Novelty*. New York: Architectural Press.
- [7] The American Institute of Architects - AIA (2007). *Integrated Project Delivery: A Guide*. Sacramento, California: AIA National/AIA California Council. <<http://www.aia.org>>.
- [8] Ayuntamiento de A Coruña (2012), *Agenda Digital de A Coruña. Smart City*.
- [9] Terzidis, K. (2006). *Algorithmic Architecture*. Burlington, Massachusetts: Elsevier.
- [10] Latham, M. (1994). *Constructing the team*. UK Government, Cabinet Office and CIC. London: HMSO.
- [11] Egan, J. (1998). "Rethinking Construction"  
<[http://www.constructingexcellence.org.uk/pdf/rethinking%20construction/rethinking\\_construction\\_report.pdf](http://www.constructingexcellence.org.uk/pdf/rethinking%20construction/rethinking_construction_report.pdf)>

<b>TÍTULO</b>	DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS EN PROYECTOS BIM
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	Tecnología BIM
<b>AUTOR / ES</b>	MONTES HERRAIZ, José Ignacio; SOLER RUIZ, Miguel ángel
<b>INSTITUCIÓN</b>	AVATARBIM, S.L.
<b>DIRECCIÓN</b>	C/ Santo Tomás 10-5, 28220, Majadahonda, Madrid
<b>E-MAIL</b>	consultoría@avatarbim.com
<b>TELÉFONO</b>	615380152
<b>FAX</b>	

## DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS EN PROYECTOS BIM

**Autores: Montes Herráiz, José Ignacio; Soler Ruiz, Miguel Ángel**

- (1) Director de consultoría, proyectos y desarrollo de APIs de AVATARBIM, jmontes@avatarbim.com
- (2) BIM Manager y desarrollo de APIs de AVATARBIM, masoler@avatarbim.com

### RESUMEN

Durante la implantación y el desarrollo de proyectos BIM hemos detectado numerosas lagunas. Lagunas en los programas que se están utilizando, en el paso de información entre ellos y en la trasposición de los procesos habituales y consolidados de CAD a BIM. Nos encontramos muchas veces con que determinados resultados son imposibles, o desembocan en tareas repetitivas que consumen excesivas horas. Esto genera un desencanto y rechazo evidentes en los usuarios que frena considerablemente la adopción del BIM.

La suerte es que muchos programas, y especialmente los de Autodesk y los de Microsoft, permiten el desarrollar aplicaciones sobre ellos: Son los Addins o Plugins. Que permiten interactuar con el programa de una forma muy amplia, aunque hay que advertir que no es absoluta y hay cosas que sencillamente no se pueden hacer.

Desde AVATAR BIM, queremos mostrar nuestra experiencia con esta tecnología. Presentaremos el estado del arte, y cómo la hemos empleado en seis casos, donde hemos creado seis herramientas concretas. Haremos una presentación general de la tecnología y expondremos como la hemos adoptado, los recursos disponibles y la formación necesaria. Finalmente presentaremos las seis herramientas en sí, exponiendo el problema, la estrategia y los recursos que se han empleado.

**Palabras clave:** *Addins, AvatarBIM, Plugins, Revit API, Tecnología*

## 1 INTRODUCCIÓN

Debemos aclarar que esta tecnología es aplicable a muchos de los programas que comprenden el concepto BIM, esta ponencia se centra únicamente en Autodesk Revit, pero ex extensible a todos los programas que posean un API.

Como hemos dicho, a lo largo de varias consultorías de implantación, hemos ido detectando lagunas en el programa (Revit concretamente), en su relación con otros o en la dificultad para acometer los proyectos con procesos o resultados similares a los que se obtenían en CAD.

Queremos presentar primero cual es el estado del arte y que recursos hay disponibles para adoptar esta tecnología:

Parece absurdo reinventar la rueda, así que la primera recomendación sería navegar por Internet y usar Google, ya que esta cuestión empieza a estar madura y hay muchos desarrollos ya disponibles. Autodesk ofrece dentro del programa de suscripción extensiones al programa muy útiles y a menudo desconocidas y existen muchos fabricantes en el mercado ofreciendo soluciones. El mejor lugar para localizar estas aplicaciones es la propia página de Autodesk, donde están casi todos:

[1] <http://apps.exchange.autodesk.com/rvt/en/Home/Index>

Por lo tanto, la primera opción es siempre buscar si existe ya algo desarrollado que nos pueda resolver el problema.

Pero evidentemente, no siempre encontraremos lo que necesitamos. También puede ser que necesitemos hacerlo de otra manera. Entonces tenemos que remangarnos y comenzar a escribir código por nosotros mismos. Esta decisión se tomó muy pronto en AVATAR BIM. Desde el principio apostamos por un departamento propio de desarrollo de tecnología que nos hiciera más potentes de cara a resolver los problemas de nuestros clientes.

Queremos compartir la forma en la que hemos adoptado este reto y que conclusiones hemos sacado de ello. Explicar brevemente los recursos que hemos ido usando y dar algunas recomendaciones. Pensamos que en poco tiempo casi todas las empresas que adopten BIM, terminarán teniendo al menos a una persona dedicada a este campo, de igual forma que tienen un informático que les gestiona la red. Esta figura podrá ser propia o externa a la compañía, pero lo que es seguro es que estará.

## **2 CONTENIDO**

En primer lugar explicaremos brevemente los pasos a tomar para poder adoptar esta tecnología. Se puede programar sobre Revit directamente mediante macros, en el botón "Macro manager" que esta disponibles en la pestaña de "Manage", que es relativamente sencillo, pero menos potente que hacerlo desde un entorno completo de programación tipo Visual Studio. El motivo es que las macros quedan confinadas al proyecto donde se crearon, mientras que mediante un entorno de programación se pueden crear aplicaciones que estén disponibles directamente en el Ribbon para todos los proyectos. Aquí vamos a describir los pasos necesarios para realizar "addins" completos desde un entorno de programación.

### **2.1 Conocimientos generales de programación**

1º. Es necesario disponer de un entorno de programación en Net. Microsoft ofrece de forma gratuita "Visual Studio Express". Tiene algunas limitaciones, pero es suficiente para lo que necesitamos. Lógicamente se deben adquirir conocimientos en un lenguaje de programación soportado por Microsoft NET: Visual Basic o C#. Nosotros adoptamos C# porque es el más extendido en la programación de Revit y es el que más recursos disponibles en la red tiene.

Es preciso conocer bien los fundamentos del lenguaje, la programación orientada a objetos, las clases, herencias, polimorfismos, los objetos, las propiedades, los métodos, los métodos

abstractos, la conexión con bases de datos, LinQ, etc. El lenguaje C# es muy potente pero tiene cierta complejidad. Cuanto más se conozca, más sencillas y más elegantes serán las soluciones que demos en nuestras aplicaciones.

Para formarse en C# existen muchos libros. Los mejores están en inglés. El de la editorial Anaya, "Visual C# 2010" de John Sharp [2] es bastante completo. También es bueno: "Microsoft Visual C# 2012, Step by step." También de John Sharp editado por Microsoft [3]. También hay recursos gratuitos en la Red. Por ejemplo los cursos de Microsoft: <http://www.microsoftvirtualacademy.com/training-courses/c-fundamentals-for-absolute-beginners> [4].

Yo recomiendo usar ambos recursos, hacer los cursos de Microsoft que son una forma muy reglada de aprender el lenguaje y por otro lado, disponer de un libro que permita leer y documentarse de otra fuente.

Sin entrar en las profundidades del lenguaje, hay unas recomendaciones para los que se metan de lleno en el tema:

Usar de forma masiva los comentarios que permitan recordar más tarde lo que se pretende con cada bloque de código. Es muy frecuente que luego nos cueste encontrar errores, simplemente porque no recordamos bien lo que pretendíamos con un bloque de código concreto.

Hacer uso constante de los comandos `#region` y `#endregion` para empaquetar zonas de código, esto es muy práctico y nos permite tener siempre la estructura conceptual a la vista.

Escribir el código de forma ordenada. Respetar siempre la estructura de las clases, generado una zona de propiedades, constructor y métodos, en todas las clases y empaquetarlos con comandos `#region` para tener muy claras las zonas. Organizar en carpetas las clases de enlace con Revit, las de formularios, las de bases de datos, las que ejecutan comandos o las utilidades, de forma que sepamos donde está cada cosa.

Recordar que cuanto más respetemos el empaquetado de las clases, más fácil será reutilizar el código posteriormente. Esto es muy útil, ya que en Revit estaremos muchas veces realizando las mismas operaciones. Una buena librería de métodos Útiles que reutilizaremos en muchas aplicaciones diferentes es fundamental.

Por último, es muy importante tener muy claro el esquema funcional de lo que queremos hacer y escribirlo antes de ponernos a teclear la primera línea de código. Debemos especificar que clases generaremos, con que métodos y con qué propiedades. Aunque luego lo modifiquemos, nos ahorrará hacer y deshacer todo el programa por haber ido sobre la marcha redefiniendo el esquema general.

Para resolver dudas concretas sobre C# podemos acudir en línea a Microsoft Developer Network, "MSDN" en <http://msdn.microsoft.com/es-es/library/> [5] y es muy recomendable la web <http://stackoverflow.com/> Su foro es muy completo y podemos encontrar respuesta a casi cualquier duda concreta.

## 2.2 Conocimientos específicos de programación en Revit

Una vez estamos bien formados en programación bajo Microsoft.NET debemos aprender a controlar el API de Revit. “API” son las siglas de “Application Programming Interface” y es la serie de clases con sus propiedades y métodos que Autodesk ha puesto a disposición de los usuarios para acceder al programa Revit. Fundamentalmente a través de dos archivos: RevitAPI.dll y RevitAPIUI.dll

Simplemente con buscar en Google “Revit API” accederemos a la página: <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?siteID=123112&id=2484975> [6] que es donde Autodesk ha ubicado todos los recursos necesarios.

En primer lugar es preciso descargarse e instalar el Software Developer Kit, “SDK” de la versión adecuada al programa, descargarse y tener como referencia el PDF “Revit 2014 Platform API Developers Guidelines” [7] y luego hay unos breves video-tutoriales llamados DevTV imprescindibles para comprender la metodología. Entre los demás recursos, es interesante el tutorial “My first Plugin”.

Hay blogs y webs donde se discute este tema, el más completo es “The Building Coder” [8] de Jeremy Tammik, Miembro del grupo de trabajo AEC de Autodesk Developer Network (ADN DevTech team) encargado de ofrecer soporte, formación, presentaciones y conferencias para los desarrolladores, además de redactar el mencionado Blog. Es sin duda la mayor autoridad que existe sobre este tema.

También es imprescindible como lugar de consulta “[revitapisearch.com](http://revitapisearch.com)” [9] y son interesantes las páginas “<http://adndevblog.typepad.com/aec/>” [10], “<http://boostyourbim.wordpress.com/>” [11] y <http://spiderinnet.typepad.com/blog/> [12]

Sin entrar en detalles, lo más importante es conocer una serie de pasos para conectar con el programa:

1. La declaración de las referencias a los dos DLL mencionados antes. Sin ellas no es posible acceder a ningún objeto de Revit. Las referencias son la forma habitual de acceder a paquetes de software, no solo de Autodesk sino de cualquier fabricante y no estamos limitados a una, sino que podemos unir en nuestra aplicación cualquier número de ellas de cualquier fabricante. Con lo que tenemos acceso a controlar y realizar cualquier cruce de datos entre programas que deseemos.
2. El AdskCommand.cs y el AdskApplication.cs. El primero se ejecuta como un comando del usuario, mientras que el segundo se ejecuta desde que se abre el programa. Por ello el segundo es normalmente el encargado de generar los menús de nuestra aplicación.
3. Es preciso aprender la sintaxis de los manifiestos (\*.addin) necesarios para que Revit reconozca nuestra aplicación y que esté disponible al abrir el programa.

Dentro ya del contenido, quizá lo más importante sea aprender el funcionamiento de los colectores y los filtros que son los que nos permiten acceder a los objetos que buscamos dentro de revit. Y lo más interesante y complejo es el acceso a la geometría de los objetos a través de los BoundingBox, los GeometryObjects o el Ray tracing.

En este último punto hay que recordar que estamos trabajando con una base de datos geométrica en tres dimensiones, por lo que es imprescindible tener buenos recursos en geometría y matemáticas para resolver muchos problemas de forma eficiente. Muchos problemas a los que nos enfrentaremos serán topológicos. Como saber si un punto está dentro de un polígono, como saber colocar una serie de objetos ordenados dentro de un contorno límite... etc.

Por último, recordar que existe la opción de unirnos al programa “Autodesk Developer Network” (ADN) [13] por una cantidad anual y poner a la venta nuestra aplicación en el Exchange de Autodesk.

Una última recomendación: el Api de Revit permite realizar muchísimas cosas, pero no todo está disponible a través de él. A veces hay tareas muy simples que inexplicablemente no están implementadas en el API y ni siquiera existe un “workaround” para ello. Antes de aventurarnos en la tarea, es importante navegar por los foros que he indicado y asegurarnos que podemos acceder a lo que necesitamos, no sea que resolvamos lo más complejo y lo más sencillo sea simplemente inaccesible y hayamos tirado todo nuestro tiempo.

Explicado el estado de la cuestión, pasaremos a contar como ha sido nuestra experiencia en seis casos concretos. Los presentaremos de menor a mayor complejidad.

## 2.1 “QuickSelector”

Al primero de estos plugins lo hemos bautizado “QuickSelector”. El problema surge de la necesidad de filtrar y seleccionar determinados objetos de forma sencilla y rápida. Ampliando la limitada capacidad de filtrado que ofrece Revit y accediendo a propiedades que no están accesibles directamente. En concreto el enunciado era poder seleccionar muros que tuvieran su desfase de base (“Base Offset”) diferente a -0.10cm. De forma sistemática en todo el proyecto o por vista.

El enfoque que se le dio fue doble. En un primer momento procuramos resolver el problema específico de forma rápida despreciando el entorno gráfico de la aplicación y cualquier consideración de flexibilidad. Este enfoque permite resolver problemas concretos de forma rápida y apenas consumen horas de consultoría. Resultando en un retorno de la inversión (ROI) muy rápido, es decir son siempre una muy buena opción frente a hacer las cosas a mano a través del interfaz del programa.

Pero enseguida se comprende que con un poco más de esfuerzo, el mismo planteamiento se puede generalizar y aplicar a multitud de otras situaciones. Así que una vez resuelto el problema inmediato, se optó por retomar el proyecto y dotarlo de un interfaz gráfico y mayor flexibilidad, a costa de que su desarrollo se alargara en el tiempo. Suele ser más complejo

lidar con las acciones del usuario y prever todas las situaciones correctamente que resolver el problema concreto, que suele ser sencillo y estar bien documentado.

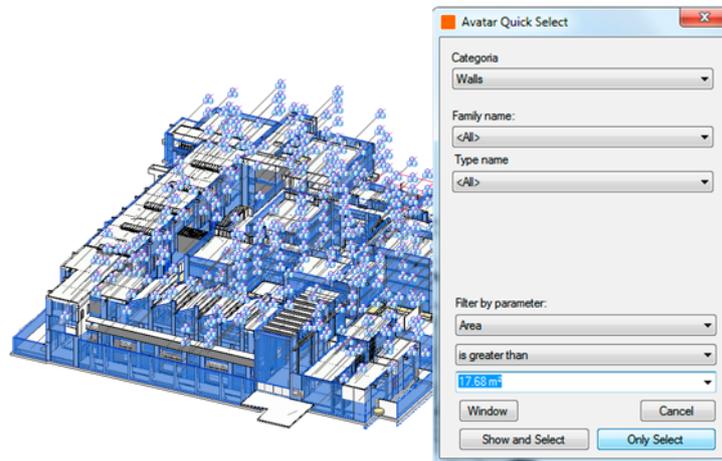


Fig 3. Quick Selector. 2014. AvatarBIM

Aquí podemos sacar la primera conclusión: El uso del API es siempre rentable cuando el problema a resolver sea muy concreto y esté documentado en alguno de los recursos disponibles. Su ejecución es rápida, sencilla y no suele interferir demasiado con las tareas de modelado ni compromete el uso de recursos del equipo, en más de medio día. Pero si queremos sacarle más partido, poner el “addin” a disposición de usuarios distintos a los que lo han generado, seguramente debemos multiplicar por 10 el tiempo empleado y mucho más si queremos comercializarlo. Los usuarios son imprevisibles y siempre terminan obteniendo resultados imposibles. Una recomendación es que en el equipo de desarrollo haya alguien para testar que no sea el que lo ha codificado, aunque entienda de código. Los humanos tendemos a ser rutinarios y solemos testar los programas siempre de la misma forma, pero esto no significa que funcione siempre. Hace falta probarlo de varias maneras para garantizar que funciona.

Finalmente el programa puede seleccionar cualquier número de objetos que cumplan una o varias condiciones mediante comboboxes desplegables: pertenencia a categoría, familia o tipo y/o que tengan un valor determinado en un parámetro determinado. La flexibilidad es tal que permite seleccionar por todas o solo por una de las condiciones, pudiendo ser solamente que tengan un valor en un parámetro aunque los objetos sean de familias, tipos o incluso de categorías diferentes.

## 2.2 “RoomCoder”

Room Coder surge de la necesidad de ir asignando un código a las habitaciones dentro de una propiedad. Es un código que se incrementa y lleva un prefijo y un sufijo. Servirá para ordenar las habitaciones con las especificaciones del cliente. Por ello es el usuario el que debe ir poco a poco definiendo este orden.

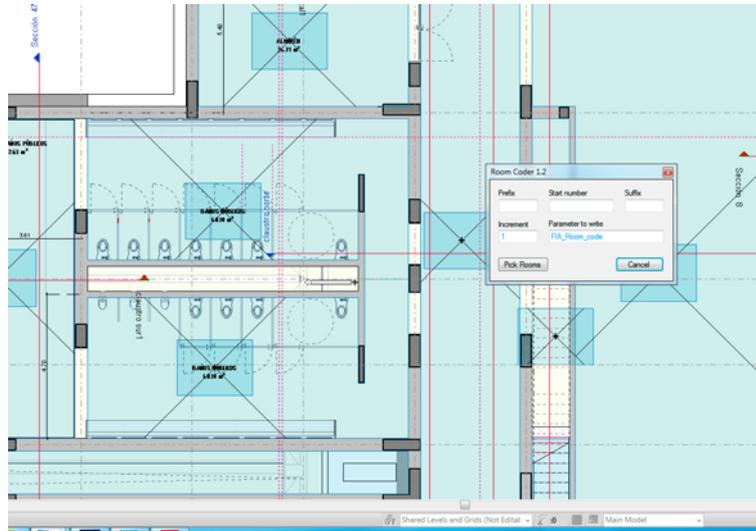


Fig 4. Room Coder. 2014. AvatarBIM

El plugin se desarrolló en poco más de una mañana de una persona y se limitó al requerimiento especificado con la intención de no consumir más horas de las imprescindibles, pero es evidente que posteriormente se pudo aprovechar para hacer una aplicación que permita ir renumerando objetos de forma arbitraria por el usuario y no quedar limitado a las habitaciones.

### 2.3 “Autofinish”

El tercero de estos plugins lo hemos bautizado “AutoFinish”. El problema que queríamos resolver era el siguiente: Tenemos un edificio extenso, muy extenso. Un campo de fútbol con muchísimas habitaciones con diferentes acabados de suelos, paredes y techos. Así que tenemos tres problemas con una ingente cantidad de tareas repetitivas. Crear suelos de acabado (pavimentos) en cada habitación, crear paredes con el acabado de cada una de ellas y crear los falsos techos de cada una. Las terminaciones y los tipos estaban definidos en un listado, pero aún no estaban definidas del todo las capas de las terminaciones.

La estrategia fue aprovechar una rutina que ya existía en Internet y completarla con más opciones, dotarla de una ventana gráfica y ampliar su funcionalidad. Descubrimos rápidamente que no es posible crear “Ceilings” con el API de Revit. Lo cual es una de esas extrañas lagunas. Se pueden crear suelos y a pesar de que son primos hermanos, de hecho derivan de la misma clase “CeilingAndFloor”, los techos son imposibles.

El plugin genera automáticamente un suelo por habitación y le añade un valor a un parámetro donde se especifica el texto que existe en el parámetro de terminación de suelos de la habitación correspondiente. Se amplió el plugin para que reconociera y actualizara este valor, manteniendo coordinados el texto de terminación de suelo entre la habitación y el suelo. Luego es muy sencillo ir a una tabla de planificación y especificar los tipos correspondientes a cada suelo según el acabado especificado.

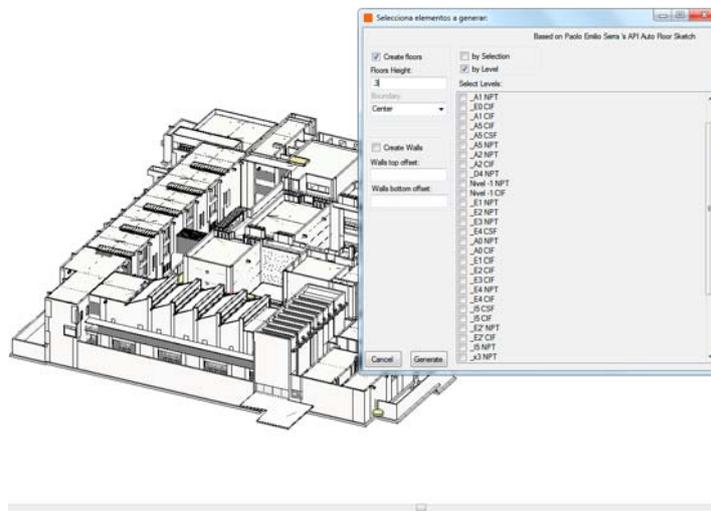


Fig 5. AutoFinish. 2014. AvatarBIM

Una vez generado el api para crear suelos con un interfaz amigable para el usuario, decidimos ampliarlo con las terminaciones de paredes, con una estrategia similar.

Estas tareas son más complejas que las anteriores que tan solo requerían trabajar con textos y con métodos de filtrado de elementos. Aquí ya es necesario trabajar con generación y lectura de geometrías y resolver algunos problemas de topología, si bien no excesivamente complejos.

## 2.4 “AutoJoin”

Al generar los suelos de forma masiva necesitábamos una herramienta que nos permitiera unir los elementos, sino las secciones iban a resultar un desastre. Así que el Plugin “AutoJoin” fue un resultado directo de la estrategia de modelado: Nos habíamos ahorrado modelar todos los pavimentos, pero si luego necesitábamos ir uniéndolos entre sí y con los muros el trabajo iba a ser inmenso.

La necesidad de AutoJoin es iterar por todos y cada uno de los objetos del modelo e ir uniéndolos a cualesquier objeto que intersecte o sea tangente a él. Esta tarea es ya más compleja y requiere ya de cierta profundidad en el programa, no por la tarea principal; Unir objetos es relativamente simple. Pero si tuviéramos que unir todo con todo el tiempo sería infinito. Lograr que un programa funcione es mucho más sencillo que lograr que funcione relativamente bien y no sea desesperadamente lento. Necesitábamos alguna forma de discernir que objetos están tangentes y cuales intersectan. Investigar este extremo fue la tarea que más tiempo llevó de todo el desarrollo y desde luego la que más sutilezas conlleva.

Otro tema que hubo que investigar y resolver es la manera en la que Revit trata los errores. Cuando se decide hacer una tarea de forma sistemática mediante programación, no se espera que haga falta un usuario clicando “Ok” todo el rato. Necesitábamos resolver el problema del pajarito de Hommer Simpson (ese que constantemente está picando la tecla

enter mientras Homer descansa). Si no, realmente no hay ahorro de tiempo. Capturar estos errores, discriminarlos y resolverlos en tiempo de ejecución es otra tarea muy interesante que nos ofrece el API de Revit.

Para hacer el plugin más rápido y útil, decidimos por último dar la posibilidad al usuario de unir todo el modelo o solamente lo que se ve en una vista en concreto. Los tiempos para unir todo un proyecto complejo (de entre 500MB y 1GB) pueden estar entre 20 y 25 minutos. Si lo que se quiere es sacar una o dos secciones solamente con 5 minutos es suficiente. Y lo más importante es un simple botón del Ribbon, sin mayor complejidad.

## 2.5 “SmartViews”

Otra de las tareas que consume mucho tiempo es la creación de planos y vistas y el arrastrar vistas a planos. Y por supuesto el colocar exactamente las vistas en la misma posición. En un caso donde teníamos más de 400 planos donde casi todos repetían su composición de forma sistemática, vimos la oportunidad de iniciar este plugin que se ha ido completando con otros requerimientos. Lo más complejo: Recrear el Browser de Revit.

Las funcionalidades. Colocar de forma masiva vistas en planos, modificar propiedades de titleblocks sin abrir cada plano. Describir las escalas de forma masiva de todo el proyecto, evitando el incómodo “As Indicated”.

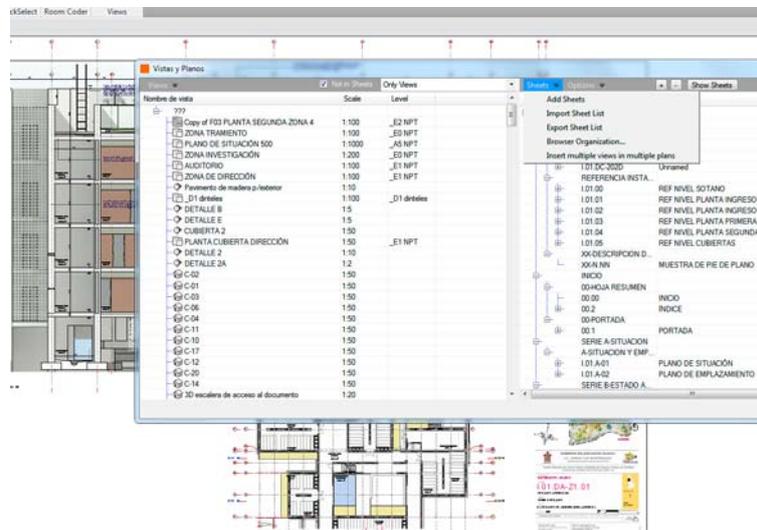


Fig 6. SmartSheets. 2014. AvatarBIM

## 2.6 “AutoCatalog”

Otra tarea imprescindible en la presentación de proyectos para la que Revit no tiene una respuesta directa son las memorias de carpinterías. Es cierto que ya existe en el mercado algún plugin que las genera, pero las crea mediante leyendas y estas presentan no pocos inconvenientes: No se pueden etiquetar de forma automática, los textos que se incorporan son textos y no se actualizan, (Son poco BIM) y solo representan ciertas vistas de los objetos.

Después de investigar en la red formas en las que otros usuarios resolvieron este problema llegamos a la conclusión de que la mejor manera era mediante la creación de una fase llamada “carpinterías” que es una especie de espacio de fabricación, donde insertar todas y cada una de las puertas, ventanas, rejas, celosías... del proyecto de forma ordenada y clasificada y generar en esta fase las vistas necesarias. Pero esta labor conlleva mucho tiempo de tareas rutinarias. Era un caso claro de programación.

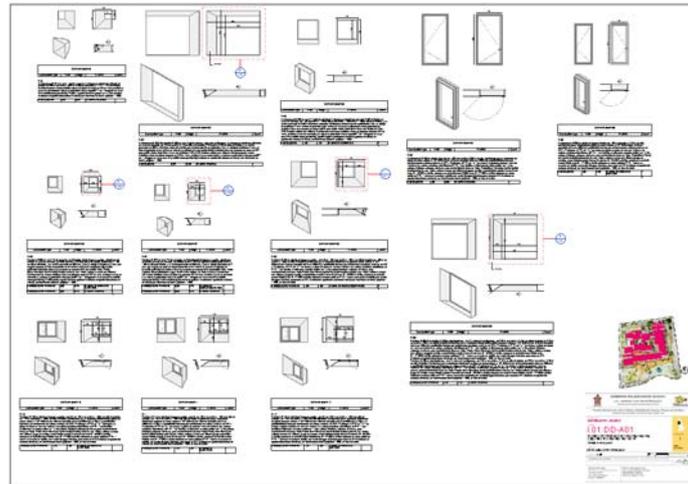


Fig 7. AutoCatalog. 2014. AvatarBIM

La idea era que nuestro plugin, clasificara los objetos de una categoría específica por los valores de uno de sus parámetros. Por ejemplo el TypeMark, pero puede ser cualquiera. Luego tendría que generar este objeto y crear las vistas que el usuario requiera: Planta, alzado, secciones o axonometría, añadiendo las etiquetas que se deseen y una tabla de planificación con más datos del objeto. Esto permite una memoria de carpinterías siempre actualizada y verdaderamente BIM. Finalmente debía montar todas estas vistas en una serie de planos, para que el usuario tenga realmente muy poco trabajo.

La complejidad en este caso es mayor, hay que trabajar con las geometrías de cada objeto con sus relaciones con el resto del modelo, si son huéspedes de otro, si están basados en un plano de referencia... y detectar el espacio que ocupan, para circunscribir las vistas (plantas, secciones y axonometrías) a su espacio físico.

### 3 CONCLUSIONES

Hay dos tipos de problemas que se pueden resolver de esta manera:

. Tareas muy frecuentes, donde se pueden ahorrar algunos pocos clicks de ratón, pero que a lo largo de la jornada consumen mucho tiempo se pueden hacer mucho más cómodas y rápidas con pocas líneas de código y se amortizan enseguida.

. Tareas complejas, que parecen imposibles con el estado actual de la tecnología, pero que se hacen imprescindibles. Estas a veces, (no siempre) se pueden resolver. Para acometer estas tareas es imprescindible un profundo conocimiento de todo el conjunto de la tecnología: el lenguaje de programación, el entorno Net, el interfaz de programación de la aplicación o de las aplicaciones con las que se quiere interactuar y muy frecuentemente un cierto conocimiento geométrico matemático, ya que muchos de los problemas llevan una importante carga geométrica.

Pero la conclusión más importante es que cuanto más grande es el proyecto, más imprescindible es utilizar esta herramienta.

