

EUBIM 2015

Congreso Internacional BIM / Encuentro de Usuarios BIM



YES, WE BIM

Valencia, 8 y 9 de Mayo 2015



www.EUBIM.com

ORGANIZA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ENTIDADES COLABORADORAS

GURV



ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR
ENGINYERIA
D'EDIFICACIÓ

DEPARTAMENTO DE
CONSTRUCCIONES
ARQUITECTÓNICAS

EOA
DEPARTAMENTO DE EXPRESIÓN GRÁFICA
ARQUITECTÓNICA

EUBIM 2015

Congreso Internacional BIM

Encuentro de usuarios BIM

Editoras

Begoña Fuentes Giner
Inmaculada Oliver Faubel

2015

**EDITORIAL
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

Congresos UPV

Los contenidos de esta publicación han sido evaluados por el Comité Científico que en ella se relaciona y según el procedimiento que se recoge en <http://www.eubim.com/>

© Editoras :

Begoña Fuentes Giner
Inmaculada Oliver Faubel

© de los textos: los autores

© 2015, de la presente edición: Editorial Universitat Politècnica de València
www.lalibreria.upv.es / Ref: 6221_01_01_01

ISBN: 978-84-9048-339-8 (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

Parece increíble, pero hace ya 6 años que un grupo de profesionales y docentes de la arquitectura, edificación y construcción nos reunimos alrededor de una mesa y decidimos fundar el Grupo de Usuarios Revit de Valencia, el GURV.

Elegimos ese nombre y no otro en honor a GURB, ese extraterrestre creado por el escritor Eduardo Mendoza en la novela humorística Sin noticias de Gurb, que relata las andanzas de un alienígena (tal y como nos sentíamos nosotros mismos cada vez que teníamos que explicar qué era BIM y para qué servía...) en la ciudad preolímpica de Barcelona, completamente sumida en las obras necesarias para acoger los Juegos Olímpicos de 1992. En nuestro caso la ciudad era Valencia y corría el año 2009...

Nos pareció muy acertado el paralelismo entre la sátira, la paradoja, el retrato de esa ciudad absurda llena de obras, con lo que nosotros sentíamos respecto a la ya finalizada burbuja inmobiliaria vivida en nuestro país y su estallido en 2008. El replanteo del modelo de negocio, la necesidad de repensar cómo habíamos venido haciendo las cosas en el ámbito de la construcción y la extraña sensación de urgencia que teníamos por recomponer nuestra ilusión, nuestra confianza en el futuro y en no volver a repetir errores del pasado inmediato.

El impacto que tuvo en cada uno de nosotros el descubrimiento de la metodología Building Information Modeling, sus herramientas, posibilidades, retos... solo se puede comprender si se tiene en cuenta que tras esos seis años de existencia hemos celebrado 44 reuniones técnicas y 4 encuentros de usuarios BIM.

Reuniones técnicas sobre BIM abiertas a todo el que quiera asistir, gratuitas, donde los ponentes/conferenciantes no reciben remuneración económica alguna (¿habrá mejor pago que una sala siempre llena de asistentes totalmente interesados en el tema de la charla?)
Y 4 Encuentros de Usuarios que han ido moldeándose a lo largo del tiempo, pasando de una primera reunión informal hasta el formato de congreso técnico y científico internacional que tiene hoy EUBIM.

Hemos evolucionado, hemos ido creciendo, aprendiendo de nuestros errores y aciertos, intentando innovar, ofrecer lo mejor de nosotros mismos y de nuestra tierra. Y, sobre todo, disfrutamos con lo que hacemos. Nos gusta. Es nuestro maravilloso entretenimiento, sin afán de nada más que trabajar juntos, motivarnos, proponernos retos y encontrarnos con nuestros iguales, aquellos que como nosotros están convencidos de que BIM es la revolución necesaria, la ventaja estratégica, el nuevo paradigma del proceso proyecto-construcción-explotación-mantenimiento-demolición/reúso que va a cambiar para siempre la industria de la construcción.

Por eso el lema de este año es Yes, we BIM, recordando el slogan presidencial de Barack Obama en EEUU. Supone nuestra afirmación convencida, rotunda, contundente, de que BIM ha llegado para quedarse; que en nuestro país se está afianzando, de forma lenta pero continua; que BIM reclama su capacidad y voluntad de cambiar nuestro estilo de trabajo, de relacionarnos con el resto de agentes del proceso constructivo y de entender el propio proceso constructivo como tal.

Y ha llegado el momento de proclamarlo, de posicionarnos ante la sociedad y mostrarles cómo BIM está ya revolucionando el sector de la construcción, apartándolo poco a poco del proceso cuasi artesanal y aproximándolo cada vez más a un proceso industrial.

Queda mucho trabajo por hacer y mucho camino por recorrer. Pero todas las señales que se están produciendo muestran claramente la hoja de ruta a seguir: la Directiva Europea EUPPD de febrero de 2014 sobre normas de contratación pública, las iniciativas de implantación en Gran Bretaña, Francia, Holanda, Alemania... sin contar con nuestros referentes nórdicos, especialmente Finlandia. Y este mismo año, Cataluña ha anunciado el inicio del proceso de adopción de BIM por parte su administración autonómica y local con fecha 2018-2020.

En EUBIM 2013 nació la iniciativa uBIM, que guiada desde el Capítulo Español de la BuildingSmart, se ha materializado ya (gracias al ingente trabajo del grupo de profesionales voluntarios que lo ha hecho posible) en nuestras normas estándar de facto.

Nuestro compromiso con la expansión del conocimiento de BIM y la herramienta de cambio que debe ser para nuestro sector, nos lleva a promover nuevas iniciativas y retos que, con la colaboración y participación de todos, nos permitan avanzar, adelantarnos al tempo del proceso y reclamar la implicación de las autoridades y la administración pública ante esta oportunidad que se nos presenta de innovación, desarrollo y optimización del proceso constructivo y las reglas que lo rigen.

Desde la organización esperamos que, un año más, los participantes en EUBIM (patrocinadores, autores, asistentes, comité científico, ponentes) se sientan en un entorno amistoso, cordial, enriquecedor y favorecedor de sinergias, nuevos desafíos y compromisos. Deseamos (y esperamos) que todos y cada uno de ellos se sientan partícipes como agentes del cambio que en nuestro país y en Europa se está produciendo.

Bienvenidos y bienvenidas a EUBIM 2015.

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)
- Eloi Coloma Picó (Universitat Politècnica de Catalunya)
- Joaquín Díaz Pascual (Universidad de ciencias aplicadas de Giessen)
- Giuseppe Martino Di Giuda (Universitat Politècnica de Milán)
- 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)
- Augusto Mora Pueyo (Universidad de Zaragoza)
- Vicente Olcina Ferrándiz (Universitat Politècnica de València)
- Inmaculada Oliver Faubel (Universitat Politècnica de València)
- Juan Luis Pérez Ordoñez (Universidade da Coruña)
- 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

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

TEMAS DEL CONGRESO

Continuando con las líneas de investigación y divulgación que fueron tratadas durante el Congreso Nacional BIM (EUBIM 2013 y 2014), celebrado en Mayo de 2013 y 2014, hemos elegido y estamos interesados este año en recibir comunicaciones originales sobre los siguientes temas.

1. BIM EN LA UNIVERSIDAD

Creemos que la Universidad debe ser un agente de cambio fundamental en la divulgación, formación e investigación de nuevas metodologías de gestión de proyectos de construcción. Los futuros profesionales del sector deberían finalizar sus estudios con un nivel competencial suficiente tanto en el conocimiento de estas metodologías como en el dominio de sus herramientas de aplicación. Del mismo modo, el fomento y obtención de resultados de investigación sobre este campo lo consideramos fundamental para la necesaria evolución de nuestro sector productivo.

1.1 Investigación

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 finales de máster, proyectos finales de grado y grupos de investigación o investigadores a título individual o colectivo.

1.2 Formación

Comunicaciones originales resultantes de la experiencia real de programar e implementar en el currículo de asignaturas regladas de grado y postgrado herramientas BIM: objetivos, posibilidades e inconvenientes, metodología formativa, trayectoria, resultados, futuro.

Comunicaciones originales resultantes de la experiencia real de programar e implementar el aprendizaje de herramientas BIM en formación continua, tanto en cursos específicos como seminarios de naturaleza académica y técnica: objetivos, posibilidades e inconvenientes, metodología formativa, trayectoria, resultados, futuro.

En este campo están invitados a presentar comunicaciones tanto el profesorado universitario como formadores BIM fuera del ámbito universitario que deseen presentar su experiencia docente específica en la formación y el proceso aprendizaje enseñanza de herramientas BIM.

1.3 Empleabilidad

Las salidas profesionales y las nuevas profesiones creadas como consecuencia del empleo de la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción.

Nos gustaría recibir comunicaciones originales sobre las expectativas de empleabilidad que puede tener el dominio de la metodología BIM, los requisitos de formación y capacidades que solicitan los empleadores y casos reales de profesionales que han encontrado empleo gracias a sus conocimientos en BIM: localización de la oferta de empleo, requisitos solicitados, demostración de competencias y capacidades del aspirante durante el proceso de selección, etc.

2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON BIM

Evolución de la edificación y construcción, costes y presupuestos con el diseño en BIM. 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.

Las comunicaciones pueden incidir en cómo el BIM puede influir en los procesos de:

2.1 Costes, mediciones y presupuestos

En el ámbito del diseño y construcción con BIM destacamos los procesos de costes, mediciones y presupuestos.

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 Facility Management

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.

2.8 Propiedad y Legalidad en BIM

Aspectos legales y de Propiedad Industrial e Intelectual dentro de BIM.

3. EXPERIENCIAS REALES CON BIM

Experiencias reales tras la utilización de BIM como metodología de trabajo, control de la información generada en relación a una construcción, durante todo su ciclo de vida. El uso del BIM 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 consecuencia de la adopción de la metodología BIM como procedimiento de trabajo.

3.3 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 Procesos

Nuevos procesos tras la utilización de 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 Y PONENCIAS

1. BIM EN LA UNIVERSIDAD

- BIM EN ALEMANIA. ESTADO ACTUAL Y LA EXPERIENCIA DE IMPLEMENTACIÓN EN LAS CARRERAS TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN EN LA THM DE GIESSEN
Ponente: Díaz Pascual, Joaquín
- USO DE BIM COMO HERRAMIENTA DE INTEGRACIÓN EN TALLERES DE TECNOLOGÍA DE LA EDIFICACIÓN
Autores: Jurado Egea, José; Liébana Carrasco, Oscar; Gómez Navarro, Miguel
- MPLANTACIÓN Y MODELIZACIÓN BIM DEL PATRIMONIO INMOBILIARIO PARA FACILITY MANAGEMENT COMO PROYECTO DE INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD
Autores: Aparicio Jabalquinto, Felipe; Liébana Carrasco, Oscar; Sanz López, Mario; García Jiménez, Miguel
- INS_TALLER. EXPERIENCIA INTEGRADORA BIM EN LAS ENSEÑANZAS DE GRADO Y POSTGRADO DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
Autores: Pérez Egea, Adolfo, Martínez Conesa, Eusebio J., Guillen Martínez, José A.
- INTERPRETACIÓN DE LAS FASES CONSTRUCTIVAS PROPIAS DE LA METODOLOGÍA BIM COMO ÉPOCAS HISTÓRICAS PARA EDIFICIOS PATRIMONIALES
Autores: García Valdecabres, Jorge; March Oliver, Rubén; Salvador García, Elena
- BIMNOTES: INFLUENCIA DE LAS ANOTACIONES DE MODELOS 3D EN ENTORNOS BIM
Autores: Saorín Pérez, Jose Luis; Martín Dorta, Norena; Carbonell Carrera, Carlos; De la Torre Cantero, Jorge; Rivero Trujillo, David
- TALLERES S-BIM DE INTEROPERABILIDAD DE TEKLA CON SOFTWARE GENÉRICO DE MODELIZACIÓN
Autores: Liébana Carrasco, Oscar; Agulló de Rueda, José; Jiménez Morales, Albert; Cosculluela Millàs, José
- ESTUDIOS DE POSTGRADO BIM: FORMACIÓN ESPECIALIZADA PARA UNA METODOLOGÍA
- EN ALZA
Autores: Maldonado Plaza, Esther, Valderrama, Fernando
- COMPARATIVA ENTRE EL MODELO BIM GEOMÉTRICO Y EL MODELO DE MALLA: BENEFICIOS E INCONVENIENTES
Autores: Jordán Palomar, Isabel, Zornoza Zornoza, María Remedios
- ENSEÑANZA DE SISTEMAS BIM EN EL ÁMBITO UNIVERSITARIO
Autores: Piedecausa-García, Beatriz, Mateo-Vicente, José Manuel, Pérez-Sánchez, Juan Carlos
- INTRODUCCIÓN DEL CONCEPTO BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) EN EL GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA DE LA UNIVERSITAT JAUME I
Autores: Gallego Navarro, Teresa; Huedo Dorda, Patricia
- TECNOLOGÍA BIM APLICADA A NUEVAS FORMAS DE ENSEÑANZA EN CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN
Autores: Gómez Pérez, Manuel; Higuera Trujillo, Juan Luis

- **REALIDAD VIRTUAL, GAME ENGINES Y BIM**
Autores: López-Tarruella Maldonado, Juan; Llinares Millán, Carmen; Iñarra Abad, Susana; Higuera Trujillo, Juan Luis.
- **ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE AUDITORÍA DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS ETAPAS TEMPRANAS DE LOS PROYECTOS DE ARQUITECTURA Y EDIFICACIÓN BASADOS EN TECNOLOGÍA BIM**
Autores: Mokhtar, Noriega, Farid; Garrido García, Julia; Isidro Fernández, Juan Antonio; Martínez Matute, Joaquín; Sánchez Mateos, Mercedes
- **ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS Y EDIFICATORIOS. DESARROLLO INSTRUMENTAL A PARTIR DE HERRAMIENTAS TIPO BIM**
Autores: Gómez Pérez, Manuel; Gómez de Cózar, Juan Carlos
- **TECNICA BIM: ANALISIS COMPARATIVO SOBRE SU ESTADO EN DIVERSOS PAISES EUROPEOS Y EXTRACOMUNITARIOS. DESARROLLO Y DIFUSION EN EL AMBITO INTERNACIONAL**
Autores: Di Giuda, Giuseppe Martino, Villa, Valentina

2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON BIM

- **BIM A LO LARGO DE LA VIDA DE UN PROYECTO**
Ponente: Moracho, Jesús
- **DE NUBES DE PUNTOS A MODELOS TRIDIMENSIONALES EN REVIT**
Autor: Blasco Gimenez, Juan Jose
- **EL BIM EXECUTION PLAN COMO HERRAMIENTA DE SISTEMATIZACIÓN Y CONTROL EN LA REDACCIÓN DE PROYECTOS CON TECNOLOGÍA BIM EN ESPAÑA**
Autor: Mora Pueyo, Augusto

3. EXPERIENCIAS REALES CON BIM

- **IBIM, (INTEGRATED BIM), EN DOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN LOS PAÍSES BAJOS**
Ponentes: Kuppens, Johan; Malvar Gómez, Víctor
- **REALIDAD DE BIM APLICADO A PROYECTOS Y OBRAS DE CONSTRUCCIÓN EN GRAN BRETAÑA**
Ponente: Carreira Castro, Iria
- **MÁS ALLÁ DE LA INTEROPERABILIDAD TÉCNICA**
Autores: Pallás Espinet, Xavier; Roig Segura, Víctor; Vidoni, Diego
- **BIM Y FM COMO SOLUCIÓN PARA LA CREACIÓN DEL LIBRO DEL EDIFICIO**
Autores: Perea Mínguez, Rafael, Sancho Solís, Pablo
- **DOCUMENTOS BIM EN COORDINACION DE PROYECTOS**
Autor: Barco Moreno, David
- **DYNAMO Y LA GESTIÓN DE VISTAS Y PLANOS EN REVIT**
Autor: Revuelta Coruña, Fco. Javier

BIM
EN LA UNIVERSIDAD

PONENCIA INVITADA
**BIM EN ALEMANIA. ESTADO ACTUAL Y LA EXPERIENCIA DE IMPLEMENTACIÓN
EN LAS CARRERAS TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN EN LA THM DE GIESSEN**

Autor: Díaz Pascual, Joaquín (1)

(1) Dr. Ingeniero Civil. Profesor de Tecnología de la Información en el Grado en Ingeniería Civil de la Technische Hochschule Mittelhessen . University of Applied Sciences de Giessen (Alemania). Miembro del Cuerpo Consultivo Federal sobre Ciencia “Wissenschaftsrat” (www.wissenschaftsrat.de) desde 2002. Asesor del Ministerio Federal de Tráfico y Construcción y del Ministerio Federal de Economía y Trabajo desde 2001. Presidente de la Asociación de Compañías de Software en Alemania desde 2001.

Vicepresidente del Colegio de Ingenieros Civiles Akkreditierungsagentur der Studiengänge der Informatik, der Ingenieur und der Naturwissenschaften. Miembro desde 1999 del Grupo Gubernamental del Ministerio de Tráfico y Construcción “Comité para la Tecnología de la Información en Edificación y Construcción” de Alemania. Desde 1997, miembro del AIA (Industry Alliance for Interoperability)-Capítulo Alemán

RESUMEN

En primer lugar se realizará una breve introducción sobre la industria de la construcción en Alemania, las medidas adoptadas para mejorar la situación actual, y cuál será la transformación de la industria en un futuro a corto plazo.

A continuación se presentará el grado de implementación de BIM en Alemania y se comparará con el de otros países. Se mostrará cómo se usa BIM en el ámbito profesional y su presencia en las carreras de arquitectura e ingeniería civil. Finalmente se comentará cómo se ha incluido BIM en las diferentes carreras académicas en la THM y como se ha realizado esta transición.

Referente al tema del estado de BIM en Alemania se incluirán las decisiones del gobierno alemán y las iniciativas de las diferentes figuras involucradas en los proyectos de construcción. Finalmente se mencionará el impacto de las mencionadas decisiones e iniciativas en los contenidos curriculares de las carreras universitarias.