#### **4 REFERENCIAS**

[1] <http://apps.exchange.autodesk.com/rvt/en/Home/Index>. Recurso en Internet de Autodesk

[2] "Visual C# 2010", Editorial Anaya, de John Sharp con ISBN 978-84-415-2824-6

[3] "Microsoft Visual C# 2012, Step by step." John Sharp editado por Microsoft, con ISBN-13: 978-0735668010.

[4] <http://www.microsoftvirtualacademy.com/training-courses/c-fundamentals-for-absolute-beginners>. Recurso en Internet de Microsoft

[5] <http://msdn.microsoft.com/es-es/library/>. Recurso en Internet de Microsoft

[6] <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?siteID=123112&id=2484975> Recurso en Internet de Autodesk

[7] "Revit 2014 Platform API Developers Guidelines" Recurso en Internet de Autodesk

[8] "The Building Coder" de Jeremy Tammik Recurso en Internet de Autodesk

[9] "revitapisearch.com" Recurso en Internet.

[10] "http://adndevblog.typepad.com/aec/" Recurso en Internet.

[11] "http://boostyourbim.wordpress.com/" Recurso en Internet.

[12] <http://spiderinnet.typepad.com/blog/> Recurso en Internet.

[13] <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?id=472012&siteID=123112> , "Autodesk Developer Network" (ADN) , Recurso en Internet de Autodesk

<b>TÍTULO</b>	El IM del BIM: building INFORMATION MANAGER
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	3.5 Nuevos Roles
<b>AUTOR / ES</b>	ALBEROLA SALCEDO, Roberto ARCE HERRANZ, Carlos MARTÍN MELCHOR, Borja MARTÍNEZ DE ARCE, Jesús MOLINA MILLÁN, Ignacio
<b>INSTITUCIÓN</b>	BIMpool
<b>DIRECCIÓN</b>	C / Campomanes nº 6, 5º Dcha
<b>E-MAIL</b>	<a href="mailto:info@bimpool.com">info@bimpool.com</a>
<b>TELÉFONO</b>	679 168 924

## EL IM DEL BIM. BUILDING INFORMATION MANAGER

**Autores: Alberola Salcedo, Roberto (1), Arce Herranz, Carlos (2), Martín Melchor, Borja (3), Martínez de Arce, Jesús (4), Molina Millán, Ignacio, (5)**

- (1) BIM pool, Project Management. roberto.alberola@bimpool.com
- (2) BIM pool, Ingeniería. carlos.arce@bimpool.com
- (3) BIM pool, Consultoría. borja.martin@bimpool.com
- (4) BIM pool, Estándares y procesos. jesus.martinez@bimpool.com
- (5) BIM pool, Diseño paramétrico. ignacio.molina@bimpool.com

### RESUMEN

En los proyectos BIM de mediana y gran envergadura que se están desarrollando actualmente en el mundo, la figura del Information Manager es pieza esencial para la gestión eficiente de la información a lo largo del ciclo de vida completo, y especialmente en la transmisión de ésta para el FM.

En el Reino Unido, que lidera el cambio de paradigma a BIM, se está imponiendo un modelo de gestión de proyectos que se articula a través de una serie de documentos (PAS1192, Digital Plan of Works, COBie,..), que intentan asegurar la eficiencia en el intercambio de la información. El papel del IM como garante de la integridad y consistencia de ésta lo ha convertido en un rol imprescindible y obligatorio.

Nuestra experiencia este año dentro de la Bentley Learning Academy de Londres, institución creada para el Proyecto Crossrail, nos ha animado a continuar trabajando en un manual de buenas prácticas al respecto, aunando esfuerzos para conseguir el desarrollo de esa función en España.

Esta presentación expone las carencias de nuestro país en este sentido, estudia la manera de adaptar la metodología existente a nuestro modo de trabajo, y qué mejoras inmediatas podemos obtener al incluir esa posición en los proyectos.

**Palabras clave:** *Crossrail, Information, Manager, PAS1192, UK*

### 1. INTRODUCCIÓN

Es frecuente tema de conversación en los entornos profesionales relacionados con BIM y el sector de la construcción la nueva situación y la gran oportunidad generada en el Reino Unido a partir de la UK Government Construction Strategy de Mayo de 2011. Esta estrategia, impulsada desde el más alto nivel gubernamental, establece la obligatoriedad del uso de BIM en los proyectos desarrollados para la Administración Británica a partir de 2016.

Sin embargo:

- ¿sabemos qué significa esta iniciativa?
- ¿sabemos qué supone?
- ¿cómo hay que relacionarse con los demás agentes?
- ¿qué hay que entregar?

Este documento trata de contestar algunas de estas preguntas y definir someramente:

- Cómo hay que desarrollar y trabajar en los proyectos con los diferentes agentes.  
Esta estrategia supone un cambio revolucionario en la manera en que tenemos que trabajar y comunicarnos con los diferentes intervinientes, ya sea en fase de diseño (arquitectura, estructura, instalaciones, etc), como en las fases de obra, puesta en marcha y explotación. La Estrategia impulsa y exige el trabajo colaborativo como única manera de poder cumplir satisfactoriamente las necesidades del cliente. Para ello se crea el denominado "Common Data Environment" (CDE) o entorno de trabajo colaborativo. Este CDE permite la gestión eficaz y confiable de la información en todas sus fases, permitiendo la existencia de lo que llaman el "single source of truth".
- Cuál es el rol del Information Manager, que será el agente encargado de gestionar y controlar el flujo de información que se genera en todas las fases y asegurar la obtención de la información necesaria para entregar a la Administración con el fin de que pueda explotar y mantener su patrimonio. Este rol supone una oportunidad de trabajo para muchos profesionales formados en BIM y en el Project Management.

## 2. EL BIM TASK GROUP. MARCO NORMATIVO EN UK

Una serie de documentos, normativas, e iniciativas, focalizadas a través del BIM Task Group sirven de referencia para el cumplimiento de los objetivos del UK Government Construction Strategy, entre otros:

- **Digital Plan of Works.** Es el documento vivo que y define todas las conexiones entre los distintos documentos que siguen.
- **BS 1192:2007.** Normativa Británica de 2007 que establece la metodología para gestionar la producción, distribución y calidad de la información de construcción, incluyendo la generada con sistemas CAD, usando un proceso colaborativo y un estándar de numeración. Es aplicable a todas las partes involucradas en la preparación y el uso de la información a lo largo del diseño, construcción y operación de los edificios.
- **PAS 1192-2:2013.** Especificación que incorpora la metodología BIM y su uso en la fase de diseño y construcción.
- **PAS 1192-3:2014.** Especificación que incorpora la metodología BIM y su uso para la fase de operacional y de explotación.
- **UK CIC BIM Protocol 2013.** Es un acuerdo legal que se incorpora dentro de los contratos como anexo y que define los aspectos legales.
- **COBie UK 2012.** Documento que sirve para organizar y estructurar la información que se ha de traspasar al propietario del activo.
- **Government Soft Landings (GSL).** Directiva que pretende conseguir que la Administración pueda iniciar la fase de ocupación de sus edificios de una manera no traumática.
- **Scope of services for information management.** Documento que establece y define el rol del Information Manager.

La PAS1192-2:2013 Británica (Especificaciones para la gestión de la información en la fase de entrega de proyectos de construcción usando BIM) ofrece una guía acerca de los requerimientos necesarios para la gestión de la información generada con BIM.

La producción de información coordinada en la fase de diseño y construcción es un proceso que se basa en la consecución de tareas e hitos. En un entorno colaborativo los equipos deben producir la información usando métodos y procesos estandarizados para asegurar unos niveles de calidad y unos formatos comunes que permitan el uso y la reutilización de la información sin cambios ni problemas de interpretación.

Esta forma de trabajo colaborativo requiere entendimiento y confianza mutua entre los miembros del equipo y un mayor grado de estandarización. Pero los beneficios que reporta son muy importantes: menores retrasos, menos conflictos, mayor control de los riesgos del proyecto y un mejor conocimiento de los costes de cada tarea del proyecto.

Además, reduce la asignación de recursos a tareas que no añaden valor al proyecto, minimizando el tiempo invertido en búsquedas o esperas de información, en la producción o el procesado de datos poco relevantes y evita problemas causados por la descoordinación dentro del equipo de proyecto. Es fundamental empezar el proyecto teniendo claro su uso posterior y los requisitos marcados por el cliente (*"begin with the end in mind"*)

Se estima que los problemas debidos a la información inexacta, incompleta o ambigua en un proyecto pueden incrementar su coste entre un 20% y un 25% (ver Avanti Case Studies <http://www.cpic.org.uk/en/publications/avanti>). En Mayo de 2011 el gobierno británico publicó su intención de reducir los costes de la industria de la construcción en un 20% y su objetivo de alcanzar un nivel 2 de madurez BIM en todas las contrataciones públicas.

¿Qué requiere el nivel de madurez 2 en lo que a gestión de la información se refiere?

- Que cada agente participante en el proyecto pueda generar información de modo que facilite su uso por el resto de intervinientes.
- Que el cliente defina claramente sus requerimientos en lo que a información se refiere.
- Que se pueda evaluar a priori la capacidad de cada agente para generar la información requerida en el formato definido.
- Que cada agente redacte un BEP (*BIM Execution Plan* o Plan BIM) con todo el contenido necesario de acuerdo a su papel en el proyecto: roles, responsabilidades, procedimientos, etc.
- Creación y uso de un CDE (*Common Data Environment*) como plataforma de intercambio de información entre todos los agentes.
- Aplicación de los procesos, procedimientos y estándares definidos.
- Generación de los modelos de información usando softwares y formatos compatibles e interoperables con el resto.

## 2.1 Documentación manejada en la PAS 1192-2

La documentación que se incluye en la PAS 1192-2 no difiere demasiado de la que se maneja habitualmente en las obras que se realizan con BIM para que el impacto en la aplicación de esta Especificación sea el menor posible. Sí que detallan y concretan los documentos a generar, su relación entre ellos, el alcance, los responsables, las normativas y estándares a considerar, etc.

Algunos de ellos son el BEP (*BIM Execution Plan*), MIDP (*Master Information Delivery Plan*), PIP (*Project Implementation Plan*), TIDP (*Task Information Delivery Plan*) y otros de los que se hablará más adelante en este documento.

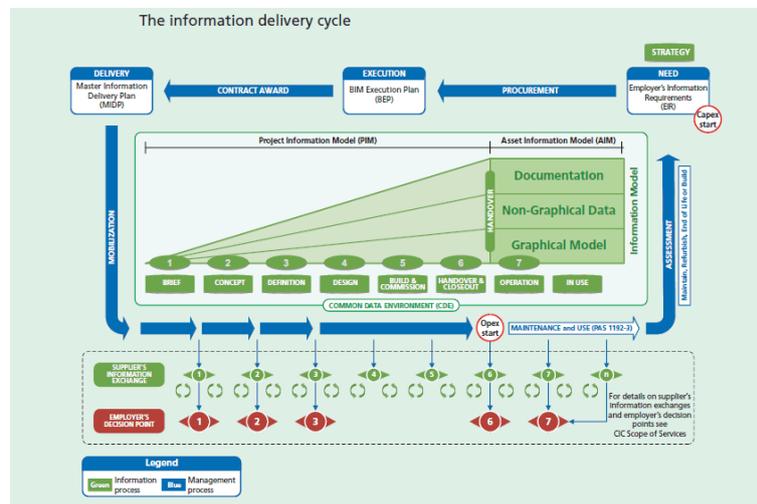


Fig 1. Information Delivery Cycle. 2013. PAS 1192-2

## 2.2 Proceso de generación y entrega de la información

### 2.2.1 Requerimientos y necesidades

Es el cliente el que debe definir al inicio los EIR (*Employer's Information Requirements* o Requisitos de Información) que incluyen, fundamentalmente, los requerimientos en el intercambio de información y el trabajo colaborativo correspondientes a cada fase del proyecto. Él es el responsable de que la información que contenga este documento esté completa para evitar posteriores duplicidades.

En lo relativo a la gestión de la información debe contener, al menos:

- Nivel de detalle requerido
- Plan de trabajo y separación de la información del modelo por cada agente.
- Requerimientos de coordinación y de detección de interferencias
- Requerimientos de trabajo colaborativo
- Requerimientos de la información del modelo para el CDE (*Common Data Environment*)
- Nivel mínimo de formación
- Requerimientos de seguridad e integridad del proyecto
- Especificaciones acerca de la información que se debe incluir y/o excluir del modelo
- Requerimientos acerca de las limitaciones del tamaño de los ficheros, formatos, emails, etc.
- Criterios de conformidad
- Sistema de coordenadas
- Software a usar y sus versiones, etc.

Los requerimientos deben ser específicos, medibles, alcanzables, realistas y que no impliquen pérdida de tiempo. Y estar definidos para cada hito e intercambio de información existente.

El EIR debe incluirse en el Pliego para que el ofertante pueda proponer su BEP y que el cliente pueda evaluar su propuesta, la capacidad del mismo, etc.

Según el CIC (Construction Industry Council) BIM Protocol de 2013 el cliente está obligado a determinar quién asumirá el rol de Information Manager durante el proyecto.

### **2.2.2 Petición de ofertas**

En el EIR el cliente especificará los detalles que deben incluir los ofertantes en sus propuestas para poder evaluar su capacidad para acometer el proyecto.

Asimismo el BEP que redacte el ofertante servirá para analizar si los requerimientos del cliente son alcanzables, pueden documentarse, verificarse, etc., a lo largo de toda la cadena de producción.

El ofertante, en caso de ser adjudicatario, deberá redactar un MIDP que confirme y desarrolle en detalle los aspectos propuestos en el BEP.

El BEP entregado en la oferta deberá contener:

- los requerimientos incluidos en el EIR
- los objetivos de proyecto relativos a los procesos colaborativos y de modelado de la información
- los hitos principales que marcan el avance del proyecto
- la estrategia a seguir en la entrega de la información del PIM (*Project Information Modelling*)
- el PIP (*Project Implementation Plan*) que incluya formularios para evaluar la capacidad del oferente en aspectos tales como Gestión de la Información BIM, Tecnología de la Información, Recursos, etc.

### **2.2.3 Adjudicación**

El ofertante, en caso de ser adjudicatario, deberá redactar un BEP “extendido” que confirme los aspectos propuestos en la versión previa: gestión de la información, planificación, documentación, procedimientos, soluciones IT, etc.

Además deberá incluir un MIDP que confirme y desarrolle en detalle los aspectos propuestos: recursos, capacidad, necesidades formativas del equipo, entregables del proyecto, etc.

También contendrá un TIDP (*Task Information Delivery Plan*) que fije los hitos, los responsables de cada documento, la transferencia de la responsabilidad en cada entrega, la secuencia en el desarrollo del modelo, etc.

Es fundamental concretar los roles de cada agente, su responsabilidad y autoría de cada entregable. Para ello pueden usarse los indicadores RACI (Responsabilidad, Autoría, Contribución y necesidad de Información)

Además deberá indicarse si el modelo se divide en partes, zonas o “volúmenes” de acuerdo con la nomenclatura empleada en la PAS 1192:2, y su asignación a cada agente y metodología de trabajo colaborativo: seguridad de la información, ubicación, modo de acceso, etc. Por la importancia de este tema, deberá gestionarse al más alto nivel dentro del proyecto.

### **2.2.4 Simulación y prueba**

La preparación antes del inicio de los trabajos es fundamental para comprobar que todos los mecanismos y flujos previstos han sido bien planeados y funcionan como se

pretende. Con este proceso se comprobará que las IT propuestas, el CDE, la cualificación del equipo, la interoperabilidad, etc., son válidas para el proyecto.

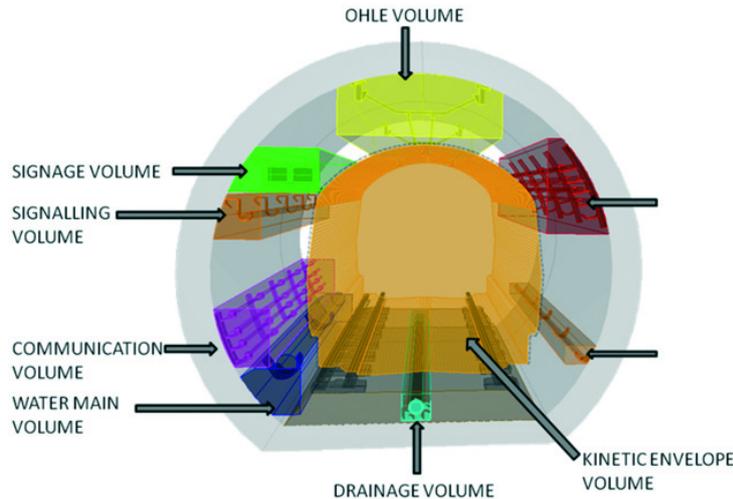


Fig 2. Subdivisión en “volúmenes” de una sección tipo. 2013. PAS 1192-2

### 2.2.5 Producción

La redacción del PIM (Project Information Modelling) será continuamente actualizada a lo largo del desarrollo del proyecto. Este documento puede comenzarse a partir de una propuesta de diseño que poco a poco se irá convirtiendo en un modelo de construcción virtual. La información contenida en este modelo debe incluir formatos nativos, tablas COBie y PDFs para alcanzar el nivel 2 de madurez BIM antes citado.

Debe asegurarse que la información generada en cada intercambio es exacta, apropiada y precisa. Y que el proceso para su generación, compartición y entrega es eficiente.

### 2.2.6 El Common Data Environment (CDE)

Esta plataforma de intercambio de información consta de las siguientes áreas:

- WIP: contiene la información no aprobada de cada agente.

Es en este sitio donde cada agente debe realizar la coordinación espacial con el resto de disciplinas.

- Gate 1: Aprobación (Adecuación del modelo, cumplimiento de procesos, métodos y estándares, contenido técnico apropiado, cumplimiento de COBie, ...)

Esa información pasa al área COMPARTIDA y ya puede ser usada por el resto de los agentes como información de referencia.

- Gate 2: Aprobación por parte del Cliente

Esa información pasa al área de DOCUMENTACIÓN PUBLICADA

- Gate 3: Información Verificada.

Se comprueba que la documentación recoge la información del proyecto tal cual ha sido construido. Esa información pasa al área de ARCHIVO. Aquí se guarda la info de cada hito del proyecto como registro de versiones y para resolver posibles disputas en el futuro.

- Gate 4: Info Aprobada

Cuando alguna información no es aprobada por el especialista correspondiente debe revisarse y ser “Aprobada” de nuevo.

- Gate 5: Aceptada: la información puede ser incorporada al AIM para su uso en FM

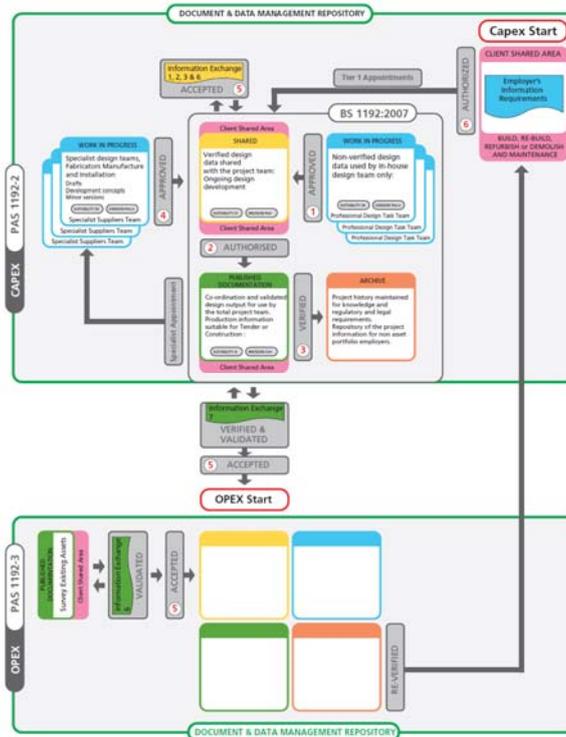


Fig 3. Extended Common Data Environment. 2013. PAS 1192-2

El cambio de propiedad de cada fase debe ser perfectamente comprendido por cada agente interviniente en el proyecto. Para el almacenamiento de la info en el CDE debe usarse una estandarización en la nomenclatura de los archivos, tal como la descrita en el BS 1192: 2007.

La definición del nivel de detalle y de la información a incluir en cada modelo debe ser definida por el cliente para cada uso, procurando no sobrecargar el modelo con información no necesaria para cada uso, fase, etc.

### 2.2.7 AIM

Al final el proceso de entrega del modelo con toda su información deberá generarse el AIM. Se recomienda el uso del formato COBie, subconjunto del IFC

## 3. CROSSRAIL BENTLEY INFORMATION ACADEMY

Es una institución creada para el proyecto Crossrail, una línea nueva ferroviaria que cruzará Londres de Este a Oeste y que es el mayor proyecto de infraestructuras que se está realizando actualmente en Europa con un presupuesto de 18.000 millones de euros.

La Bentley Information Academy busca mejorar la transmisión del conocimiento y facilitar el giro de la industria de la construcción hacia la innovación de la mano de los procesos BIM. El gobierno inglés de la mano del fabricante de software Bentley entiende que la creación de una institución como ésta permitirá aplicar los conocimientos BIM adquiridos a otras obras

en el futuro y apoya la estrategia del gobierno para extender el uso BIM. La UK BIM Construction Strategy 2016 exige el uso de 3D BIM colaborativo. Allí se organizan reuniones divulgativas de demostración, formación, acercamiento de las nuevas tecnologías, etc.

La BIM Academy proporciona a todos los agentes intervinientes en el proyecto el uso del sistema eB Web para gestión electrónica de toda la documentación generada por cada uno de ellos para su puesta en común, almacenamiento, consulta del resto de la información disponible en cada momento, aprobación de cambios solicitados, control de permisos, comprobación de que la información cumple los requerimientos en el momento de su entrega, informes detallados del estado de la información en cada momento, etc.

¿Porqué es necesario el uso del BIM en un proyecto de estas características? La complejidad técnica del proyecto, el gran volumen de información generado y compartido, la diversidad de agentes intervinientes, las múltiples interfaces entre las distintas disciplinas y secciones, etc., exigen una coordinación y un control que hacen imprescindible el empleo de esta metodología.

En este tipo de infraestructuras el modelo que se empleará para la posterior fase de operación y mantenimiento deberá ser completo y elaborado de acuerdo con los requerimientos del cliente desde el momento de su entrega.

En agosto de este año se prevé que el sistema esté gestionando más de 1,5 millones de ficheros CAD, con más de 2.500 usuarios, más de 80 contratos contemplados, etc.

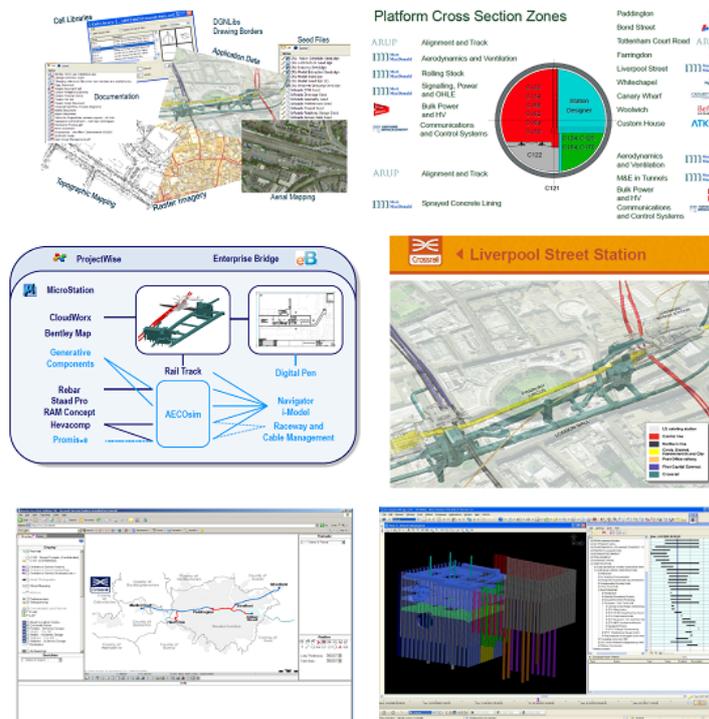


Fig 4. Composición de varias imágenes. 2014. Crossrail Bentley Learning Academy presentation

Existe un modulo integrado en el *eB Web System*, el AIMS (*Asset Information Management System*) que sirve para consultar referencias cruzadas entre los distintos elementos de la obra, etiquetado de cada maquinaria para posterior mantenimiento, localización en el modelo 3D, etc.

#### 4. MARCO LEGAL EN ESPAÑA

Vamos a analizar el marco legal en España en lo referente a la transmisión de información en un proyecto:

En lo referente a la gestión de la información, el marco regulatorio español, formalizado mediante la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ley de Ordenación de la Edificación establece someramente los requisitos de coordinación y entrega de información necesarios a la entrega del edificio.

Así, ya en la exposición de motivos dice lo siguiente:

*Se establece el concepto de proyecto, obligatorio para el desarrollo de las obras incluidas en el ámbito de la Ley, **precisando la necesaria coordinación entre los proyectos parciales que puedan incluirse, así como la documentación a entregar a los usuarios para el correcto uso y mantenimiento de los edificios.** Se regula, asimismo, el acto de recepción de obra, dada la importancia que tiene en relación con el inicio de los plazos de responsabilidad y de prescripción establecidos en la Ley.*

En lo referente a la entrega al promotor de documentación el artículo 7 indica:

*Artículo 7. Documentación de la obra ejecutada.*

***Una vez finalizada la obra, el proyecto, con la incorporación, en su caso, de las modificaciones debidamente aprobadas, será facilitado al promotor por el director de obra para la formalización de los correspondientes trámites administrativos. A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación. Toda la documentación a que hace referencia los apartados anteriores, que constituirá el Libro del Edificio, será entregada a los usuarios finales del edificio.***

Esta información constituye el Libro del Edificio, que sirve de base para el futuro mantenimiento de los inmuebles.

La mencionada LOE, ley de carácter estatal, se ha ido completando con regulaciones en el ámbito de las distintas Comunidades Autónomas, tales como la Ley 2/1999, de 17 de marzo, de Medidas para la Calidad de la Edificación de la Comunidad de Madrid, por mencionar alguna.

En otras latitudes se están llevando a cabo iniciativas para mejorar la gestión de la información en todas las fases de proyecto, y el caso Británico es paradigmático por la especial determinación en buscar caminos para mejorar los procesos de gestión e intercambio de la información.

Puesto que es la parte donde más incidencia hace la LOE, vamos a centrarnos en este caso en la transmisión de la información hacia el cliente final, con el objetivo puesto en la gestión y mantenimiento de inmuebles. Dado que la regulación española establece claramente la necesidad de un intercambio y transmisión de información, cabe decir que falta un desarrollo claro de cómo se debe realizar esa transmisión.

Estamos acostumbrados a que el Libro del Edificio en España sea un documento deficiente en cuanto a formato y calidad, y cantidad de documentación. Dadas estas circunstancias, se hace necesario una mejora en estos procesos de intercambio de información para conseguir los siguientes objetivos:

- Información completa
- Información actualizada a lo largo del ciclo de vida del edificio
- Información confiable,

en un formato estándar que permita la migración de datos a programas de gestión de patrimonio y mantenimiento, como son los denominados GMAO o CMMS

Aquí es donde BIM tiene un largo y próspero camino por recorrer. Entendemos que es la única herramienta y metodología capaz de dar respuesta a la necesidad planteada.

Habida cuenta de las experiencias que se están planteando en países de nuestro entorno en este sentido, tales como el UK Government Construction Strategy, seguro que podemos desarrollar en España una iniciativa para conseguir estos fines. Para ello sería necesario crear una propuesta similar a la Británica y su BIM Task Group, que estuviera liderada e impulsada por la Administración Central y participada por los diferentes agentes y organizaciones (Building Smart Spanish Chapter, Colegios Profesionales, Asociaciones Empresariales, etc.) del sector de la construcción y la gestión del ciclo de vida. El esfuerzo más necesario es el de convencer a todos los agentes de la necesidad de mejorar estos procesos.

Como se ha comentado, esta estrategia incluye la creación de un nuevo rol, el Information Manager, encargado de asegurar el correcto flujo de información que ha de tener lugar a lo largo de un proyecto, tal como indica el AEC (UK) BIM Protocol, incluyendo tanto la fase del proyecto en sí, como la fase de construcción y la de operación y mantenimiento.

Esta posición sería perfectamente aplicable a cualquier proyecto de mediana a gran envergadura en nuestro país. Basándonos en el modelo inglés, someramente su misión sería:

- Crear, desarrollar y gestionar un entorno de trabajo colaborativo (Common Data Environment) entre todos los agentes intervinientes en un proyecto, que estuviera basado en BIM y en una plataforma informática que permita la gestión de esta información.
- Garantizar flujo de información dentro del proyecto. Que todos los agentes dispongan de la información adecuada y en el momento adecuado.
- Gestionar la transmisión de la información del proyecto al cliente final. En este apartado cabe remarcar que esta tarea no se puede hacer al final del proyecto, sino

que tiene que ser fruto de un trabajo de recopilación de ésta que comienza en la propia concepción del proyecto. Este flujo de información se establece en una serie de hitos que los británicos llaman data drops y que está planteado en la estructura de la información de COBie UK 2012

## 5. CONCLUSIONES

La UK Government Building Strategy de 2011 supone un gran reto para toda la industria de la construcción, al promover el uso de BIM, convirtiéndolo en obligatorio en los proyectos de la Administración a partir de 2016. Sin embargo, también supone una gran oportunidad para profesionales formados en BIM y project management gracias a que se establece el rol obligatorio del Information Manager.

La Crossrail BIM Academy de Londres, institución creada inicialmente para dar soporte al mayor proyecto de infraestructuras de los últimos años en el Reino Unido, el Crossrail de Londres, es un magnífico ejemplo de organización orientada a la formación en el rol del Information Manager. Adicionalmente, su cometido es dar tutoría y formación a todos los agentes que intervienen en el proyecto, desde su concepción hasta la entrega y la gestión del mantenimiento.

El caso español está aun por desarrollar y podría tomar como modelo, entre otros, al británico.

## 6. REFERENCIAS

[1] PAS 1192-2:2013

[2] PAS 1192-3:2014

[3] UK CIC BIM Protocol 2013 (UK Construction Industry Council)

[4] Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ley de Ordenación de la Edificación.

[5] Ley 2/1999, de 17 de marzo, de Medidas para la Calidad de la Edificación de la Comunidad de Madrid

[6] Crossrail Bill Documents (Crossrail Ltd.)

[7] BIM Digital Plan of Work & Assemblies v7-1, 05/03/13 (UK BIM Task Group)

<b>TÍTULO</b>	EL USO DEL BIM EN EL ESTUDIO, PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE LA SEGURIDAD EN LAS OBRAS DE EDIFICACIÓN
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	Casos de éxito de implantación BIM
<b>AUTOR / ES</b>	ALARCÓN LÓPEZ, Ivón José (1) RIBERA MARTÍN-CONSUEGRA, José (2) MARTÍNEZ GÓMEZ, David Carlos (3) VIDAL SANTI-ANDREU, Sergio (4)
<b>INSTITUCIÓN</b>	IBIM Building Twice, SL
<b>DIRECCIÓN</b>	Calle Jesús 50-8. 46007 Valencia
<b>E-MAIL</b>	(1) <a href="mailto:ivan@ibim.es">ivan@ibim.es</a> (2) <a href="mailto:pepe@ibim.es">pepe@ibim.es</a> (3) <a href="mailto:david@ibim.es">david@ibim.es</a> (4) <a href="mailto:sergio@ibim.es">sergio@ibim.es</a>
<b>TELÉFONO</b>	963 220 946
<b>FAX</b>	--- --- ---

## EL USO DEL BIM EN EL ESTUDIO, PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE LA SEGURIDAD EN LAS OBRAS DE EDIFICACIÓN

**Autores: ALARCÓN LÓPEZ, Ivón José (1), RIBERA MARTÍN-CONSUEGRA, José (2); MARTÍNEZ GÓMEZ, David Carlos (3); VIDAL SANTI-ANDREU, Sergio (4)**

- (1) IBIM Building Twice, SL. Email: [ivan@ibim.es](mailto:ivan@ibim.es)
- (2) IBIM Building Twice, SL. Email: [pepe@ibim.es](mailto:pepe@ibim.es)
- (3) IBIM Building Twice, SL. Email: [david@ibim.es](mailto:david@ibim.es)
- (4) IBIM Building Twice, SL. Email: [sergio@ibim.es](mailto:sergio@ibim.es)

### RESUMEN

La Seguridad y Salud en la edificación es una realidad, afortunadamente, desde hace tiempo en todo tipo de obras, tanto de nueva construcción como en intervenciones de rehabilitación. Sin embargo en BIM no se le ha dedicado la misma atención que a otras disciplinas.

La comunicación se centra en el análisis de la influencia de la Seguridad y Salud en las obras desde el punto de vista de los requisitos del modelo BIM y la información relacionada, para introducir este aspecto desde el inicio, tanto en el modelo BIM como en la programación de obra asociada. Se atiende a su definición espacial, descriptiva, y prescripciones técnicas propias.

Se desarrolla en BIM toda la gama de medios auxiliares, equipos, protecciones, instalaciones, señalización, etc, necesaria para incluir el aspecto de la Seguridad y Salud de forma integral en el flujo de información necesaria para su completa definición.

**Palabras clave:** BIM, Gestión, Medios auxiliares, Organización de Obra, Seguridad y Salud

### 1 INTRODUCCIÓN

El avance de la tecnología BIM y su uso cada vez más extendido es un hecho incuestionable. A medida que la utilización de la información en los modelos BIM, así como la interrelación con múltiples disciplinas es mayor, tiene menos peso la idea de los no iniciados de asociar BIM como únicamente “ese programa en 3D que hace renders muy bonitos”. Dentro de esa idea que el BIM es algo más que una maqueta, se plantea un estudio de trabajo de la gestión integral de la seguridad y salud en las obras de edificación. En este estudio se analizan los flujos de la información y los procesos necesarios para un posterior desarrollo de aplicaciones específicas que faciliten dicha gestión, y hacer algo más que cumplir el expediente redactando el tradicional Estudio de Seguridad y Salud, obligatorio en España por el RD 1627/1997 [1]. Además de cumplir lo establecido en el Real Decreto se puede documentar el modelo BIM con la información necesaria para que los agentes intervinientes en los procesos de seguridad de la obra obtengan la que precisen en cada fase.

En este proceso se puede incluir los aspectos de equipos de obra, elementos auxiliares y encofrados

Esquema simplificado del cumplimiento de la Seguridad y Salud en España:

Fase de proyecto:

- Técnico competente. Redacción Estudio de seguridad.
  - Representación gráfica. Planos
  - Memoria, Pliego, Mediciones, Programación

Fase de Licitación

- Empresa constructora.
  - Redacción Plan de seguridad
    - Revisión del estudio y adaptación a recursos propios
    - Representación gráfica. Planos
    - Memoria, Pliego, Mediciones, Programación
  - Otros trámites: Apertura del centro de trabajo, etc
- Coordinador de Seguridad y Salud.
  - Aprobación del plan. Comprobación de que el plan cumple el estudio de seguridad
  - Otra documentación: Actas, libro de incidencias, etc
- Administración Pública
  - Registro de entrada de la documentación: Planes, actas, etc

Fase de Construcción

- Empresa constructora
  - Seguimiento y actualización plan de seguridad (constructora)
  - Revisión y adaptación a la actualidad de la obra (imprevistos)
  - Obtención de documentación. Recursos utilizados según planificación
- Coordinador de Seguridad y Salud.
  - Seguimiento del plan y comprobación según cada fase de obra.
  - Aprobación de modificaciones del plan
  - Recopilación de documentación: Certificados de idoneidad, etc
- Administración Pública
  - Inspecciones de obra

Como punto de partida para el desarrollo de todas las fases, se debe contar con una biblioteca de elementos BIM (Andamios, grúas, horcas y redes, etc), tal como ocurre en la actualidad con CAD. La falta de contenido específico en BIM es una de las barreras a afrontar en esta fase. Un número importante de casas comerciales ofrecen a los técnicos bloques en formato CAD para incorporar a sus proyectos. La implicación de las empresas que fabrican dichos elementos desarrollando en BIM sus productos supondrá:

- Una garantía de fidelidad del contenido BIM a los productos existentes en el mercado.
- Una ventaja y un beneficio mutuo, tanto para los mismos fabricantes como exposición de los productos, como para los técnicos y constructoras a la hora de prescribir los productos que realmente se van a utilizar.

En las imágenes adjuntas se muestra cómo este contenido puede ser desarrollado siendo de utilidad en futuros trabajos con fines más allá de la representación gráfica en planos sino para analizar la viabilidad de la medida en su contexto de espacio y tiempo.

## **2 GESTIÓN DE LA SEGURIDAD Y BIM**

El proceso desarrollado en esta comunicación sólo pretende abordar que con BIM es factible realizar la gestión BIM, y servir de apoyo a unas hipotéticas aplicaciones que realicen dicha gestión. Más que realizar un plug-in dentro de herramientas BIM, está enfocado a que empresas que ya tienen desarrollados programas de gestión de seguridad (como por ejemplo Urbicad), se asomen y vean el potencial que puede aportar el BIM si se integra en sus productos.

A falta de desarrollo de aplicaciones específicas se analiza un flujo teórico apoyándose en herramientas como Autodesk Revit, Autodesk Navisworks, Autodesk Design Review Microsoft Project, Microsoft Access, Arquimedes de Cyte, Solibri Model Viewer, etc.

### **2.1 Apoyo del BIM en las distintas fases de seguridad**

En este apartado se plantea un flujo de trabajo con las herramientas BIM para afrontar la Seguridad durante las distintas fases del proceso constructivo, planteando las herramientas a emplear. Estos procesos se enmarcarán dentro de un Plan de Ejecución BIM.

#### Fase de proyecto:

El objetivo de esta fase es obtener el modelo BIM integrado y la programación teórica de la seguridad. A partir de este modelo elaborar la documentación, gráfica y descriptiva, de la seguridad de la obra para los distintos agentes.

En esta fase el Técnico competente responsable de la redacción del Estudio de Seguridad y Salud (ESS) establecerá en función de las características de la construcción, la disposición de las medidas de seguridad a emplear en la construcción, para ello hará uso del modelo BIM y de una biblioteca de contenido BIM específico de seguridad.

La representación gráfica en planos del ESS se obtendrá del modelo BIM que contendrá las fases de Revit establecidas en la programación de seguridad. La documentación descriptiva (memoria, pliegos, mediciones, etc), mantendrá la coherencia entre ellos y además con la gráfica, a través de los códigos de los elementos del modelo BIM; que permiten establecer una relación de la información asociada, a dichos códigos, en las distintas bases de datos.

#### Fase de licitación

Tras la fase de proyecto, el autor del ESS hace entrega a la administración del documento oficial, y a la empresa constructora además el modelo BIM de base. La empresa constructora tras su estudio procede a la redacción del correspondiente Plan de Seguridad y Salud (PSS), realizando la sustitución o modificación del contenido BIM aplicado en el modelo, adaptándolo a los recursos propios de la empresa y planteando en su caso medidas alternativas, sin mermar las condiciones de seguridad. El resto de documentación se actualizara y mantendrá la coherencia gracias a las relaciones con los códigos. Podrá analizar presupuestos comparativos de las alternativas y distintas opciones de programación de los trabajos. El resultado es otro modelo BIM alternativo adaptado y que será sometido a la aprobación de Coordinador de Seguridad y Salud.

El Coordinador revisara el PSS. Para la revisión, el coordinador hará uso de herramientas como Autodesk Design Review, para las indicaciones en la documentación 2D, y Autodesk Navisworks, para aquellas indicaciones sobre el modelo en general y a un nivel más exhaustivo y detallado que la representación en planos. El Constructor, con las revisiones recibidas del Coordinador, modificará el modelo, y con este se actualizara el PSS

Tanto en fase de proyecto, de licitación como en sucesivas fases, se hará uso de determinada documentación, no necesariamente gráfica como pueden ser: Actas, libro de incidencias, etc... y que pueden ser guardados siguiendo una determinada estructura y asociados en caso de que sea posible, al elemento constructivo objeto del documento. Todo ello es posible mediante el uso de vínculos a documentos, bases de datos, etc que dispone Autodesk Navisworks. Los programas existentes, que ya realizan dicha documentación, al adoptar la tecnología BIM se beneficiarían de ésta posibilidad.

### Fase de Construcción

Esta fase no difiere en gran medida las operaciones descritas anteriormente, solo que en este caso es la empresa constructora quien procede a aportar más información al modelo BIM de partida, durante el seguimiento y actualización del PSS, adaptándose a imprevistos o a alteraciones al proyecto inicial. Con la tecnología BIM, estos imprevistos se reducen ya que permite una mayor previsión durante la fase de estudio, que con los métodos tradicionales.

El Coordinador aprobará toda alteración del PSS, aplicando los métodos de revisión anteriores. En obra la supervisión de las medidas de seguridad se puede respaldar con dispositivos móviles y aplicaciones tipo Autodesk 360 Glue o Field, que permiten la visualización "in situ" del modelo virtual y realizar anotaciones en el mismo.

El uso de programas específicos, con implementación BIM, permitirán que la documentación generada en esa fase (Certificados de idoneidad, de montaje, puestas en marcha, pruebas de carga, etc) se realice más fácil y manteniendo la coherencia, y su distribución a los agentes intervinientes.

Con herramientas como Autodesk Navisworks, es posible además la comunicación entre intervinientes del proceso, mostrando incluso por medio de la animación la viabilidad del proceso, tratando de evitar interferencias con el resto de trabajos.

## 2.2 Proceso general

El proceso tiene analogías a lo propuesto tanto por Felipe de Abajo [2] como por Luciano Gorosito [3] en lo que ha servido de base para el desarrollo de sus respectivas aplicaciones, y profundizando en el procedimiento.

El proceso toma como pilares dos ítems: Una base de datos de códigos de elementos y una planificación.

- Base de códigos. Servirá para identificar de manera unívoca los elementos empleados en la seguridad. Se puede tomar como base de datos de códigos tanto bases de precios de la edificación (IVE, Guadalajara, Centro, etc), presupuestos y mediciones realizadas previamente, o base de datos con información extendida como la del Generador de precios de Cype. Con este último tipo de bases de datos, además de tener los precios, disponemos de información adicional para la confección y mantenimiento de memorias, pliego de condiciones, recepción de materiales, residuos, etc

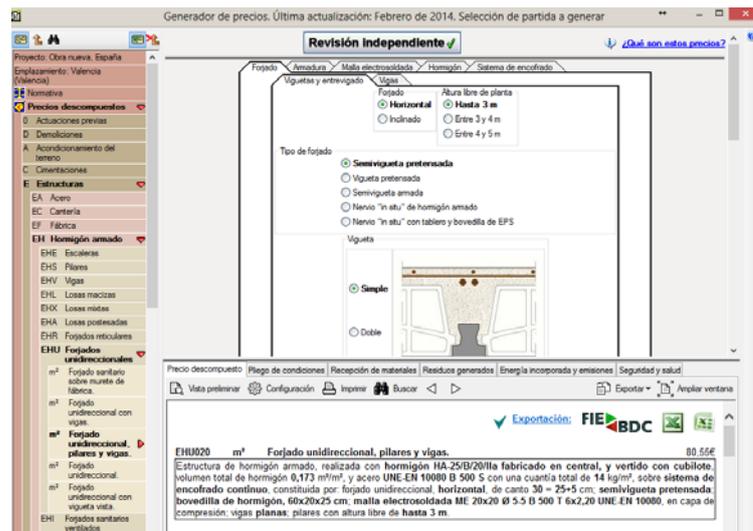


Fig 1. Imagen obtenida del generador de precios de Cype. Fuente propia año 2014

- Planificación. Con cualquier programa de planificación (Microsoft Project, Primavera, etc) se genera una planificación de la Seguridad, teniendo en cuenta las tareas de edificación que activan esas medidas de seguridad. Por ejemplo la estructura se planificará de forma conjunta con sus medidas de seguridad: Encofrado de pilares, Torretas de hormigonado, Hormigonado de pilares, Desencofrado de pilares, Encofrado de forjado, Colocación de redes, Colocación de barandillas, etc. Para realizar la programación se puede partir del presupuesto de definición de partidas.

Los códigos de elementos serán el nexo de unión entre las distintas herramientas o aplicaciones. Así cada tarea corresponderá a un elemento modelado en Revit, y a su vez este estará identificado por un código de nuestra base de datos, (durante el proceso se necesitarán más parámetros para otros tipos de actividades: simulación, animación, etc).

## 2.3 Proceso detallado:

### Organización de los modelos BIM en Autodesk Revit

El punto de partida será el modelo BIM de la construcción a ejecutar, como modelo BIM entenderemos la totalidad de modelos en aquellos casos que debido a la envergadura o estructuración del mismo, se haya obligado a subdividir el mismo por disciplinas: Arquitectura, estructura, instalaciones, etc...

A partir de estos se realizará una estructura adicional de modelos. Se plantean los siguientes modelos como mínimo:

- Modelo de Seguridad y organización de obra. Este modelo contendrá específicamente la organización general de las obras, haciendo especial hincapié en la disposición de instalaciones provisionales (Casetas de obra, vestuarios, oficina, instalaciones provisionales de electricidad, cuadros secundarios, extintores, etc..) , vallado perimetral y otros tipos de barreras móviles, aparatos de elevación (Grúas torre, montacargas de personal y/o materiales), equipos auxiliares (andamios tubulares, bajantes de escombros, maquinaria, etc..), y la disposición de protecciones colectivas para evitar la caída de personas y materiales a distinto nivel (redes tipo horca, bandejas, redes verticales, horizontales, barandillas, entablado, etc ...). Ese contenido BIM dispondrá de información específica como memoria, detalles, pliegos, áreas de influencia a considerar (en materia de seguridad o de un funcionamiento óptimo de los equipos). Mediante el empleo de herramientas específicas de Autodesk Revit, como son las opciones de diseño y fases, es posible el establecimiento de las mismas en función del estado de la obra y de la programación prevista; por ejemplo puede ser necesario situar provisionalmente la oficina y servicios de obra en una zona en fase de cimentación, y posteriormente llevarla a otra posición en fase de estructura. Con todo ello obtendremos un modelo del cual poder obtener geometría, información adicional, tablas, y documentación 2D, 3D, imágenes, etc...
- Modelo de encofrados. Este modelo podría contener aquellos medios auxiliares que se emplean para la ejecución de determinados elementos constructivos y que por su envergadura e importancia puedan afectar a la seguridad de las obras. Por ejemplo, en el modelado de encofrados continuos de forjados planos, reticulares, encofrados de muros, trepantes, cimbras, etc. Si el sistema de encofrado dispone de elementos de seguridad específicos, estos se modelarán como familias anidadas, y serán susceptibles de medición aunque no pertenezcan al anterior modelo planteado.

### Asignación de códigos en Revit establecidos previamente en el Plan de Ejecución BIM

Para asignar el código del elemento se pueden utilizar las propiedades de las notas clave de Revit, que permiten generar un desplegable y elegir elementos previamente establecidos. Con un "plug-in" específico se crearía un parámetro compartido para asignar ese código cargando la base de datos en Revit y con un menú de asignaciones y dejar libre el keynote para otras funciones.

Para generar el fichero de notas clave se puede partir de una plantilla de impresión de Arquímedes [3] desde un presupuesto base de definición de partidas de nuestro proyecto, o de un informe en Access, o manualmente.

Dicha asignación de códigos se realizara a tipos de familia (no a ejemplares).

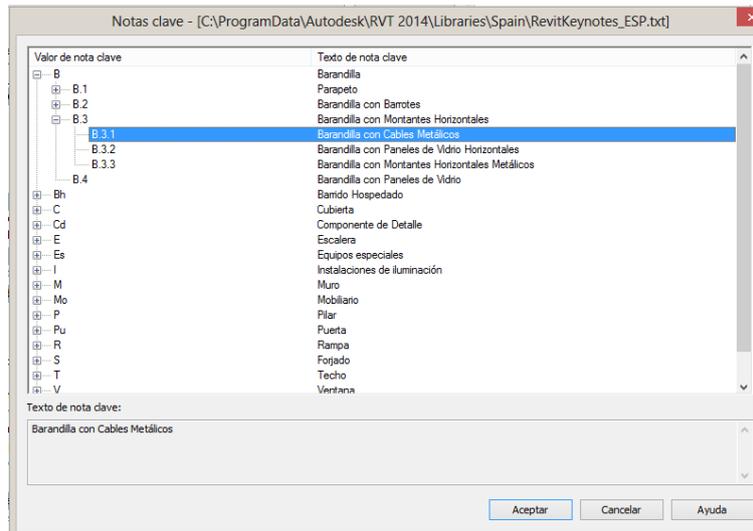


Fig 2. Imagen de asignación de Notas Clave en Revit. Fuente propia año 2014

### Asignación de códigos en MS Project

En MS Project, una vez realizada la programación, se añadirán campos personalizados con: el código de elemento, el de simulación, fase correspondiente de Revit, etc. Esta programación se importará a Navisworks y determinará las fases de Revit

### Exportación a ODBC de Revit

Desde Revit se realizará la exportación con ODBC a MS Access.

### Tratamiento en Access

En MS Access se creará una base de datos donde:

- se vincularán el resto de bases de datos obtenidas (Exportación desde Revit, Base de códigos y descripciones, programación, etc).
- se realizarán las relaciones, consultas e informes para obtener la información deseada (mediciones generales, mediciones en fases de obra determinadas, etc).

Al tratarse de una vinculación, cuando se modifican el resto de bases no se sobrescribirá la estructura de nuestra base de datos y se mantendrán las consultas e informes, y con los últimos datos al actualizar.

### Gestión de los modelos.

Una vez modelada la información con las diferentes aplicaciones, es necesario gestionar y fusionar la información para realizar las consultas pertinentes a esa base de datos

compuesta por múltiples bases de datos. Se plantea el uso de Autodesk Navisworks que permitirá gestionar gráficamente los modelos, geometría + parámetros, y proceder a la adición de información mediante programación de obra, hojas de cálculo, MS Access o enlazando documentación o accesos directos a archivos de otras aplicaciones.

Como ejemplo y para el tema de la Seguridad:

- a. **Programación de obra:** Se plantea el detalle en la programación de la instalación de casetas, equipos y protecciones colectivas con aplicaciones específicas como MS Project o Primavera por ser reconocidos por Navisworks para importar las tareas, las cuales quedarían relacionadas con el resto de tareas de ejecución de unidades de obra.

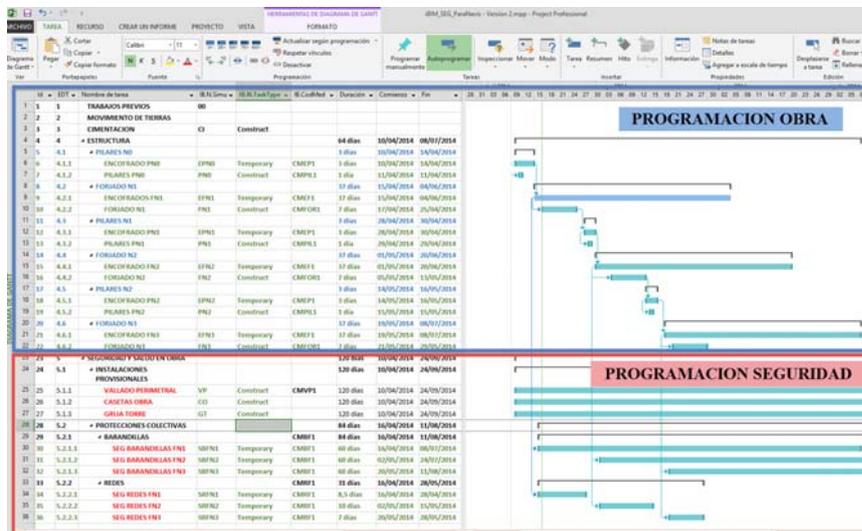


Fig 3. Ejemplo de programación en MS Project. Fuente propia año 2014

- b. **Documentos:** La grúa torre, aparatos elevadores y resto de equipos, del modelo podría ser la vía para acceder al manual de usuario del operador, al libro de mantenimiento, proyecto de instalación, certificado de instalación, pruebas de carga en su caso, etc. Las protecciones colectivas podrían enlazarse a las WEB de fabricantes o llevar adjuntas las fichas técnicas, guías de instalación, etc...

Tratamiento de la información

- a. **Simulaciones.** Tras la programación realizada se asignan a cada tarea los elementos gráficos, obteniendo la simulación del proceso constructivo. Al mostrar fielmente la secuencia permite la adopción de medidas correctoras, ya sea interviniendo sobre la programación, sobre el modelado o sobre las protecciones colectivas. La comunicación de la simulación podrá ser tanto en formato vídeo como en imágenes; tras considerar aquellos hitos de importancia, seleccionando la línea de tiempo y extrayendo la imagen resultante de la fase en ese determinado momento.

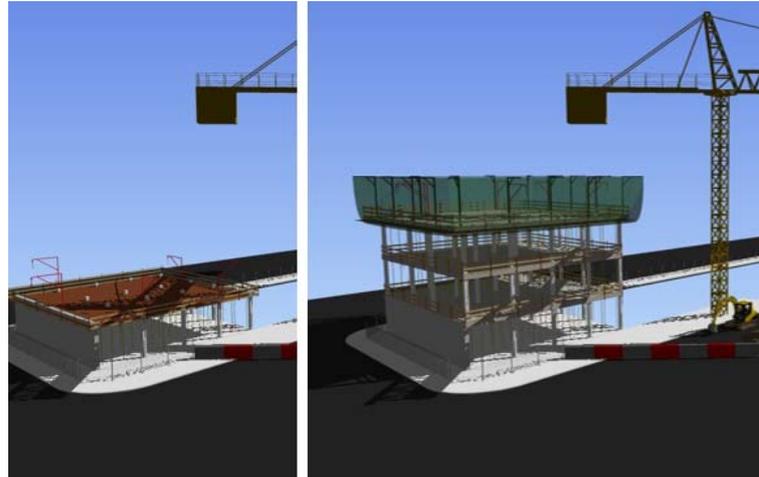


Fig 4. Ejemplo de simulación en Navisworks. Fuente propia año 2014

- b. Mediciones. Cada elemento de Autodesk Revit pertenece a un tipo, el cual tiene asignado un código. Se realizan las agrupaciones en MS Access por esos códigos. De las varias tablas vinculadas se tiene la relación entre código, unidad, descripción con los elementos de Revit, y se puede determinar qué propiedad (ud, ml, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>, kg) medir en función de la unidad de medida de la partida. Tras generar un informe de una consulta de unión de las tablas de cada categoría se realiza la importación a un programa de mediciones.
- c. Revisiones y seguimiento de las medidas de seguridad. Para el seguimiento durante la ejecución se plantean dos posibles soluciones para que fluya la comunicación entre intervinientes:
  - Design Review. Para la entrega de documentación 2D y en su caso las sucesivas revisiones del mismo. Estas revisiones podrían suponer tanto anotaciones de texto, como bocetos a mano alzada o aplicación de sellos que reflejen la aceptación o rechazo por el responsable y fecha de la misma. Ese mismo archivo puede servir de base a futuras revisiones o simplemente servir de justificación de los cambios introducidos al modelo y que justificaron la salida de una documentación renovada.

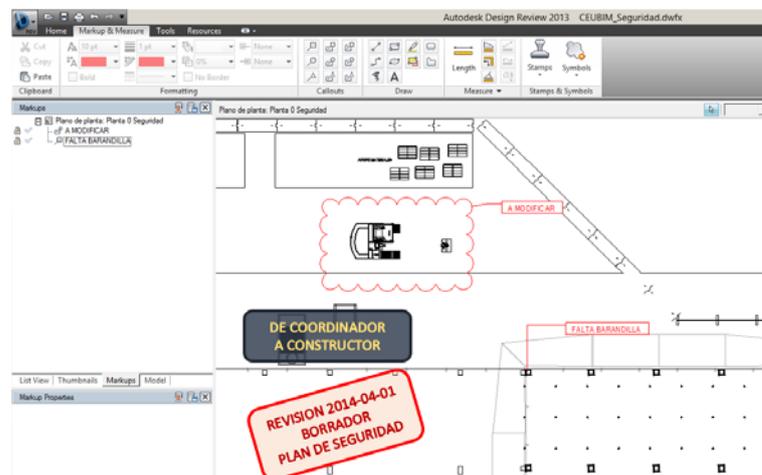


Fig 5. Ejemplo de revisión con Autodesk DesignReview. Fuente propia año 2014

- **Navisworks.** Para la revisión exhaustiva del modelo, más allá de la documentación impresa, la gestión de interferencias de los elementos constructivos con las protecciones colectivas, o con aparatos elevadores, equipos o maquinaria, no sólo del elemento en sí, sino también con su área de trabajo, zonas de alcance, áreas de influencia, áreas de trabajo, establecimiento de zonas de acopio, etc... Esas revisiones pueden tener un formato de salida tipo imagen con anotaciones sobre la misma, tipo texto u hoja de cálculo en el que además de la imagen se refleje cierta información que identifiquen los elementos implicados o comentarios de texto para mayor detalle.

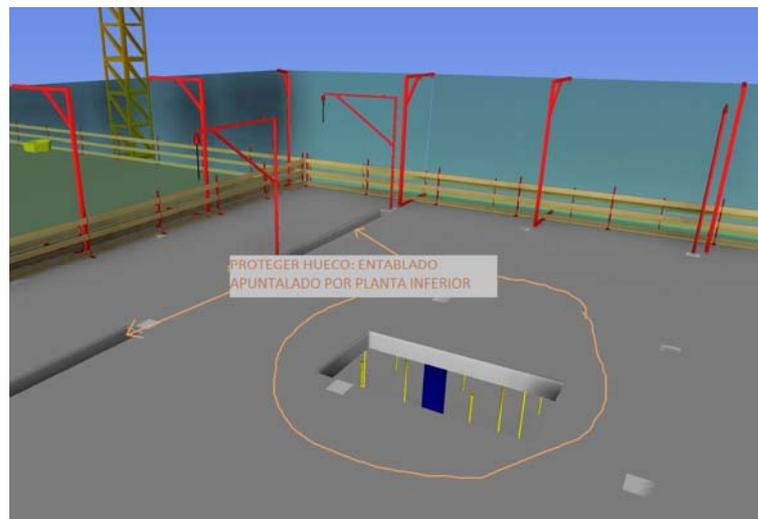


Fig 6. Ejemplo de revisión con Autodesk Navisworks. Fuente propia año 2014

- **Visores tipo Navisworks Freedom, Tekla BIMsigth o Solibri.** La tecnología BIM ha revolucionado el sector de la construcción con otra forma de gestionar las construcciones, y de tratar y usar la información durante la ejecución. En la actualidad, y salvo que se tengan mayores necesidades, para una visualización y consulta rápida están disponibles una serie de aplicaciones gratuitas (de uso amigable). Con una breve formación pueden hacer llegar la información al responsable de su control sin riesgo a poner en peligro el modelo original. En los casos que sea necesario intervenir sobre el modelo o complementarlo con mayor información habrá que recurrir a las versiones completas o al programa de modelado original.
- **Aplicaciones móviles o vía web.** En la actualidad las empresas desarrolladoras de software son conscientes de la importancia de los dispositivos móviles y la mayoría ofrecen visores para éstos y conviene tenerlos en cuenta para su uso en obra. Algunas de ellas permiten la adición de información como anotaciones, imágenes, capturas de fotos, etc... información que previa o posteriormente es tratada vía web y que puede ser recopilada para su almacenamiento. Ejemplo de ellas son Autodesk BIM 360 GLUE, BIM 360 GLUE Mobile, BIM 360 FIELD .