USO DE BIM COMO HERRAMIENTA DE INTEGRACIÓN EN TALLERES DE TECNOLOGÍA DE LA EDIFICACIÓN

**Autores: Jurado Egea, José (1), Liébana Carrasco, Oscar (2),
Gómez Navarro, Miguel (3)**

- (1) Universidad Europea de Madrid, jose.jurado@uem.es
- (2) Universidad Europea de Madrid, oscar.liebana@uem.es
- (3) Universidad Europea de Madrid, miguel.gomez@uem.es

RESUMEN

Ante la irrupción inminente e intensiva de la metodología BIM en el mundo profesional de la edificación, fundamentada en sus ya suficientemente documentados beneficios técnicos y económicos, la universidad ha reaccionado en general con cierta lentitud, incorporando la metodología puntualmente en proyectos de investigación específicos, así como en materias puntuales de diversas áreas (expresión gráfica, estructuras, construcción, etc.), pero sin encontrar por ahora un formato óptimo en la docencia universitaria reglada (Grados) que permita aprovechar al máximo su potencial docente.

La implementación de un programa piloto utilizando la metodología BIM en la Universidad Europea ha permitido comprobar una mejora importante de la asimilación de conceptos, así como de calidad de diseño integrado, por medio de un formato docente específico del Plan de Estudios de Grado en Arquitectura, el *Taller Vertical de Proyectos de Tecnología*. Este taller se realiza a través de un formato de docencia integrada entre tres áreas técnicas (Estructuras, Construcción e Instalaciones) y basado plenamente en la filosofía PBL (*Project Based Learning*). El proceso de desarrollo del proyecto técnico en el taller refleja fielmente la realidad del mundo profesional: un proceso transversal en el que las propuestas se perfilan y contrastan desde perspectivas técnicas diferentes pero sinérgicas, aportando información para ser visualizada y calculada por las diferentes herramientas BIM disponibles.

Palabras clave: *BIM, taller de integración, tecnología, universidad, competencias*

1 INTRODUCCIÓN

La vertebración creciente de la actividad en el sector de la Arquitectura, de la Ingeniería y de la Construcción (*AEC Industry*) sobre la base de la metodología BIM [1] conlleva el desarrollo de nuevos estándares de proceso y desarrollo (p. e. *Integrated Design and Delivery Solutions, IDDS*) [2] que sirvan de referencia y garantía de calidad para flujo de trabajo o *workflow* inevitablemente complejo. Así, este proceso exige un marco de trabajo y herramientas abierto y flexible, para, primero, optar siempre por la herramienta de apoyo localmente más eficiente y, segundo, mantener abierta la posibilidad de colaboración con la herramienta empleada a nivel global. Los ejemplos de *workflow* por tanto se estructuran en base a objetivos y fases, en los que se especifican los flujos de información tipo, como se observa en la siguiente figura.

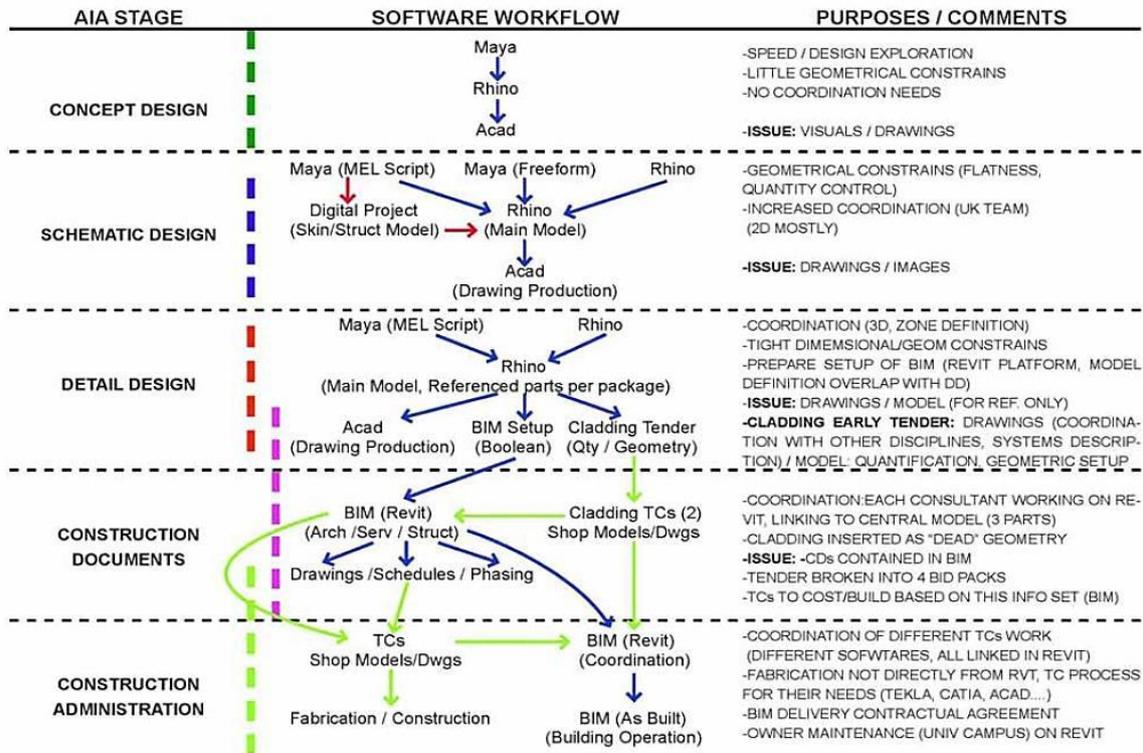


Fig. 1. Workflow: Farrell, S., BIM manager, Tabla referencia del flujo de trabajo en su colaboración con el estudio ZHA, 2013, [3]

La formación académica en la universidad está incorporando la metodología BIM de manera continua, creciente [1] y en muy variados formatos, en búsqueda de, principalmente, dos avances: 1. la preparación para un entorno profesional marcado por esta metodología, y 2. la mejora en el aprendizaje global propiciada por “diseño comprensivo” o *comprehensive design* característico del entorno BIM [4].

En la experiencia actual de la Universidad Europea de Madrid (UEM) se han incorporado las ventajas intrínsecas de los formatos integrados (áreas de Construcción, Estructuras e Instalaciones) de los Talleres de Tecnología propios del Plan de Estudios de Grado en Fundamentos de Arquitectura (GFA), para establecer una innovadora experiencia docente basada en el flujo de aprendizaje o *learnflow*, como equivalente académico del *workflow* profesional (Fig.1).

2 APORTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM A LA FORMACIÓN ACADÉMICA Y EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS

La metodología BIM puede resumirse como el diseño y desarrollo de un proyecto constructivo administrado por un eficiente sistema de base de datos [1]. El flujo de información se entiende continuo, por lo que toda entrada de información completa una

realidad virtual que puede ser sometida a comprobación y análisis, aportando simulaciones que permiten evolucionar su diseño y producción.

Una carencia habitual de los modelos académicos suele ser su docencia fragmentada por áreas de conocimiento, que a cambio de una, en teoría, concisa transmisión de conocimientos específicos, dificultan la visión integrada del diseño y desarrollo material de los proyectos, y en general, provocan cierta dificultad de motivación del estudiante ante la parcelación del conocimiento, y un evidente distanciamiento con la realidad profesional. Esta inercia académica habitualmente solo se contrarresta por medio de actividades transversales (concursos, proyectos de investigación, colaboraciones puntuales entre áreas o Grados, etc.) y talleres de Fin de Grado, en general con formatos académicos con escasa docencia en procedimientos de integración, cuando no directamente en formato de tutorías.

La metodología BIM aporta un referente claro y reconocible, que aún sujeto a una cierta complejidad en su implementación curricular, ofrece un “contenedor” global de información, con capacidad de recoger procesos en principio académicamente independientes, en una realidad virtual vertebradora del aprendizaje. Así, el BIM ofrece un marco de trabajo que permite un enfoque basado en diseño por evidencias, contrastadas sobre el modelo global, facilitando así los objetivos pedagógicos de integración de conocimientos [4].

La integración en un modelo de información único aporta una ventaja definitiva sobre el estudio parcial por áreas de conocimiento permitiendo acometer planteamientos de mayor complejidad e interrelación de condiciones, lo que acerca la simulación académica a las condiciones y necesidades reales de diseño y especificaciones en la industria de construcción (AEC) [5].

3 APORTACIÓN DEL FORMATO ACADÉMICO DE TALLER UEM A LA METODOLOGÍA BIM

Las necesidades actuales en la industria AEC (*AEC industry*) de profesionales formados en metodología BIM se confirman exponencialmente crecientes [6] y se concretan alrededor de:

1. Conocimiento específico de software BIM (con variantes según implantación geográfica)
2. Habilidades de gestión de información de diversas fuentes y formatos (el workflow mencionado en la introducción).

Respecto al punto 1, la UEM fomenta y apoya por medio de cursos presenciales y semipresenciales la capacitación en software BIM específico, pero entendiendo que esta formación es fácilmente asumible de manera autónoma por el estudiante fuera del aula y su currículo tipo previamente definido en la titulación. En cambio, respecto al punto 2, el Plan de Estudios del GFA en la UEM perfila materias específicas de integración tecnológica, los denominados *Talleres de Tecnología* (en dos niveles, *Sistemas Técnicos*, de 4º curso, y *Talleres de Proyectos de Tecnología*, de 5º curso) que ofrecen un marco óptimo para establecer un flujo de aprendizaje o *learnflow*, como se describe en la figura 2.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 8 y 9 de mayo 2015



Fig 2. Gráfico ilustrativo de un posible flujo de aprendizaje o *learnflow*.
 Curso 2014-15. Elaboración propia.

El formato académico de los *Talleres de Tecnología* aporta una integración de conocimientos y habilidades, ya que incluye docencia de las áreas de Construcción, Estructuras e Instalaciones, aportando dichos conocimientos y habilidades mediante metodologías docentes basadas en el desarrollo de Proyectos técnicos (*Project Based Learning* o PBL), y por tanto en dinámicas de trabajo cercanas al desarrollo de proyectos profesionales. El formato de estas materias interdisciplinares permite la simulación de procesos y colaboraciones realistas que son idóneas para la comprensión del marco de trabajo en BIM [1].

El desarrollo del proyecto por fases, en variantes de trabajo en grupo e individual, y guiados por evaluación continua de adquisición de conocimientos y competencias (específicas y transversales) en base a objetivos y flujos de trabajo (rúbricas de evaluación), inciden específicamente en:

1. la estructura de conocimientos y gestión de la metodología BIM y su desarrollo de modelos.
2. la dinámica de colaboración por objetivos entre profesionales individuales, equipos y organizaciones en BIM [7].

Para fomentar este último aspecto colaborativo y realista, en este curso 2014-15, los *Talleres de Tecnología* se han diseñado en formato *Vertical* (figura 3), es decir, con docencia simultánea e integrada de ambos niveles (materias de 4º y 5º curso). De este

modo se reproducen las dinámicas propias del ejercicio profesional (*senior & junior architects, consulting, etc.*) al disponer varios niveles de capacitación en el aula y ampliando las variantes de aprendizaje entre iguales o entre niveles (*peer to peer, mentoring, etc.*).

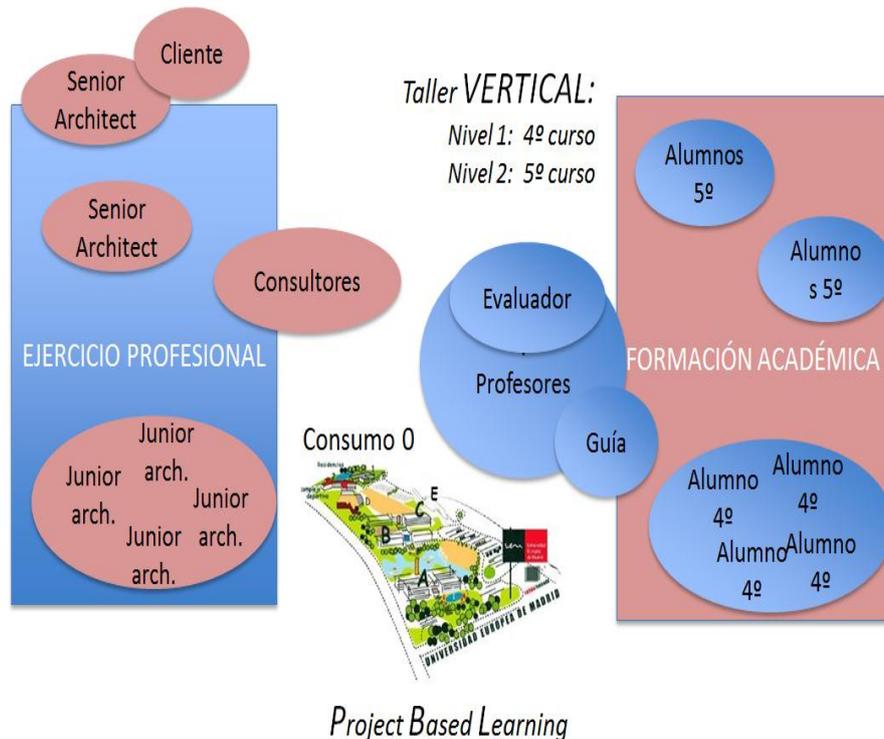


Fig 3. Taller de Tecnología en formato Vertical, en equivalencia con ejercicio profesional tipo. Curso 2014-15. Elaboración propia.

4 IMPLANTACIÓN CURSO 2014-15

Los *Talleres de Tecnología* (en formato vertical de *Sistemas Técnicos* o ST, de 4º y *Taller de Proyectos de Tecnología* o TPT, de 5º) se han ofertado durante los tres trimestres del curso 2014-15 (el formato docente en la UEM es trimestral, no semestral), por lo que la metodología BIM se ha podido introducir por fases de complejidad y exigencia creciente. La finalización del trimestre T1 aporta un primer avance de resultados, que la docencia en el actual trimestre T2 y del próximo T3 completará en un proceso de implantación secuenciado y coherente. El paso de alumnos con docencia en T1 en el nivel 1 (ST de 4º) al trimestre T2 con el nivel 2 (TPT de 5º) aporta un refuerzo del aprendizaje a través de la mentoría o *mentoring* entre alumnos de diferentes niveles, de manera que un alumno de 5º aporta al alumno de 4º referencias y apoyo, transmitiendo conocimientos y competencias adquiridas en el curso anterior, y desarrollando a su vez habilidades de *liderazgo* y *comunicación oral y escrita*, entre otros. Se reproduce así en el área académica la organización estándar de estudios profesionales en los que los *Senior Architects* realizan mentoría con respecto a los *Junior Architects*, dentro del desarrollo en equipo de proyectos. El papel de guía y evaluador de los profesores asumen en este formato la doble función de Consultor y Cliente, completando así el organigrama profesional tipo.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

La introducción de la metodología BIM se ha establecido de inicio opcional (T1), pero al establecer ciclos de trabajo de diseño, en cierto modo *profesionales*, de iteración de análisis sobre modelos, la propia complejidad de gestión y comprensión integral que conllevan los tradicionales estudios parciales por áreas (p.e. cálculo manual de cargas térmicas envolvente, de pórticos estructurales tipo, del coste global y pormenorizado de variantes de diseño, etc.) ha motivado el creciente paso voluntario de los estudiantes a la metodología BIM. El apoyo externo en cursos específicos de herramientas denominado *Tools Training* (TT), de software de entorno BIM y paramétrico (Revit, Robot Structural Analysis, Tekla, Vasari, Grasshopper, etc.) en la UEM (abierto a profesores y estudiantes) aporta el soporte técnico para este cambio metodológico.

El formato PBL se ha establecido sobre un Proyecto vertebrador cercano y bien conocido por los estudiantes y profesores, el propio Campus de la universidad en Villaviciosa de Odón. Esto ha facilitado la incorporación desde el inicio de una muy completa base de datos (topografía, mediciones edificaciones, redes de instalaciones, consumos, gestión, etc.) que justifica el paso a modelos BIM por su significativo aporte de información evaluable (comportamiento estructural, rendimiento envolvente, reducción consumos de energía o agua, etc.) según las diferentes propuestas de mejora que desarrollarán los estudiantes. El criterio de evaluación básico de las propuestas de los estudiantes se establece en resultados tangibles de Consumo 0 (tema del curso 2014-15 en la Escuela de Arquitectura) tanto por diseño tipológico como análisis numérico de las propuestas (cuantificación de reducción de consumos de energía y/o agua, de costes de construcción y/o mantenimiento, de mejoras de iluminación natural, de gestión y mejora de diseño de espacios, etc.).

Las tipologías de los modelos BIM a realizar se han adaptado a los dos niveles del Taller (Fig.5): edificaciones existentes a modificar, para nivel 1 (ST, 4º curso), o nuevas edificaciones en el entorno del Campus, para nivel 2 (TPT, 5º curso).

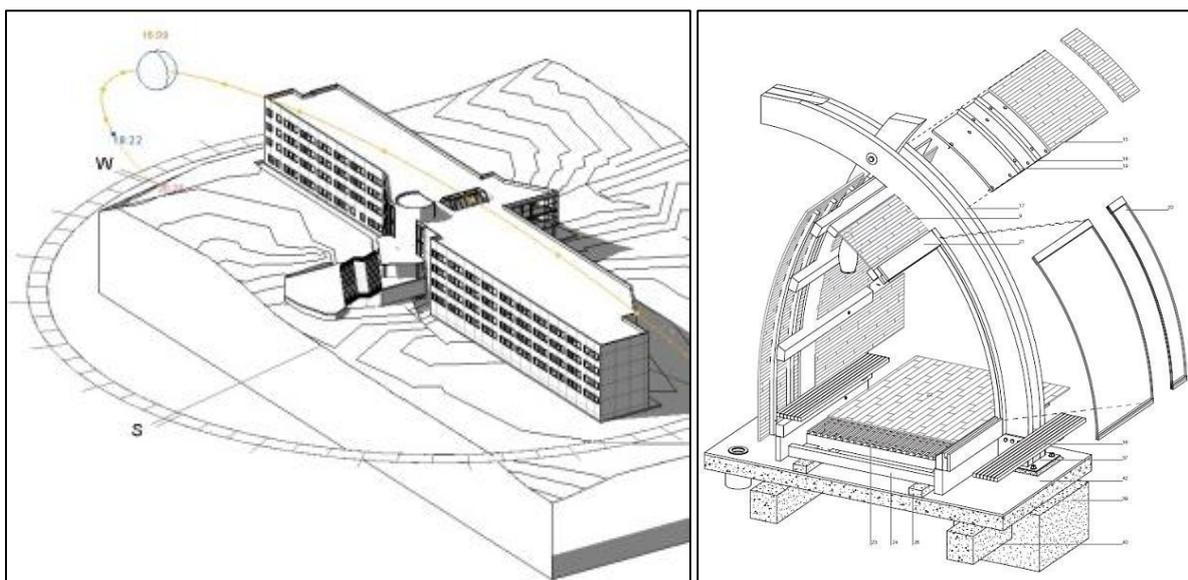


Fig 4. Ejemplos de modelos BIM en T1, curso 2014-15, por estudiantes UEM.
Izqda.: edificio preexistente (ST, 4º); dcha: nueva edificación (TPT, 5º).