### 3 CONCLUSIONES

Que la documentación asociada al ciclo de vida de un edificio (proyecto, construcción, mantenimiento, etc) sea coherente es un objetivo posible con metodología BIM. Los métodos tradicionales no garantizan dicha coherencia, al no existir relaciones entre los elementos y depender de la intervención del usuario que lo que se grafía, se documenta, se mide, se programa, etc se refiera al mismo elemento.

En el tema concreto de gestión de la seguridad, y tras las breves pinceladas expuestas en esta comunicación, es factible la trazabilidad de los elementos en los múltiples documentos que se generan en dicha gestión, automatizando los procesos y utilizando metodologías BIM, y por tanto que toda la documentación generada mantenga una coherencia.

IFC puede ser el nexo de unión y la puerta de entrada, para que aplicaciones que ya realizan gestión de Seguridad adopten metodologías BIM, y no tengan que abordar varias aplicaciones específicas para cada herramienta BIM (Revit, Allplan, Archicad, etc).

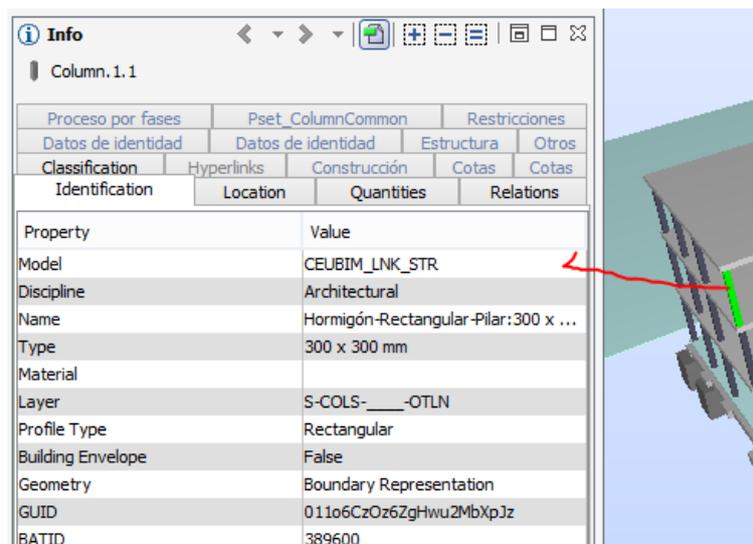


Fig 7. Ejemplo de contenido de información en IFC con Solibri Model Viewer. El modelo exportado de IFC contiene toda la información del modelo de Revit. Fuente propia año 2014

### 4 REFERENCIAS

- [1] Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y de salud aplicables a las obras de construcción.
- [2] Felipe de Abajo Alonso. . Architect, Revit API Developer en A3D Consulting. En el foro de A3D (<http://www.3dprofesional.com/foros/threads/pasar-mediciones-a-arquimedes-mediante-bc3.2018/>) donde se describen los puntos de partida de la aplicación MagicBC3.
- [3] Luciano Gorosito, BIM Manager en Larsson Ingeniería, Gestión Revit 2013, <http://www.universobim.com.ar/index.php/gestion-revit>

<b>TÍTULO</b>	EXPERIENCIA INTEGRADORA DE LA TECNOLOGÍA BIM EN LA ETSIE DE SEVILLA
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	3.1. Casos reales
<b>AUTOR / ES</b>	NIETO JULIÁN, Enrique, QUIÑONES RODRÍGUEZ, Rocío, LLORENS CORRALIZA, Santiago, CORTÉS ALBALÁ, Isidro
<b>INSTITUCIÓN</b>	Universidad de Sevilla Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería en la Edificación
<b>DIRECCIÓN</b>	Avda. Reina Mercedes s/n, 41012 Sevilla
<b>E-MAIL</b>	<a href="mailto:mquinones@us.es">mquinones@us.es</a> , <a href="mailto:jeniето@us.es">jeniето@us.es</a> , <a href="mailto:sllorens@us.es">sllorens@us.es</a>
<b>TELÉFONO</b>	954 556 922
<b>FAX</b>	954 556 628

## EXPERIENCIA INTEGRADORA DE LA TECNOLOGÍA BIM EN LA ETSIE DE SEVILLA

**Autores: Nieto Julián, Enrique (1), Quiñones Rodríguez, Rocío (2), Llorens Corraliza, Santiago (3), Cortés Albalá, Isidro (4)**

- (1) Universidad Sevilla, ETSIE, [jenieto@us.es](mailto:jenieto@us.es)
- (2) Universidad Sevilla, ETSIE, [mquinones@us.es](mailto:mquinones@us.es)
- (3) Universidad Sevilla, ETSIE, [sllorens@us.es](mailto:sllorens@us.es)
- (4) Universidad Sevilla, ETSIE, [icortes@us.es](mailto:icortes@us.es)

### RESUMEN

Un grupo de profesores del Departamento de Expresión Gráfica en la Edificación de la Universidad de Sevilla, sensibles a la evolución y los cambios detectados en el mercado del software CAD para arquitectura e ingeniería a finales de los años 90, decidimos formarnos y hacer uso de estas nuevas herramientas en el ámbito docente. Programas como Allplan y ArchiCAD se utilizaron inicialmente para modelar maquetas virtuales, producir la documentación gráfica a nivel de proyecto básico de edificación y realizar presentaciones infográficas. Esta fase dio paso a nuevos retos, en los últimos seis años se han puesto en marcha proyectos de investigación en el que han participado equipos multidisciplinares y se ha profundizado en la interoperabilidad de la tecnología BIM. También se ha implicado en este proceso a los estudiantes, animándoles a investigar sobre esta materia en sus Trabajos Fin de Grado y Trabajos Fin de Máster. Por último, para satisfacer la demanda de formación detectada en este campo, realizamos anualmente una oferta de cursos de especialización en el Centro de Formación Permanente de la Universidad de Sevilla dirigida a postgraduados y profesionales.

**Palabras clave:** BIM, docencia, investigación, formación especializada.

### 1 INTRODUCCIÓN

Fue a finales de los años 90, cuando un grupo de profesores del Departamento de Expresión Gráfica en la Edificación de la Universidad de Sevilla -habituales usuarios de Autocad- tuvimos noticia de la comercialización en nuestro país de nuevos programas de CAD que partiendo de modelos virtuales elaboradas en 3D, permitían también desarrollar los planos de edificación.

Nuestro interés se centraba inicialmente en estudiar las posibilidades de estos programas para diseñar los aspectos constructivos de los edificios sin perder la noción de totalidad, eludiendo el mecanismo tradicional de planta-alzado-sección, que fragmentaba la información, dificultaba el conocimiento de la totalidad del elemento y no posibilitaba la descripción del proceso constructivo.

De esos profesores con inquietudes, algunos nos desplazamos a Madrid para recibir un curso de iniciación en Allplan, con el propósito de formarnos en este campo y aplicarlo

posteriormente en nuestra docencia. Paralelamente, fuimos asistidos por el distribuidor de Graphisoft en la zona quien nos presentó e inició en el uso de su aplicación ArchiCAD.

Así fue como comenzamos a trabajar con Allplan y posteriormente con ArchiCAD, estudiando manuales y tutoriales para posteriormente impartir Cursos de Extensión Universitaria para profesores y alumnos de la Universidad de Sevilla de distintas titulaciones, inicialmente con muy buena acogida.

La revisión del plan de estudios de la Escuela de Arquitectura Técnica de Sevilla, en el año 1999, permite la introducción de una asignatura cuatrimestral que con el nombre de Ampliación de CAD, inicia a los alumnos en el mundo de la realidad virtual, con los objetivos de realizar el modelado de maquetas, producción de la documentación gráfica a nivel de proyecto básico de edificación y realizar presentaciones infográficas.

La compartimentación del saber en rígidas estructuras departamentales que ha dominado la organización de las Áreas de Conocimiento de nuestra Universidad, ha constituido uno de los principales obstáculos para el intercambio de experiencias y puesta en común de conocimientos entre el profesorado. En nuestro caso, comprendimos que para dar el salto a la tecnología BIM era necesario el concurso de especialistas en diversos campos de la edificación. Promovimos varios proyectos de investigación, para los que constituimos equipos multidisciplinares invitando a profesores de otras Áreas de Conocimiento: de Construcción, Mediciones, Estructuras o Instalaciones. Nuestro objetivo era doble: Conocer de primera mano los requerimientos de estas disciplinas en cuanto al desarrollo del proyecto de edificación y fomentar la utilidad de la tecnología BIM en todos los ámbitos de nuestra escuela.

La reciente adaptación de nuestras titulaciones al plan Bolonia, con su carácter transversal y educación basada en competencias, permitía avistar un nuevo horizonte para incluir la tecnología BIM como método de trabajo común a varias disciplinas. Aunque es cierto que muchos departamentos han sido reacios a aplicar estas tecnologías en sus programas docentes y las cosas siguen como siempre, sí podemos decir que se ha logrado que algunas asignaturas del área gráfica hayan considerado la posibilidad de iniciar a sus alumnos en el manejo de estas herramientas.

También la apertura de los Trabajos Fin de Grado y Trabajos Fin de Máster al campo de la investigación y la innovación, ha facultado que parte del profesorado se haya decantado por este tipo de propuestas, que han tenido muy buena acogida por parte del alumnado.

Completan las ofertas de nuestro Departamento en este campo, una amplia oferta de cursos de especialización, tanto presenciales como e-learning, que son promovidos por el Centro de Formación Permanente de la Universidad de Sevilla y dirigidos a postgraduados y profesionales.

## 2 CONTENIDO

En esta ponencia hemos querido dar a conocer nuestra experiencia a los largo de los últimos quince años en el empleo docente de herramientas digitales innovadoras que están en la vanguardia tanto en estudios de arquitectura como de ingeniería, tales como ArchiCAD y Allplan. Estas herramientas nos permiten aproximar la realidad de la actividad profesional a las aulas. Visto desde la actual perspectiva, ha sido y sigue siendo un recorrido lleno de experiencias gratas y enriquecedoras tanto para nosotros los docentes como para los alumnos, así queda reflejado en la ocupación de las aulas en aquellas asignaturas en las que empleamos estas herramientas y en la demanda que año tras año nos lleva a celebrar nuevas ediciones de curso de formación fuera del ámbito puramente académico. A continuación pasamos a detallar de manera cronológica el recorrido natural que hemos realizado en este proceso: *el paso del CAD al BIM*.

### 2.1 El Modelado de Información en la docencia de la Escuela de Ingeniería de Edificación de Sevilla

La era de la informática ha supuesto un antes y un después en la tecnología gráfica. Dibujar con un ordenador era un cambio abismal e irreal épocas atrás al compararlo con las técnicas tradicionales de dibujo manual. Ahora sería impensable trabajar sin los programas de CAD en cualquier disciplina donde fuese necesario el requerimiento de una documentación gráfica (arquitectura, ingeniería, restauración, arqueología,...), pero si analizamos bien, el operario del software gráfico sigue trabajando como en antaño, en cuanto que la herramienta solamente nos permite una representación vectorial del objeto observado, utilizando las mismas líneas, arcos, tramas, pero de manera muy precisa.

En este período transitorio de  $x+y$ , se ha ganado en la precisión de la transferencia, agilidad y almacenamiento de los datos. Esto es, utilizar un tablero gráfico o simplemente un ratón electrónico en vez de un lápiz de grafito para introducir las coordenadas que definirán los elementos lineales, como vectores en el espacio, y pasar dichos datos a la pantalla de un ordenador, cuando antes se utilizaba una hoja de papel como soporte de la representación gráfica. El problema principal está en que la documentación con la que se trabaja no conserva ninguna relación entre sus partes. Se intenta representar un objeto definiendo sus tres proyecciones diédricas pero pueden que éstas sean incoherentes entre sí.

A estas representaciones en papel, cualquier buen proyectista siempre les ha acompañado una maqueta de cartón o madera, que ha servido inicialmente para comprender el proyecto y facilitar el trabajo posterior, tanto desde la concepción del proyecto, plasmado en los primeros bocetos, como en las últimas fases de revestimientos y color.

Pero el CAD evolucionó y llegó la era de la tercera dimensión o 3D, otro gran cambio revolucionario en el campo gráfico pues, además de representar el objeto en sus tres dimensiones, aplica de forma instantánea materiales a las superficies de las caras. Las nuevas maquetas "virtuales" dispondrían también de elementos coherentes entre sí al igual que sus antecesoras maquetas "físicas". Un gran cambio en el diseño arquitectónico pero que se ha aplicado hasta estos días de manera parcial en los proyectos al dejarse el

“modelado” para una fase posterior, después de definir las proyecciones básicas del edificio u objeto diseñado. Se recurre, por tanto, a un discurso de merma de productividad en la elaboración de los proyectos, sobre todo arquitectónicos. Y es así por dos motivos principalmente: las aplicaciones que iniciaron este camino en 3D, entre la cuales destacamos Autocad, no han contribuido a facilitar el diseño tridimensional, ya que hacen que la dirección a tomar en el procedimiento sea bastante laborioso. En segundo lugar, el cambio de mentalidad y visión en el espacio utilizando la tercera dimensión es difícil después de haberse formado desde una base en 2D.

Hoy son muchos los softwares que nos facilitan esas labores de modelado tridimensional: AutoCAD Architecture, Autodesk 3ds Max Design, CINEMA 4D, Google SketchUp Pro, Rhinoceros (con VisualARQ para arquitectura), Vectorworks,..., y otros específicos para la visualización de la edificación: Artlantis (en sus versiones Render y Studio) y Lumion. Pero actualmente se nos presentan poco eficientes para cumplir con los innumerables exigencias impuestas por las ordenanzas (derivadas muchas de las demandas de promotores y últimos beneficiarios), por la complejidad de incorporar los nuevos sistemas constructivos y la difícil coordinación de multitud de ingenierías en el proyecto arquitectónico.

Sabemos que el grado de perfección de una delineación manual puede llegar a asimilarse a la impresión de un plano proveniente de un software de CAD, eso sí, sin tener en consideración el tiempo que se ha empleado en llegar a cada una de ellas. Ambas tienen en común la representación “delineada” o vectorial de una vista del edificio, que en muchos casos son independientes de otras donde se encuentran los mismos elementos, pero vistos desde una perspectiva diferente. Las constantes mejoras de las aplicaciones de modelado para la edificación han ido encaminadas a maximizar la productividad y el aumento del valor de la obra arquitectónica, proporcionando al usuario un modelado flexible y personalizable, la adquisición de una documentación precisa y facilitar el trabajo en equipo. Pero lo que realmente ha diferenciado los softwares que introducen el nuevo concepto de modelado para la construcción de los programas más tradicionales de CAD es que han permitido a los usuarios trabajar con objetos paramétricos. El nuevo Sistema se basa en generar, no sólo dibujos 2D sino un modelo virtual completo del edificio, el cual conlleva toda una base de datos con amplia información constructiva [1]. Tanto Graphisoft con ArchiCAD y Nemetschek con Allplan, las dos empresas que iniciaron el camino de una nueva concepción en el diseño para la industria AEC, hoy comúnmente conocido como sistema o tecnología BIM, han demostrado su gran apuesta por la innovación y la adaptación a las necesidades del mercado. Y son sus softwares los que nos han permitido experimentar y renovarnos en el uso de las nuevas tecnologías en representación gráfica para la construcción.

Estas dos décadas anteriores de trabajo intenso de las compañías en investigación y desarrollo de las aplicaciones de diseño gráfico para el sector AEC no sólo ha supuesto un avance en la descripción de la geometría de manera digital, sino ha abierto otros campos igual de necesarios en el sector de la construcción, como es almacenar, presentar y manipular la información que no es gráfica; es decir, los datos alfanuméricos, que son igual de necesarios en cualquier proyecto arquitectónico o de ingeniería.

Es pues obligado el nuevo rumbo que deben tomar las asignaturas de expresión gráfica en las escuelas de Arquitectura e Ingeniería de toda España. Pero ello no implica una sustitución de las herramientas de delineación o modelado actuales, ya que la calidad de las representaciones cubre con creces los intereses. El cambio se debe centrar en cambiar la táctica y utilizar técnicas que permitan una representación gráfica y una caracterización de los elementos arquitectónicos o constructivos en función de las particulares materiales, funcionales y espaciales, y dentro de un contexto interdisciplinar.

Los que iniciamos la andadura en el área de la expresión gráfica, experimentando con nuevas aplicaciones de diseño gráfico más específicas para el sector de la edificación, que en nuestro caso coincide con la entrada del nuevo milenio, nos inquietaba la renovación de las técnicas de representación y la adaptación de la enseñanza universitaria a las necesidades reales del mercado laboral en la edificación. Buscábamos introducir el diseño asistido por ordenador como una herramienta cotidiana e imprescindible por su precisión, aunque también éramos conscientes de que las inquietudes surgían por cubrir muchos vacíos detectados en el diseño arquitectónico. Por lo que las voluntades fueron dirigidas a encontrar una herramienta más precisa para el modelado de piezas y sistemas constructivos, pues la metodología establecida hasta entonces en el área de la arquitectura, ingeniería y construcción (2D y 3D) no llegaba a cubrir todas las necesidades.

Con la entrada del nuevo Plan de estudio de 1999 en la Escuela de Arquitectura Técnica de la Universidad de Sevilla, en el curso 2000/2001 comenzamos a utilizar software específicos de modelado en 3D para aplicarlo en la nueva asignatura optativa “Ampliación de CAD”, concretamente Allplan de Nemetschek y ArchiCAD 6.5. de Graphisoft [2]. Supuso un gran cambio en comparación con el trabajo desarrollado un año atrás utilizando AutoCAD, ya que evitábamos el modelado de los elementos constructivos por extrusión de polilíneas 2D para su conversión en objetos 3D. Lo que nos aportaba estas nuevas aplicaciones de diseño gráfico era la creación de una maqueta tridimensional del edificio, con el gran avance que suponía disponer de herramientas específicas para incorporar elementos constructivos preconcebidos: forjado, pilar, viga, cubierta y escalera, con la única salvedad de introducirles parámetros dimensionales. Desde entonces siempre le hemos transmitido a nuestros alumnos que el modelar con el sistema BIM es una indudable labor de construcción, de creación de prototipos, un ensayo previo a la posterior ejecución del edificio.

Dentro del extenso listado de competencias del título de Arquitectura Técnica, el programa de la asignatura Ampliación de Cad se centrará en las específicas del área de la Expresión Gráfica Arquitectónica, como sustento a labores primordiales: planificar, dirigir y controlar la ejecución material de la obra, elaborar proyectos técnicos de edificación; redactar, dirigir y coordinar estudios y planes de seguridad y salud; como también gestionar el uso, conservación, seguridad y mantenimiento del edificio existente.

La producción de la arquitectura como hecho complejo exige el trabajo coordinado en grupo de varios técnicos en todas sus parcelas. Inmerso, como está, en una sociedad dinámica, tecnificada e informatizada, la figura del nuevo técnico en edificación precisa de una sólida formación científica, amplia capacidad para buscar, recibir y procesar información, y el dominio de la herramienta gráfica e informática para poder interpretar y comunicar a sus

colaboradores las instrucciones que le permitan desarrollar con éxito el amplio abanico de competencias profesionales que la sociedad le demanda. Es necesario, por tanto, establecer unas competencias instrumentales que sustentasen las específicas de la profesión:

- Dominar la resolución de maquetas virtuales de edificios y de sus elementos constructivos, por medio de la utilización de programas de CAD.
- Dominar la confección de planos de edificación y de sus detalles constructivos, a partir también de modelos tridimensionales.
- Dominar la obtención de imágenes a partir de las maquetas 3D mediante renderizados, como también el uso de recorridos virtuales para su exploración en tiempo real.



Fig. 1. Villa Dall’Ava, Saint Cloud, París, 1985/1991. Arquitecto Rem Koolhaas. Software ArchiCAD. Fuente: Asignatura de Ampliación de CAD, 2008-2009. Alumno Autor: Juan Diego Lepe Gutiérrez.

Con el arranque de un nuevo Plan de Estudios del Grado en Ciencia y Tecnología de Edificación, en el curso 2009-2010 se renueva la asignatura optativa con el nombre de “Infografía y Maquetación Virtual”. En la metodología de su programa docente se especifica que “las pretensiones son que los alumnos tomen contacto con los nuevos programas de CAD que incorporan el nuevo concepto de Edificio Virtual o BIM, abarcando no solamente el proceso de diseño sino la gestión de toda la información a lo largo del ciclo de vida del edificio”. Se quiere, de este modo, que desde un principio la asignatura excediera el simple modelado 3D, para que el alumno genere además información adicional sobre los elementos del edificio analizado y después modelado: clasificación por categorías constructivas,

gestión de cuantías y filtrado de componentes antes de la exportación a aplicaciones para el cálculo estructural, el estudio energético y otras específicas para mediciones y presupuestos de obras.

Como desarrollo de las competencias de la nueva asignatura optativa de cuarto curso en el ciclo del grado [3], se establecen seis bloques temáticos para cubrir seis créditos académicos:

- I: Fundamentos de la infografía aplicada a la ingeniería de edificación.
- II: Maquetación Virtual.
- III: Confección de planos de arquitectura.
- IV: Visualización y Animación Interactiva.
- V: Gestión Integrada del Proyecto de Arquitectura.
- VI: Iniciación al Diseño Tecnológico.

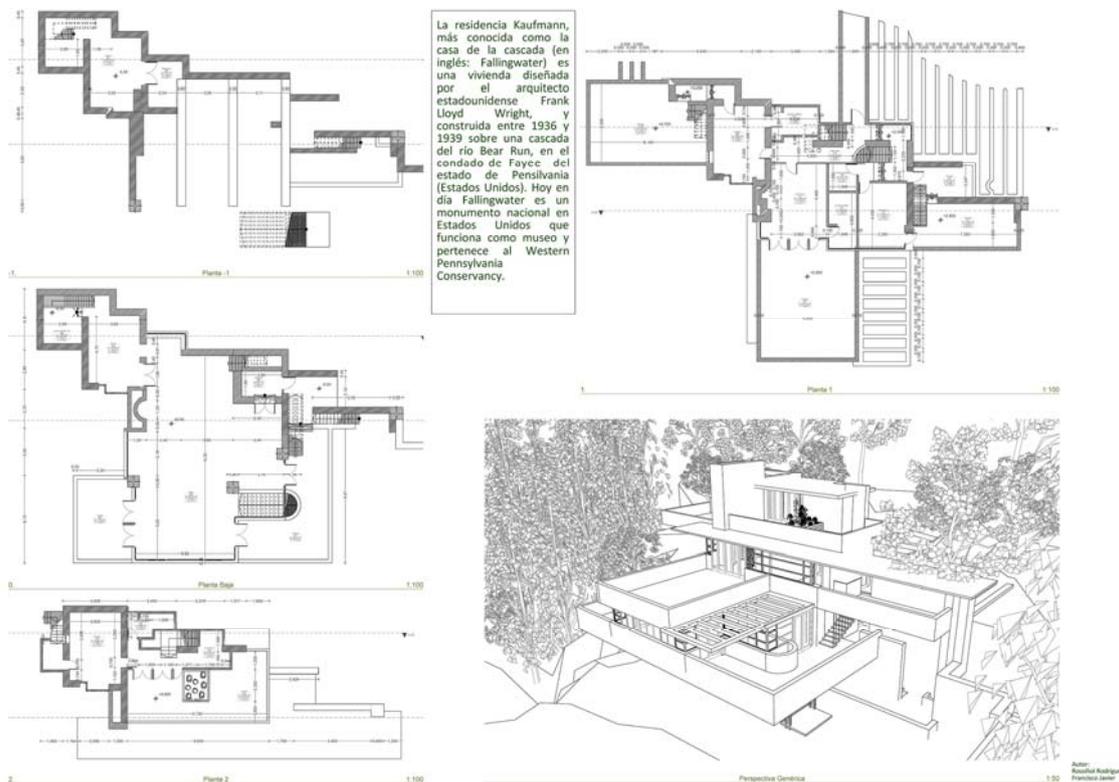


Fig. 2. Casa de la Cascada, Residencia Kaufmann. Cascada del río Bear Run, Pensilvania, EEUU (1936/1939). Arquitecto Frank Lloyd Wright (Estados Unidos) Software ArchiCAD. Fuente: Infografía y Maquetación Virtual, 2012-2013. ETSIE. Alumno autor: Fco Javier Rossiñol

Pero somos conscientes que el cambio direccional que ha tomado el sector a escala mundial nos exige un constante reciclaje y adaptarnos a nuevas exigencias que sobrepasan nuestras fronteras. Así pues, entre los nuevos retos que nos planteamos está implantar una colaboración integrada entre diferentes asignaturas, fundamentalmente construcción, instalaciones, programación, mediciones y presupuestos, teniendo como núcleo base un modelo gráfico integrado del edificio, que sustente los datos que irán introduciendo grupos de trabajo de alumnos para que puedan resolver proyectos multidisciplinares dentro de las

competencias profesionales de los estudios de Grado en Ciencia y Tecnología de Edificación. No debemos olvidar que las aplicaciones BIM facilitan la transferencia de información o *flujo de trabajo* dentro de los equipos nativos como con colaboradores externos (TeamWork en ArchiCAD). Por tanto, la interoperabilidad del BIM debe ser un pilar fundamental en los nuevos estudios de grado de Arquitectura e Ingeniería, sirviendo de sustento a la formación del alumno para enfrentarse a la actual realidad del mercado profesional, con un trabajo interdisciplinar cada vez más especializado.



Fig. 3. Infografías de la Casa de la Cascada. Software ArchiCAD. Fuente: Infografía y Maquetación Virtual, 2012-2013. ETSIE. Alumno Autor: Fco Javier Rossiñol.

## 2.2 Formación CAD-BIM. Cursos de Extensión Universitaria, Formación Continua y Formación Especializada de la Universidad de Sevilla.

En el marco de enseñanza extracurricular que ofrece la Universidad de Sevilla, a través del Centro de Formación Permanente [4], se han venido celebrando regularmente una serie de cursos de contenido CAD-BIM destinados a los alumnos que desean especializarse en este tipo de aplicaciones. Las propuestas se iniciaron en el año 1998 y se materializaron en el año 1999, manteniéndose con regularidad hasta la actualidad. En una primera fase, estos cursos estuvieron orientados a miembros de la comunidad universitaria en general y a estudiantes de Arquitectura y Arquitectura Técnica en particular. Tenían una duración de 45 horas y eran impartidos en modalidad presencial. Las primeras ediciones (1999-2009) fueron dirigidas por el profesor Dr. Santiago Llorens Corraliza, siendo el equipo de profesores participantes: Rocío Quiñones Rodríguez, Isidro Cortés Albalá, Pablo Díaz Cañete y Miguel Ángel Pedregosa Escámez; todos ellos pertenecientes al Departamento de Expresión Gráfica de la Edificación (actualmente Departamento de Expresión Gráfica e

Ingeniería en la Edificación). Estos cursos tenían como finalidad la de iniciar a los alumnos en el uso de programas de CAD de última generación cuyo sistema de trabajo se basaba en la construcción de maquetas virtuales. Las sesiones se estructuraban en tres apartados fundamentales:

1. Análisis y construcción de la maqueta virtual del edificio.
2. Ejecución e impresión de la documentación del proyecto a nivel de Proyecto Básico de Arquitectura.
3. Obtención de imágenes fotorrealísticas y en movimiento.

El software utilizado para modelar las maquetas era Allplan (desarrollado por la empresa Nemetschek), en sus distintas versiones según la edición del curso. Para el tratamiento de imágenes fotorrealísticas se utilizó Artlantis Render (producido por la empresa Advent). Los títulos de los cursos celebrados durante el período 1999-2009 fueron:

- “Nuevas Estrategias de Expresión Gráfica en el Proceso Edificatorio: Nivel Formalizador”
- “El Proyecto Básico de Arquitectura en CAD Avanzado”. Curso 1999/2000.
- 3 ediciones del Curso “El Proyecto de Arquitectura en CAD Avanzado”. Cursos 1999/2000 (II), 2002/2003 (III) y 2003/2004 (IV).
- “Desarrollo Infográfico del Proyecto de Arquitectura”. Curso 2008-2009.

Posteriormente, el Centro de Formación Permanente de la Universidad de Sevilla [5], atendiendo a las necesidades de formación detectadas en el entorno sociocultural y socioeconómico, aborda acciones formativas que encajan en un amplio abanico de posibilidades, desde cursos de larga duración que acreditan una formación universitaria de posgrado altamente cualificada y especializada que conducen a la obtención de un Título de Máster Propio o Diploma de Especialización, a Cursos de Formación Continua de corta duración con unos objetivos muy concretos y acreditados mediante un Diploma de la Universidad de Sevilla. En este contexto y en una fase más reciente, se han incluido también a profesionales interesados en reciclarse debido a la rápida evolución de los conocimientos y del desarrollo e influencia de las tecnologías de la información y de las comunicaciones en todos los ámbitos de la actividad humana. En este contexto, desde nuestro Departamento se ha dado respuesta a las nuevas necesidades a través de Cursos de Formación Continua de corta duración, 3 ECTS, dirigidos e impartidos por el profesor Enrique Nieto Julián en colaboración con Javier Farratell Castro de la empresa TecniCAD Consultores S.C. El objetivo principal de estos cursos es que el alumno adquiera unas competencias específicas en su ámbito profesional con el uso de las nuevas aplicaciones BIM de diseño gráfico. La elaboración de proyectos arquitectónicos completos donde se tiene en cuenta además todos los procesos de un análisis funcional: estructural, energético y de las instalaciones MEP. Así, con la generación de modelos de información utilizando los últimos avances en la gráfica digital, el alumno o usuario podrá obtener documentos gráficos precisos sustentados a su vez en datos intrínsecos a los elementos representados (cualidades físicas, térmicas, acústicas), forjando un sistema verdaderamente eficiente: “un modelo virtual abierto del edificio, el cual nos facilitará un proceso interdisciplinar que

incrementará la productividad, nos proporcionará una gestión eficaz y flexible del mismo al extraerse todo tipo de datos y representaciones [6].

Los cursos de Formación Continua impartidos han sido los siguientes:

- “Curso de formación Continua: [Proceso y Gestión del Edificio Virtual Aplicando el Building Information Modeling de ArchiCAD. Nivel I](#)” (de la I a la VII Edición), durante los cursos 2010/2011, 2011/2012, 2012/2013 y 2013/2014.
- “Curso de formación Continua: Interoperabilidad del Modelo Virtual de ArchiCAD (Building Information Modeling). Nivel II”. Curso 2011/2012.

En esta segunda fase, ha cobrado un papel especial la enseñanza e-learning [7] -proceso de autoaprendizaje que hace protagonista al sujeto en su actividad de construcción de sus propios conocimientos, emancipándolo de los tiempos que establece el docente en su actividad [8]-, destinada a facilitar el acceso a esta formación a un número alto de profesionales que necesitan una mayor flexibilidad en sus horarios. La experiencia se inició en el año 2010 y continúa en la actualidad; durante este curso académico 2013-2014 se está celebrando la cuarta edición. La plataforma sobre la que se desarrollan estos cursos y sus contenidos fue inicialmente WebCT, posteriormente BlackBoard. Estos cursos tiene un contenido de 15 ECTS, siendo partícipes de esta experiencia la profesora Rocío Quiñones Rodríguez, el profesor Dr. Santiago Llorens Corraliza y el profesor Dr. Isidro Cortés Albalá que los dirige. Estos cursos constan de tres módulos. En el primer módulo se aborda el desarrollo del proyecto básico de arquitectura utilizando el programa Allplan. En el segundo módulo se estudia el tema de presentaciones infográficas, obtención de imágenes animadas y cálculo de soleamiento; los programas utilizados son: Allplan, Cinema 4D, Gimp e Inkscape. Por último, en el tercer módulo –el más extenso de los tres- es donde se trata el proyecto de ejecución del edificio, usando las aplicaciones: Allplan, Cype Estructuras, Cype Instalaciones, Presto, Arquímedes, LIDER y CALENER; usando el formato IFC como archivo que contiene la información de la maqueta del edificio y que permite el intercambio datos del modelo entre todos ellos. Siguiendo esta modalidad, se han celebrado cuatro ediciones del curso de Formación Especializada “[Proyecto de Ejecución de Arquitectura Mediante Tecnología BIM](#)”, Cursos 2010/2011 (I), 2011/2012 (II), 2012/2013 (III) y 2013/2014 (IV).

Esta nueva didáctica, surgida de un nuevo perfil del alumno medio – estudiantes de mayor edad que a menudo compagina los estudios con el trabajo- ha supuesto un gran reto para los docentes implicados. Ha requerido un largo proceso de capacitación en las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) así como una elaboración muy detallada de los contenidos, fundamentalmente basados en textos, imágenes y vídeos. Este sistema de aprendizaje a distancia está permitiendo participar a alumnos del ámbito nacional y del extranjero al no estar limitado por la localización geográfica del espacio de celebración del curso, dando un nuevo sentido al concepto del aula.

### 3 CONCLUSIONES

Desde nuestra experiencia, es manifiesto que la estructura docente de los estudios que dan acceso a las titulaciones de Arquitecto e Ingeniero de Edificación -asignaturas dispares-

fomenta una fragmentación de los conocimientos adquiridos por los alumnos en distintas áreas. El desarrollo del proyecto de edificación requiere la concurrencia de todas las disciplinas propias de la ejecución del mismo, atendiendo a un guion que dependerá del tipo de trabajo a realizar. La preocupación por la coherencia global de todas las partes integradoras de la documentación de los proyectos es la que ha motivado llevar a cabo todas estas iniciativas. Se hace necesaria por tanto una puesta en común, una propuesta multidisciplinar implicando a profesores y alumnos.

Actualmente los estudios de arquitectura con proyección de futuro se aprovechan de las posibilidades que ofrecen las nuevas herramientas de tratamientos de la información con sistemas digitales integrados. Programas capaces de proporcionar un modelo virtual del edificio en tres dimensiones y de diferenciar sus componentes constructivos, superando los programas de dibujo asistido, que se limitan a la elaboración en dos dimensiones de los planos de arquitectura. Estos programas permiten el trabajo coordinado entre las distintas disciplinas en tiempo real. Aprovechemos las posibilidades que nos ofrecen y usémoslos en la formación de nuestros alumnos.

La intención última de este trabajo es poner el acento en proyectos integradores, que partiendo de los conocimientos obtenidos en cada una de las disciplinas, permita generar la documentación técnica de un proyecto de edificación, utilizando como herramienta de trabajo los programas BIM (Building Information Modeling). En este sentido, cabe destacar dos de las experiencias más ambiciosas que hemos realizado en nuestro centro:

- Proyecto de Investigación: Integración de Materias de Ingeniería de Edificación. Convocatoria 2009. Proyecto de Investigación Docente en el marco de la convocatoria correspondiente a la línea de acción 6 del I Plan Propio de Docencia de la Universidad de Sevilla (acuerdo 6.1/CG 28-10-08), con la pretensión de conseguir el Objetivo Estratégico III “Disponer de la metodología adecuada”. Dptos. Expresión Gráfica e Ingeniería en la Edificación / Construcciones Arquitectónicas II / Mecánica de los Medios continuos, Teoría de Estructuras e Ingeniería del Terreno. [9]
- Proyecto de Investigación: Integración de Materias de Ingeniería de Edificación. Convocatoria 2010. Proyecto de Investigación Docente en el marco de la convocatoria correspondiente a la línea de acción 6 del I Plan Propio de Docencia de la Universidad de Sevilla (acuerdo 6.1/CG 28-10-08), con la pretensión de conseguir el Objetivo Estratégico III “Disponer de la metodología adecuada”. Dptos. Expresión Gráfica e Ingeniería en la Edificación / Construcciones Arquitectónicas II / Mecánica de los Medios continuos, Teoría de Estructuras e Ingeniería del Terreno. [10]

Los resultados obtenidos en estos proyectos de investigación nos permiten afirmar que la creación de grupos multidisciplinarios en el ámbito de la investigación y la docencia, en el área de la Arquitectura y la Ingeniería de Edificación, supone una decidida apuesta por la construcción del Espacio Europeo de Educación Superior en nuestra universidad. Enriquecen enormemente los procesos de enseñanza-aprendizaje, desde su planteamiento inicial marcado por un enfoque abierto y plural, pasando por un dinámico y eficaz desarrollo de los mismos en los que el debate y la reflexión colectiva son sus principales motores,

hasta concluir con la obtención de resultados beneficiosos para todos, que favorecen su mejora continua.

#### 4 REFERENCIAS

- [1] Nieto Julián, E. (2012): "Generación de modelos de información para la gestión de una intervención de rehabilitación: La cárcel de la Real Fábrica de Tabacos de Sevilla". *Virtual Archaeology Review. VAR*, Vol. 3, nº 5.  
Disponibile en: [http://www.varjournal.es/doc/varj03\\_005\\_12.pdf](http://www.varjournal.es/doc/varj03_005_12.pdf)
- [2] El concepto de Virtual Building® o Edificio Virtual de ArchiCAD ha estado presente desde su versión 6.5, comercializada en España en el año 2000.
- [3] Hoy la asignatura Infografía y Maquetación Virtual se imparte en dos grupos dentro del 1º cuatrimestre, con la posibilidad de cursarla en un tercer grupo en el 2º cuatrimestre.
- [4] Centro de Formación Permanente de la Universidad de Sevilla. <http://www.cfp.us.es/>
- [5] Memoria anual 2012/2013 Centro de Formación Permanente de la Universidad de Sevilla. Disponible en: <http://www.cfp.us.es/gestor/paginas/memoria12/Flash/index.html>
- [6] Nieto Julián, E., Marín, D., Rico, F., Moyano, J.J (2012): "La interoperabilidad del modelo virtual de información". *Libro de Actas del XI Congreso internacional de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación*, Valencia, pp. 743-750. Disponible en: <http://riunet.upv.es/handle/10251/19180>.
- [7] [http://institucional.us.es/bimarchitecture/ARQUITECTURA\\_TECNOLOGIA\\_BIM/Presentacion.html](http://institucional.us.es/bimarchitecture/ARQUITECTURA_TECNOLOGIA_BIM/Presentacion.html)
- [8] Ardizzone, Paolo. y Rivoltella, Pier Cesare (2004). *Didáctica para e-learning. Métodos e instrumentos para la innovación de la enseñanza universitaria*. Pág. 39. Ediciones Aljibe, Colección aulae.
- [9] Cortés, Isidro, Llácer, Rafael, Montes, M<sup>a</sup> Victoria, Quñones, Rocío, Llorens, Santiago (2010). *Proyecto de Investigación: Integración de Materias de Ingeniería de Edificación. Vivienda Unifamiliar*. Autoedición.
- [10] Cortés, Isidro, Llácer, Rafael, Montes, M<sup>a</sup> Victoria, Quñones, Rocío, Llorens, Santiago (2011). *Proyecto de Investigación: Integración de Materias de Ingeniería de Edificación. Vivienda Plurifamiliar*. OCE, S.A. I.S.B.N. 978-84-694-9602-2.

<b>TÍTULO</b>	LEAN CONSTRUCTION, INTEGRATED PROJECT DELIVERY (IPD) Y BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM): UN CASO DE ESTUDIO
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	Casos de éxito de implantación BIM
<b>AUTOR / ES</b>	AYATS PEREZ, Cristina (1) y CERVERÓ ROMERO, Fernando (2)
<b>INSTITUCIÓN</b>	(1)Herrero Builders (2) Universitat Politècnica de Valencia Dep. Construcciones Arquitectónicas
<b>DIRECCIÓN</b>	ETSIE. Universitat Politecnica de Valencia Camino de Vera s/n.- 46022 Valencia
<b>E-MAIL</b>	fernando.cervero.romero@gmail.com
<b>TELÉFONO</b>	+34 636548839
<b>FAX</b>	-

## LEAN CONSTRUCTION, INTEGRATED PROJECT DELIVERY (IPD) Y BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM): UN CASO DE ESTUDIO

**Ayats Perez, Cristina (1) y Cerveró-Romero, Fernando (2)**

(1) Herrero Builders

(2) Universitat Politècnica de Valencia, Departamento de Construcciones Arquitectónicas

### RESUMEN

El presente artículo analiza tres aspectos, de forma cualitativa, sobre la construcción virtual de un hospital en San Francisco utilizando la filosofía lean en un proyecto IPD con BIM. Los tres aspectos son, (1) La coordinación entre los distintos modelos de diseño y construcción. (2) El análisis del diseño para que sea construible y por último (3) Entender la solución de problemas durante la construcción virtual desde el modelo de diseño.

Para ello, el trabajo nos introduce en la filosofía Lean aplicada a la construcción. Nos indica cual es la forma contractual bajo el modelo del Integrated Project Delivery System y de forma ligera nos indica como encajan estos dos conceptos con el Building Information Modelling (BIM).

Más tarde, muestra como se está aplicando este nuevo paradigma de desarrollo de proyectos en la construcción en el proyecto e inminente construcción de un hospital de 1700 millones de dólares. Bajo la filosofía lean se quiere alinear a las distintas entidades que participan en el proyecto y que se apropien y se sientan responsables de todo lo que concierne a su ámbito de trabajo, de ahí que para tener un control total sobre el plan y evitar la variabilidad se modele el edificio en su totalidad, no solo en la fase de diseño sino también en la fase de construcción. Se pretende que todo aquel que participe en la construcción del edificio se familiarice con su trabajo y se responsabilice de él, para poder estudiar virtualmente la viabilidad del diseño propuesto.

Bajo este paradigma, se describe cual es el proceso para el diseño y la construcción virtual del edificio a través de la filosofía lean. Continúa descubriendo como varía el método de análisis según el estudio que se pretenda hacer del modelo virtual, buscando siempre la forma más eficiente. Más tarde, estudia cómo se resuelven los problemas que se han encontrado en un equipo de gestión integrada, donde las decisiones se toman de forma colaborativa, holística y por consenso.

Finalmente los autores exponen las conclusiones extraídas tras el trabajo de campo basado en la observación y entrevistas y que tuvo sus inicios en el 2010.

**Palabras clave:** BIM, Construcción, IPD, Lean.

## 1 INTRODUCCIÓN

En este apartado se presenta la metodología de investigación, qué es Lean Construction, Integrated Project Delivery y Building Information Modelling.

### 1.1 Metodología de investigación

El presente artículo es el resultado del trabajo de una investigación sobre el citado proyecto, el CHH. Este trabajo se compone de diferentes pasos dentro de una investigación cualitativa [1].

1. Generación de la idea a investigar.
  - a. Aspectos notables a destacar entre Lean, IPD y BIM
2. Planteamiento del problema
  - a. ¿Cómo el equipo IPD es capaz de coordinar y retroalimentar los distintos modelos de diseño y construcción?
  - b. ¿Cómo se incorpora un análisis del diseño y la posibilidad de que sea construible?
  - c. ¿Cómo se solucionan los problemas que surgen durante la construcción del modelo virtual desde el modelo de diseño?
3. Elección del caso a estudiar
  - a. El Cathedral Hill Hospital. Proyecto de referencia en el mundo en Lean, IPD y BIM, por su presupuesto e innovación.
4. Recolección y análisis de los datos cualitativos
  - a. Visita al proyecto en la fase de diseño durante los años 2010, 2011 y 2014.
  - b. Entrevistas y asistencia a reuniones del proyecto en el año 2010
  - c. Trabajo diario durante varios meses participando directamente del proceso diseño – construcción durante el año 2014 hasta la fecha actual.
  - d. Análisis de las entrevistas y de las experiencias vividas durante el periodo de la investigación.
5. Elaboración del presente artículo con los resultados obtenidos.

En el desarrollo de las diferentes fases no se ha seguido un orden cronológico. Parte de la recolección y análisis de los datos no se desarrollo ex profeso para la presente investigación, si no que algunos de ellos se han utilizado en trabajos anteriores [2] y se han utilizado de nuevo para el desarrollo del presente trabajo. No obstante, otra parte se ha desarrollado en exclusividad para este artículo, así mismo.

### 1.2 Lean Construction

El concepto de la aplicación de una nueva filosofía de producción en el sector de la construcción fue desarrollado por Lauri Koskela en su trabajo en Stanford, “*Application of the new production philosophy to construction*” [4]. Esta nueva filosofía se refería al sistema de producción de Toyota claramente definido en el libro “*The Toyota Way*” [3] y más conocido como Lean Production gracias al trabajo de John Krafcik en la Sloan management review [5]. Las características esenciales de la producción Lean incluyen un conjunto claro de objetivos para el proceso de entrega, orientada a maximizar el rendimiento para el cliente a nivel de proyecto, el diseño simultaneo de productos y procesos, y la aplicación del control

de producción en todo el ciclo de vida del producto, desde el diseño hasta la entrega, según Howell [6]. Estas características aplicadas al sector de la construcción se le llama Lean Construction.

La filosofía Lean se aplica a la construcción, modifica el desarrollo y la entrega del producto desde un inicio. Por lo tanto esa misma filosofía no la aplicamos únicamente a la fase de ejecución, también a la fase de diseño, por ello se le denomina en la actualidad Lean Design and Construction. Lean Design and Construction es un enfoque basado en la gestión de producción hasta la entrega del proyecto - una nueva manera de diseñar y construir instalaciones [7].

Esta filosofía se centra fundamentalmente en añadir valor al cliente eliminando todo aquello que no añade valor, es decir, las pérdidas. Para ello se nutre de múltiples herramientas y metodologías para alcanzar su objetivo.

Dos de las metodologías más conocidas son Last Planner System y Lean Project Delivery System. El primer artículo sobre Last Planner System (LPS) fue desarrollado por Ballard en 1993 [10], según Ballard y Howell [11]. En el año 2000, Ballard desarrollo su tesis doctoral sobre esta metodología [12]. Se trata de un sistema de planificación diferente al tradicional. LPS, la herramienta más desarrollada de Lean Construction, hace hincapié en la relación entre la programación, planificación y control de producción con el fin de hacer el flujo de trabajo predecible [13]. Ha sido implantando con éxito en numerosos proyectos en la fase de construcción y en muchos países diferentes [14][15][16][17]. También se ha implantado en la fase de diseño para el desarrollo del proyecto con BIM [18].

No obstante la metodología más novedosa y eficaz desde la fase inicial es el Lean Project Delivery System (LPDS). ¿Qué es el Lean Project Delivery System? Según el Lean Construction Institute “ Una implementación organizada de los principios y herramientas de Lean combinadas para permitir que un equipo trabaje al unísono”[7].

### 1.3 Integrated Project Delivery (IPD) y Lean Project Delivery System (LPDS)

El Lean Project Delivery, no es otra cosa que una innovación en el Integrated Design and Delivery. Es decir, la integración de la fase de diseño con la de producción. El diseño y la ejecución se realiza por los mismos agentes implementando Lean. Un equipo de gestión integrada o IPD tiene un propósito unificado: construir el edificio de la manera más eficiente posible, esto va a ser posible gracias a una exhaustiva planificación del proyecto a través de la construcción del modelo virtual completo, que pese a ser costosa acabará ahorrando dinero al proyecto con el consiguiente beneficio para repartir entre los integrantes del equipo IPD. Un proyecto colaborativo es capaz de reducir el coste material y los gastos generales del proyecto aumentando el beneficio industrial según se indica en la siguiente figura. El beneficio de los implicados estará pues directamente relacionado con la capacidad del equipo de reducir el coste material del proyecto. El tipo de contrato utilizado que permite esta colaboración entre los equipos de proyecto en la mayoría de Estados Unidos es el desarrollado por Lichtig [8] y llamado integrated form of agreement (IFOA) [9].

## 1.4 Building Information Modelling (BIM)

BIM es actualmente la denominación más común para una nueva forma de abordar el diseño, construcción y el mantenimiento de edificios [19]. Por otro lado, Building Information Modelling (BIM) es un conjunto de políticas que interactúan, procesos y tecnologías que generan una "metodología para gestionar el diseño del edificio y datos esenciales del proyecto en formato digital a lo largo del ciclo de vida del edificio"[21]. Sin duda, es una metodología que aporta mucho a la cadena de valor del diseño, producción y mantenimiento de un edificio. No cabe duda de que BIM en la actualidad, a través del modelado de la información es imprescindible para el desarrollo de un proyecto bajo un contrato tipo IPD.

## 2 CASO DE ESTUDIO

### 2.1 Cathedral Hill Hospital (CHH): Antecedentes

El proyecto de 1700 millones de dólares Cathedral Hill Hospital en San Francisco, se ha convertido en un laboratorio de vanguardia a la hora de implementar Lean Integrated Project Delivery (IPD) [18]. Además utiliza el Target Value Design (TVD). "El Target Value Design (TVD) está basado en la estrategia comercial del Target Costing. Se fija un precio de referencia de mercado y se trata de disminuir ese coste a través de la colaboración de todos los agentes. El marco contractual habitual se modifica. Se incentiva a los agentes desde el contrato para disminuir el precio de referencia tomado de las bases de datos de las propias empresas o de las instituciones dedicadas a ello." [2]. En este caso, el arquitecto, la constructora y el promotor han firmado un único contrato en el que ponen en riesgo su beneficio si el proyecto cuesta más de lo presupuestado. Si el precio final queda por debajo se reparten la parte del presupuesto que han ahorrado.

Bajo ese contrato IPD se han adherido las 13 principales subcontratas (ingenieros estructurales, ingenieros industriales, empresa de electricidad, empresa de instalaciones,...). Esto es posible gracias a la temprana participación de todas estas empresas en la fase de diseño del proyecto, en lugar de unirse en el último momento para prestar sus servicios.

Durante el desarrollo del proyecto todos los diseños han de estar aprobados por la Oficina Estatal de Planificación de la Salud del Estado y el Desarrollo (OSHPD). El proceso involucra OSHPD en la revisión de diseño en forma gradual durante la conceptualización, diseño de criterios, diseño detallado, documentos de ejecución, revisión de la agencia, la construcción y cierre [18].

Para favorecer el intercambio libre de información y la eliminación de barreras, todo el equipo IPD trabaja en un mismo espacio. De forma que se trabaja la mentalidad del equipo como si de una empresa se tratase, en lugar de los proyectos tradicionales en los que las empresas tienen diferentes intereses y distintas filosofías de trabajo.

Uno de los propósitos del *Cathedral Hill Hospital* es la construcción virtual del edificio con el ánimo de que cuando el edificio se construya realmente no aparezcan todos los problemas y el re-trabajo que se dan durante la construcción del edificio. Es más, cuando acabamos un proyecto siempre pensamos en las cosas que de volver a empezar haríamos diferente. El

hecho de que se trate de un equipo IPD permite incorporar esos cambios que mejoran el proyecto y a la vez reducen costes tras la construcción del modelo virtual.

El modelo virtual es la herramienta de trabajo del equipo IPD donde cualquier cambio es bienvenido y toda idea para ahorrar costes o mejorar la productividad se analiza.

El *Cathedral Hill Hospital* está siendo diseñado en tres dimensiones y los dibujos para aprobación se extraen del modelo. Pero no solo eso sino que los dibujos para fabricación también se extraen del modelo virtual. Es decir realmente construiremos el modelo virtual, por lo que vamos a necesitar un modelo virtual muy detallado y real.

El diseño de un edificio es un proceso iterativo, que varía conforme el proyecto avanza. Para poder lidiar con la incertidumbre y el cambio, deberemos tratar la velocidad y la precisión con la que se transmite la información, de lo contrario no tendremos un modelo coordinado, del que poder extraer las piezas para fabricar y construir. Es aquí donde de nuevo, el hecho de que se trate de un equipo IPD nos ayuda a solucionar el problema ya que hemos eliminado las barreras de comunicación y el miedo a la equivocación, lo que provoca que información fluya adecuadamente entre todos los miembros del equipo, llegando en ocasiones a perder la noción de a qué empresa pertenece cada individuo puesto que todos miran por el bien del proyecto.

Vamos a estudiar tres aspectos:

1. ¿Cómo el equipo IPD es capaz de coordinar y retroalimentar los distintos modelos de diseño y construcción?
2. ¿Cómo se incorpora un análisis del diseño y la posibilidad de que sea construible?
3. ¿Cómo se solucionan los problemas que surgen durante la construcción del modelo virtual desde el modelo de diseño?

## 2.2 Proceso para el diseño y la construcción virtual del edificio

Uno de los principales problemas en la construcción tradicional es la dificultad de convertir el diseño en un edificio construible, lo que provoca continuos cambios. No solo cambia el diseño cuando la constructora lo analiza, sino que cuando la subcontrata se dispone a construir el diseño, de nuevo su mayor conocimiento o su manera de abordar el proyecto provocan cambios. La forma en la que el equipo de gestión integrada (equipo IPD) ha tratado el modelo virtual en CHH trata de eliminar este problema. Se dispone de un modelo virtual generado por los arquitectos. Este primer modelo pasa a los ingenieros estructurales, ingenieros industriales y a la constructora para que aporten cada uno su parte del trabajo y conocimientos. Los ingenieros aportaron dimensiones y consejo sobre la estructura. La constructora y las principales subcontratas de construcción aportarán conocimiento sobre lo factible de la construcción del mismo. Por lo que los modelos de diseño y construcción se van a retroalimentar, modificándose unos a otros.

Es en este momento cuando cada una de los equipos de ingeniería, constructora y subcontratas empiezan a generar su modelo. Llega un momento en que el detalle de cada uno de los modelos propuestos por la subcontrata que lo va a construir es considera mejor que el original. En ese momento, el equipo IPD ha decidido de que modelo se van a extraer

los dibujos para su aprobación. En CHH se ha decidido que sean los dibujos arquitectónicos, el modelo estructural de los ingenieros, pero para fontanería, electricidad y climatización por ejemplo el modelo que se usa es el de las subcontratas encargadas de la construcción del mismo utilizando únicamente los cálculos de los ingenieros industriales, hasta tal punto que no tienen modelo. Para las instalaciones los modelos usados son los de las subcontratas mientras que la estructura aparece en el modelo arquitectónico, el modelo de los ingenieros estructurales y cada una de las subcontratas modela su parte de estructura (estructura metálica, forjado colaborante, hormigón, armadura, etc.).

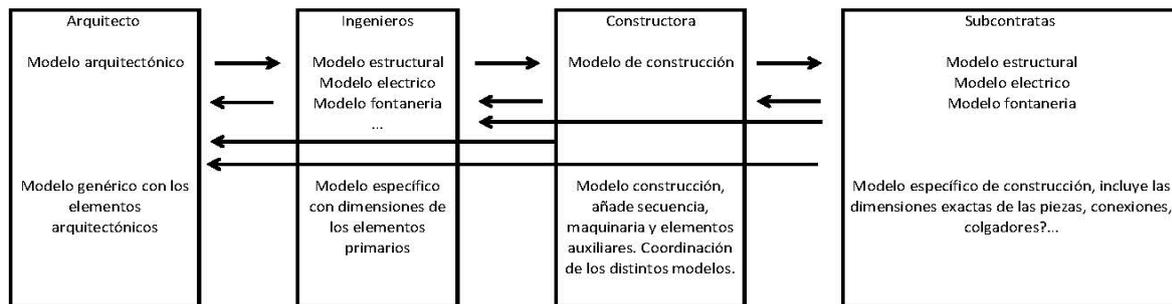


Fig 1: Flujo de información y retroalimentación del Modelo de diseño y de construcción en el CHH. 2014. Ayats 2014

El análisis del modelo virtual para hacerlo construible se está realizando durante el desarrollo del proyecto. Por ese motivo, en el CHH los *project managers*, los delineantes se encuentran desde un primer momento en el proyecto sino que los encargados y/o capataces también forman parte del equipo en la fase de diseño y pre-construcción.

En el CHH, el delineante (modeler/detailer), que a partir de la información proporcionada por los ingenieros y su modelo empieza a modelar la parte que su contrata debe construir, siempre se encuentra bajo la supervisión del Leed detailer y el encargado o capataz que analiza la viabilidad de la construcción del diseño propuesto. Todo esto ocurre bajo la continua supervisión de sus Project Managers. En la figura 3 se muestra el modelo utilizado en el

caso de estudio.

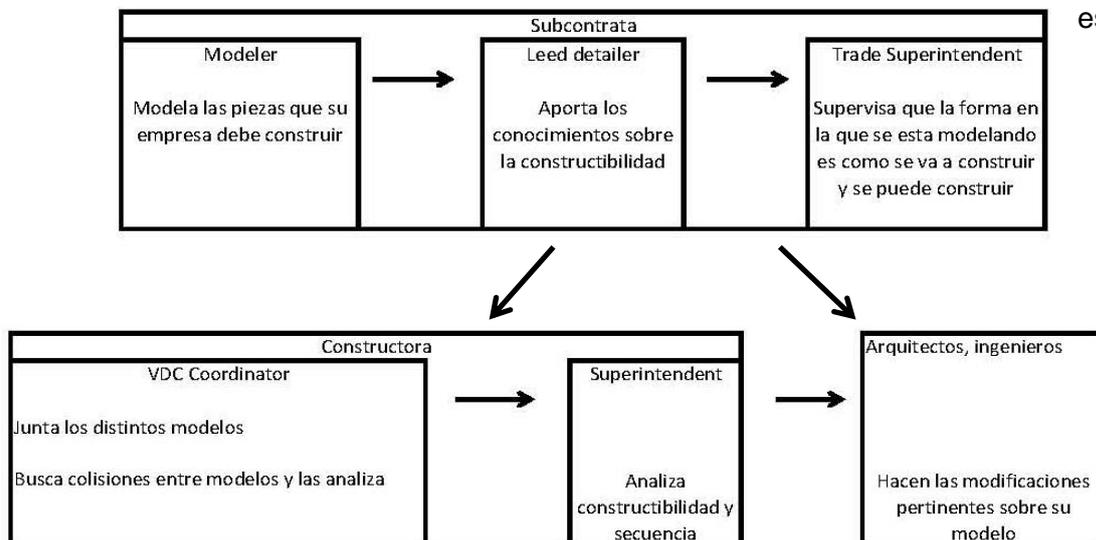


Fig 2. Proceso del modelo de construcción en el CHH. 2014. Ayats 2014

A continuación la constructora, exactamente el Virtual Design Concept (VDC) Coordinator en un NIS en Navisworks los distintos modelos de todas las subcontratas. Debido al tamaño del proyecto se divide en partes de una planta como máximo. Esta figura es la encargada de coordinar los distintos modelos. Primero se estudia toda la planta en busca de problemas o incongruencias. El siguiente paso es utilizar el *clash detection* en tandas de dos. Es decir, la climatización contra el modelo estructural, la fontanería contra el modelo de climatización, etc. Mientras el encargado, los Project managers y production manager analizan la construcción y secuencia del modelo. Además se estudia la viabilidad con el equipo IPD en las reuniones de producción. El modelo de cada una de las subcontratas pasa a los ingenieros y arquitectos para que adaptarlo a su modelo de diseño.

Existen varios modelos por lo que tanto la coordinación de estos como el flujo de información se consideran imprescindibles. A través de la gestión eficaz de estos dos parámetros se procura eliminar duplicidades en los modelos y garantizar que la información llegue completamente a los implicados. Se controla el flujo de información ya que según lo comentado con anterioridad todo el proyecto ha de estar aprobado por la Oficina Estatal de Planificación de la Salud y el Desarrollo (OSHPD). Por ejemplo, la subcontrata de instalaciones es la que va a aprobar los planos, por ese motivo, son ellos los que modificarán los cambios. Son los ingenieros industriales los que a través del modelo del subcontratista realiza los cálculos pertinentes. Sin embargo, cuando existe alguna interferencia entre instalaciones y estructura los subcontratistas de instalaciones contactan con los ingenieros estructurales, y no con las distintas subcontratas de estructura. En ese caso, los ingenieros de estructuras modifican su propio modelo. Ahora es cuando las subcontratas de estructura acuden al modelo estructural a extraer su información y cualquier modificación se la pasarán a ellos, sin interactuar con el resto del equipo. De forma pese a existir muchos modelos, cada agente solo recibe un tipo de información de uno de los modelos y todos saben a qué modelo deben acudir. En esta figura queda representada la relación entre los distintos modelos utilizados en el caso de estudio.