4.1 Trimestre T1: fase inicial

Datos básicos T1:

4 grupos en turno de Mañana, con un total de 118 alumnos, con docencia en castellano e inglés (C=construcción; E=estructuras; I=instalaciones)

- M51, castellano, profesores: C: A. Galmés, E: O. Liébana, I: S. Rodríguez
- M54, castellano, profesores: C: J. Jurado, E: E. Redondo, I: J. Bartret
- M5D, castellano, profesores: C: S. Becerra, E: J. Agulló, I: J. Bartret
- M5B, inglés, profesores: C: L. Álvarez, E: X. Aguiló, I: N. Plaza

El trabajo analítico en T1 se centró en las condiciones de partida del entorno (clima, vientos), así como el comportamiento de los tipos estructurales (fig.5).

Para ello los alumnos (organizados en grupos de máximo 6 estudiantes) en una primer fase (duración: 40 días) recogieron la información en soporte papel (planos de Proyecto *as built* de la UEM) y digital (formato: Autocad), disponible según caso, tanto del Campus como de cada uno de los edificios e instalaciones, y trasladaron esta información global a modelos BIM (REVIT) para el análisis inicial de preexistencias: clima del entorno (temperatura según estación y ciclo da/noche, vientos ídem, etc.) con VASARI; análisis estructural con CYPE, TRICALC y puntualmente con ROBOT (curso ofrecido en paralelo a la asignatura).

En las siguientes fases 2 (trabajo en grupos de máx. 3 alumnos) y 3 (trabajo individual), de apróx. 30 días de duración cada una, destinadas a la propuesta y desarrollo de proyectos de mejora, solo una parte menor de los alumnos siguieron desarrollando los modelos REVIT y realizando comprobaciones de propuestas y alternativas (gestión bidireccional de archivos, control de pérdida de información) en el software antes mencionado.

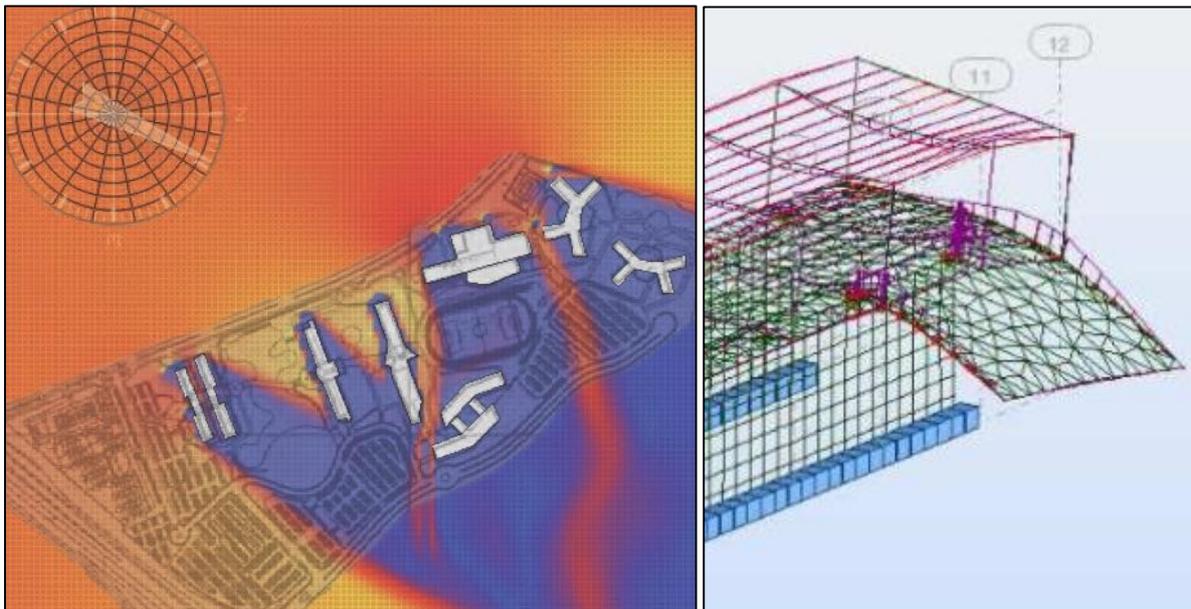


Fig 5. Ejemplos análisis realizados en T1, curso 2014-15, por estudiantes UEM.
 Izqda: vientos predominantes. Dcha: comportamiento estructural.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

4.2 Trimestre 2: fase de intensificación

Datos básicos T2:

2 grupos en turno de Mañana, con un total de 77 alumnos, con docencia en castellano (C=construcción; E=estructuras; I=instalaciones)

- M52, castellano, profesores: C: J. Jurado, E: J. Agulló, I: B. Inglés
- M55, castellano, profesores: C: L. Álvarez, E: X. Aguiló, I: B. Inglés

En el trimestre recién finalizado las dinámicas de análisis de propuestas se complementan tanto desde la perspectiva del diseño energético (flujos termodinámicos, cargas térmicas según variantes de envolvente) (fig.6) como de costes globales de las propuestas de actuación.

El desarrollo del curso mantiene en general el mismo formato de fases descrito anteriormente (1-Análisis, 2-Propuesta, 3-Desarrollo), recibiendo en fase 1 la formación ya comentada en el apartado anterior, pero añadiendo para fase 2 y 3 formación específica para el Diseño Energético (ECOTECT) y la Valoración de Costes (REVIT-PRESTO).

El software ECOTECT ofrece la evaluación energética preliminar de las diferentes propuestas incluso modeladas *ex novo* (representación simplificada de las diferentes geometrías), pero favorece el *workflow* de los trabajos de los alumnos que ya proponen de inicio propuestas modeladas en formato BIM, combinado así los análisis realizados con VASARI.

Por otro lado la cuantificación de materiales y costes se promocionado desde dos vertientes: formación específica sobre creación de tablas de materiales en REVIT, así como mediciones y presupuesto en software PRESTO, con especial incidencia en la exportación e importación de datos entre ambos para favorecer el *workflow* de los alumnos en BIM.

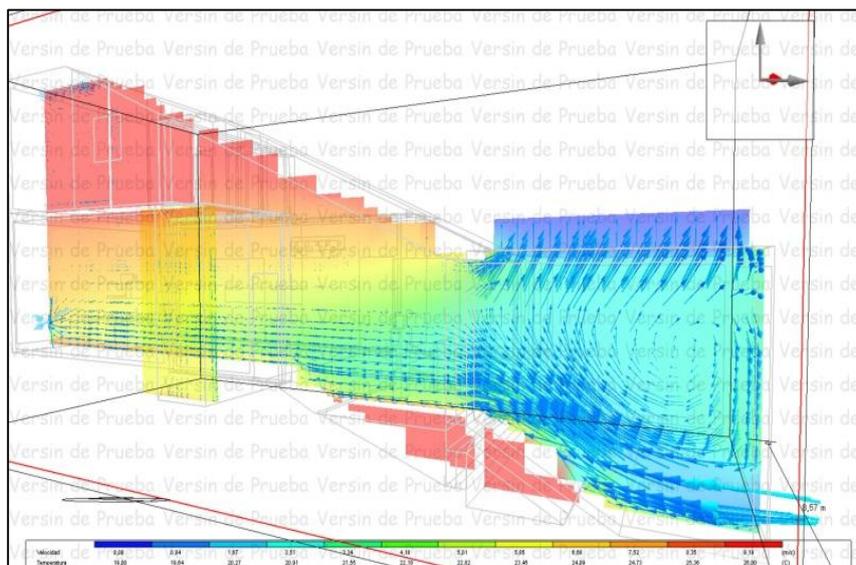


Fig 6. Ejemplo de análisis flujo termodinámico, T2. Curso 2014-15. Elaboración prof. B. Inglés.

4.3 Trimestre 3: fase final

Datos básicos T3 (previsión):

2 grupos en turno de Tarde, con un total previsto de 72 alumnos, con docencia en castellano e inglés (C=construcción; E=estructuras; I=instalaciones)

- M5A, inglés, profesores: C: L. Álvarez, E: X. Aguiló, I: N.Plaza.
- M53, castellano, profesores: C: A. Galmés, E: E. Redondo, I: F.Avilés

En el último trimestre T3 del curso 2014-15 se ha programado ampliar la dinámica de análisis sobre modelos BIM mediante el cálculo de la huella de carbono, el detallado y producción de documentación técnica, así como la gestión y planificación del proceso constructivo, con la ayuda de los software antes mencionados, así como Navisworks, Primavera y MSProject. Con ello se completan todas las fases básicas del desarrollo metodológico en BIM de los proyectos académicos, y por tanto el *learnflow* en su conjunto.

5 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos hasta el momento permiten inferir mejoras de aprendizaje en diferentes niveles y aspectos y que se pueden resumir en:

1. avance claro en la comprensión del proyecto como diseño integrado
2. capacitación en gestión de procesos de creciente complejidad.

Respecto al punto 1, el flujo de aprendizaje o *learnflow* se establece como proceso de iteración sobre un modelo referencia, cuya respuesta a los diferentes ensayos (desde diferentes perspectivas y áreas de conocimiento) conforma finalmente un diseño técnico coherente y realista.

Respecto al punto 2, el mismo *learnflow* potencia la orientación a resultados de los estudiantes que, en imitación al *workflow*, deben establecer criterios de colaboración e intercambios tanto entre diverso software (pre-BIM, como AutoCAD, Rhino, Sketchup, o post-BIM, como documentación detalle, cuantificación costes y ACV, fabricación CNC, etc.) como entre colaboradores (grupo de estudiantes del mismo o distinto nivel). El resultado es una mejora en competencias específicas y transversales, tal como *Planificación y Gestión del tiempo*, *Flexibilidad para adaptarse a nuevas situaciones*, *Gestión de la Información*, *Toma de decisiones*, entre otras, determinantes para su formación y desarrollo como futuros profesionales.

Existe una interrelación muy específica entre la motivación que aporta al estudiante el trabajo de análisis sobre un modelo virtual concreto, y la complejidad intrínseca del volumen de información y recursos informáticos a gestionar. El correcto *dimensionado* tanto del modelo final (complejidad geométrica y/o tipológica, condicionantes de diseño, resultados exigidos, etc.), como de los pasos intermedios (concreción de software a utilizar, acotación de resultados necesarios tanto a introducir como extraer, etc.) permitirán que el binomio motivación-complejidad resulten plenamente formativos.

Para ello será necesario avanzar en la definición de procedimientos tipificados tanto de instrucción como control, como los propuestos en OpeBIM [8] y estudios similares en desarrollo [9], que permitan a los profesores aportar coordinadamente una organización clara del trabajo desde el inicio y a su vez revisar de manera eficiente los resultados (documentación gráfica, modelos de cálculo, criterios de intercambio, etc.) tanto en estados intermedios como finales.

Finalmente, es importante resaltar la necesidad de formatos académicos similares al presentado en este artículo ya que los Talleres Verticales de Proyectos de Tecnología aportan un marco idóneo para la metodología BIM y su asimilación por parte de los estudiantes en un flujo de aprendizaje o *learnflow* similar al profesional.

6 REFERENCIAS

- [1] Y. S Cho^{1, a}, S. C, Hong^{1, b}, J. H Lee^{1,c}, H. S Jang (2014). *Higher Education Program Development for Structural Building*, Information Modelling (S-BIM), www.scientific.net, Advanced Materials Research Vols. 838-841 (2014) pp 3176-3179.
- [2] Owen, R.; Amor, R.; Palmer, M.; Dickinson, J. K.; Tatum, C. B.; Kazi, A. S.; Prins, M.; Matthijs, K.; Arto, E. B. (2010). *Challenges for Integrated Design and Delivery Solutions*, Architectural Engineering and Design Management, pp. 232-240, November 01, 2010, DOI: 10.3763/aedm.2010.IDDS1
- [3] Farrel, S. (2013). Zaha Hadid & BIM. Ox Arch. Feb2013. Pp28. PTT Practitioner. (blog: 25/02/2015 post).
https://pptpractitioner.files.wordpress.com/2013/02/obu_smf_zaha_hadid_bim.pdf
- [4] Sharag-Eldin, A. and Nawari, N. (2010). *BIM in AEC Education*. Structures Congress 2010: pp. 1676-1688. doi: 10.1061/41130(369)153
- [5] Dennis M. Gier (2015) *Integrating Building Information Modelling (BIM) into Core Courses within a Curriculum: A Case Study*. International Journal of Engineering Research and General Science Volume 3, Issue 1, January-February, 2015, ISSN 2091-2730
- [6] NBS – RIBA 2013 (2013). *National BIM Report*. RIBA Enterprises Ltd
- [7] Succar B. (2013), *Building Information Modelling: conceptual constructs and performance improvement tools*, Submitted for the degree of Doctor of Philosophy, December 2013, School of Architecture and Built Environment, Faculty of Engineering and Built Environment, University of Newcastle, Callaghan NSW 2308.
- [8] Suwal, S., Jävåjä, P., and Salin, J. (2014). *BIM Education: Implementing and Reviewing "OpeBIM"—BIM for Teachers*. Computing in Civil and Building Engineering: pp. 2151-2158.
- [9] Barison, M. B. and Santos, E. T. (2014). *A Tool for Assisting Teachers in Planning BIM Courses*, Computing in Civil and Building Engineering ASCE.

IMPLANTACIÓN Y MODELIZACIÓN BIM DEL PATRIMONIO INMOBILIARIO PARA FACILITY MANAGEMENT COMO PROYECTO DE INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD

Autores: Aparicio Jabalquinto, Felipe (1), Liébana Carrasco, Oscar (2), Sanz López, Mario (3), García Jiménez, Miguel (4)

- | | |
|---|--|
| (1) Universidad Europea de Madrid, (Profesor) | felipe.aparicio@uem.es |
| (2) Universidad Europea de Madrid, (Profesor) | oscar.liebana@uem.es |
| (3) Universidad Europea de Madrid, (Profesor) | mario.sanz@uem.es |
| (4) Universidad Europea de Madrid, (Alumno) | miguegarci@hotmail.com |

RESUMEN

Los propietarios de patrimonio inmobiliario, (sector terciario y de servicios), están elaborando modelos BIM de sus activos, con el objetivo de optimizar su gestión. Este proceso se realiza sin el diseño previo de planes de implantación.

La UEM desarrolla, como Proyecto de Investigación de Financiación Privada, el diseño de los procesos de aplicación para la implantación de la metodología BIM en el ejercicio del Facility Management. Los resultados obtenidos han sido:

- La generación de una metodología de implantación del entorno BIM aplicada a la gestión patrimonial.
- Facilitar la inmersión profesional de alumnos de las Escuelas de Arquitectura e Ingeniería de la Edificación, con el fin de mejorar su empleabilidad en el campo del Facility Management y la Metodología BIM.
- La renovación y actualización del conocimiento del profesorado en el manejo de la metodología BIM con el objetivo de posibilitar un itinerario académico transversal, que posibilita esta metodología.

Sobre la base de un ejercicio real desarrollado en una instalación deportiva, se describen las etapas del trabajo de investigación realizado, (toma de datos, diseño de la estructura de roles y perfiles profesionales, organización de archivos, generación del modelo, y formación en el entorno BIM del usuario final).

Palabras clave: *Universidad, Facility Management, Implantación, Investigación, Patrimonio*

1 INTRODUCCIÓN

1.1 El mantenimiento de la edificación

Es evidente que el ciclo de vida de la edificación, trasciende más allá de las fases de concepción, elaboración del proyecto, y su ejecución material. De hecho mientras que el periodo de tiempo dedicado a estas labores, se extiende entre 1 y 5 años, la puesta en servicio y posterior utilización alcanza de forma habitual periodos de tiempo superiores a los 20 años (Fig.1).

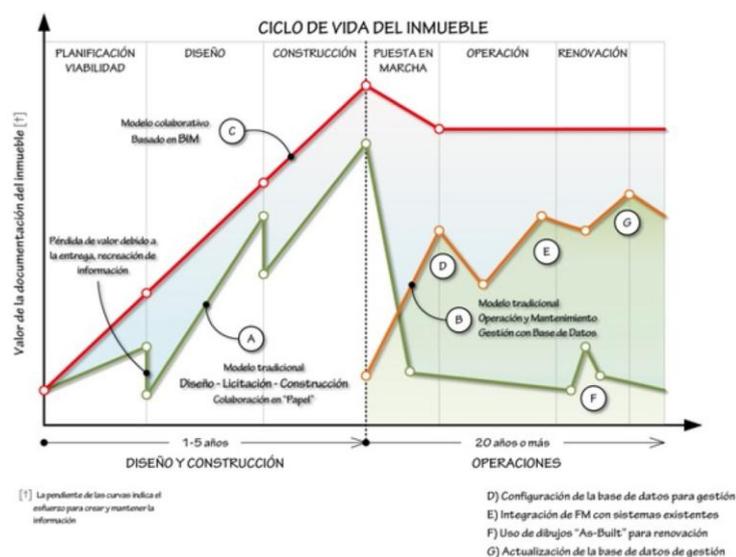


Fig. 1. Ciclo de Vida del inmueble, 2014 (Choclan et al. 2015) [1]

A lo largo de este periodo de explotación de la edificación, son múltiples las actuaciones sistemáticas o extraordinarias que se desarrollan sobre los elementos constructivos, instalaciones y demás dotaciones del bien inmueble, con el fin de asegurar la utilización del mismo de acuerdo a lo previsto en su origen y a las necesidades de los usuarios.

El punto de partida para la gestión de la edificación durante su uso, es la documentación generada en la fase de proyecto. Este dossier documental primigenio, a lo largo de la ejecución de la obra, se actualiza reflejando los cambios sobre las propuestas técnicas descritas en origen, configurando en el momento de la entrega del edificio, lo que se denomina como documentación "As Built". En un entorno de trabajo basado en tecnología CAD, la confiabilidad de ésta documentación en algunos casos era muy reducida al no quedar asegurada durante la obra la trazabilidad de la información y su incorporación a la documentación final, así como el contraste entre lo ejecutado y lo descrito en el dossier documental.

Del mismo modo, la no existencia de un protocolo de actualización de dicha documentación, provocaba el que la misma, aun en el caso de ser correcta en origen, quedara desactualizada de forma casi irremediable, como consecuencia de la no incorporación a la documentación de las sucesivas intervenciones realizadas sobre la edificación.

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

En este entorno de trabajo, las labores de mantenimiento y conservación de un bien inmueble, se complican de forma exponencial, especialmente en aquellos casos de edificios de más de 10 años, puesto que las intervenciones, y de forma significativa en el caso de los trabajos sobre las instalaciones, se ejecutan sin información fidedigna, lo que encarece los precios de la intervención y por supuesto los plazos.

En esta situación, diferentes estudios demuestran que, el empleo de la metodología BIM en la gestión inmobiliaria, mejora los resultados de explotación patrimonial, mediante el uso y mantenimiento de la información vinculada al modelo virtual de la edificación durante su ciclo de vida, reduciéndose los costes económicos, y mejorando la gestión del riesgo en las instalaciones [2].

1.2 La metodología BIM y la Universidad

Los alumnos que actualmente están cursando el ciclo final de su proceso formativo (último curso, Proyecto Fin de Grado o Proyecto Final de Carrera), de las titulaciones relacionadas de forma directa con el proceso de proyectar y el seguimiento posterior de la ejecución de obras de edificación, (Arquitectos, Ingenieros de edificación), comenzaron sus estudios dentro del entorno del periodo comprendido entre los años 2007-2010.

Aunque de España no hay resultados estudios importantes sobre la implantación BIM, sí tenemos la referencia de Estados Unidos y comparativa con Europa. Su implantación de la metodología BIM en el sector de la edificación, comienza en el año 2002, si bien es desde el año 2006 cuando se hace más intensa la implantación de esta metodología, alcanzado los valores más pronunciados desde el año 2012, aunque en Europa existe un porcentaje menor (Figura 2).

BIM Adoption – North America vs. Europe

Source: McGraw-Hill Construction, 2010.

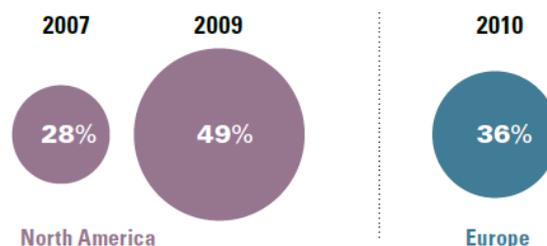


Fig. 2. Implantación BIM USA Vs Europe, 2012 Smart Market Report [3]

Del mismo modo, los programas de estudios de las diferentes titulaciones, no habían incorporado aún de forma consistente y transversal en el año 2006, contenidos de la metodología BIM en las distintas asignaturas, y en caso de hacerlo a partir del año 2012, la impartición de conocimientos se focalizó en materias de representación gráfica y en ningún

caso en las áreas de gestión de la edificación y de metodología del proceso de proyectar, construir, y la puesta en servicio y explotación de la edificación.

Por otra parte, la mayoría de los docentes de Arquitectura e Ingeniería, son expertos en modelado 2D o 3D, y sólo unos pocos en la metodología BIM. La actual falta de educadores cualificados BIM requiere educar a los educadores y, por lo tanto, familiarizarse con los procesos BIM, conceptos y tecnologías [4].

Está demostrado que la integración académica de distintas materias en el entorno de un proyecto basado en un modelo de información único, facilita el estudio por áreas de conocimiento permitiendo acometer planteamientos de interrelación de disciplinas y su entorno, lo que acerca la simulación académica a las condiciones y necesidades reales en la industria de construcción (AEC) [5].

Por lo tanto la combinación de estas situaciones, (rápida implementación de la metodología BIM, y programas académicos y docentes no renovados), genera un escenario en el que las Universidades egresan profesionales con carencias competenciales, en materias del máximo valor para la mejora de la empleabilidad profesional.

2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

A través del proyecto de investigación, se ha integrado el mundo universitario con la empresa privada, con el fin de diseñar una metodología de trabajo que permita la generación de un modelo virtual paramétrico de una edificación, como fuente de información para realizar las labores de mantenimiento, conservación y renovación de la misma.

Este objetivo principal del proyecto, se ha desplegado en otros dos objetivos alcanzados a lo largo del proceso de investigación:

- La integración de alumnos de Arquitectura (Proyecto Fin de Carrera) e Ingenieros de Edificación (Proyecto Final de Grado), en entornos profesionales reales, de trabajo colaborativo y multidisciplinar, basados en el uso de la metodología BIM para la gestión de un activo patrimonial y su adecuado mantenimiento (Facility Management).
- La participación del profesorado como parte activa del proceso de acompañamiento del alumno en su desempeño profesional, pero con la intención de incorporar al recorrido académico de las distintas asignaturas aspectos relacionados con la metodología BIM en los que se hayan percibido carencias competenciales de base en los alumnos que han participado en el proyecto.

3 FASES DEL PROYECTO

En respuesta a la solicitud realizada por una entidad deportiva, propietaria y explotadora de una instalación de alto rendimiento, se procedió a la consolidación de un proyecto en el que

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

generar un modelo virtual paramétrico de dicha instalación que incluyera el modelado de las siguientes disciplinas con un nivel de desarrollo LOD 350 [6]:

- Estructura, (modelo no analítico).
- Arquitectura y elementos constructivos.
- Instalaciones mecánicas, eléctricas y fontanería (MEP).

El fin por el cual la propiedad de la instalación requería la realización de dicho modelo es el de proceder a su utilización como herramienta sobre la que, de forma progresiva, basar la ejecución de las labores de mantenimiento, conservación y renovación de la edificación.

De acuerdo a dicho “uso BIM” y a los objetivos perseguidos en el proyecto de investigación, se procedió a la definición de las siguientes áreas de actividad, posteriormente se definieron e identificaron las fases de trabajo.

3.1 Definición del Equipo de Investigación

Dirección de Proyecto y Profesorado. La Dirección del Proyecto fue asignada al Dr D. Oscar Liebana Carrasco, experto en cálculo de estructuras y metodología BIM, complementada con la incorporación de profesores de Sistemas de Gestión de la Calidad Integrados aplicados a la construcción, D. Felipe Aparicio Jabalquinto y D. Mario Sanz López.

Alumnos. Del resultado de búsqueda y selección de alumnos, se localizaron alumnos de últimos cursos, con conocimientos, consecuencia del autoaprendizaje, en el manejo y utilización de software de modelado (Revit 2014), pero sin ningún conocimiento de la metodología BIM, consecuencia de la no inclusión en las asignaturas de aspectos relacionados con esa materia.

Los integrantes del equipo de investigación, asumieron los siguientes roles o perfiles profesionales, cuyas funciones se resumen a continuación:

BIM Manager. Organizador de los flujos de trabajo de acuerdo a las necesidades del proyecto y auditoria de modelo. Definición de los parámetros del modelo de acuerdo con la propiedad.

Modeladores de disciplinas. Encargados de la revisión de la documentación y de la toma de datos de la arquitectura.

Modeladores de Familias. Generadores de las familias de elementos incorporados al modelo de acuerdo a la parametrización comunicada por el BIM Manager.

3.2 Definición de los medios materiales necesarios

Hardware. Caracterización y diseño de los equipos informáticos necesarios para la generación del modelo y su uso.

Software. Identificación del software apropiado para la realización del modelo. En este caso se optó por el software de Autodesk Revit 2014, fundamentalmente por su interoperabilidad con las herramientas informáticas utilizadas por la propiedad.

Equipos de toma de datos y medición. Utilización de un scanner 3D FARO® Laser Scanner Focus3D.

3.3 Identificación y diseño de la documentación guía y los procesos de trabajo

Bim Execution Plan. El BIM Execution Plan define como los aspectos de modelado de cada proyecto deben ser acometidos, y como son generados y gestionados los datos contenidos en el mismo. Debe estar referenciado al resumen de especificaciones y usos BIM definidos por el cliente, con el fin de sustentar las bases de la cadena de suministro de la información para cumplir con la planificación prevista en el proyecto. [7].

En este caso se procedió a la identificación del índice tipo del documento, si bien el contenido del mismo, ha sido consecuencia del desarrollo del mismo de forma paralela a la ejecución del trabajo de investigación. Esta circunstancia ha posibilitado el que como resultado final de trabajo, se obtenga un documento perfectamente ajustado a la realidad del modelo generado, y que sin duda ha facilitado el aprendizaje de los intervinientes en el proyecto acerca del contenido de este documento, que se constituye como pilar esencial de las especificaciones del modelado y la prestación del servicio..

Procesos de trabajo. Enfocados a la descripción exacta de los fases de trabajo y etapas para cada una de las acciones previstas. Ha sido en este ámbito donde la investigación ha posibilitado la generación de la documentación de mayor valor, al permitir la organización del trabajo de forma ordenada, sistemática, unívoca y con la participación de los recursos necesarios en el entorno de los roles asignados en el equipo de trabajo (figura 3).

Estos procesos describen las acciones realizadas en tres grandes grupos:

- Toma de datos: Contraste de la documentación facilitada, con la realidad de la edificación, mediante la toma de nubes de puntos y la identificación in situ de familias e inventariado de la misma. En esta fase es un hito fundamental la adecuada parametrización de los elementos que compondrán el modelo con el fin de posibilitar el uso previsto para el mismo. A cada uno de los elementos incluidos en el modelo se les aplicó, entre otros parámetros decididos por el cliente, para su identificación, los códigos generados en un programa de Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO) utilizado para los trabajos de mantenimiento, asegurándose de este modo la trazabilidad armonizada de todos los elementos incluidos en el modelo BIM, heredados del anterior modelo de gestión del Facility.

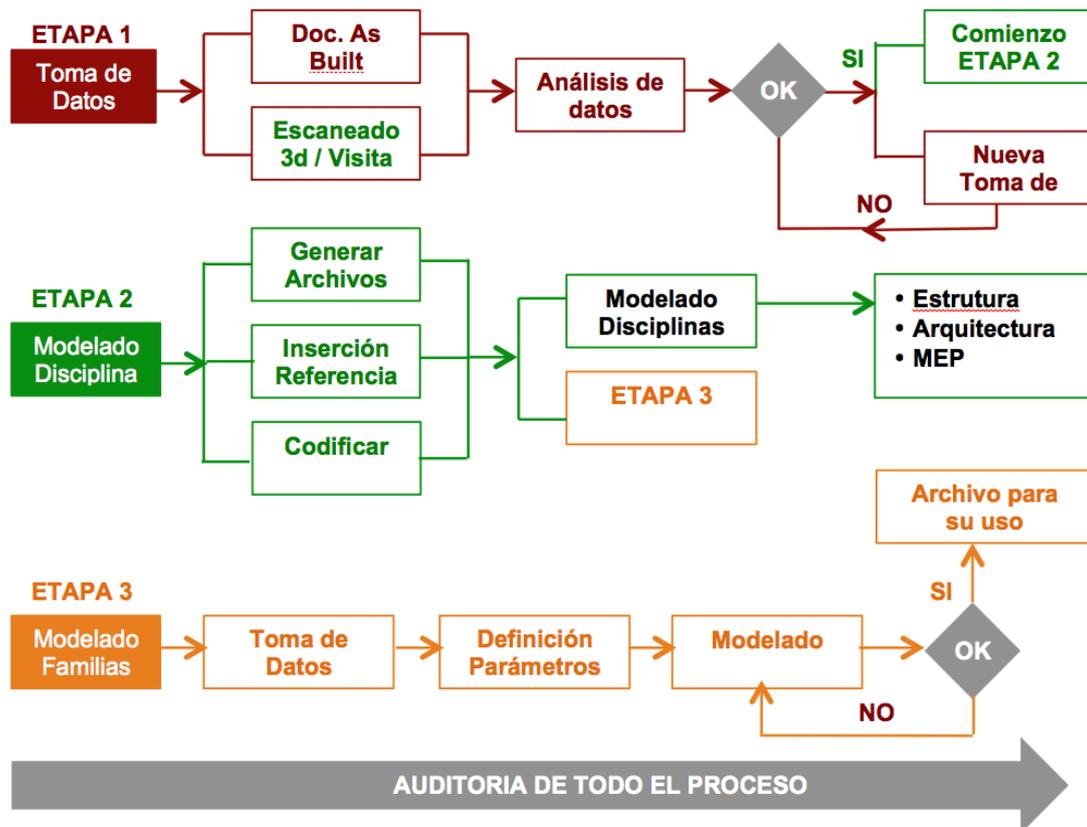


Fig 3. Flujo completo del ciclo de toma de datos, modelado y auditoria. 2014-15. Elaboración propia.

- Modelizado: De acuerdo a la información consolidada con la propiedad y el contraste de datos anteriormente señalado (figura 4).
- Auditoría de modelo: Con el fin de asegurar que se han aplicado los criterios de modelados definidos en el BIM Execution Plan, el modelo es revisado por el auditor BIM localizando y corrigiendo en su caso las desviaciones observadas antes de la entrega al cliente.

3.4 Definición de Plan de Formación

A lo largo de todo el Proyecto de Investigación, se ha diseñado un Plan de Formación específico para cada una de las partes intervinientes que se ha basado en la consecución de los siguientes objetivos:

Alumnos. Mejora de las competencias en el conocimiento del software de modelado, con el fin de mejorar en su utilización especialmente en disciplinas distintas a la arquitectura, pero sobre todo en el alcance de las posibilidades y capacidades del mismo.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

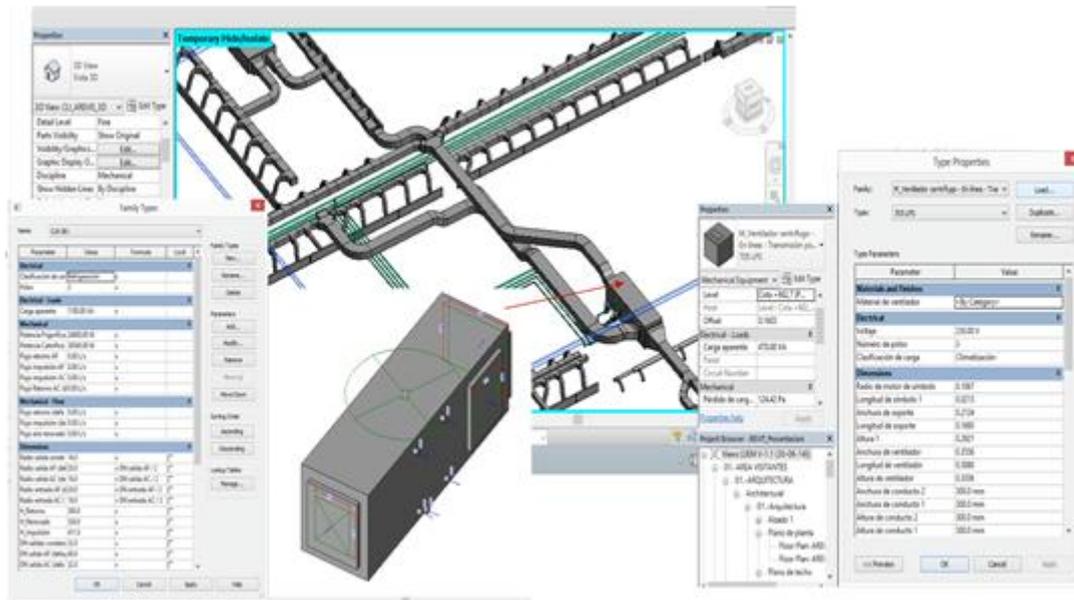


Fig 4. Imagen del modelo generado con los parámetros e información incluidos para las enfriadoras del sistema de climatización. 2014-15. Elaboración propia.

Profesorado. Mejora del conocimiento del entorno BIM y sus herramientas de gestión esenciales, con el fin de adaptar y rediseñar las mismas para su aplicación en el proyecto.

Propiedad. Formación en el manejo y utilización del modelo para la obtención y gestión de los usos BIM previstos, así como el conocimiento de la metodología y la participación en el diseño de los procedimientos de mantenimiento y actualización del modelo una vez finalizado el Proyecto de Investigación.

4 CONCLUSIONES

Del trabajo realizado hasta la fecha la primera conclusión que obtenemos es que se hace necesario continuar e intensificar la integración de la metodología BIM en los itinerarios académicos de las titulaciones relacionadas con el proceso edificatorio y en especial en titulaciones como Arquitectura e Ingeniería de la Edificación, sin olvidarnos de los Ciclos de Grado Formativo.

Esta integración debe poner en valor los conocimientos de cada una de las disciplinas en un entorno de trabajo colaborativo, basado en el diseño e implantación de una metodología soportada en el uso de las nuevas tecnologías, que facilitan el intercambio de información confiable a lo largo de todo el ciclo de vida de la edificación entre las partes que interviene en la misma (propiedades, proyectistas, contratistas, usuarios y mantenimiento).

Como segunda de las conclusiones obtenidas es que en este largo proceso de transformación académica hacia un entorno colaborativo y transversal BIM, es esencial el

acompañamiento de la transmisión de conocimientos en el diseño e implantación de Sistemas de Gestión basados en estándares normalizados (ISO, EFQM,...) que faciliten al alumno el conocimiento y caracterización de herramientas de gestión de proyectos (Manuales, Procedimientos, instrucciones y registros). No debemos olvidar que BIM es un entorno de trabajo basado en metodología de trabajo descrita a través de dichas herramientas. Esto ha sido una dificultad importante debido a que los alumnos no están acostumbrados a trabajar en sistemas de gestión normalizados y requiere un mayor seguimiento de los profesores.