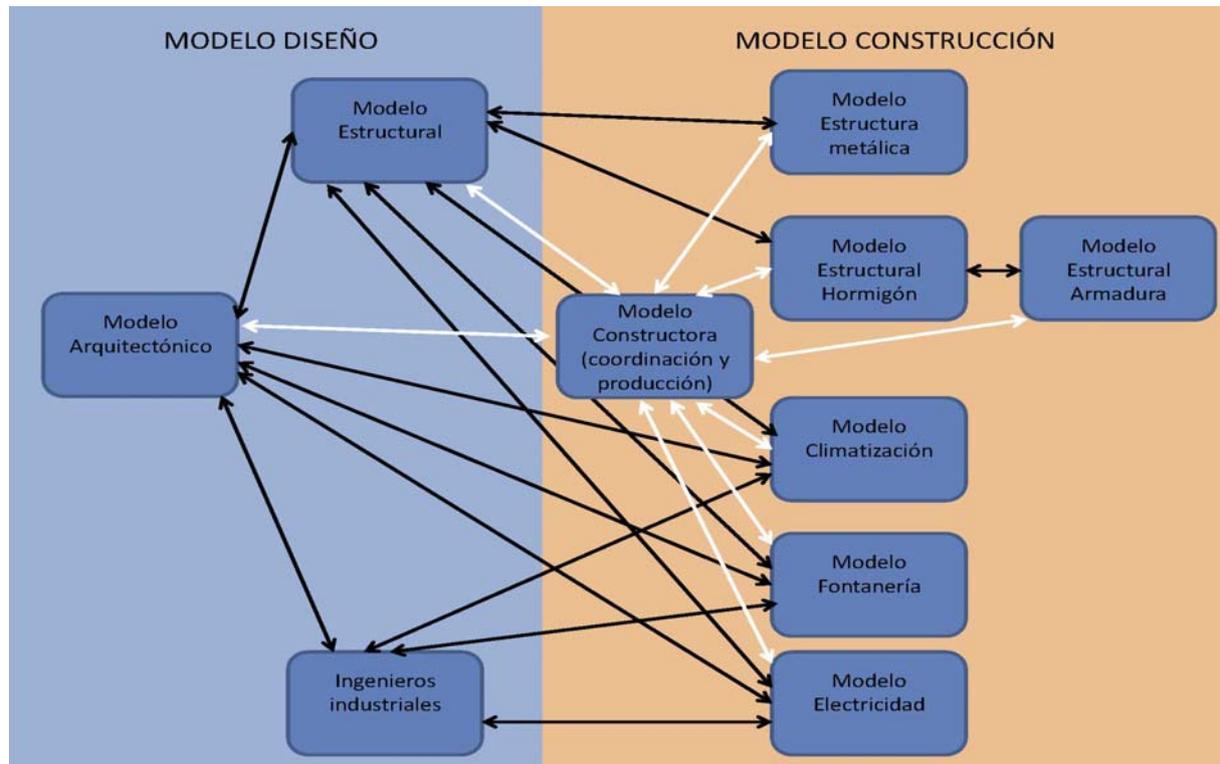


Fig 3: Relación entre los distintos modelos de trabajo. Ayats 2014

#### 2.4. Resolución de problemas del equipo de gestión integrada (IPD)

El proyecto se encuentra todavía en fase de diseño y las subcontratas ya participan en el proyecto sabiendo que serán ellos los que construirán el proyecto de ahí que el modelo que están desarrollando serán sus *shop drawings*, es decir los dibujos que utilizarán para fabricar. De ahí que, este modelo informe a los modelos de diseño que van a ser enviados para aprobación, pudiendo llegar en algunas subcontratas a sustituirlos, por ejemplo, será el modelo de la subcontrata de la construcción de climatización y fontanería la que se mande para ser aprobada por el OSHPD.

La identificación de un problema en un equipo de gestión integrada puede venir de cualquiera de los agentes que participan en el proyecto. Normalmente son los delineantes de las subcontratas o el coordinador BIM los que suelen localizar primero los problemas de diseño. Cuando uno de los agentes localiza un problema y necesita de otros miembros del equipo, se pone en contacto directamente con el/los principales afectados e informa a los afectados de segundo orden. Durante la semana se tienen reuniones para resolver estos problemas. En un proyecto de las dimensiones del CHH las reuniones se realizan por equipos de trabajo.

En un principio los problemas, colisiones o peticiones de cambio pueden pertenecer a dos grupos. Se distingue entre cuestiones menores y mayores. Las menores son aquellas que pueden resolverse directamente. Por ejemplo: *"la subestructura auxiliar que sujeta mi conducto de ventilación debe ser más grande."* Las cuestiones mayores necesitan una más

discusión: *“una tubería que atraviesa la puerta de un almacén, por donde pasamos los conductos eléctricos temporales,…”* estos se resuelven en la reuniones semanales en presencia del equipo IPD.

La planificación semanal de reuniones habitual es la siguiente:

1. Los lunes se resuelven los problemas que principalmente afectan a la estructura, el equipo estructural se reúne y se discuten los temas que afectan únicamente a estructura y a que sea construible.
2. Los martes se resuelven los problemas que afectan a todos: arquitectos, ingenieros estructurales, ingenieros industriales, empresas de instalaciones.
3. Los miércoles se resuelven los problemas que afectan sólo a la envolvente exterior.
4. Los martes y jueves se reúnen las empresas de instalaciones, para resolver todos los problemas entre ellas, al tratarse de un hospital, las instalaciones suponen gran parte del proyecto.

Pasos que se siguen cuando los delineantes mecánicos encuentran un problema:

- 1) Toman una imagen o guardan un “viewpoint” en Navisworks
- 2) Informan a los afectados
- 3) Documentan el problema
- 4.1) Si el problema se puede resolver directamente se resuelve
- 4.2) Si no, se pone en la agenda para la reunión correspondiente.

Las soluciones se toman en consenso. En las reuniones se revisan uno a uno todos los problemas. La persona que ha encontrado el problema lo expone y describe posibles soluciones. El equipo debate la mejor solución. El hecho de que se trate de un equipo de gestión integrada promueve la libertad de intercambio de opiniones, en las reuniones no hay rango. Cualquiera puede exponer un problema o una solución y nadie puede imponer su voluntad mediante la autoridad. En general los problemas encuentran una rápida y sólida solución, pero hay casos en los que el moderador y el equipo han de mediar y tomar la solución más adecuada para todos. Al ser un tipo de contrato IPD donde la gestión económica es pública y abierta para los participantes, si el problema no encuentra una solución rápida se analizan los costes de las posibles soluciones y es el equipo quien en consenso, decide y evalúa la solución optima para el equipo.

Además, el hecho de que todo el equipo se encuentre físicamente en el mismo durante casi toda la semana hace que la mayoría de problemas se solucionen antes de llegar a la reunión. Además, existe una predisposición positiva a ayudar a las otras empresas por dos motivos:

1. existe una relación personal entre las distintas empresas y
2. todos buscan la solución más económica para el proyecto.

De otro modo las empresas irían en contra de su propio beneficio, todo ello propicia el intercambio rápido de información.



Fig 4: Sala de reuniones ubicación actual de las oficinas.

Aun así, dada la envergadura del proyecto y el riesgo que supone todo cambio, o propuesta de cambio, queda documentada. La documentación consta de fecha en la que se informa del problema a los afectados, breve descripción, imagen, localización según coordenadas en el proyecto (en “x”, “y” y “z”), respuesta y persona responsable de la respuesta. Esto es así porque de momento estamos trabajando sobre documentos que no han sido aprobados todavía. En cuanto tengamos un proyecto aprobado, el procedimiento será distinto y habrá que analizar los cambios con mayor detenimiento, puesto que deben ser aprobados por la institución correspondiente.

Si no existe unanimidad o hay empresas trabajando incorrectamente del modelo, la información no fluye de vuelta con lo que los detalles de conexión no coinciden entre subcontratas, esto ha ocurrido en uno de los equipos de trabajo pero la resolución de este problema no se va a tratar en este artículo.

### 3 CONCLUSIONES

Tras el análisis de las entrevistas y experiencias vividas en persona por los autores, estos presentan estas conclusiones:

1. IPD crea un entorno laboral que favorece la colaboración entre los distintos agentes que participan en el proyecto y BIM, dentro del contexto de la filosofía Lean y de la metodología IPD, es una herramienta capaz de apoyar dicha integración.
2. El tipo de contrato y la ubicación física integrada del equipo IPD generan un ambiente capaz de eliminar barreras, crear la confianza y desarrollar un equipo de trabajo formado por distintos agentes de diferentes disciplinas y empresas, que serán capaces de construir el modelo virtual diseñado.
3. Para poder construir el modelo virtual todos los agentes que participan en el proyecto deben sentirse responsables de su trabajo y creer en el éxito del mismo sin excusas. Se ha visto como un contrato IPD posibilita la creación de este tipo de entorno.
4. El equipo IPD ha sido capaz de generar un proceso para tener modelos de diseño y de construcción perfectamente coordinados que se retroalimentan. Los distintos modelos son capaces de cambiar y seguir estando coordinados. Es más, las distintas

empresas aportan valor y conocimientos con lo que todos los agentes se sienten responsables de su trabajo y el proyecto se optimiza en su conjunto.

5. También el artículo estudia como el equipo IPD, ha sido capaz de transformar un modelo de diseño en un modelo construible, tras realizar un análisis de la si es factible la construcción del modelo virtual de diseño; y como la información es capaz de volver a los diseñadores (arquitectos e ingenieros) para mejorar y optimizar la construcción del edificio.
6. Además, se ha analizado como es la resolución de problemas en un equipo de gestión integrada (IPD). El equipo IPD ha desarrollado un proceso capaz de resolver los problemas encontrados en el modelo virtual, de una forma colaborativa y sin imponer la voluntad de nadie por autoridad. La resolución conjunta y en consenso fortalece el sentimiento de pertenencia de los distintos agentes sobre el proyecto.
7. Por último, los autores quieren reflejar su opinión concordante con el director del proyecto presentado cuando en una entrevista comenta a tenor de Lean Construction, IPD y BIM: “Esto no es una revolución, esto es una evolución”

#### 4 REFERENCIAS

- [1] Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). Metodología de la Investigación.(Cuarta edición) Editorial Mc Graw Hill Interamericana.
- [2] Cerveró-Romero, F. (2010) Lean construction: nueva filosofía de gestión en la construcción española. (Trabajo Final de Master de la Universitat Politècnica de Valencia)
- [3] Liker, J. K. (2004). The toyota way. Esensi.
- [4] Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction* (No. 72). (Technical Report No. 72, Center for Integrated Facility Engineering, Department of Civil Engineering). Stanford, CA: Stanford university.
- [5] Krafcik, J. F. (1988). Triumph of the lean production system. *Sloan management review*, 30(1), 41-51.
- [6] Howell, G. A. (1999, July). What is lean construction-1999. In *Proceedings IGLC* (Vol. 7, p. 1).
- [7] Lean Construction Institute (web visitada en 2014) What is Lean Design and Construction <http://www.leanconstruction.org>

- [8] Lichtig, W. A. (2005). Sutter health: Developing a contracting model to support lean project delivery. *Lean Construction Journal*, 2(1), 105-112.
- [9] <http://www.aia.org/contractdocs/AIAS076706> (Visita 2014)
- [10] Ballard, G. (1997). Lean construction and EPC performance improvement. *Lean construction*, 79-91.
- [11] Ballard, G., & Howell, G. A. (2003). An update on last planner1. In Proc., 11th Annual Conf., International Group for Lean Construction, Blacksburg, VA.
- [12] Ballard, H. G. (2000). The last planner system of production control (Doctoral dissertation, the University of Birmingham).
- [13] Adamu, I., & Howell, G. (2012). Applying Last Planner in the Nigerian Construction Industry. *Proceedings IGLC20. 2*, pp. 731-740. San Diego: Montezuma Publishing.
- [14] Cerveró-Romero, F., Napolitano, P., Reyes, E., Teran, L. (2013) LAST PLANNER SYSTEM® AND LEAN APPROACH PROCESS®: EXPERIENCES FROM IMPLEMENTATION IN MEXICO *Proceedings IGLC- 21 Fortaleza, Brasil*
- [15] Itri Conte, A. (2002). Lean construction: from theory to practice. *Proceedings IGLC-10* (p. 9). Gramado: Proceedings IGLC-10.
- [16] Johansen, E., & Porter, G. An experience of introducing last planner into a UK construction Project. *Proceedings of the 11th Annual conference International Group for Lean Construction* (p. 7). Virginia
- [17] Alarcón, L., Diethelm, S., Rojo, O., & Calderón, R. (2005). Assessing the impacts of implementing Lean Construction. *Proceedings IGLC-13* (pp. 387-393). Sydney
- [18] Hamzeh, F. R., Ballard, G., & Tommelein, I. D. (2009). Is the Last Planner System applicable to design?—A case study. In Proc., 17th Annual Conf. of the Int. Group for Lean Construction (IGLC-17).
- [19] Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M. (2013). The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31(7), 971-980.
- [20] Liker, J. K. (2004). *The toyota way*. Esensi.
- [21] Hernández, H. Penttilä (2006), Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression, *ITCON 11* (Special Issue The Effects of CAD on Building Form and Design Quality), 2006, pp. 395–408.

<b>TÍTULO</b>	MODELADO CONCEPTUAL EN TABLETAS DIGITALES COMO PRIMERA ETAPA EN EL CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO BIM
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	3.6 Adaptación de Flujos de Trabajo
<b>AUTOR / ES</b>	Jorge DE LA TORRE CANTERO Jose Luis SAORÍN PÉREZ Norena MARTÍN DORTA Iván GUERRA BARROSO
<b>INSTITUCIÓN</b>	Universidad de La Laguna Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura
<b>DIRECCIÓN</b>	Avda. Ángel Guimerá Jorge s/n
<b>E-MAIL</b>	jcantero@ull.edu.es
<b>TELÉFONO</b>	618 108 327
<b>FAX</b>	922 319 870

## MODELADO CONCEPTUAL EN TABLETAS DIGITALES COMO PRIMERA ETAPA EN EL CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO BIM

**De la Torre Cantero, Jorge (1), Saorín Pérez, Jose Luis (2), Martín Dorta, Norena (3), Guerra Barroso, Iván (4)**

- (1) Universidad de La Laguna, Dpto. de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura, jcantero@ull.edu.es,
- (2) Universidad de La Laguna, Dpto. de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura, jlsaorin@ull.edu.es,
- (3) Universidad de La Laguna, Dpto. de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura, nmartin@ull.edu.es,
- (4) Modelador y formador BIM, autor del blog BIMlevel, La Laguna, ivanguerra@bimlevel.com

### RESUMEN

La primera etapa del ciclo de vida de un proyecto BIM puede ser un boceto a mano sobre papel realizado fuera del estudio. Estos bocetos, necesitan convertirse en modelos digitales haciendo uso de herramientas de modelado conceptual que se integrarán en los entornos BIM. Las tabletas digitales permiten realizar el mismo tipo de dibujo a mano en un medio digital. Sin embargo, existen aplicaciones que permiten realizar un tipo de bocetado conceptual directamente en tres dimensiones. Una de ellas, Autodesk Formit, está pensada para las primeras etapas de diseño en el ciclo de vida de un proyecto BIM. Por un lado se pueden modelar en 3D formas arquitectónicas de manera muy natural e intuitiva y por otro lado los modelos diseñados pueden conectarse de forma directa con Autodesk Revit y a través de formatos neutros de intercambio con otras aplicaciones BIM. En este artículo se describe el proceso de creación de un modelo BIM en Revit a partir de bocetos 3D realizados con Formit. Estas características permiten implementar con éxito un proceso, que de manera ubicua y sin perder la libertad de creación inicial, consigue con mucha eficacia integrar esta etapa en el ciclo de vida de un proyecto BIM.

**Palabras clave:** BIM, Ciclo de vida de un proyecto, Diseño Ubicuo, Modelado Conceptual, Tablet as Digitales.

### 1 INTRODUCCIÓN

Con la aparición de las tabletas digitales en el año 2010, se dispone de un dispositivo móvil que permite su utilización para la gestión de la representación gráfica en arquitectura. Estos dispositivos pueden ser un complemento perfecto al uso del papel en las dinámicas de trabajo en los estudios de arquitectura.

Las tabletas digitales, en cierta medida, combinan las ventajas de un ordenador portátil y las de un dispositivo móvil tipo PDA o teléfono. Dotadas de tecnología multitáctil permiten otra forma de interactuar con los softwares gráficos. Movilidad, posibilidades gestuales, interacción tridimensional son nuevos aspectos a analizar en las aplicaciones de dibujo para tabletas. Sus características de peso, tamaño de pantalla, autonomía de batería, velocidad de encendido y apagado, conectividad, su gran profusión en aplicaciones específicas a bajo

coste y la inmensa facilidad de adquirirlas e instalarlas pueden convertirlas en herramientas muy adecuadas para la arquitectura.

Por otro lado, en estos últimos años, en el ámbito de proyectos arquitectónicos se han consolidado diferentes plataformas BIM que están suponiendo un nuevo paradigma en los entornos de arquitectura e ingeniería. En el año 2012 aparecen herramientas concebidas para conectar las tabletas digitales con los entornos BIM. Estos nuevos entornos de trabajo que incluyen las tabletas y los espacios en la nube permiten realizar de manera ubícua la fase inicial de modelado conceptual de un proyecto BIM.

## **2 ANTECEDENTES**

La fase conceptual de un proyecto parte de una idea genérica que luego se concreta y desarrolla posteriormente. Tradicionalmente, esta fase de concepto se realizaba mediante bocetado a lápiz y papel. Con la irrupción de las tecnologías digitales, en una primera etapa, estas herramientas permitieron a muchos profesionales, realizar este trabajo mediante ordenadores y digitalizadoras tipo Wacom. El Tablet PC de Microsoft es el primer producto que permitía fusionar el ordenador y una digitalizadora en el mismo equipo. Algunas empresas como por ejemplo Nemeschek con su “oficina móvil para el arquitecto” [1], ofrecían soluciones profesionales para arquitectura adaptadas a estas tecnologías. Estas soluciones de hardware y software basadas en Tablet-PC eran muy caras, pero la potencialidad de estas propuestas las hacía muy interesantes tanto en uso profesional como en el académico [2], [3], [4].

A pesar del interés despertado por estas soluciones táctiles, nunca llegaron a implantarse de manera masiva en entornos de arquitectura. Es ahora, con la aparición de las tabletas digitales, a precios asequibles y con nuevas funcionalidades, que se está permitiendo generalizar la digitalización en la etapa inicial de diseño conceptual de un proyecto arquitectónico.

### **2.1 Modelado 3D Conceptual**

El modelado 3D es una tecnología con un recorrido de más de 30 años, que en un principio está asociado a los entornos de desarrollo CAD para ingeniería [5]. Aunque el uso de aplicaciones CAD se generaliza en la década de los 70, el modelado 3D aparece en el mercado en la década de los 80.

La evolución del modelado 3D va unida al desarrollo tecnológico de los ordenadores tanto en hardware como en software [6]. A partir de los 90 deja de ser una tecnología exclusivamente para su uso en arquitectura e ingeniería y se introduce paulatinamente en otros sectores como la industria del cine y del video-juego.

A partir del año 2000, fruto de investigaciones de programas de bocetado por ordenador y reconstrucción geométrica [7], aparece un nuevo tipo de aplicaciones comerciales de modelado 3D cuyas principales características son la sencillez de su uso y una política de

precios accesible. Dentro de este tipo de herramientas destaca SketchUp, que fue adoptado por muchos profesionales como un entorno de modelado 3D conceptual. Algunos entornos BIM, como por ejemplo Archicad, adoptaron SketchUp como entorno conceptual, diseñando plugins específicos para su conexión con su entorno de proyecto [8].

En noviembre de 2012 aparece Autodesk Formit, la primera herramienta de modelado 3D conceptual para tabletas digitales (disponible para iOS y Android). Esta aplicación se puede considerar el “SketchUp para tabletas digitales”, dadas sus características similares en cuanto a sencillez y precio. En un estudio preliminar donde se realizó una comparativa entre SketchUp y Formit se ha comprobado que ambas aplicaciones son muy bien valoradas por los usuarios para crear modelos 3D [9]. A lo largo del desarrollo de las diferentes versiones de Formit (actualmente la 6.1 para iOS y la 1.2 para Android), esta aplicación ha ido mejorando su integración con entornos BIM sin perder todas las opciones de movilidad que ofrecen las tabletas digitales.

## 2.2 Tablet as Digitales

Con la aparición de las tabletas digitales con tecnología multitáctil, surge otra forma de interactuar con los softwares gráficos. Movilidad, posibilidades gestuales, interacción tridimensional son nuevos aspectos destacables en las aplicaciones de dibujo para estos dispositivos. Las tabletas digitales combinan las ventajas de un ordenador portátil y las de un dispositivo móvil tipo PDA o teléfono.

La idea de una tableta digital no es nueva. En 1968 Alan Kay (XEROX-PARC) diseñó una de ellas, denominada Dyanabook [10], que nunca se fabricó a pesar de llegar hasta la fase de prototipo. En el año 93 aparece el primer modelo de tableta digital que llegó al mercado. Fue el Apple Message Pad, más conocido como Newton, que tuvo muy poca implantación en el mercado. Durante casi una década el mundo de los dispositivos portátiles táctiles estuvieron dominados por las PDA’s donde la empresa Palm era la líder del mercado. En el año 2001 Microsoft presenta en el evento Comdex diversos prototipos de Tablet’s Pc, usando el nuevo Windows XP-Tablet PC Edition.

En el año 2010 Apple pone a la venta una tableta digital, el Ipad, que aprovechaba la experiencia de la empresa con los dispositivos móviles táctiles que ya tenía en el mercado (el iPhone, el iPod Touch). El éxito de estos dispositivos no solo se debe a la combinación de hardware y software: la creación de una tienda virtual de aplicaciones (Apple Store) demostró ser un claro acierto al ofrecer al usuario un gran número de aplicaciones para el iPad, iPhone y/o iPod Touch a precios populares (muchas incluso gratuitas) que se descargan por internet desde el dispositivo.

Desde el año 2011 existen otros modelos y marcas de tabletas digitales, muchas de los cuales utilizan el sistema operativo Android y también disponen de una tienda en línea de aplicaciones. Las tabletas digitales y los teléfonos inteligentes (smartphone) son actualmente los sectores de mayor crecimiento en el sector de la informática.

### 3 MODELADO 3D CONCEPTUAL CON AUTODESK FORMIT

Formit permite realizar modelado 3D con muy poca instrucción, siendo la principal operación de modelado la extrusión de caras planas. Permite realizar operaciones booleanas, así como las principales transformaciones geométricas (giros, desplazamientos, escalado...), para la creación de volúmenes de una manera rápida y eficaz.

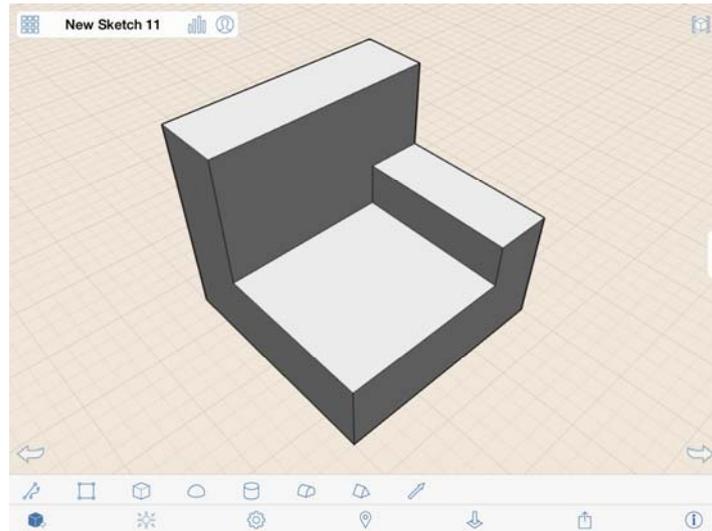


Fig 1. Entorno de modelado 3D en Autodesk Formit . 2014. Fuente propia

Al igual que SketchUp y otras aplicaciones de modelado dirigidas al mundo de proyectos arquitectónicos, Autodesk Formit permite la posibilidad de geoposicionar el modelo. Sin embargo, esta aplicación está diseñada para conectarla con el entorno BIM de Autodesk (Revit), por ello desde un inicio se pueden introducir otros parámetros relacionados con un proyecto arquitectónico como por ejemplo el tipo de edificación, niveles y su ocupación.

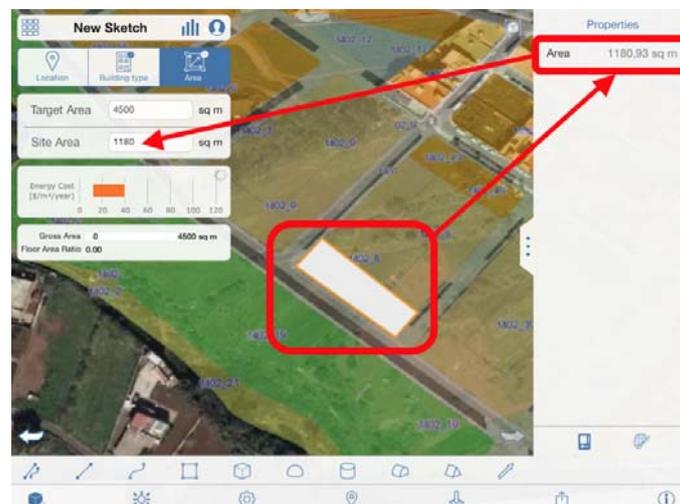


Fig 2. Parámetros iniciales en Autodesk Formit . 2014. Fuente propia

Una vez añadidos los parámetros iniciales del proyecto se procede a modelar el diseño conceptual, utilizando para ello las herramientas de la aplicación.

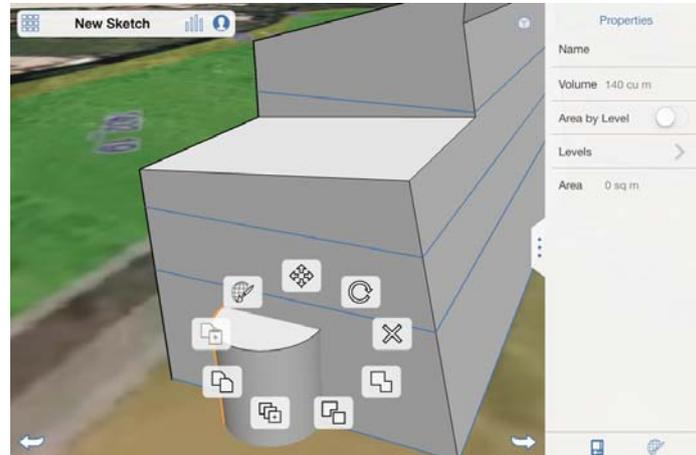


Fig 3. Diseño conceptual en Autodesk Formit . 2014. Fuente propia

En esta fase de diseño, debido al posicionado del modelo, se pueden realizar estudios preliminares de sombras y consumo energético. De esta manera el diseño conceptual permite ir más allá del modelo geométrico. Por ello, se puede considerar que Formit es un recurso más de un entorno BIM.

#### 4 INTEGRACIÓN CON AUTODESK REVIT

Una vez creado el modelo, hay que guardarlo para llevarlo a un entorno BIM. Formit permite exportar en formato .sat y formato .rvt. En la práctica, la principal diferencia entre estos dos formatos es que Revit reconoce los niveles en el formato .rvt y, como todos lo otros programas BIM, no lo hace con el archivo .sat, por lo que tendríamos que crearlos de nuevo. Esta exportación se realiza a través de la nube de Autodesk (Autodesk 360).

Por lo tanto, para abrir el modelo desde Autodesk Revit, se descarga el fichero .rvt (.sat para cualquier otro entorno BIM) desde el navegador web, accediendo a la cuenta de Autodesk 360. Al abrir el fichero .rvt, Revit reconoce el modelo como un objeto de masa en el que se reconocen los suelos creados y los niveles correspondientes. Este objeto de masa es editable como cualquier objeto creado en el entorno conceptual de Revit.

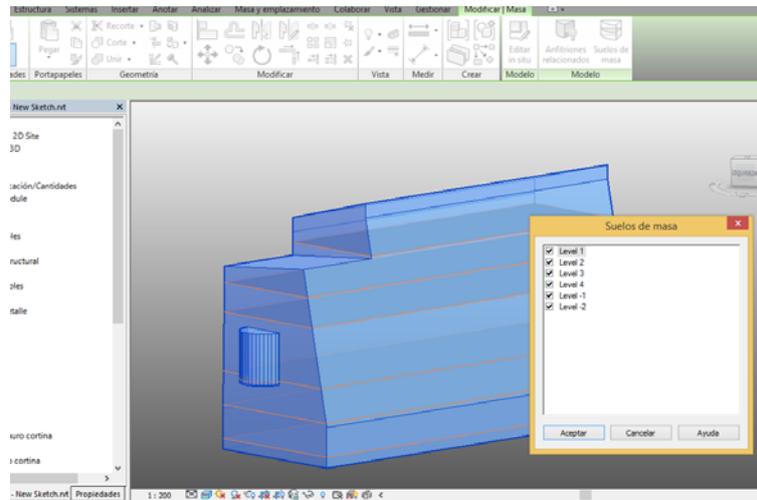


Fig 4. Importación del modelo conceptual a Autodesk Revit . 2014. Fuente propia

Este modelo de masa podrá ser incorporado al entorno de proyectos de Revit, donde se podrá concretar y desarrollar el modelo, o abrir en Autodesk Vasari para realizar diversos análisis y simulaciones energéticas (radiación solar, consumo de carbono, vientos,...).