Indudablemente, la transmisión correcta de dichos conocimientos a los alumnos pasa por una renovación del profesorado, que especializado en determinadas materias o disciplinas del ejercicio profesional, sepa integrar su conocimiento en un entorno BIM, mediante el uso de las herramientas de gestión anteriormente indicadas así como en las nuevas técnicas o sistemas informáticos (hardware y software).

Como tercera conclusión obtenida, hacemos referencia al papel fundamental que los propietarios representan como eslabón inicial del desempeño profesional, que solo pondrán en valor el entorno BIM, si esta metodología y las consecuencias de su implantación, se suman a la cadena de valor de su actividad de forma evidente. Para ello se hace necesario igualmente el divulgar y formar tanto a promotores, como a propietarios de carteras inmobiliarias y como no a empresas contratistas en los aspectos esenciales del entorno BIM.

5 REFERENCIAS

- [1] Choclan Gámez, Felipe; Soler Severino, Miguel; González Márquez, Ramón J (2015). *Introducción a la metodología BIM*. Spanish Journal Of BIM 14/01.
- [2] Singh, V; Ristimäki, M. (2013). *Workshop on BIM for facilities and operations management*, 4-5.4.2013 Espoo, Finland.
- [3] McGraw Hill Construction (2012), "*The business value of BIM in North America*".
- [4] Suwal, S., Jäväjä, P., and Salin, J. (2014). *BIM Education: Implementing and Reviewing "OpeBIM"—BIM for Teachers*. Computing in Civil and Building Engineering: pp. 2151-2158.
- [5] Dennis M. Gier (2015) *Integrating Building Information Modelling (BIM) into Core Courses within a Curriculum: A Case Study*. International Journal of Engineering Research and General Science Volume 3, Issue 1, January-February, 2015, ISSN 2091-2730
- [6] BIMFORUM (2013). LOD SPECIFICATION for building information models. www.bimforum.org/lod.

AEC (UK) (September 2012) *BIM Protocol Project BIM Execution Plan Implementing UK BIM Standards for the Architectural, Engineering and Construction industry*. Version 2.0

INS_TALLER. EXPERIENCIA INTEGRADORA BIM EN LAS ENSEÑANZAS DE GRADO Y POSTGRADO DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Autores: Pérez Egea, Adolfo (1), Martínez Conesa, Eusebio J (2), Guillen Martínez, José A. (3)

Universidad Politécnica de Cartagena, ETSAE, adolfo.perez@upct.es.
Universidad Politécnica de Cartagena, ETSAE, eusebio.martinez@upct.es.
Universidad Politécnica de Cartagena, ETSAE, joseantonio.guillen@upct.es.

RESUMEN

Conscientes de la viabilidad actual del diseño de edificios mediante modelos informáticos, que están presentes en nuestro entorno, desde la materia Instalaciones de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura y Edificación de la Universidad Politécnica de Cartagena se está impulsando la implantación vertical del uso de modelos BIM realizados por los alumnos, con la finalidad de transmitirles las relaciones entre los diferentes Sistemas empleados en Edificación (MEP).

Esta integración se inició en el primer cuatrimestre del curso 2014/2015 con el denominado "Ins_Taller. Taller de Instalaciones II", impartido en los grados de Arquitectura y de Edificación. El taller se ha desarrollado en 7 sesiones prácticas, y tendrá su continuación curricular en las asignaturas Taller de Instalaciones I y II del grado de Arquitectura durante el curso 2015/2016.

Con este planteamiento se incidió en las instalaciones de Climatización por su capacidad de condicionar el cumplimiento de las exigencias energéticas exigibles a nuestros proyectos al igual que las envolventes definidas por el modelo informático.

Las lecciones aprendidas en el taller serán aplicadas a la formación de postgrado a través del Master en Ciencia y Tecnología de Edificación en Arquitectura que se imparte en la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT)

Palabras clave: BIM, MEP, Climatización, Arquitectura, Edificación,

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la tecnología BIM se ha impuesto como el método más avanzado para elaborar la documentación de un proyecto. Se ha convertido en una herramienta útil para el intercambio de información de forma coordinada entre todos los profesionales que intervienen en el proceso constructivo, así como el software más eficaz para representar, calcular y presupuestar una obra de manera coordinada.

La tecnología BIM no solo es válida durante el proyecto y obra, si no que la documentación generada puede ayudar a los profesionales actuales y futuros a clasificar y modificar su forma, su uso e incluso los sistemas asociados a las instalaciones.

Por ello desde la Escuela Técnica Superior de Arquitectura y Edificación se están orientando las enseñanzas en algunas materias hacia la adquisición por el alumno de competencias específicas en BIM.

2 CONTENIDO

La materia Instalaciones se imparte en la Escuela de Arquitectura en los grados de Arquitectura y de Edificación respectivamente. Esta materia agrupa las Asignaturas Instalaciones I e Instalaciones II. Esta última se imparte en tercer curso del grado de Edificación y cuarto curso del grado de Arquitectura.

Algunos de los profesores que imparten docencia en esta materia lo hacen también en el Master en Ciencia y Tecnología de Edificación en Arquitectura (CYTEA), y en las asignaturas optativas de próxima implantación en el grado de Arquitectura para el curso 2015-2016 “Taller de Instalaciones I” y “Taller de Instalaciones II”.

Aprovechando las sinergias generadas en el escenario descrito se ha iniciado la implantación de una enseñanza vertical orientada a la adquisición de competencias relacionadas con el conocimiento de herramientas y procedimientos basados en BIM.

2.1 Experiencia Piloto. Ins_Taller Taller de Instalaciones

En el curso 2014-2015 desde la materia Instalaciones se programó la celebración de un taller práctico, de carácter voluntario pero evaluable, en el ámbito de las asignaturas “Instalaciones II” de los Grados de Arquitectura y de Edificación respectivamente. El taller se ha desarrollado durante el primer cuatrimestre del curso 2014/2015 y con una carga lectiva de 2 créditos integrados en las mencionadas asignaturas “Instalaciones II” y con una duración de 7 sesiones presenciales.

En dicho Taller se planteaba a los alumnos de ambos grados la realización de un ejercicio mediante el modelado informático de un edificio existente, sobre el cual el alumno debía estudiar las relaciones entre los parámetros topométricos y físicos de las envolventes del edificio y sus instalaciones.

Los alumnos organizados en grupos de 4 personas tenían como objetivo principal resolver de forma coordinada y eficiente las instalaciones objeto de la asignatura desde diversos puntos de vista. Debían atender al cumplimiento de la normativa, a la eficiencia energética de las soluciones constructivas planeadas, sin dejar de lado otros parámetros que definen la elegibilidad de una opción respecto de otras, como por ejemplo lo es el coste global de la solución propuesta.

Sobre el análisis del modelo virtual generado, el alumno debía plantear y resolver las medidas de mejora que permitiesen optimizar el funcionamiento eficiente del edificio.

Dentro del Acrónimo Ins_Taller. Taller de Instalaciones se ha iniciado a los alumnos en el diseño y cálculo de los sistemas de Instalaciones MEP (Mechanical, Electric and Plumbing) mediante un ejercicio que consistió en el planteamiento de una hipótesis de rehabilitación integral de un edificio existente, actualmente sin uso y que con anterioridad estaba destinado a Centro de Atención a la Infancia.

Entre las hipótesis planteadas, la Consejería de Educación, Cultura y Universidades de la Región de Murcia es quien promueve la actuación y plantea entre los usos posibles del centro las siguientes tipologías:

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

- Locales y oficinas,
- Comercial,
- Administrativo,
- Residencial,
- Pública Concurrencia,
- Docente

2.1.1 Objetivos del taller

Son varios los objetivos que se plantean al inicio del taller de Instalaciones:

El objetivo principal del Taller de Instalaciones, es formar profesionales con conocimientos avanzados en diseño y cálculo de instalaciones (MEP) en un entorno de trabajo BIM, completando y mejorando su currículum académico y profesional.

Conocer los fundamentos del diseño y cálculo de las instalaciones del edificio (Protección Contra Incendios, Climatización, Salubridad y Solar Térmica) y de sus componentes así como la normativa a aplicar en cada caso.

Proporcionar a los alumnos la información y formación necesaria para utilizar el entorno de trabajo BIM y las herramientas de software para el diseño y cálculo de instalaciones del edificio, estudiando los procedimientos que han de seguirse para el desarrollo de proyectos.

Conocer la exportación de resultados, listados y planos. Generación de la documentación gráfica que define el proyecto, las memorias, los anejos y los pliegos de condiciones.

2.1.2 Programación del Taller

Con este planteamiento inicial los alumnos debían atender a los contenidos planteados en el taller de instalaciones siguiendo la siguiente programación:

Con antelación al comienzo del Taller de Instalaciones:

Los alumnos, constituidos y organizados en grupos de 4 personas, deberán elegir una de las nuevas tipologías de entre las propuestas por la Consejería y comunicarlo al profesor antes del comienzo del Taller.

Durante la duración del Taller de Instalaciones:

Los alumnos trabajaron con el software Cypcad MEP sobre la geometría propuesta, y según la tipología seleccionada por el grupo. Partiendo de los datos iniciales de partida debieron:

- a) Modelar el edificio con el software especificado anteriormente.
- b) Elegir la mejor orientación y condiciones de emplazamiento sin ninguna limitación.
- c) Cuantificar exigencias y dimensionar prestaciones de las instalaciones correspondientes a:
 1. Protección Contra Incendios
 2. Climatización
 3. Ventilación
 4. Energía Solar Térmica

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

Al finalizar el taller de Instalaciones:

Los Alumnos hicieron una exposición de defensa del trabajo realizado en la cual debían exponer todos los miembros del grupo con una duración mínima de 10 minutos y máxima de 15 minutos.

Al finalizar la exposición entregaron en soporte digital un CD con el siguiente contenido.

- Infografías del Edificio y del Edificio con sus Instalaciones.
- Planos en PDF de las diferentes instalaciones diseñadas.
- Mediciones y Presupuesto.
- Memoria Descriptiva y Memoria Justificativa de cada una de las instalaciones dimensionadas.
- Anejos de Cálculo.

La tabla 1 representa el desarrollo cronológico ordenado de las distintas fases del taller.

PROGRAMACIÓN TALLER DE INSTALACIONES 2014-2015									
Mes	Octubre	Noviembre				Diciembre			
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Inicio Taller									
Modelado del edificio									
Proteccion contra incendios									
Climatización									
Solar térmica									
Defensa									

Tabla 1. Programación Taller. 2014. Elaboración Propia.

2.1.3 Desarrollo del Taller

Tras constituirse en grupos y elegir un uso de entre los propuestos en la hipótesis de partida, los alumnos del taller realizaron el modelado del edificio. Algunos de los grupos optaron por realizar un modelado desde el software Revit de Autodesk, que ya manejaban exclusivamente con la finalidad de obtener planos y perspectivas destinados las entregas de otras asignaturas del área de conocimiento de Proyectos.

Estos alumnos se encontraron con la incompatibilidad entre los elementos constructivos creados en Revit y la importación a través del formato estándar IFC (Industry Foundation Classes) [1], a la base de datos de Cypecad MEP [2].

Por ello la mayoría de los alumnos optaron por el modelado directo del edificio desde el entorno de Cypecad MEP.

Una vez solventados los problemas de modelado inicial de las envolventes del edificio, los alumnos procedieron al estudio térmico desde el área destinada dentro del software Cypecad MEP a comprobar el cumplimiento de las exigencias de limitación de consumo energético del documento básico HE0 y de limitación de demanda energética HE1 del CTE.

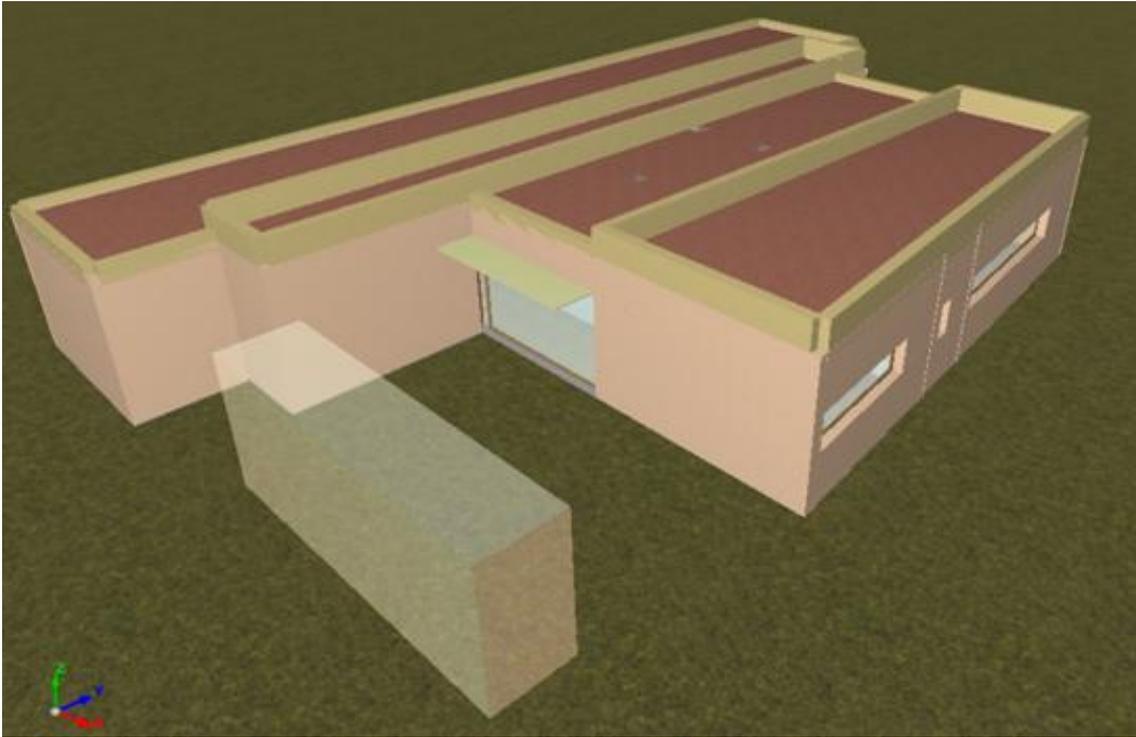


Fig 1. Edificio Ejemplo. 2014. Elaboración propia.

La siguiente gráfica de barras representa el balance entre el consumo energético del edificio y la demanda energética, mostrando de forma visual la eficiencia energética del edificio, al representar gráficamente la compensación de la demanda mediante el consumo.

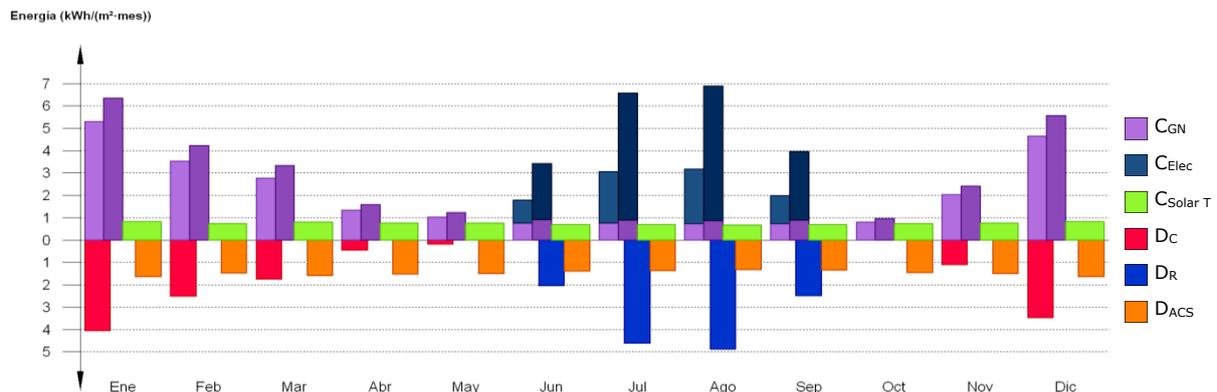


Fig 2. Consumo energético anual del edificio. 2014. Elaboración propia extraído de Cypecad MEP.

En el semieje de ordenadas positivo se representan, mes a mes, los distintos consumos energéticos del edificio, separando entre vectores energéticos de origen renovable y no renovable, y mostrando para éstos últimos tanto la energía final consumida como el montante de energía primaria necesaria para generar dicha energía final en punto de consumo.

En el semieje de ordenadas negativo se representa, mes a mes, la demanda energética del edificio, separada por servicio, distinguiendo la demanda de calefacción, la de refrigeración y la de agua caliente sanitaria [3].

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

Posteriormente los alumnos desarrollaron el sistema de producción de ACS con contribución de Energía Solar Térmica. Este sistema, junto a los sistemas hidráulicos de extinción debían ser conectados a la red general de suministro de agua potable, lo que obligó a que los alumnos diseñaran previamente el sistema de abastecimiento de agua.



Fig 3. Vista conjunta de todas las Instalaciones. 2014. Alumnos “grupo C” Arquitectura.

Los alumnos continuaron configurando los sistemas MEP del edificio. El siguiente sistema a desarrollar fue el de protección contra incendios, pudiendo dimensionar la instalación de extintores, bocas de incendio, rociadores, vías de evacuación, señalización y alumbrado de emergencia.



Fig 4. Vista Instalación de Climatización. 2014. Alumnos “grupo C” Arquitectura.

Por último los alumnos dimensionaron el sistema de climatización. La mayoría de los grupos optaron por sistemas de caudal de refrigerante variable y distribución por conductos de aire combinada con sistemas de calefacción por suelo radiante.

2.2 Extensión vertical de la experiencia a otros grados y asignaturas

El compromiso institucional de la UPCT por la mejora de la adquisición de las competencias asociadas al título de grado debe materializarse, por un lado, en los programas de los diferentes módulos y materias que configuran un mismo curso académico (coordinación horizontal) y, por otro lado, en las materias que pertenezcan a una misma disciplina a lo largo del plan de estudios (coordinación vertical).

Desde la materia Instalaciones se está potenciando la implantación en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura y Edificación de metodologías de estudio sobre modelos BIM que facilite la coordinación entre asignaturas, aportando criterios para la aplicación del nuevo modelo formativo en la implantación de los nuevos planes de estudios.

2.2.1 Implantación de la asignatura optativa Taller de Instalaciones en el grado de Arquitectura

El taller tendrá su continuación curricular en las asignaturas “Taller de Instalaciones I” y “Taller de Instalaciones II” del grado de Arquitectura durante el curso 2015/2016.

En estas asignaturas de carácter optativo se desarrollará el proyecto completo de los sistemas de un edificio, desde el modelado del edificio hasta sistemas de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación en la edificación. Para ello se aprovechará el potencial del flujo de trabajo entre las distintas plataformas de gestión sobre BIM (Autodesk Revit,, Cype, Naviswork, Microsoft Project, etc,...).

2.2.2 Introducción a los procedimientos BIM en el Master CYTEA

Las lecciones aprendidas en el taller serán ampliadas y trasladadas a la formación postgrado a través del Master en Ciencia y Tecnología de Edificación en Arquitectura (CYTEA, que actualmente se imparte en la UPCT).

En él se dará una sesión sobre el potencial de aplicación de las herramientas de diseño y procedimientos de gestión basada en BIM y se desarrollará un caso práctico de diseño de instalaciones aplicado a la Climatización.

3 CONCLUSIONES

El taller se ha desarrollado simultáneamente en los grados de Arquitectura y de Edificación.

Dado el carácter voluntario de la realización del taller dentro de la Asignatura “Instalaciones II” se ha podido comprobar comparativamente el interés despertado entre el alumnado de ambos grados.

En el grado de Arquitectura el grado de alumnos matriculados que han seguido con regularidad el desarrollo del taller ha sido prácticamente total.

Mientras en el grado de edificación no se alcanzó ese nivel de interés, con una participación inferior al 40% de los alumnos matriculados, si bien el interés generado en los alumnos de Edificación asistentes ha sido superior a los del grado de arquitectura, lo cual se ha comprobado por el nivel de los trabajos presentados.

De ello se puede inferir que la implantación de las herramientas BIM y en concreto las MEP, si bien inicialmente no despierta el mismo interés entre los distintos agentes técnicos que intervienen en el proceso edificatorio, una vez instruidos en el uso de estas herramientas, los agentes no renuncian a aprovechar su potencial, a pesar de tener que vencer la inicial resistencia a la adquisición de nuevas competencias tecnológicas relacionadas con el empleo de herramientas y procedimientos novedosos.

Al igual que los alumnos, los profesores necesitan una alfabetización digital que les permita utilizar de manera eficaz y eficiente estos nuevos instrumentos tecnológicos que constituyen la base de los procesos BIM en sus actividades profesionales (docentes, de investigación, de gestión) y personales. Necesitan competencias instrumentales para usar los programas y los recursos disponibles en la red, pero sobre todo necesitan adquirir competencias didácticas para el uso de todos estos medios en sus distintos roles docentes.

El reto del educador es prepararse para los nuevos tiempos en los que estamos inmersos. Ya no estamos en los tiempos en que las nuevas tecnologías eran cosa de unos cuantos. Ha llegado la hora de abordarlas por la mayor parte del profesorado pues se contemplan en el currículo y son un clamor de la sociedad.

Para poder abordar este reto el docente tiene que adquirir una competencia digital. Definir la misma no resulta una tarea sencilla, pues la competencia digital del profesorado no solo está ligada a los conocimientos informáticos sino que debe abarcar el uso didáctico de los mismos [4].

4 REFERENCIAS

- [1] Bazjanac V. and Crawley D.B. (1997). *The implementation of Industry Foundation Classes in simulation tools for the building industry*. Praga, Republica Checa. International Building Performance Simulation Association.
- [2] Reyes Rodríguez A.M. (2013). *Cypecad MEP. Instalaciones del Edificio. Manual Imprescindible*. Anaya Multimedia. Madrid.
- [3] Cype Ingenieros, S.A. (2014). *Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0- Limitación del consumo energético. CypeCad MEP. Instalaciones del edificio*. Alicante. Cype Ingenieros, S.A.
- [4] Nieto López E, Callejas Albiñana A.I. y Jerez García O. (2012). *Las competencias básicas. Competencias profesionales del docente*. Universidad de Castilla-La Mancha. Imprenta Provincial. Ciudad Real.

INTERPRETACIÓN DE LAS FASES CONSTRUCTIVAS PROPIAS DE LA METODOLOGÍA BIM COMO ÉPOCAS HISTÓRICAS PARA EDIFICIOS PATRIMONIALES

Autores: García Valdecabres, J (1); March Oliver, R (2); Salvador García, E (3)

- (1) Doctor Arquitecto. Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica. U.P.V. Investigador principal del equipo investigación SJ. jgvalde@ega.upv.es
- (2) Arquitecto Técnico. U.P.V. Equipo investigación SJ. ruben.march.oliver@gmail.com
- (3) Máster en Conservación del Patrimonio Arquitectónico. U.P.V. Ingeniero Técnico en Diseño Industrial. Equipo investigación SJ. salvadorgarcia.elena@gmail.com.

RESUMEN

La presente comunicación, propone la aplicación de la herramienta de fases constructivas de BIM, propia del desarrollo del trabajo de obra nueva, como un símil de los periodos históricos de la arquitectura patrimonial y la descripción de las aplicaciones que este instrumento tiene. La finalidad es el uso de BIM como un contenedor de datos históricos, donde se introducen tanto las características formales, constructivas, materiales y las patológicas como cronologías e históricas. El laboratorio de pruebas de esta metodología teórica es el Patio Sur de la Iglesia de San Juan del Hospital de Valencia por su idoneidad y su complejidad de periodos histórico - constructivos.

La reinterpretación de las fases constructivas como periodos históricos, permite una mejor gestión y conocimiento del conjunto patrimonial debido a que toda la evolución cronológica queda contenida y contrastada a través de los filtros de fase en un único archivo.

Las aplicaciones que esta herramienta BIM tiene en patrimonio son: facilitar el análisis y la identificación cronológica de los elementos arquitectónicos y constructivos previos al estudio estratigráfico, la realización de montajes de piezas para distintos conjuntos constructivos para un estudio y catalogación pormenorizado de ellos y la ayuda en el suministro de material gráfico para la difusión cultural.

Palabras clave: *cronologías, difusión, estratigrafía, fases.*

1 INTRODUCCIÓN

La siguiente comunicación corresponde a un extracto de la investigación financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad bajo el título de *Diseño de una base de datos, modelo para gestión de la información y el conocimiento del patrimonio arquitectónico*, dirigida por el Dr. Jorge García Valdecabres. En este texto se detallará el proceso y la metodología seguida para clasificar y catalogar un bien arquitectónico a lo largo del tiempo, pormenorizando gradualmente hasta alcanzar un elevado nivel de detalle.

Los avances realizados hasta la fecha demuestran la amplia implantación de la metodología BIM a nivel nacional e internacional. Esta implantación hace referencia, en su mayoría, a proyectos de obra nueva y hace patente su potencialidad en la gestión integral mediante BIM, no obstante existe un gran déficit de aplicación cuando se trata de proyectos de

arquitectura patrimonial. Este problema se debe, entre otros motivos, a la singularidad de este tipo de construcciones y la falta de automatización de los procesos que intervienen en los bienes históricos, perdiéndose la filosofía y el método de trabajo de esta herramienta.

De forma análoga a lo que plantean *Jiang, L.* y *Leicht, R* [1], es necesario establecer un sistema automatizado para minimizar las deficiencias del proyecto y aplicarlas a este tipo de arquitectura. Esto corresponde con un primer paso pero es necesario ir más allá y analizar la problemática adicional que se encuentra en este tipo de construcciones. Los monumentos históricos cuentan, en general, con una gran cantidad de estudios y documentación en torno a ellos además de la intervención de diversos especialistas del ámbito de la conservación y la restauración.

Es por ello que en consonancia con la automatización de los procesos y reducción de errores, es necesario plantear la herramienta BIM como un contenedor de toda esta información histórica y como una plataforma base desde la que los diferentes técnicos puedan trabajar. Incluyendo a todos los agentes que intervienen en estos procesos, se lograría reducir la barrera que supone la comunicación entre ellos [3], identificada como un obstáculo en la productividad de los equipos, reduciendo a su vez el coste de recursos humanos y materiales.

Esta comunicación se centra en la asimilación de la cronología que afecta a los edificios históricos dentro del ámbito BIM a fin de recopilar la información para los distintos grupos de especialistas y establecer una metodología que sistematice este proceso.

A través de la creación de un modelo teórico, se evaluará la capacidad de la metodología BIM para almacenar y gestionar, no sólo las características propias de esta metodología como la materialidad o las mediciones del proyecto, sino también la evolución de la construcción existente.

Su eficacia se demuestra a través de una serie de pruebas experimentales realizadas en un proyecto real de conservación del patrimonio arquitectónico con diferentes estrategias de información y de clasificación, en este caso el conjunto medieval de San Juan del Hospital de Valencia.

2 CONTENIDO

El desarrollo de la comunicación parte desde un punto avanzado de la investigación mencionada, y por tanto se deben cumplir una serie de premisas previas. Es necesario comprender que no se trata del punto de partida desde el cual acometer el proyecto de restauración en BIM, sino de la gestión de este una vez conocido en profundidad el monumento. Por tanto es indispensable poseer los conocimientos que definen el bien histórico y cuáles han sido los acontecimientos históricos que en él han acontecido, es decir, haber finalizado al menos en parte la labor de investigación del monumento pues de otro modo sería imposible definir geoméricamente el modelo y dotarlo de la información o simplemente carecería de base histórica que respaldase el modelo teórico y su posterior validación.

Además y puesto que es un edificio existente, es necesaria una toma de datos exhaustiva a fin de obtener y representar la realidad geométrica del bien histórico. Esto incluye desplomes, deformaciones y demás defectos que es recomendable incluir en la base de datos que se genera en la plataforma BIM.

2.1 El bien arquitectónico histórico

Es fundamental que en primer lugar, antes de llevar a cabo el proceso de dotar de información el modelo y definir sus fases cronológicas, se disponga de información del bien.

Este paso previo, sea BIM o sean técnicas tradicionales, es imprescindible para la buena práctica a la hora de realizar una intervención y es igual de importante seguir una metodología. El problema de la búsqueda de información y documentación es su dispersión, ya que el conocimiento completo de un bien se encuentra diseminado por registros, archivos, depósitos particulares... etc., siendo una tarea ardua y compleja en la mayoría de los casos.

Lo que se pretende con la aplicación de la metodología BIM es subsanar en la medida de lo posible esta dispersión, agrupando la mayor parte de la información en un modelo tridimensional con información específica.

En el caso del laboratorio de pruebas que es el Patio sur de la Iglesia de San Juan del Hospital de Valencia, la información se ha recopilado a lo largo de los años, de los diferentes estudios y de las intervenciones llevadas a cabo hasta la fecha, documentación fotográfica existente en el archivo del propio conjunto, distintos archivos y catálogos de la Comunidad Valenciana, así como depósitos bibliográficos y fotográficos privados, todo ello constituyendo la información de la que parte el desarrollo BIM de nuestro modelo. Para el punto concreto que desarrolla esta comunicación es especialmente interesante la información gráfica, tanto planos como imágenes de los estados previos a la intervención, así como su correspondencia histórica.

2.2 Toma de datos

La toma de datos es una parte fundamental del conocimiento del bien, pues permite conocer el estado de éste en el momento de la intervención y determinar las lesiones o patologías que pueda sufrir. Son muchas las opciones disponibles en la actualidad, no obstante con los últimos avances tecnológicos, algunas se posicionan como determinantes en el campo patrimonial.

Una toma de datos tradicional a base de croquis y mediciones manuales es siempre de utilidad para realizar un acercamiento al monumento, pero el problema de estas técnicas es la falta de precisión respecto a las técnicas modernas y es que en muchas ocasiones es imposible determinar desplomes o pequeñas deformaciones, como es el caso de nervios de bóvedas o en plementerías.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

Una de las técnicas que mejor acogida está teniendo en los últimos años es el *escaneado láser 3D*. Esta herramienta se basa en tecnologías como tiempo de vuelo, diferencia de fase,...etc., para lanzar miles de mediciones por segundo, creando las llamadas *nubes de puntos*.

Estas nubes no son más que los millones de puntos, obtenidos de las mediciones, y referenciados entre sí mediante coordenadas. La ventaja de estas nubes es que la densidad es tal, que crea superficies casi sólidas, de forma que puede realizarse una lectura tridimensional del monumento y emplearlo como base de trabajo.

Conocer las diferencias entre la tecnología basada en el tiempo de vuelo y la tecnología de diferencia de fase es determinante a la hora de acometer los escaneados. La primera de ellas, el tiempo de vuelo, es más lenta pero con una mayor precisión, reduciéndose el error en distancias largas. En cambio la tecnología basada en la diferencia de fase es mucho más rápida pero aumenta el error en distancias medias-largas. Por tanto, en caso de escanear interiores o exteriores próximos al escáner, la tecnología de diferencia de fase sería la idónea, mientras que, si se pretenden escanear elementos lejanos o elementos de grandes dimensiones, tales como cubiertas o terrenos, la elección óptima sería la de tiempo de vuelo.

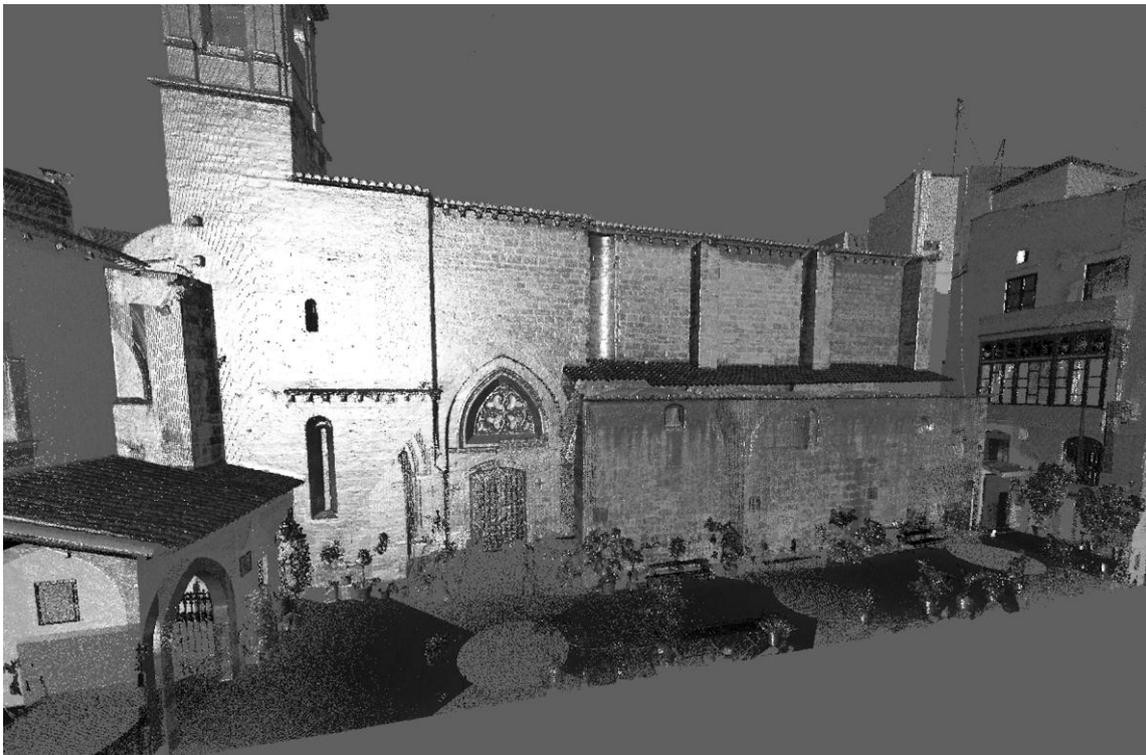


Fig 1. Nube de puntos, zona Norte de San Juan del Hospital de Valencia. 2014.
García Valdecabres, Jorge.

La tecnología de nubes de puntos se encuentra cada día más implantada y son muchos los *software*, como CAD y BIM, que llevan incorporados lectores de nubes de puntos y con un motor bastante optimizado.

Al margen del software propio de BIM, la compañía Autodesk ha desarrollado un potente programa, *Recap*, que permite tanto la lectura, como la modificación y exportación de nubes de puntos. Esta herramienta es de fácil manejo y totalmente gratuita, con un alto rendimiento y teniendo un flujo de trabajo perfecto entre los principales fabricantes de la tecnología láser 3D y sus *software* AutoCAD y Revit.

En el caso concreto de la investigación relativa al conjunto medieval de San Juan del Hospital de Valencia, se realizaron un total de 54 estacionamientos, mediante la tecnología de tiempo de vuelo, con un equipo Leica-Geosystems. El procesado de la nube se ha realizado en un primer lugar con la herramienta Cyclone proporcionada por Leica-Geosystems y posteriormente con Recap.

2.3 Definición inicial de una plantilla o *template* específica de la arquitectura patrimonial

El siguiente procedimiento previo a la fase de modelado, es la definición de una plantilla o *template* estandarizada para proyectos de restauración y conservación del patrimonio arquitectónico.

Esta plantilla no profundiza en exceso en elementos como familias de modelo y sistemas, pues la problemática habitual de este tipo de proyectos es la disparidad entre unos elementos y otros. No obstante, sí es importante establecer unas fases predeterminadas en las que únicamente sea necesario cambiar el nombre para adecuarlo al monumento en cuestión.

Las fases convertidas en periodos históricos, tendrán en común para todos los casos la fase actual. A partir de aquí, tendrá tantos periodos como se considere necesario para definir el proyecto.

Es necesario matizar que esta herramienta se encuentra más desarrollada en *Revit* (*Autodesk*), permitiendo introducir tantas fases como sean necesarias y además se pueden aplicar filtros de fase. Los filtros de fase tienen una gran potencialidad y demuestran ser idóneos para la representación cronológica, pues permite que en una misma fase se reflejen, además de los cambios sufridos respecto al periodo anterior y los elementos nuevos, mostrar cambios que se generan y desaparecen dentro del mismo periodo, es decir, temporales.

Los elementos temporales asociados en muchas ocasiones a andamiajes o elementos de montaje para obra nueva, son elementos con mucha mayor entidad en patrimonio. Ejemplo de ello es el caso de estudio de la investigación, el Patio Sur de San Juan del Hospital, en el que podemos distinguir dos periodos dentro de la nave de la iglesia, es decir, en un primer periodo la nave de la iglesia tenía una altura y posteriormente, siglos más tarde, esta altura se elevó. Este elemento se construye y se derriba dentro de la fase de proyecto del edificio, por tanto se refleja a través de los filtros de fase como un elemento temporal.