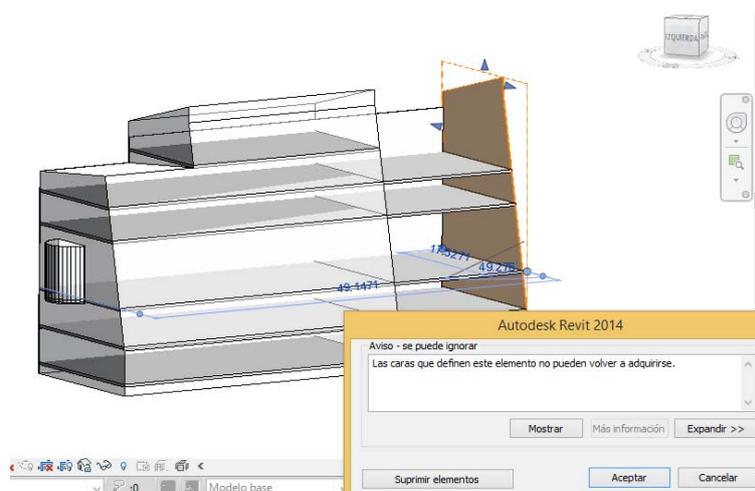


Fig 5. Elementos constructivo en Revit a partir del modelo conceptual . 2014. Fuente propia

## 5 CONCLUSIONES

La principal conclusión obtenida de este trabajo es que se puede iniciar el flujo de trabajo de un proyecto BIM a partir de un boceto conceptual realizado en una tableta digital. Por lo tanto, sigue siendo posible concebir en su fase inicial un proyecto arquitectónico de manera ubicua, desde cualquier lugar, con comodidad y rapidez, de manera similar a la que se puede realizar con procesos de bocetado tradicionales. Todo esto con el valor añadido de poder realizar análisis previos (sombras, áreas, consumos...) desde la tableta digital, para en una siguiente fase integrar el diseño inicial con los entornos de proyectos BIM.

## 6 REFERENCIAS

- [1] Autocad Magazine. (2004). *Nemetschek presenta la oficina móvil para arquitectura. Autocad Magazine, vol. 94, 6-7.*
- [2] Redondo Domínguez, E. (2010). *Dibujo digital. Hacia una nueva metodología docente para el dibujo arquitectónico. Un estudio de caso. Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, no. 38, 91-104.*
- [3] Redondo, E., & Santana, G. (2010). *Metodologías docentes basadas en interfases táctiles para la docencia del dibujo y los proyectos arquitectónicos. Arqitekturarevista, vol. 6, no. 2, 90-105.*
- [4] Redondo, E., Fonseca, D., Santana, G., & Navarro, I. (2012). *Alfabetización digital para la enseñanza de la arquitectura. Un estudio de caso. Arqitekturarevista, vol. 8, no. 1, 76-87.*
- [5] Bozdoc, M. (3 de Junio de 2003). *The History of CAD*. Recuperado el 5 de Febrero de 2014, de The History of CAD: <http://mbinfo.mbdesign.net/CAD-History.htm>
- [6] Del Caño, A., de la Cruz, M., & Solano, L. (2007). *Diseño, ingeniería, fabricación y ejecución asistidos por ordenador en la construcción: evolución y desafíos a futuro. Informes de la Construcción, vol. 59, no. 505, 53-71.*
- [7] Oh, J.-Y., Stuerzlinger, W., & Danahy, J. (2005). *Comparing SESAME and Sketching on Paper for Conceptual 3D Design*. 2ND EUROGRAPHICS WORKSHOP ON SKETCH-BASED INTERFACES AND MODELING. Dublín: The Eurographics Association.
- [8] Graphisoft. (1 de Enero de 2014). *SketchUp for Archicad*. Recuperado el 5 de Febrero de 2014, de Graphisoft: <http://www.graphisoft.com/downloads/addons/sketchup/index.html>
- [9] de la Torre Cantero, J. (2013). *Aplicación de Tecnologías Gráficas Avanzadas como elemento de apoyo a los procesos de enseñanza-aprendizaje del Dibujo, Diseño y Artes Plásticas*. Valencia: UPV.
- [10] Austin, T., & Doust, R. (2007). *Diseño de nuevos medios de comunicación*. Blume.

<b>TÍTULO</b>	MODELO AS-BUILT DE LA ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES DE LA UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA.
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	Casos de éxito de implantación BIM
<b>AUTOR / ES</b>	REYES RODRÍGUEZ, Antonio Manuel; MÉNDEZ FERNÁNDEZ, Francisco; CORTÉS PÉREZ, Juan Pedro, ÁLVAREZ BARRIO, Antonio; MANCHA LÓPEZ, Ángel; DEL AMO SÁNCHEZ, Jorge
<b>INSTITUCIÓN</b>	Escuela de Ingenierías Industriales Universidad de Extremadura
<b>DIRECCIÓN</b>	Avda. Elvas s/n 06006 Badajoz. ESPAÑA
<b>E-MAIL</b>	<a href="mailto:amreyes@unex.es">amreyes@unex.es</a>
<b>TELÉFONO</b>	656 288 853
<b>FAX</b>	924 289 601

## MODELO AS-BUILT DE LA ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES DE LA UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

**Autores: REYES RODRÍGUEZ, Antonio Manuel (1); MÉNDEZ FERNÁNDEZ, Francisco (2); CORTÉS PÉREZ, Juan Pedro (3); ÁLVAREZ BARRIO, Antonio (4); MANCHA LÓPEZ, Ángel (5); DEL AMO SÁNCHEZ, JORGE (6)**

- (1) Escuela de Ingenierías Industriales de Badajoz. Universidad de Extremadura. [amreyes@unex.es](mailto:amreyes@unex.es)
- (2) Escuela de Ingenierías Industriales de Badajoz. Universidad de Extremadura. [fmendez@unex.es](mailto:fmendez@unex.es)
- (3) Escuela Politécnica de Cáceres. Universidad de Extremadura. [jpcortes@unex.es](mailto:jpcortes@unex.es)
- (4) Escuela de Ingenierías Industriales de Badajoz. Universidad de Extremadura. [aalvarezet@alumnos.unex.es](mailto:aalvarezet@alumnos.unex.es)
- (5) Escuela de Ingenierías Industriales de Badajoz. Universidad de Extremadura. [amanchal@alumnos.unex.es](mailto:amanchal@alumnos.unex.es)
- (6) Escuela de Ingenierías Industriales de Badajoz. Universidad de Extremadura. [jdelamosq@gmail.com](mailto:jdelamosq@gmail.com)

### 1 INTRODUCCIÓN

En este trabajo se exponen una compilación de trabajos coordinados conducentes a divulgar la tecnología BIM y sus beneficios. Para ello, entre un grupo de estudiantes de distintas especialidades de ingeniería industrial, se ha modelado la Escuela de Ingenierías Industriales de Badajoz, perteneciente a la Universidad de Extremadura.

En una primera fase se levantó la arquitectura del edificio, contrastando los planos originales del proyecto con lo que realmente se ejecutó en obra. Otro trabajo hace lo propio con la estructura del edificio, que después se recalcula y se compara con lo ejecutado. Finalmente, un tercer trabajo se encarga de recoger en el modelo las instalaciones más importantes de este edificio, que también son cuestionadas con programas de cálculo específicos. Este grupo de proyectos se continuará en un futuro próximo con el proyecto eléctrico del edificio.

Finalmente, el modelo as-built del edificio se pretende después vincular a un software BIM que permita la gestión del mantenimiento del mismo. Los programas utilizados hasta ahora son REVIT, Lumion, ROBOT y CYPE.

**Palabras clave:** *Arquitectura, As-built, Estructura, Instalaciones, Mantenimiento*

### 2 CONTENIDO

#### 2.1 OBJETIVOS

A parte del carácter docente del trabajo, el principal objetivo del modelado BIM del edificio de la Escuela de Ingenierías Industriales de Badajoz es el de su futuro mantenimiento a lo largo de su ciclo de vida. Con este modelo también será más sencillo el estudio de decisiones para las posibles ampliaciones o reformas llevadas a cabo en la misma, como por ejemplo, los cambios de uso en las distintas dependencias o las particiones de aulas y laboratorios.

Otro objetivo de este modelado es la comprobación estructural y de las distintas instalaciones del edificio, obteniendo unas conclusiones sobre el actual estado del edificio.

Además, desde el punto de vista docente, esta serie de trabajos coordinados en BIM pretenden proporcionar criterios de cómo introducir paulatinamente la tecnología BIM en la formación de los alumnos de la Escuela de Ingenierías Industriales de Badajoz.

## 2.2 ANTECEDENTES

Para la modelización del edificio partimos del proyecto original del mismo. Debido a la envergadura del objetivo, se divide en cuatro trabajos independientes, pero coordinados, basándose dicha coordinación en algunos roles típicos de los proyectos BIM. Así, se divide el trabajo en cuatro subproyectos dedicados respectivamente a arquitectura, estructuras, instalaciones e instalación eléctrica. Del documento proyecto se extraen para cada parte memorias, mediciones y planos, que serán, junto al análisis del edificio construido, las fuentes de información para llevar a cabo el modelo as-built.

Se puede decir que algunos errores producidos a lo largo del levantamiento del edificio, se podrían haber solventado si se hubiera realizado el proyecto mediante la metodología BIM, como puede ser que uno de los ascensores no pudo ser instalado debido a la necesidad de un mayor patinillo de instalaciones en el edificio.

También, comentar que si existiera un modelo BIM de la Escuela, se podía haber llevado a cabo una buena reforma estructural en los nuevos despachos instalados y en las reformas de laboratorios, teniendo en cuenta las cargas estructurales y el acondicionamiento. A estos nuevos despachos habría que sumar las reformas en las aulas, instalando tabiques que no habían sido tenidos en cuenta en el proyecto original o al revés, eliminando tabiques que sí fueron tenidos en cuenta en el proyecto original.

La biblioteca, posee unas cristaleras orientadas al Este, que dificulta bastante el estudio de los alumnos colocados en las zonas próximas a ella durante las mañanas soleadas, algo que se podría solucionar si se hubiera realizado un estudio solar mediante un modelo BIM

En cuanto a auditoría energética se refiere, se detecta que, algunas de las dependencias que anteriormente se ha dicho que han sido divididas, disponían de climatización diseñada para un volumen determinado, con lo que, al realizar estos cambios quedarían dichas dependencias sobredimensionadas o infradimensionadas. En cualquier caso, mal optimizadas. Un caso claro es, por ejemplo, el salón de actos del centro, el cual disponía de dos plantas y en la actualidad se ha reducido a una única planta, adaptando la planta superior para una sala multifuncional.

Por otro lado, muchas aulas se han visto implicadas en aumentos o disminuciones de su ocupación, influyendo esto en la eficacia de sus instalaciones, como distancias a extintores, elementos de climatización, circuitos de iluminación, etc.

## 2.3 METODOLOGÍA

El software utilizado para la modelización del edificio ha sido Autodesk Revit 2014, el cual es un software BIM en el que se encuentran implementadas las versiones “Arquitectura”, “Estructuras” y “Sistemas”:

- Módulo “Arquitectura” (Architecture): sirve para la modelización estructural de un edificio sin tener en cuenta aspectos puramente estructurales y de instalaciones [1].
- Módulo “Estructura” (Structure): este módulo tiene la misión del modelado de la estructura del edificio con la posibilidad de la exportación a programas de cálculo de estructuras como pueden ser Robot, CYPE y otros que puedan leer modelos IFC [2].
- Módulo “Sistemas” (MEP): su función es la del modelo de instalaciones de saneamiento, fontanería, aire acondicionado, seguridad en el caso de incendio, electricidad e iluminación [3].

Como se ha dicho, los tres módulos se encuentran ya aunados en el mismo programa, algo que en versiones anteriores no ocurría, siendo antes tres programas distintos.

En primer lugar, se modeló el edificio en términos puramente arquitectónicos, con muros, suelos, muros cortina, carpintería, decoración y mobiliario básico. Para este primer modelo se utilizó la plantilla arquitectónica que nos facilita Autodesk REVIT preconfigurada para llevar a cabo dicho proyecto arquitectónico.

Una vez terminado este modelo, se ha tomado como Archivo Central o *Master Model* y a partir de este, se han realizado tanto el proyecto estructural como el de instalaciones viéndose modificadas los cambios estructurales y de las instalaciones en el Archivo Central.

Para llevar a cabo esta trabajo, el Archivo Madre ha sido “linkeado” a cada una de las plantillas necesarias, es decir, por un lado la estructural y por otro la mecánica (MEP).

Con esto lo que buscamos es que no se pueda modificar nada de cómo está construido actualmente el edificio, y en caso de que buscáramos en el Master Model una modificación del mismo, que se enteren instantáneamente todos aquellos que están trabajando sobre el proyecto.

La función de *BIM Manager* es llevada a cabo a su vez, por los encargados de realizar la estructura y las instalaciones, que se encargan de linkear los distintos archivos intermedios y subproyectos con el Master Model.

El principal objetivo de esta cooperación es que en el proyecto estructural y MEP no se produzcan coincidencias que se traducen en problemas en obra y un seguro aumento del costo.

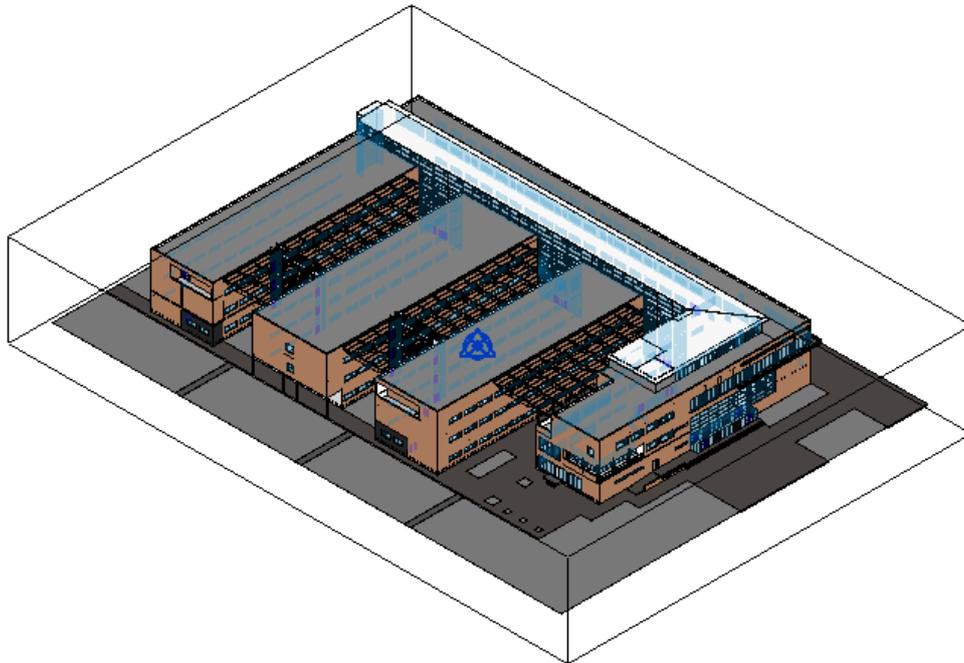


Figura 1. *Master Model*. 2014. Fuente propia.

## 2.4 MODELADO ARQUITECTÓNICO

Como se ha dicho anteriormente, el modelo arquitectónico es el primero en realizarse, sirviendo como plantilla para el resto de modelos llevados a cabo.

Este modelo arquitectónico, ha sido llevado a cabo mediante la plantilla arquitectónica del software utilizado. En él se dimensionan los distintos elementos propios de la arquitectura del edificio, como son los suelos, muros, muros cortinas, ventanas, escaleras, puertas y se colocan pilares como referencias, pero estos serán los utilizados en el proyecto estructural.

Para el levantamiento del edificio, se parte de la creación de las plantas del edificio y a partir de esto, el modelado planta por planta del mismo, empezando por el sótano y acabando por la cubierta.

Las familias que hagan falta y que no estén en la biblioteca del software utilizado, se tendrán que modelar y parametrizar, como puede ser la familia creada para la estructura metálica que se utiliza para evitar el sol [4].

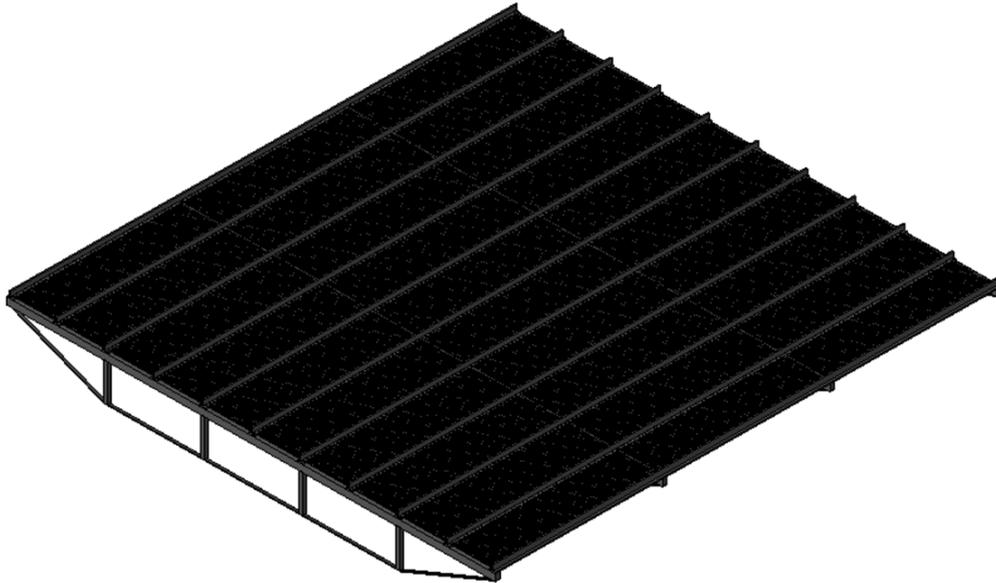


Figura 2. Familia Pérgola Metálica. 2014. Fuente propia.

De este modelado se pueden obtener ya todos los planos de alzados y secciones que sean necesarios.

## 2.5 MODELADO ESTRUCTURAL

Para la realización del modelo estructural, partimos de la plantilla estructural de Autodesk Revit, la cual tuvo que ser ligeramente modificada en función de las necesidades concretas de este proyecto. A esta plantilla, se “linkea” el edificio arquitectónico del Master Model. A este archivo le denominamos “Archivo Intermedio Estructural” y a él solo tiene acceso el alumno encargado del modelado estructural.

Para un eficiente modelado, se ha subdividido el edificio en cuatro subproyectos, coincidentes con los cuatro módulos en que se compone la Escuela de Ingenierías Industriales de Badajoz. Esto ha supuesto modificar la plantilla estructural levemente, pero ha permitido una mejor eficiencia de los recursos disponibles, ahorrando tiempo y facilitando el trabajo.

Para llegar a este punto, y con el edificio ya “linkeado” con el Master Model, se realizan los subproyectos con el fin de que cada elemento esté asociado a cada uno de los edificios y así poder trabajar sobre estos subproyectos de manera independiente, aumentando además la rapidez de respuesta de los muy sufridos equipos informáticos. Estos cuatro subproyectos estarán siempre sincronizados con el archivo llamado Archivo Intermedio Estructural y este a su vez “linkeado” con el Master Model [5].

Teniendo en cuenta las limitaciones en cuanto a las familias de las que se dispone por defecto en el programa, se han tenido que crear familias para cada uno de los diferentes elementos con los cuales está construido el edificio, como son zapatas, encepados, pilotes, muros de cimentación, pilares metálicos, pilares de hormigón, una cubierta metálica.

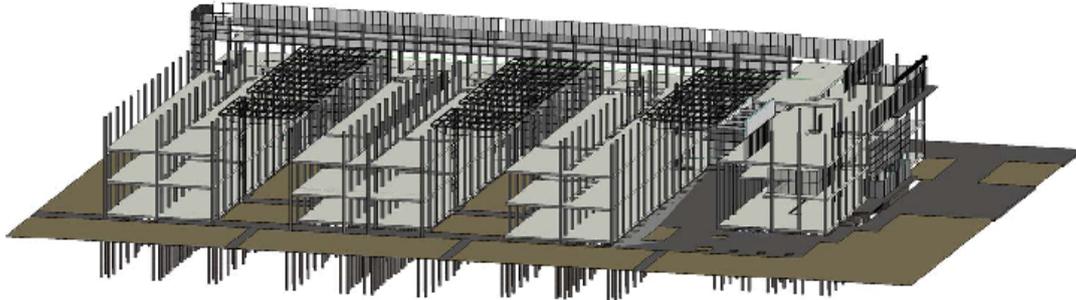


Figura 3. Modelo 3D Estructura. 2014. Fuente propia.

## 2.6 MODELADO MEP

Por último, se lleva a cabo el modelado de las distintas instalaciones del edificio siguiendo un procedimiento similar.

Este modelado se lleva a cabo mediante la plantilla mecánica de Autodesk Revit 2014 denominándose “*Archivo Intermedio MEP Central*”. Este archivo estará “linkeado” al denominado anteriormente *Master Model* con el objetivo de que se actualicen los diversos cambios llevados a cabo en él por el *BIM Manager* en el proyecto de instalaciones anteriormente citado. A su vez, el *Master Model* estará “linkeado” al *Archivo Intermedio MEP Central* para que se actualicen en el mismo el modelado de instalaciones. Por lo tanto, se produce un flujo bidireccional de información entre el *Master Model* y el *Archivo Intermedio MEP Central*, lo que permite que todos los que están involucrados en esta parte del modelado se enteren de todos los cambios llevados a cabo sin tener que moverse del archivo de la disciplina que le corresponda.

A su vez, el *Archivo Intermedio MEP Central*, se divide en subproyectos según las diversas instalaciones modeladas.

Por ejemplo un subproyecto se denomina *SANEAMIENTO* y en él se incluye todo lo referido a las instalaciones de saneamiento del edificio, es decir, arquetas, pozos de registros, bajantes y otros elementos de saneamiento unidos mediante tuberías según indican los planos del proyecto original contrastando en la medida posible con lo observado en el edificio construido.

Otro subproyecto se denomina *FONTANERÍA* y en él se incluyen todos los elementos y conductos respectivos al abastecimiento de agua fría y agua caliente del edificio.

También, se crea un subproyecto al que se llama *HVAC* en el que se incluyen todos los conductos y equipos necesarios para la instalación de climatización del edificio.

Por último, para la instalación contra incendios, se crea un subproyecto denominado *INCENDIOS* donde aparecen todos los equipos necesarios para esta instalación.

En estos tres subproyectos, se obtiene la información de la misma forma que el subproyecto **SANEAMIENTO**.

En un futuro inmediato, se creará otro subproyecto para el modelado de la instalación eléctrica del edificio.

En estas instalaciones modeladas, no podemos obtener todas las familias de la biblioteca de Autodesk Revit, por lo que habrá que modelarlas y parametrizarlas, como se puede observar en la siguiente figura adjunta.

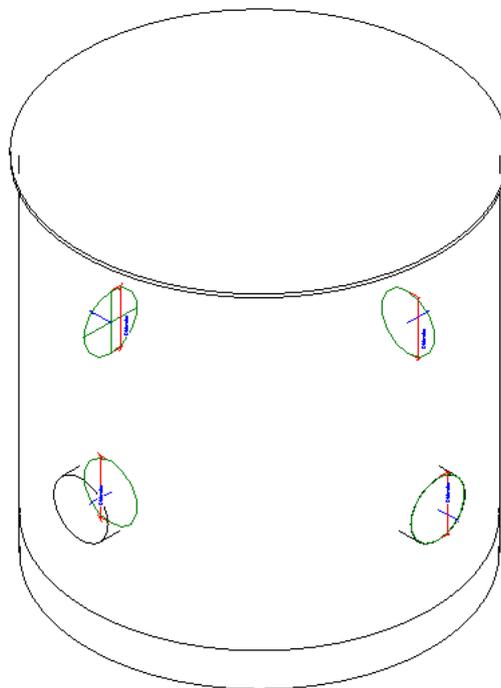


Figura 4. Familia MEP. 2014. Fuente propia.

Por otro lado, también se obtienen familias de la biblioteca de Autodesk REVIT 2014 o de las diversas comunidades de usuarios de este software en internet.

El modelado de estas instalaciones no es para un fin estético, sino desde un punto de vista ingenieril, analítico, algo que debe ser evaluado y cuyo plan de mantenimiento debe estar asociado a cada familia aplicada al proyecto.

## 2.7 RESULTADOS

El resultado de este proceso es la obtención de un modelo BIM completo de la Escuela de Ingenierías Industriales de Badajoz para su futura gestión del mantenimiento, ya sea correctivo, preventivo o predictivo.

Este modelo es además una gran herramienta para abordar cualquier reforma que requiera el edificio. Al estar modelado en su totalidad en un programa BIM, es sencillo obtener en cualquier momento cualquier información gráfica o documental del mismo, permitiendo actuaciones que estimen estructuralmente las capacidades del edificio y las instalaciones de cada una de sus estancias.

Este estudio ha ofrecido también un nutrido informe de disconformidades entre lo proyectado y lo construido, lo que es bastante interesante para demostrar las ventajas del BIM frente a la tecnología convencional del “Corta y pega”.

Si el edificio no se hubiera construido aún, estamos seguros de que se podrían haber negociado mejor los intereses del promotor, a un menor coste para el contratista y se hubiera podido invertir bastante menos tiempo en su ejecución.

## 3 CONCLUSIONES

Como conclusiones, podemos decir que:

- El sistema BIM es una forma de trabajar nueva e innovadora, que inevitablemente terminará desterrando a la tecnología tradicional de la construcción.
- Al ser una tecnología poco implementada aún, especialmente en nuestro país, existen muy pocas familias de los equipos que tradicionalmente se usan en nuestras obras, lo que supone una inversión extra de tiempo para su modelado y parametrización.
- Lo más interesante de esta forma de trabajar, es el flujo de información entre los distintos miembros que intervienen en un proyecto de construcción.
- Con esta tecnología es más difícil cometer errores y es más fácil localizarlos y depurarlos.
- Está claro que esta forma de trabajo se traduce en un ahorro de tiempo y de costes materiales del proyecto, haciendo el proyecto más ecológico y económico, gracias también a la disminución de residuos.
- Para que este sistema se implante en nuestro país cuanto antes, sería muy interesante un compromiso institucional europeo, nacional y/o regional. Eso facilitaría el necesario esfuerzo inicial de todos los stakeholders del proyecto.

#### **4 REFERENCIAS**

- [1] Autodesk. (2010). *Revit Architecture 2011. Manual de usuario.*
- [2] Autodesk. (2010). *Revit Structure 2011. Manual de usuario.*
- [3] Autodesk. (2010). *Revit MEP 2011. Manual de usuario.*
- [4] James Vandezande, Eddy Krygiel, Phil Read. (2013). *Revit 2013. ANAYA.*
- [5] James Vandezande, Eddy Krygiel, Phil Read. (2012). *Autodesk Revit Architecture 2013 Essentials.*

#### **5 AGRADECIMIENTOS**

La presente comunicación ha sido posible gracias al apoyo económico y financiación del Gobierno de Extremadura y del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través de la subvención concedida al grupo de investigación IGPU (Ingeniería Geomática y Patrimonio Urbano) de la Universidad de Extremadura inscrito en el catálogo de grupos de investigación de la Comunidad Autónoma de Extremadura

<b>TÍTULO</b>	PROCOLOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN BIM EN EL DISEÑO DEL PROYECTO
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	Casos de éxito de implantación BIM
<b>AUTOR / ES</b>	BETETA MARCO, Miguel VAL FIEL, Mónica
<b>INSTITUCIÓN</b>	Autónomo UPV Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica
<b>DIRECCIÓN</b>	Camino de Vera, s/n.
<b>E-MAIL</b>	<a href="mailto:mibemar.co@gmail.com">mibemar.co@gmail.com</a> <a href="mailto:movalfie@ega.upv.es">movalfie@ega.upv.es</a>
<b>TELÉFONO</b>	625 641 400
<b>FAX</b>	963877509

## PROCOLOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN BIM EN EL DISEÑO DEL PROYECTO

**Beteta Marco, Miguel (1), Val Fiel, Mónica (2)**

(1) Arquitecto. [mibemar.co@gmail.com](mailto:mibemar.co@gmail.com)

(2) Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, UPV. [movalfie@ega.upv.es](mailto:movalfie@ega.upv.es)

### RESUMEN

El salto cualitativo que supone la incorporación de la metodología BIM, implica la transformación de los modelos que se han venido utilizando hasta el momento. La futura realidad de esta metodología en el contexto europeo, y en particular, en aquel que hace referencia a la edificación pública, por ser una realidad más próxima, conduce a la evaluación y análisis de los protocolos existentes, y a la consiguiente adaptación a nuestro ámbito nacional.

En la búsqueda de los mecanismos estructurales para obtener el máximo aprovechamiento de la tecnología, garantizar unos óptimos niveles de calidad y la correcta integración en nuestro contexto nacional, la comunicación presenta las iniciativas existentes en este ámbito, además de una comparativa de las cuestiones más destacables de los protocolos existentes más avanzados tanto del contexto americano, asiático o europeo.

Se trata de especificaciones técnicas que presentan desde la catalogación de librerías, pasando por clasificaciones de elementos y sistemas constructivos, hasta la definición de los distintos niveles de desarrollo del modelo en cada una de sus fases y la correcta gestión posterior en el intercambio de información.

**Palabras clave:** BIM, especificaciones, estándares, normalización, protocolo.

## 1 INTRODUCCIÓN

Los modelos **Building Information Modelling** (en adelante BIM) permiten la integración de toda la información necesaria para el desarrollo del proyecto: geometría, cálculo, mediciones, sistemas constructivos, etc. El amplio alcance de la información que se gestiona, junto con la integración de todos los agentes implicados en el desarrollo del proyecto en todas sus fases, obliga a la búsqueda de un consenso por las partes para la normalización del proceso, el objeto y la gestión. *“El mercado global depende de la estandarización. En la construcción, la estandarización de los productos (bienes y servicios) exige igualmente la estandarización del intercambio digital de documentos y datos”* [1].

## 2 ESTÁNDARES BIM

### 2.1 Ámbitos institucionales de desarrollo

Dentro de los estamentos reconocidos en la aprobación de normas vinculadas al sector de la construcción figuran, correspondiéndose con las respectivas escalas de intervención: a nivel internacional la **Organización Internacional de Normalización (ISO)**, a nivel europeo

el **Comité Europeo de Normalización (CEN)** y a nivel nacional la **Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR)**.