Fig 2. Evolución de la capilla funeraria a lo largo de los siglos destacando los cambios de cada periodo. 2014. March Oliver, Rubén

A continuación se plantea la forma de gestionar toda la información contenida en el modelo, siendo necesario para ello establecer parámetros de proyecto que figuren en la plantilla y que sean aplicables a distintas categorías, piezas, modelos genéricos, suelos, etc.

La finalidad de establecer estos parámetros, característicos de las fichas de catalogación de patrimonio general, es lograr extraer de una forma automatizada la información por elementos constructivos o bien la información de aquellas entidades que tengan un interés relevante. Para ello se diseñan familias de ficha de catalogación, dentro de la plantilla, basadas principalmente en los parámetros establecidos previamente y que de una forma sencilla permitan que los campos se completen automáticamente con los parámetros del modelo.

En este momento, dependiendo de la problemática concreta de cada proyecto y de las necesidades del estudio en cuestión, se profundizará en mayor o menor grado en la definición de parámetros y en el diseño pormenorizado de las fichas de catalogación.

La creación de la plantilla de trabajo es de suma importancia para lograr sistematizar el proceso de catalogación de un edificio patrimonial, llegando a ser un proceso incluso más determinante que el propio modelado.

2.4 Modelado general del monumento asignando fases históricas

Definido el *template* y recopilada información suficiente del monumento, es posible iniciar los trabajos de modelado. Se plantea una metodología ensayada en el conjunto medieval de San Juan del Hospital de Valencia con resultados satisfactorios.

Esta metodología se basa en aplicar los conocimientos relativos al bien para acometer el modelado y partiendo siempre de lo general a lo particular. Es decir, realizar un modelo geométrico sencillo, teniendo siempre en cuenta las partes que van a ser alteradas a lo largo del tiempo, el cual va incrementando en detalle según sean las necesidades de proyecto.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

Es en esta primera fase de modelado donde se asignan a los elementos modelados todas aquellas características que lo definen: materialidad, periodo histórico al que pertenecen, el código abreviado de catalogación, además de rellenar todos los campos de identidad que posteriormente quedarán reflejados en las fichas. Es importante tener en cuenta en la primera fase de modelado qué elementos van a ser modelados en archivos de familia y cuáles no, para cuando se trabaje y se aumente el nivel de detalle. Un ejemplo de ello puede ser la representación de campañas arqueológicas que se realizaron con anterioridad y que se encuentran en el subsuelo. Al tratarse de un elemento o grupo de elementos singulares, es recomendable modelarlo in situ. En cambio, cuando se trata de elementos como los arcosolios, a pesar de ser singulares cada uno de ellos, es interesante realizar un despiece. De esta forma se realiza un estudio del trazado del elemento y además la simple modificación de un perfil puede dar lugar a otro arcosolio diferente automatizando en cierto modo el modelado de estos elementos.



Fig 3. Representación de las campañas arqueológicas en la fecha en que se realizaron y el muro medianero, ambas con las fases históricas aplicadas. 2014. García Valdecabres, Elena

2.5 Modelado de familias, piezas y uso de montajes aplicados a la conservación arquitectónica.

El paso final para la definición cronológica de un bien patrimonial consiste en alcanzar un grado de detalle que sea suficiente para crear un modelo tridimensional capaz de albergar toda la información del monumento.

Esta pormenorización se materializa a través de dos sistemas de modelado, por un lado el modelado individualizado de familias paramétricas y por otro lado el uso de la herramienta propia de *Revit* de piezas y montajes.

Al igual que en los proyectos comunes de obra nueva, el uso de familias es altamente recomendable, por establecer un flujo de trabajo sistematizado y organizado que facilita la generación de tablas, vistas de detalle, etc. Por otro lado, la posibilidad de reutilizar un modelado realizado previamente reduce los costes temporales y aumenta la productividad considerablemente.

Es necesario matizar la diferencia entre una familia ordinaria y una familia modelada para el ámbito de la restauración y la conservación del patrimonio arquitectónico, pues en muchas ocasiones no es óptimo ni posible parametrizar las familias. Esto se debe a que cada elemento tiene una singularidad característica y rara vez se reproducen estos elementos en más ocasiones. Mediante la reducción de la familia a elementos sencillos, anidando familias dentro de familias, es posible crear elementos que mecanicen en cierto modo el proceso de modelado. Ejemplo de ello, en el laboratorio de pruebas de la investigación, es el modelado de las familias de arcosolios o de pilastras y columnas, en las que cada cual guarda una geometría diferente, pero que en esencia se componen de los mismos subelementos.

Esta forma de generación de familias es vital para la representación de los periodos históricos. La creación de las familias por partes permite duplicar estas familias y sustituir las partes afectadas por el paso del tiempo.

Por otra parte, mediante la herramienta de *piezas y montajes* se pueden modificar aquellas partes del modelado genérico para adaptarlas a cada época histórica. Esta herramienta propia de *Revit* ha demostrado ser de gran utilidad, ya que se puede lograr un nivel de detalle muy elevado sin que tenga repercusión directa sobre el modelo, es decir, esta herramienta afecta solo a la vista sobre la que se realiza.

Por ejemplo, si se pretende detallar un muro de sillería, definiendo hasta su unidad mínima, el sillar, es posible hacerlo mediante esta herramienta. Se realiza la división en una vista de alzado de dicho muro y se crea un montaje de estas piezas que han quedado separadas. Las líneas de división del muro en piezas solo serán visibles desde la vista de alzado, de esta manera el modelo general, y sobretodo su visualización, queda más limpia y mucho menos confusa. Además esta metodología de trabajo cuenta con otra ventaja y es la ligereza del modelo si se compara con crear todas y cada una de estas familias de forma individual y se insertan en el modelo.

La ventaja de emplear montajes es la creación automática de tantas vistas como sean necesarias. Vistas que se aplicarán a una plantilla de ficha definida en el *template* y que podrán ser trabajadas de forma individual, con leyendas de color, cotas, etc. Otra de las ventajas de las piezas es que, a pesar de ser una herramienta de representación gráfica, permite aplicarle parámetros, y por tanto, dotarlas de información.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

Arcosolios 5 y 6.- Estado actual

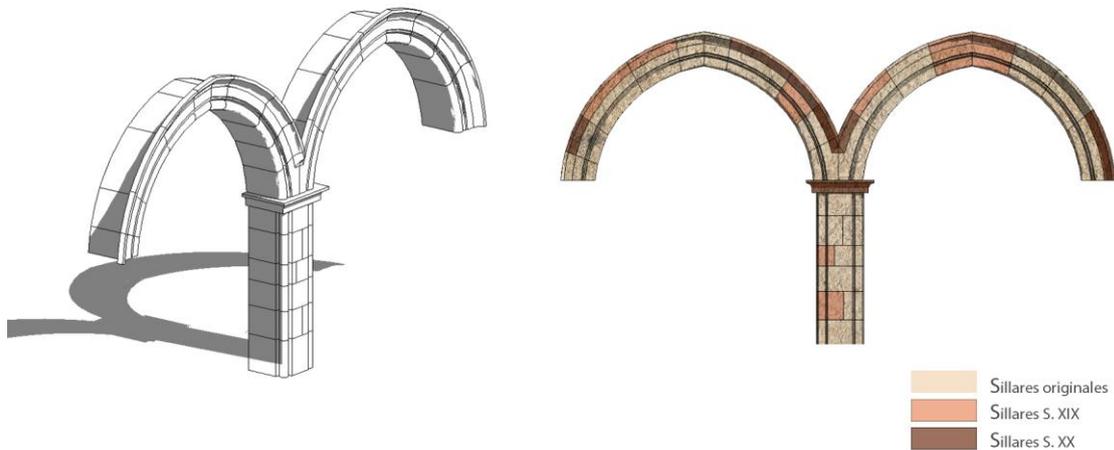


Fig 4. Representación de un elemento de detalle realizado con piezas y montajes en el que se muestra el despiece y la cronología de las piezas de un arcosolio. 2014. March Oliver, Rubén

3 CONCLUSIONES

Los avances realizados hasta el momento en la investigación titulada *Diseño de una base de datos, modelo para gestión de la información y el conocimiento del patrimonio arquitectónico* demuestran que esta metodología de trabajo es eficiente al alcanzar un considerable grado de automatización.

Hasta el momento se había investigado en la incorporación de toda la información de que se dispone de un monumento sobre un proyecto BIM. La interpretación de las fases constructivas como periodos históricos ha demostrado ser una potente herramienta para ampliar el ámbito de información que puede contener el proyecto.

El principal inconveniente de esta metodología es lo costoso en tiempo que es el proceso completo hasta alcanzar este punto de desarrollo. No obstante, se trata de estudios muy detallados que aportan mucha información por lo que esta inversión de tiempo resulta positiva a largo plazo. Además, adoptar esta metodología no implica realizar la totalidad del estudio en todos sus aspectos pues se trata de documentos vivos en constante actualización. Esto quiere decir que se puede abordar solo un aspecto del proyecto, y retomarlo posteriormente cuando sea requerido.

Los resultados obtenidos, tanto en la aplicación de un *template* específico a la restauración del patrimonio arquitectónico, como la aplicación de la metodología presentada junto con el uso de las nuevas tecnologías como el escáner láser, han sido satisfactorios y se posicionan como una opción viable y una solución a la actual problemática de la dispersión de la información en los proyectos y estudios de arquitectura patrimonial.

4 REFERENCIAS

- [1] Jiang, L. and Leicht, R. (2015). *Automated Rule-Based Constructability Checking: Case Study of Formwork*. J. Manage. Eng. 31, SPECIAL ISSUE: Information and Communication Technology (ICT) in AEC Organizations: Assessment of Impact on Work Practices, Project Delivery, and Organizational Behavior, A4014004.
- [2] Mondragon Solis, F., Howe, J., and O'Brien, W. (2015). "Integration of Information Technologies into Field Managers' Activities: A Cognitive Perspective." J. Manage. Eng. 31, SPECIAL ISSUE: Information and Communication Technology (ICT) in AEC Organizations: Assessment of Impact on Work Practices, Project Delivery, and Organizational Behavior, A4014001.
- [3] Zekavat, P., Moon, S., and Bernold, L. (2015). *Holonic Construction Management: Unified Framework for ICT-Supported Process Control*. J. Manage. Eng. 31, SPECIAL ISSUE: Information and Communication Technology (ICT) in AEC Organizations: Assessment of Impact on Work Practices, Project Delivery, and Organizational Behavior, A4014008
- [4] Fan, H., Xue, F., and Li, H. (2015). *Project-Based As-Needed Information Retrieval from Unstructured AEC Documents*. J. Manage. Eng. 31, SPECIAL ISSUE: Information and Communication Technology (ICT) in AEC Organizations: Assessment of Impact on Work Practices, Project Delivery, and Organizational Behavior, A4014012.
- [5] Volk, R., Stengel, J., y Schultmann, F., (2014), *Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs*, Automation in Construction, 38 109-127.
- [6] Xiong, X., Adan, A., Akinci, B., Huber, D., (2013), *Automatic Creation of Semantically Rich 3D Building Models from Laser Scanner Data*. Automation in Construction, 31 325-337
- [7] Mahdjoubi, L., Moobela, C., Laing, R., (2013). *Providing real-estate services through the integration of 3D laser scanning and building information modelling*. Computers in Industry, 64 1272-1281
- [8] Dore, C., Murphy, M., (2012), *Integration of HBIM and 3D GIS for Digital Heritage Modelling* in Digital Documentation International Conference, October 2012 22-23.
- [9] Ehm, M., Hesse, C., (2014), *3D-Laserscanning zur Erfassung von Gebäuden –Building Information Modeling (BIM)*. Bericht Report, 91.
- [10] Garagnani, S., (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*. Revista Disegnarecon. N° speciale doco – Documentazione e Conservazione del Patrimonio Architettonico ed Urbano 297–302

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

- [11] Bechmann, R. (1991). *Los dibujos técnicos del Cuaderno de Villard de Honnecourt*, Villard de Honnecourt. Cuaderno. Akal, Madrid.
- [12] Brandi, C., (1999) *Teoría de la restauración*, Alianza, Madrid.
- [13] Castro Villalba, A., (1996). *Historia de la Construcción Medieval. Aportaciones*. Barcelona: Edicions UPC.
- [14] Viollet-Le-Duc, E. (1996). *La construcción medieval*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU, CEDEX.

BIMNOTES: INFLUENCIA DE LAS ANOTACIONES DE MODELOS 3D EN ENTORNOS BIM

Autores: Saorín, J. L. (1), Martín-Dorta, N. (2), Carbonell-Carrera, C. (3), De la Torre-Cantero, J. (4), Rivero-Trujillo, D. (5)

- (1) Universidad de La Laguna, Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura, jlsaorin@ull.edu.es,
- (2) Universidad de La Laguna, Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura, nmartin@ull.edu.es,
- (3) Universidad de La Laguna, Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura, ccarbhone@ull.es,
- (4) Universidad de La Laguna, Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura, jcantero@ull.edu.es,
- (5) Universidad de La Laguna, Doctorado en Ingeniería, Informática y Medioambiental,

RESUMEN

Los entornos BIM (“Building Information Modeling”), por su propia definición, están muy ligados a la ingeniería a través de los modelos 3D y al ciclo de vida de los edificios. Es por ello que el trabajo colaborativo entre diferentes ramas de la ingeniería es imprescindible para poder acometer con éxito un proyecto sobre un entorno BIM. La gestión de anotaciones tanto en el desarrollo de modelos 3D de ingeniería como a lo largo del ciclo de vida del proyecto es un elemento importante para la mejora de la eficiencia de los flujos de trabajo en entornos colaborativos. En este artículo se presenta el Proyecto BIMNotes, enmarcado dentro de los Proyectos I+D+i “Retos investigación” del programa estatal de i+d+i orientada a los retos de la sociedad, del Ministerio de Economía y Competitividad, con el objetivo principal de desarrollar un conjunto de tecnologías que aumenten la eficiencia y competitividad de los procesos de diseño, ejecución, uso y mantenimiento de un edificio, contribuyendo a mejorar el sector de la construcción a partir de las estrategias de desarrollo marcadas por la Unión Europea.

Palabras clave: *Anotaciones, Ciclo de vida de un proyecto, BIM, Interoperabilidad*

1 INTRODUCCIÓN

La principal barrera a la que se enfrentan los agentes de la construcción (arquitectos, aparejadores, calculistas, ingenieros, etc.) es la interpretación de los datos para la ejecución de una obra. A lo largo del ciclo de vida de un proyecto BIM, se realizan anotaciones en gran número de los modelos 3D (accesorios, instalaciones...) que lo componen. Disponer de un sistema que permita gestionar estas anotaciones se está convirtiendo en un objetivo fundamental y para ello, la tecnología BIM es un sistema innovador que homogeneiza y estandariza el intercambio de información.

BIM es el acrónimo de “Building Information Modeling”, que se podría traducir como (Modelado de Información del edificio) [1]. El Instituto Americano de Arquitectos ha definido BIM como una tecnología basada en el modelo ligado a una base de datos de información del proyecto [2]. La tecnología BIM puede ser vista como ejemplo de tecnología de colaboración, ya que se utilizan para intercambiar información sobre proyectos y promover el trabajo colaborativo entre los diferentes participantes en un proyecto de construcción [3].

BIM puede actuar como un lugar de trabajo común para los diferentes participantes del proceso de construcción [4].

Los modelos BIM, además de ser un modelo en tres dimensiones (información gráfica), incorporan información relevante del proyecto (información no gráfica), la cual queda guardada en la base de datos asociada al modelo. Building Information Modeling gestiona el diseño del edificio y datos esenciales del proyecto en formato digital de todo el ciclo de vida del edificio, con el objetivo de que los procesos estén totalmente integrados y altamente automatizados en la industria de la construcción [3].

BIM puede ser utilizado para gestionar el ciclo de vida completo de construcción, incluyendo los procesos de operación de construcción y las instalaciones. Las propiedades comunes de los materiales, tanto cualitativas como cuantitativas, pueden ser extraídas fácilmente. BIM va más allá de la geometría y se ocupa de cuestiones tales como la gestión de costes, gestión de proyectos y proporciona una manera de trabajar simultáneamente en la mayoría de los aspectos del ciclo de vida de la construcción [2].

En la actualidad existen diversos programas diseñados para la gestión centralizada de proyectos BIM (Autodesk BIM 360°, YouBIM...). Tradicionalmente estos programas han estado alojados en servidores propios, aunque en la actualidad muchos de ellos están basados en la nube. Sin embargo y a pesar de la paulatina implantación del entorno BIM en la industria, no existen estudios sobre las anotaciones realizadas por los miembros de los diferentes equipos que llevan a cabo el desarrollo de un proyecto. Tampoco existen recomendaciones de buenas prácticas sobre la manera más eficiente de anotar los diferentes modelos 3D que se manejan en los entornos BIM.

Con estos precedentes, investigadores de la Universidad de La Laguna han presentado dentro de la Convocatoria de ayudas a Proyectos de I+D+i “Retos investigación”, del Programa Estatal de I+D+i orientada a los retos de la sociedad del Ministerio de Economía y Competitividad el Proyecto BIMNotes, cuyo objetivo principal es determinar la influencia de las anotaciones de modelos 3D en el ciclo de vida en entornos BIM.

2 ANTECEDENTES

En el ámbito de desarrollo del Proyecto BIMNotes, durante los últimos años, el equipo de investigación responsable del proyecto ha realizado investigaciones sobre el uso de modelos BIM para el cálculo de la eficiencia energética y sostenibilidad de edificios. La aparición de normativa que obliga a obtener la etiqueta de certificación energética, ha hecho que adquiera notable importancia la utilización de herramientas CAD para la obtención de dicha certificación, así como el análisis de mejoras en el diseño para mejorar los valores obtenidos.