A nivel internacional, la organización **ISO** creó en 1999, en el seno del Comité Técnico TC 59 *Buildings and civil engineering works*, el primer subcomité que empieza a trabajar el ámbito del BIM: SC 13 *Organization of information about construction works*.

*“En las reuniones ISO en Vancouver en 1999, diversas organizaciones desarrolladoras de estándares para la industria de las tecnologías de la información (conduciendo a lo que ahora se conoce como BIM) acordaron que era necesaria alguna clase de terminología global estandarizada y que su estructura debería permitir a las computadoras intercambiar datos de forma fiable independientemente del lenguaje.” [2]*

*“Una tarea importante del TC59 ha sido establecer una gramática y terminología comunes, haciendo posible el entendimiento de la documentación de construcción a través de las fronteras. Nuevos estándares bajo ISO/TC 59/SC 13, como ISO 12006-3:2007, que especifica un modelo de información independiente del lenguaje que puede ser utilizado para el desarrollo de diccionarios usados para almacenar o proporcionar información acerca de las trabajos de construcción, han de basarse en una gramática común para posibilitar sistemas de clasificación, modelos de información, modelos de objetos y modelos de procesos para ser referenciados dentro de un marco común.” [3]*

El subcomité ISO/TC 59/SC 13 está integrado por 21 países participantes, entre los que se encuentra España (destacando también las últimas incorporaciones de Italia, Australia y Estados Unidos) y 11 países observadores [4], siendo Noruega el país que ostenta la secretaría como uno de los países más activos. Desarrolla sus investigaciones en 4 líneas de actividad, que serán posteriormente asumidas por cada uno de los subgrupos de trabajo [5] y [6]:

- Librería de objetos
- Clasificación de todos los elementos y sistemas constructivos
- Gestión de las comunicaciones
- Desarrollo del concepto IDM (*Information Delivery Manual*) y MVD (*Model View Definition*): Estándares para el desarrollo y certificación de IDM y MVD con contenido de dominios específicos de arquitectura, ingeniería, construcción, propietarios y operadores (AECOO).

A nivel europeo, el **CEN** adopta directamente las normas ISO como normas EN y en el documento BT/WG 206 CEN *Contribution to the EC lead market initiative on sustainable construction* (2010) en su acción 6, se manifiesta que el desarrollo de BIM debe impulsarse, y se pide a todos los miembros de CEN que tengan participación activa en el comité ISO/T59/SC13.

A nivel nacional, **AENOR** crea en marzo de 2011 el subcomité técnico de normalización AEN/CTN-41/SC-13 Organización de modelos de información relativos a la edificación y la obra civil, con el objeto de participar y hacer un seguimiento de las directrices Europeas.

## 2.2 Implementación BIM impulsada desde el ámbito público

En la actualidad, han sido desarrolladas diversas directivas y estándares por parte de numerosos países.

En mayo de 2011, el gobierno de **Reino Unido** publicó el documento *Government Construction Strategy*, definiendo un plan de niveles de implementación BIM, especificando: “El gobierno requerirá 3D BIM totalmente colaborativo (con toda la información de proyecto, documentación y datos en formato electrónico) como requisito para el año 2016.” [7]

El BSI (*British Standards Institute*) publicó en 2013 el estándar PAS 1192:2, una guía específica para los requisitos de gestión de la información asociada a proyectos BIM. En marzo de 2014 se ha publicado el estándar PAS 1192:3, que complementa a la anterior, en relación a la gestión de edificios e infraestructuras.



Fig 1. Normas, de izq. a der. y de arriba abajo: *The VA BIM Guide* (USA, 2012), *COBIM* (Finlandia, 2012), *NBIMS-US v.1* (USA, 2013), *CIC BIM Protocol* (UK, 2013), *Penn State - BIM Project Execution Planning Guide v2.1* (USA, 2013), *National Guidelines for Digital Modelling* (Australia, 2013), *PAS1192-3* (UK, 2014), *BoligBIM- BIM Manual* (Noruega, 2012) [8].

Dentro de los **Países Nórdicos**, destacan las intervenciones de Noruega y Finlandia.

En Noruega, el *Statsbygg* publicó en 2008 el *Statsbygg BIM Manual – Versjon 1.00*, con sucesivas actualizaciones hasta la versión 1.2.1 publicada en diciembre de 2013 [9].

En Finlandia, *Senate Properties* ha requerido el uso de BIM para sus proyectos desde 2007, definido mediante la documentación *Building Information Model Requirements 2007*, dividida en 9 volúmenes. Estos han servido como base para el desarrollo de la guía *Common BIM Requirements 2012 (COBIM)* [10].

En **Singapur**, en 1993 se inició un grupo de estudio llamado CORENET, *Construction Real Estate Network*, que ha conducido a una iniciativa de la *Building and Construction Authority* (BCA) para crear el primer sistema electrónico de envío de proyectos BIM, denominado *CORENET e-Submission System*. Este sistema permite, desde el año 2011, el envío de proyectos BIM a las autoridades reguladoras para su aprobación.

En 2010 implementó el *BIM Roadmap*, con el objetivo de que el 80% de la industria de la construcción implante BIM en 2015 [11].

En **Estados Unidos**, la *General Services Administration* (GSA), estableció en el año 2003 el *3D-4D-BIM National Program*. Desde el año 2007, requiere la conformidad con los requisitos BIM de definición espacial para determinados proyectos públicos [12].

Estados Unidos es el país con mayor número de normas y guías BIM publicadas, entre las que destaca el estándar NBIMS 2.0 (*National BIM Standard*) publicado en 2012, que sigue evolucionando a su versión 3, cuya publicación está prevista para 2014. Aunque NBIMS no es un estándar obligatorio ni requerido, tiene el soporte de muchos fabricantes principales de software y varias de las mayores empresas de diseño y construcción [13].

También han sido de relevancia la *VA BIM GUIDE*, publicada en 2010, y que ha servido de referencia para otras guías como la *National BIM Guide de Australia* (NATSPEC), así como la *Penn State BIM Project Execution Planning Guide version 2.1*, publicada en 2011.

### **2.3 Proyecto BuildingSMART Global BIM Guidelines**

*BuildingSMART* es una organización compuesta por agentes del sector de la construcción para el desarrollo de la interoperabilidad en el ámbito de la construcción, concentrando su actividad en la estandarización de procesos, flujos de trabajo y procedimientos BIM. *BuildingSMART* y *Open Geospatial Consortium, Inc.*, son las dos organizaciones de enlace con el comité ISO/TC 59/SC 13.

Constituida en 1995, bajo el nombre de *Industry Alliance for Interoperability*, es responsable del desarrollo del modelo de datos IFC (*Industry Foundation Classes*).

Está organizada en capítulos regionales, cada uno representando un país o grupo de países actuando en conjunción. Actualmente, existen los siguientes capítulos regionales: *Australasia, Benelux, Canada, China, the French Speaking countries, the German Speaking countries (Germany, Austria and Switzerland), Hong Kong, Spanish, Italy, Japan, Korea, The Middle East, North America, the Nordic countries (Denmark, Finland and Sweden), Norway, Singapore, and the United Kingdom and Ireland*.

*BuildingSMART International - International Users Group (IUG) Process Room* ha iniciado un proyecto para reunir y establecer un método de comparación de los estándares, guías y documentos BIM existentes a nivel internacional en una plataforma web, bajo el nombre de **Global BIM Guidelines** [14].

Entre los objetivos de dicho proyecto se encuentran: reducir o eliminar la duplicidad de contenidos, facilitar que los profesionales o usuarios finales puedan encontrar las guías de aplicación y permitir la búsqueda de temas y elementos comunes. El equipo del proyecto integra miembros de Estados Unidos, Canadá, Dinamarca, Suiza, Alemania, Australia, Noruega, Francia y Reino Unido [15].

Actualmente la plataforma ha incorporado referencias a 57 documentos, de los que 10 han sido revisados. De los 57 registros identificados, 44 entradas se corresponden con normas y guías de procedencia norteamericana (77%), 7 europea (12%), 3 asiática (5%) y 3 australiana y neozelandesa (5%), que se desglosa en la tabla siguiente.

Continente / País		Año					Total
		2010	2011	2012	2013	2014	
América	USA	1	2	1	31	9	44
	Total	1	2	1	31	9	44
Europa	Dinamarca				1		1
	Finlandia			1			1
	Noruega			1	1		2
	UK				2	1	3
	Total			2	4	1	7
Asia	Hong Kong				1		1
	Singapur	1				1	2
	Total	1			1	1	3
Oceanía	Australia				2	1	3
	Total				2	1	3
Total		2	2	3	38	12	57

Fig 2. Clasificación por países y evolución cronológica de las normas recogidas en el proyecto *Global BIM Guidelines*, v.40.1 (consultado en 26 de abril 2014). 2014. Val M., Beteta M.

Esta plataforma se presenta como un entorno en el que los revisores evalúan los contenidos de las guías y documentos, en base a una plantilla predefinida. Esta plantilla se divide en dos partes, la primera parte (Parte A) hace referencia a los datos generales del documento, como a quién está destinado y a qué disciplinas hace referencia de forma específica. La segunda parte (Parte B) hace referencia al contenido del documento, organizado bajo los siguientes criterios: planificación, especificaciones técnicas, procesos de implementación, herramientas de soporte y aspectos legales.

Para la revisión de cada estándar o guía se establece, como indicador de la importancia de las partes del documento esperada por los autores, un criterio en base al grado de obligatoriedad de las partes del documento, mediante la siguiente clasificación: obligatorio, recomendado, aconsejado y no mencionado.

De las 57 normas incluidas en la plataforma se han seleccionado para el análisis las 10 normas que figuran como revisadas. Tomando como base la información presentada en el proyecto *Global BIM Guidelines*, se ha realizado un estudio comparativo de dichas normas para evidenciar los temas de mayor relevancia. Para el análisis desarrollado se establece una correspondencia numérica con el grado de obligatoriedad definido en el proyecto *Global BIM Guidelines* para su cuantificación, asignando los siguientes valores: obligatorio=3, recomendado=2, aconsejado=1 y no mencionado=0.

Las normas seleccionadas para el estudio son las siguientes:

- *Georgia Tech BIM Requirements* (USA, Sep-11)
- *COBIM* (Finlandia, Mar-12)
- *USACE BIM* (USA, Nov-12)
- *MIT CAD & BIM Guidelines* (USA, Nov-13)
- *CAD Manual* (Dinamarca, Dic-13)
- *DoD MHS Facility Lifecycle Management* (USA, Dic-13)
- *National Guidelines for Digital Modelling* (Australia, Dic-13)
- *BIM Guide - Singapore Version 1.0* (Singapur, Ene-14)
- *MIT BIM Execution Guide* (USA, Ene-14)
- *NATSPEC National BIM Guide* (Australia, Ene-14)

El conjunto de las cuestiones tratadas se organizan bajo las categorías definidas en el proyecto *Global BIM Guidelines*: **Planificación, Especificaciones Técnicas, Procesos de implementación, Herramientas de soporte y Aspectos legales.**

NORMATIVA	Georgia Tech BIM Requirements	COBIM	USACE BIM	MIT CAD & BIM Guidelines	CAD Manual	DoD MHS Facility Lifecycle Management	National Guidelines for Digital Modelling	BIM Guide - Singapore	MIT BIM Execution Guide	NATSPEC National BIM Guide
	<b>1. Planificación:</b>									
Fases de proyecto	3	2	2	3	2	0	2	2	3	3
Especificación BIM (descripción del modelo y uso previsto)	3	2	2	3	2	3	2	2	3	3
Roles BIM (individual y/o a nivel de organización)	3	2	1	3	0	0	1	2	3	3
Definición de elementos de modelo (por disciplina)	3	2	1	3	0	3	2	2	3	3
Madurez BIM (organización/específica de proyecto)	3	3	0	0	0	0	2	2	0	0
Funciones BIM	3	3	0	3	0	0	1	1	3	3
<b>2. Especificaciones técnicas:</b>										
Sistemas de clasificación de elementos y sistemas constructivos	3	2	1	0	2	0	1	1	0	3
Definición y requisitos de modelado	3	2	1	0	0	0	2	2	0	3
Formatos de archivo (nativos o de intercambio)	3	3	1	3	2	0	1	1	3	3
Fases de modelo	3	2	1	3	2	0	2	2	3	3
Nivel de detalle (LOD)	0	2	3	0	2	0	2	2	0	3
Nivel de desarrollo (LOD)	0	2	3	0	3	3	2	3	0	3
IDM/Intercambios de información	3	2	1	2	0	0	1	0	2	1
<b>3. Procesos de implementación:</b>										
Ámbito del proyecto y definición de documentación a entregar	3	2	1	3	0	0	1	2	3	3
Plan de gestión (o ejecución) BIM	3	2	1	3	2	3	1	2	3	3
Mapas de procesos y flujos de trabajo	2	0	1	2	0	0	1	1	2	1
Mapa de procesos/IDM: Manuales de entrega de información	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1
Procedimientos de colaboración	3	3	1	3	0	0	1	2	3	3
Protocolos de garantía de calidad/control de calidad	3	2	1	3	2	0	1	2	3	3
Transferencias (modelo/datos)	3	2	1	3	2	0	1	2	3	3
<b>4. Herramientas de soporte:</b>										
Selección de software	2	0	1	3	0	0	1	0	3	2
Selección de hardware	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0
Almacenamiento de archivos, seguridad y protocolos de intercambio	1	0	0	2	2	1	1	1	2	1
<b>5. Aspectos Legales:</b>										
Presupuesto	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Contratación	0	2	1	0	0	2	1	2	0	0
Estrategia de suministro	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
Propiedad intelectual	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0
Responsabilidad legal, riesgos y seguros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NIVELES: 3= obligatorio   2= recomendado   1= aconsejado   0= no mencionado										
PAÍS	USA	Finlandia	USA	USA	Dinamarca	USA	Australia	Singapur	USA	Australia
FECHA DE PUBLICACIÓN	sep-11	mar-12	nov-12	nov-13	dic-13	dic-13	dic-13	ene-14	ene-14	ene-14

Fig 3. Cuadro resumen de las normas incluidas en el proyecto *Global BIM Guidelines v.40.1* (consultado en 26 de abril 2014) haciendo referencia al país, fecha de publicación y niveles de obligatoriedad de los contenidos. 2014. Val M., Beteta M.

El primer grupo incluye todos los aspectos vinculados con la **planificación**, desde las fases de proyecto, especificaciones, roles BIM, así como definición de elementos de modelo, etc. Dentro de los aspectos agrupados en esta categoría habría que mencionar la definición de elementos del modelo el IFD (*International Framework for Dictionaries*) como un estándar para la terminología de las bases de datos, basado en ISO 12006-3:2007.

Entrando en su desglose exhaustivo, los contenidos incluidos en esta categoría son:

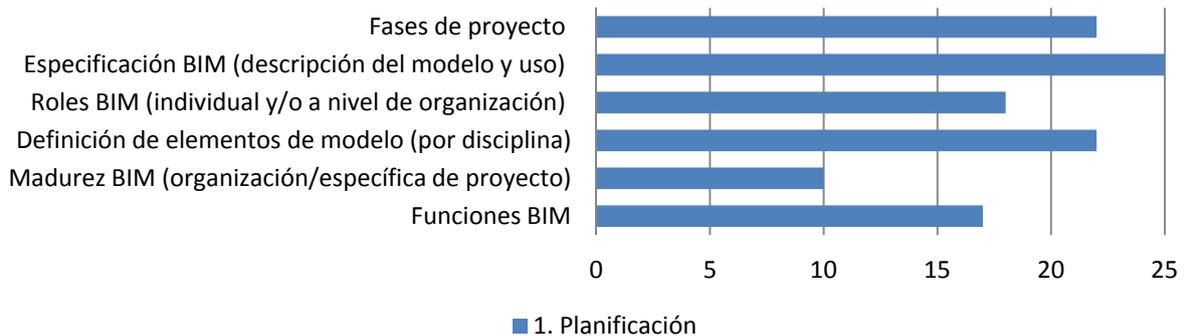


Fig 4. Cuantificación del grado de obligatoriedad de los aspectos vinculados a la planificación. Muestra de 10 elementos, valor máximo= 30. 2014. Val M., Beteta M.

El segundo grupo incluye las **especificaciones técnicas**, y en él se desarrollan los aspectos vinculados con la definición del modelo y la clasificación de sus elementos, formatos y ficheros de intercambio.

En este apartado se distinguen los acrónimos de LOD e IDM. El acrónimo LOD designa tanto al nivel de detalle (*Level of Detail*) como al nivel de desarrollo (*Level of Development*), aun siendo conceptos bien diferenciados. El nivel de detalle indica cuánto detalle es incluido en el modelo geométrico, mientras que el nivel de desarrollo hace referencia a la cantidad de información accesible del modelo BIM. Las fases de desarrollo del modelo definen de manera explícita el nivel de desarrollo requerido por las diferentes partes para cada tipo de elemento del modelo en cada fase del proyecto [16]. El IDM (*Information Delivery Manual*) establece la metodología para la especificación del flujo de información durante el ciclo de vida del edificio. Los contenidos incluidos en esta categoría son:

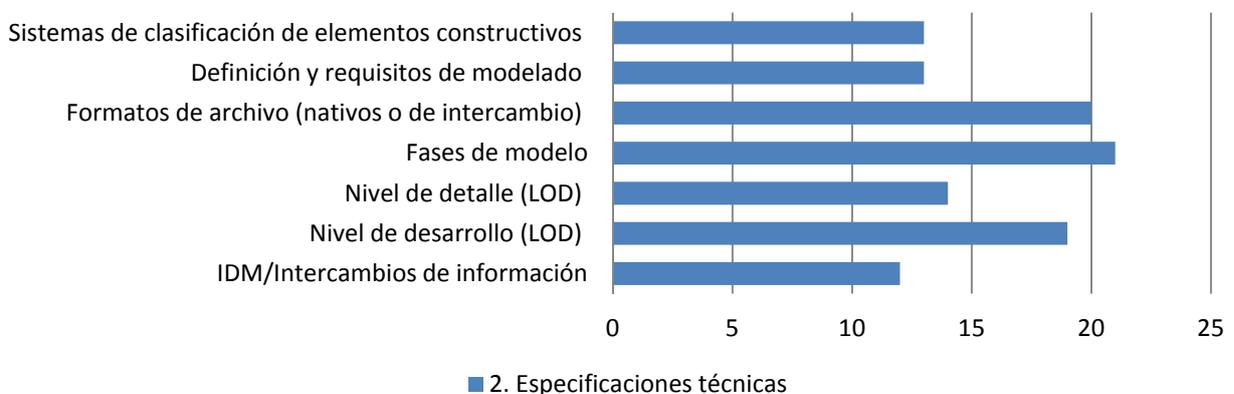


Fig 5. Cuantificación del grado de obligatoriedad en distintos aspectos vinculados a las especificaciones técnicas. Muestra de 10 elementos, valor máx.= 30. 2014. Val M., Beteta M.

El tercer grupo incluye todos los aspectos vinculados con los **procesos de implementación** y en relación con los procesos de ejecución: Plan de ejecución, procedimientos de colaboración, entrega de información, etc. Los contenidos incluidos en esta categoría son:

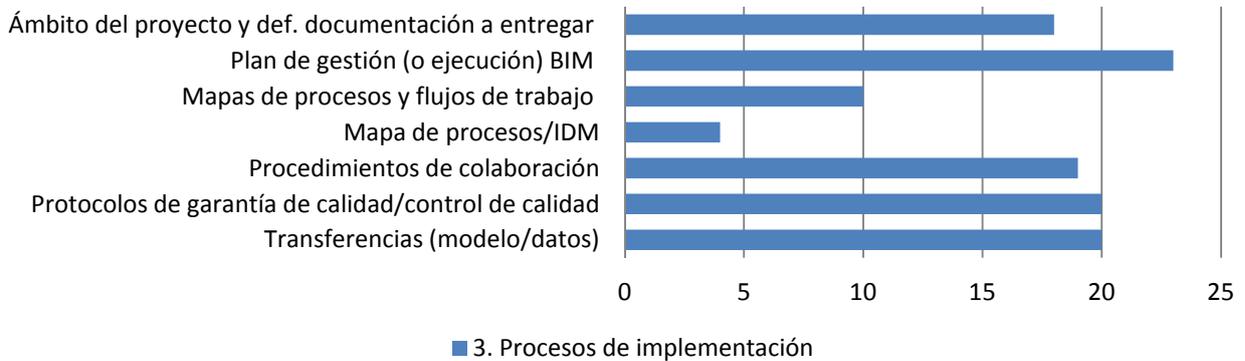


Fig 6. Cuantificación del grado de obligatoriedad en distintos aspectos vinculados a los procesos de implementación. Muestra de 10 elementos, valor máximo= 30. 2014. Val M., Beteta M.

El cuarto grupo incluye todos los aspectos vinculados con las **herramientas de soporte**, desde selección de software y hardware, almacenamiento de archivos y protocolos de intercambio. Los contenidos incluidos en esta categoría son:

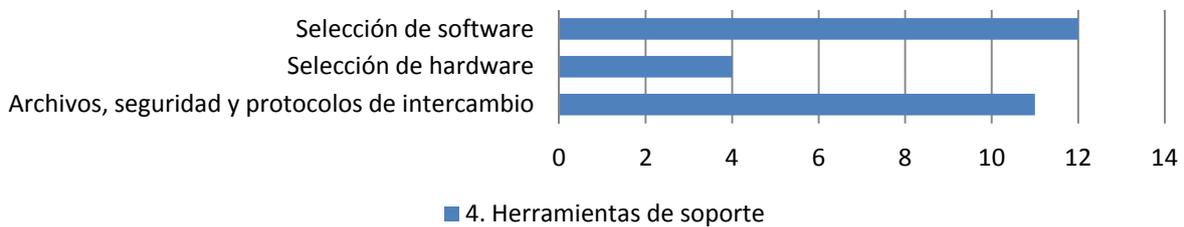


Fig 7. Cuantificación del grado de obligatoriedad en distintos aspectos vinculados a las herramientas de soporte. Muestra de 10 elementos, valor máximo= 30. 2014. Val M., Beteta M.

Finalmente, el quinto grupo incluye todos los **aspectos legales**. El desglose de los contenidos incluidos en esta categoría son:

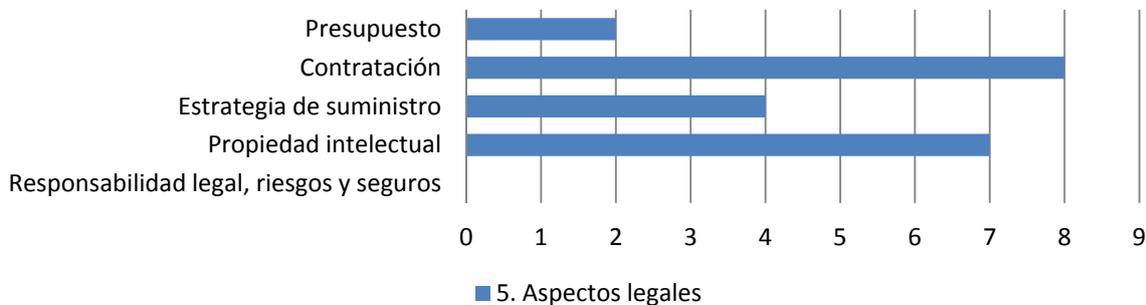


Fig 8. Cuantificación del grado de obligatoriedad en distintos aspectos vinculados a los aspectos legales. Muestra de 10 elementos, valor máximo= 30. 2014. Val M., Beteta M.

### 3 CONCLUSIONES

La proliferación de guías y estándares locales hace necesario el establecimiento de un marco común para la unificación de criterios. La universalidad de un lenguaje común para los procesos, permitirá la comparación y evaluación, entre las partes implicadas, aumentando con ello la competitividad y eficacia de la gestión, garantizando unos niveles de calidad y seguridad en cuanto a la información que se gestiona, y permitiendo que el intercambio de datos de un proceso constructivo en todas sus fases sea abierto.

Del análisis presentado se desprende que en el conjunto de normativas se les da más importancia a aquellas cuestiones vinculadas a la planificación (29%), seguidas a corta distancia por las cuestiones técnicas (25%) y aspectos vinculados con la implementación (24%) con igual importancia, seguidos por las cuestiones instrumentales (15%) y legales (8%).

De los países de los que existe constancia de la elaboración de normas y/o guías de desarrollo de BIM y que están recogidos en el proyecto, destaca la figura de Estados Unidos, que pese a haber desarrollado más del 75% de las normativas existentes, se ha incorporado recientemente al comité ISO/TC 059/SC 13. Del mismo modo que Singapur, que presentando un alto desarrollo de integración BIM, sin embargo solo se constituye como país observador dentro del mismo comité.

### 4 REFERENCIAS

- [1] *Business plan ISO/TC 59 Buildings and civil engineering works*, p.6
- [2] *National BIM Standard – United States Version 2, 2012*
- [3] *Ibídem Business plan ISO/TC 59*
- [4] Estándares ISO. ISO/TC 59/SC 13 Comité Técnico TC 59 *Buildings and civil engineering works*, Subcomité SC 13 *Organization of information about construction works*. Países participantes: Alemania (DIN), Australia (SA), Austria (ASI), Bélgica (NBN), Canadá (SCC), China (SAC), Dinamarca (DS), España (AENOR), Estados Unidos (ANSI), Finlandia (SFS), Italia (UNI), Japón (JISC), Republica de Korea (KATS), Malasia (DSM), Países Bajos (NEN), Noruega (SN), Portugal (IPQ), Rumania (ASRO), Suecia (SIS), Turquía (TSE) y Reino Unido (BSI). Países observadores: Bielorrusia (BELST), Bulgaria (BDS), Republica Checa (UNMZ), Francia (AFNOR), Hungría (MSZT), Islandia (IST), India (BIS), Israel (SII), Polonia (PKN), Serbia (ISS), Singapur (SPRING SG). [Consulta: 26 abril 2014] Disponible en:  
<[http://www.iso.org/iso/standards\\_development/technical\\_committees/other\\_bodies/iso\\_technical\\_committee.htm?commid=49180](http://www.iso.org/iso/standards_development/technical_committees/other_bodies/iso_technical_committee.htm?commid=49180)>
- [5] *Standards Norway, ISO /TC 59/SC 13 Organization of information about construction works*. [Consulta: 26 abril 2014] Disponible en <<http://www.standard.no/iso-tc59-sc13>>

- [6] División del SC 13 en siete grupos de trabajo y un grupo de trabajo conjunto: ISO/TC 59/SC 13/WG 2 *Classification of information on construction industry* / ISO/TC 59/SC 13/WG 7 *Process management* / ISO/TC 59/SC 13/WG 8 *Building information models – Information delivery manual* (Países Bajos) / ISO/TC 59/SC 13/WG 9 *BIM guidance* (Reino Unido) / ISO/TC 59/SC 13/WG 10 *Object libraries* (Países Bajos) / ISO/TC 59/SC 13/WG 11 *Product data for building service systems model* / ISO/TC 59/SC 13/WG 12 (ISO/TC 59/SC 13 + ISO/TC 184/SC 4) *Development of building data related standards*
- [7] *Government Construction Strategy, May 2011 – UK Cabinet Office*. [Consulta: 26 abril 2014] Disponible en  
<[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/61152/Government-Construction-Strategy\\_0.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/61152/Government-Construction-Strategy_0.pdf)>
- [8] [Consulta: 26 abril 2014] Normas disponible en  
<<http://www.cfm.va.gov/til/bim/BIMGuide/downloads/VA-BIM-Guide.pdf>>  
<<http://www.en.buildingsmart.kotisivukone.com/3>>  
<<http://www.cic.org.uk/download.php?f=the-bim-protocol.pdf>>  
<<http://www.nationalbimstandard.org/>>  
<[http://bim.psu.edu/Resources/Project/BIM\\_PxP-V2.1/BIM\\_PxP\\_Guide\\_&\\_Templates\\_V2.1.zip](http://bim.psu.edu/Resources/Project/BIM_PxP-V2.1/BIM_PxP_Guide_&_Templates_V2.1.zip)>  
<[http://www.construction-innovation.info/images/pdfs/BIM\\_Guidelines\\_Book\\_191109\\_lores.pdf](http://www.construction-innovation.info/images/pdfs/BIM_Guidelines_Book_191109_lores.pdf)>  
<<http://shop.bsigroup.com/forms/PASs/PAS-1192-3/>>  
<[http://boligprodusentene.no/getfile.php/Dokumenter/BIM%20user%20manual%202.0\\_WEB.pdf](http://boligprodusentene.no/getfile.php/Dokumenter/BIM%20user%20manual%202.0_WEB.pdf)>
- [9] [Consulta: 26 abril 2014] Disponible en <<http://www.statsbygg.no/bim>>
- [10] BuildingSMART Finland [Consulta: 26 abril 2014] Disponible en  
<<http://www.en.buildingsmart.kotisivukone.com/3>>
- [11] Goh B. H. (2010). *Progression in IT adoption and stage of IT maturity in the construction sector of Singapore*. En *Managing IT in Construction/ Managing Construction for Tomorrow*. Londres: Taylor&Fancis Group. pp. 401-406
- [12] [Consulta: 26 abril 2014] Disponible en <[www.gsa.gov/bim](http://www.gsa.gov/bim)>
- [13] Bernstein H. (2014). *BIM Influence Grows Via Government Mandates*. En *Smartmarket report – Design and Construction Intelligence*. Bedford (MA), USA. McGraw Hill Construction. Pp.17-18

- [14] [Consulta: 26 abril 2014] Disponible en  
<<http://bimguides.vtreem.com/bin/view/BIMGuides/Guidelines>>
- [15] Mark Baldwin (Suiza), Martin Egger(Alemania), Neil Greenstreet (Australia), Jan Karlshej (Dinamarca), Susan Keenlside (Canadá), Ingo Kittel (Canadá), Sylvain Marie (Francia), Chris Moor (EE.UU.) , Sven-Eric Schapke (Alemania), Dana Smith (EE.UU), Steen Sunesen (Noruega) y Zane Ulhaq (Reino Unido)
- [16] Eastman C. et al. (2011). *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. New Jersey, EE.UU: John Wiley & Sons, Inc. p.234



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

EDITORIAL