Por otro lado, los participantes en el Proyecto BIMNotes también han trabajado sobre el uso de dispositivos móviles asociado a los dibujos de ingeniería. El trabajo en campo del ingeniero, ha estado muy ligado a los planos de papel, pero en la actualidad los dispositivos móviles tipo smartphones y tabletas digitales, permiten mejorar los flujos de trabajo y la

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

coordinación entre los diferentes actores del proceso de diseño en arquitectura e ingeniería. Los resultados obtenidos hasta ahora, animan a pensar que en un futuro cercano los flujos de trabajo de los equipos relacionados con arquitectura, ingeniería y construcción tienen que pasar por el uso coordinado de tecnologías de diseño tridimensional y realización de anotaciones en campo utilizando dispositivos móviles. En este nuevo escenario el papel de las anotaciones en los modelos 3D a lo largo de todo su ciclo de vida, cobra especial interés para la mejora de la eficiencia de los procesos.

En esta línea, se vienen incluyendo contenidos BIM en la docencia de materias relacionadas con la expresión gráfica en la Ingeniería de diversos Grados de la Universidad de La Laguna. Se pretende que el alumno sea capaz de modelar en 3D cualquier objeto industrial (realizado en nuestro caso con Autodesk Inventor) y exportarlo a un proyecto BIM (utilizando en este caso Autodesk Revit). En este proceso se detecta la importancia de las anotaciones para no perder información significativa (figura 1).

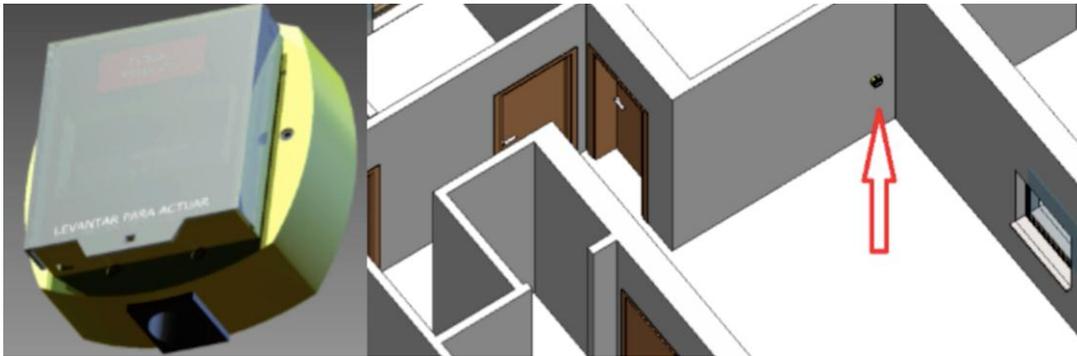


Fig 1. Diseño de detector de humos y exportación a un proyecto BIM. 2013. Fuente propia

2.1 CAD y BIM

Una diferencia importante en los procesos de trabajo es que con CAD, el intercambio de información entre los participantes del proyecto se hace en forma de un conjunto de planos, mientras que con BIM, la información se intercambia en forma de modelos virtuales [3] [6]. En el campo de la AEC (Architectural, Engineering, and Construction), el Modelo de Información de Edificación (BIM) busca facilitar la administración efectiva del uso compartido y el intercambio de información de edificación a lo largo del ciclo de vida completo de todos los proyectos. BIM permite el intercambio del modelo entre el ingeniero, arquitecto, gerente de construcción y los subcontratistas. En las reuniones, el encargado de la construcción y el subcontratista puede aportar sus conocimientos de expertos para la construcción del equipo de diseño. Por otra parte, el gerente de construcción pueden usar los modelos de información de edificios para generar informes de factibilidad de construcción, coordinar, planificar, programar y estimación de costos [7].

Por lo tanto, Building Information Modeling es básicamente una plataforma digital para la creación de edificios virtuales. Si se aplica BIM, un modelo debe ser capaz de contener toda la información necesaria para colaborar, predecir y tomar decisiones respecto al diseño,

construcción, operación, el costo y el mantenimiento de una instalación antes de la construcción [5], siendo una característica importante de BIM es la capacidad tridimensional [8].

2.2 La necesidad de BIM y la interoperabilidad

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 [9] 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. En la actualidad existen tres normas de interoperabilidad importantes: la ISO 10303, la ISO 15531 y la ISO 13584, que permiten a las empresas de ingeniería integrar tecnológicamente los procesos de desarrollo de productos, conocidas como STEP, MANDATE y PLIB, respectivamente [10]. El programa más ambicioso para la normalización de los modelos de objetos en los edificios (Building Information Modeling), es el IFC (Industry Foundation Classes) [11] y se ha venido desarrollando desde hace más de 10 años.

Hay tres elementos clave en los procesos de modelos de información, que trata de abordar el proyecto BIMNotes:

- La consistencia, la nomenclatura y el etiquetado normalizado de los documentos y de los datos. Esto ayuda en el seguimiento y la búsqueda de datos en toda la vida útil del proyecto y asegura que todos los que trabajan en el proyecto siguen los mismos procedimientos.
- La metodología para almacenar y manipular información. BIM es una representación compartida y una base de datos espaciales que registra la ubicación y los atributos de todos los componentes.
- La metodología para el intercambio o la emisión de información sobre el edificio, incluyendo su construcción, funcionamiento y mantenimiento. Dicha metodología tiene que tener en cuenta los nuevos dispositivos móviles que existen en el mercado y que permiten mejorar la eficiencia del proceso.

Distintos estudios [12, 13, 14] han indicado que, hasta hace poco, la comunicación en el proyecto ha sido escasamente estudiada más allá del punto de vista tecnológico. Las investigaciones han tratado temas como: los marcos de adopción [15, 16, 17], la reingeniería de procesos BIM [17,18] estudios de revisión sobre los avances en BIM [13], la experiencia en el uso práctico de BIM [19,20], y el papel de la comunicación visual en BIM y la

percepción de la industria [16,21]. En la actualidad existe una conciencia acusada del coste que supone los fallos en la interoperabilidad de los sistemas y algunos de los más importantes promotores en la industria de la construcción están comenzando a animar a sus equipos a utilizar herramientas que cumplan con los estándares disponibles.

Un estudio realizado por *National Institute for Standards and Technology (NIST)* de EE.UU. [9] ha estimado que el coste de no disponer de una interoperabilidad eficiente en el sector del mantenimiento en EE.UU. es de aproximadamente 15,8 mil millones de dólares por año. Esto ha estimulado nuevas iniciativas para desarrollar el estándar nacional de Building Information Modelling, impulsado por organismos como la GSA (General Services Administration) que encarga los edificios federales. En Finlandia, se ha producido una importante apuesta por el uso de la IFC desde el sector público y por los grandes actores de la industria de la construcción.

El Gobierno del Reino Unido publicó el 31 de mayo de 2011 el documento *The Government Construction Strategy*. Anunció su intención de requerir los modelos BIM en los proyectos del gobierno para el año 2016. Ha emprendido, junto con la industria, un programa de cuatro años para la modernización del sector con el objetivo fundamental de reducir en un 20% el coste de los proyectos y de las emisiones de carbono de la construcción y en explotación del entorno construido. El objetivo central es la adopción de modelos de información enriquecidos, procesos y metodologías colaborativas que permitirán descubrir formas más eficientes de trabajar en todas las etapas del ciclo de vida del proyecto.

3 BIMNOTES

BIMNotes tiene como objetivo principal desarrollar un conjunto de tecnologías que aumenten la eficiencia y competitividad de los procesos de diseño, ejecución, uso y mantenimiento de un edificio. Su campo de actuación nace de la necesidad de mejorar el sector de la construcción a partir de las estrategias de desarrollo marcadas por la Unión Europea, en las que el crecimiento integrador, sostenible e inteligente es fundamental para superar las dificultades económicas que afectan gravemente al sector.

BIMNotes se plantea los siguientes objetivos:

- Analizar las anotaciones de modelos 3D de ingeniería, diseñado para ser importados a entornos BIM: objetos paramétricos del ámbito industrial (puertas, ventanas, accesorios, elementos industriales para instalaciones, modelos digitales de terreno...). En este apartado se trabaja en colaboración directa con la Universidad Politécnica de Valencia cuya investigación se centra en el uso de anotaciones en el diseño de modelos 3D Industriales.
- Analizar los protocolos de intercambio de datos entre modelos 3D paramétricos de ingeniería y modelos BIM, denominado AEC-BIM y actualmente en fase de estudio en el entorno español. Una vez establecido el protocolo, se determinará el papel de

las anotaciones de diseño dentro de esa estructura de datos. Se realizará una guía que permita normalizar esas anotaciones en el campo de la ingeniería.

- Estudiar las anotaciones relacionadas con el flujo de trabajo del ciclo de vida de un modelo BIM (Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento), dentro de entornos colaborativos en movilidad.

La metodología empleada para el subproyecto BIMNotes, será empezar a trabajar por la definición de protocolos y estándares tanto en el formato BIM, como en el de intercambio entre modelos CAD y entornos BIM. Dicho trabajo se realizará mediante ficheros de prueba, analizando el papel de las anotaciones en el proceso de intercambio. Se pretende crear familias anotadas propias, que permitan realizar nuestros propios diseños de instalaciones de ingeniería para conocer y definir los protocolos asociados a la información de entornos BIM. Esta primera fase irá ligada a los objetivos específicos: a) Desarrollar una metodología de trabajo con modelos BIM y creación de servidor BIM para implementar el trabajo colaborativo y; b) Integración de modelos CAD (Industriales) anotados en entornos BIM y creación de una base de datos de objetos BIM anotados

En una segunda fase del proyecto, se trabajará el papel de las anotaciones en el ciclo de vida de un proyecto BIM. Se pretende que en esta parte, se realicen pruebas de campo para valorar la idoneidad de las propuestas realizadas. Esta fase iría ligada a los objetivos específicos: a) Gestión de anotaciones asociadas al diseño y modificación de proyectos e instalaciones en entornos BIM y; b) Desarrollo de una metodología para el trabajo con anotaciones en la gestión de información geoespacial en entornos BIM.

Con estos objetivos como eje de trabajo, se analizarán los siguientes estándares de organización de la información en el sector de la construcción y sus aplicaciones en el ámbito español:

- El Information Delivery Manual (IDM): Metodología para el desarrollo de un "manual de entrega de información" (IDM) para facilitar el flujo de información durante un proyecto, abordada en la ISO 29481-1:2010 e ISO 29481-2:2012.
- La Industry Foundation Classes (IFC): Formato de intercambio de información entre miembros del proyecto común a todo el software implicado en el proyecto, objeto de la ISO 16739:2013.
- El BIM Collaboration Format (BCF): Formato para la comunicación de incidencias y problemas en modelos BIM. Permite la adición de comentarios e imágenes al modelo IFC para una mejor comunicación entre las partes.
- International Framework for Dictionaries (IFD): Base para el desarrollo del "buildingSMART Data Dictionary" (bSDD) que permite la vinculación entre bases de datos de construcción y modelos BIM, abordado en la ISO 12006-3:2007
- Model View Definition (MVD): Especifica la metodología para el intercambio de datos, contenidos en archivos IFC, entre los diferentes programas y agentes AEC durante el ciclo de vida de la construcción.
- La ISO 12006-2:2001: Building construction -- Organization of information about construction works -- Part 2: Framework for classification of information.

- La ISO/TS 12911:2012: Framework for building information modelling (BIM) guidance.
- La ISO 16354:2013: Guidelines for knowledge libraries and object libraries.
- La ISO 16757-1:2015: Data structures for electronic product catalogues for building services -- Part 1: Concepts, architecture and model.
- La ISO 22263:2008: Organization of information about construction works -- Framework for management of project information.

Con este análisis se elaborará una propuesta estructurada de anotaciones. Se realizarán pruebas experimentales que nos permitan sacar conclusiones y validar la propuesta o las mejoras a implementar. Se pretende, como resultado del proyecto crear una serie de productos como son:

- Una base de datos de aplicaciones para entornos BIM que integren el trabajo remoto en movilidad.
- Una valoración comparada de los entornos móviles para su uso en anotaciones de diseño de modelos BIM.
- Una guía metodológica para la realización de proyectos multidisciplinarios en entornos BIM.
- Una guía metodológica de anotaciones en el ciclo de vida proyectos de ingeniería, arquitectura y construcción.
- Informe comparativo entre representación 2D y modelos BIM relacionado con las metodologías de anotaciones en el ciclo de vida de instalaciones de ingeniería.
- Informe de resultados de la simulación de diseño multidisciplinar.
- Base de datos de aplicaciones para la gestión de modelos digitales del terreno.
- Base de datos de procedimientos de exportación a entornos BIM de información geoespacial.
- Aplicación de anotaciones georreferenciadas mediante el uso de dispositivos móviles.
- Guía metodológica para la gestión de información geoespacial y sus anotaciones en entornos BIM.

4 CONCLUSIONES

Con la consecución del proyecto BIMNotes se espera establecer unos parámetros de interoperabilidad que considere las anotaciones a lo largo del ciclo de vida de un proyecto. Con ello se pretende desarrollar un conjunto de tecnologías que aumenten la eficiencia y competitividad de los procesos de intercambio de modelos 3D en el ciclo de vida del proyecto BIM.

El uso innovador de las TICs (anotaciones en tabletas digitales, creación e importación de modelos 3D anotados...) en BIMNotes contribuirá a la renovación tecnológica de un sector muy golpeado por la crisis económica y que debe usar las TICs como elemento diferenciador incorporando tecnologías incipientes y novedosas.

5 AGRADECIMIENTOS

Este artículo se enmarca dentro del proyecto de investigación “BIMNotes: anotaciones de Modelos 3D en el Ciclo de Vida en entornos BIM” (Ref: TIN2013-46036-C3-3-R) financiado por el Ministerio Español de Economía y Competitividad, dentro del Programa Estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación Orientada a los Retos de la Sociedad en el Marco del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica de Innovación 2013-2016. Por otra parte, se agradece la financiación concedida a la ULL por la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información, cofinanciada en un 85% por el Fondo Social Europeo.

6 REFERENCIAS

- [1] Coloma Picó, Eloi (2008) Introducción a la tecnología BIM. Universidad Politècnica de Catalunya.
- [2] Golzarpoor, H., 2010. Master's Thesis, Application of BIM in sustainability analysis. Malasia: s.n
- [3] Lehtinen, T., 2010. Master's Thesis, Advantages and disadvantages of vertical integration in the implementation of systemic process innovations: Case studies on implementing building information modeling (BIM) in the Finnish construction industry. s.l.:s.n.
- [4] Anne Kathrine Nielsen , Søren Madsen, 2010. Master's Thesis, Structural modelling and analysis using BIM tools. s.l.:s.n.
- [5] Tjell, J., 2010. Master's thesis, Building Information Modeling (BIM) in Design Detailing with Focus on Interior Wall Systems. s.l.:s.n.
- [6] Picó, E. C., 2011. Tesis, Tecnologia BIM per al disseny arquitectoni.. Barcelona: s.n.
- [7] Hergunsel, M. F., 2011. Thesis, Benefits of Building Information Modeling for construction managers and BIM based scheduling.. s.l.:s.n.
- [8] Méndez, R. O., 2006. Thesis, Building Information Model in facilities management.. s.l.:s.n.
- [9] 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
- [10] Lopez-Ortega O., Ramírez-Hernández M. (2007) A formal framework to integrate express data models in an extended enterprise context. Journal of Intelligent Manufacturing, vol. 18 no. 3, 371–381.
- [11] International Alliance for Interoperability (IAI), <http://www.iai-international.com>

- [12] Alshawi M., Ingirige B. (2003) Web-enabled project management: an emerging paradigm in construction. *Automation in Construction*, vol. 12, no. 4, 349–364.
- [13] Howard R., Björk B.C. (2008). Building information modelling – experts’ views on standardisation and industry deployment. *Advanced Eng. Informatics*, vol. 22, no. 2, 271–280
- [14] Wikforss O., Lofgren A. (2007) Rethinking communication in construction. *ITcon – Journal of Information Technology in Construction*, vol. 12 no. 23, 337–346.
- [15] NIBS, National BIM Standard, Part 1: Overview, Principles, and Methodologies, National Institute for Building Sciences (NIBS), Washington, DC, USA, 2007.
- [16] Suermann P.I.R. (2009) Evaluating industry perceptions of building information modelling (BIM) impact on construction. *International Journal of IT in Construction*, vol. 14, 574–594.
- [17] Mihindu S., Arayici Y. (2008) Digital construction through BIM systems will drive the re-engineering of construction business practices, in: 12th international conference of Information Visualisation, IEEE Computer Society, London, UK.
- [18] Arayici Y., Coates P., Koskela L., Kagioglou M., Usher C., O’Reilly K. (2009) BIM implementation for an architectural practice. A. Dikbas, E. Ergen, H. Giritli (Eds.), *Managing It in Construction/Managing Construction for Tomorrow*, vol. 26. CRC Press, Taylor & Francis Group, Istanbul, Turkey.
- [19] Eastman C.M., Teicholz P., Sacks R., Liston K. (2008) *BIM Handbook*. (first ed.).Wiley, Hoboken, NJ, USA.
- [20] Olofsson T., Lee G., Eastmann C. (2008) Editorial – case studies of BIM in use. *Journal of Information Technology in Construction*, 13, pp. 244–245 (Case studies of BIM US)
- [21] Hartmann T., Fischer M., Haymaker J. (2009) Implementing information systems with Project teams using ethnographic-action research. *Advanced Engineering Informatics*, vol. 23 no. 1, 57-6

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

TALLERES S-BIM DE INTEROPERABILIDAD DE TEKLA CON SOFTWARE GENÉRICO DE MODELIZACIÓN

Autores: Liébana Carrasco, Oscar (1), Agulló de Rueda, José (2), Jiménez Morales, Albert (3), Cosculluela Millàs, José (4)

- (1) Universidad Europea de Madrid, oscar.liebana@uem.es
- (2) Universidad Europea de Madrid, jose.agullo@uem.es
- (3) Construsoft, albert.jimenez@construsoft.com
- (4) Construsoft Latinoamérica, jose.cosculluela@construsoft.com

RESUMEN

La metodología BIM se fundamenta en el trabajo colaborativo y la integración de disciplinas. S-BIM o BIM estructural recoge la información de la estructura dentro del modelo virtual incluyendo el modelo analítico de cálculo. En la actualidad, no existe suficiente aprovechamiento del modelo debido a la problemática de la interoperabilidad entre diferentes aplicaciones. Aunque se ha producido un gran desarrollo en los últimos años, se producen pérdidas de información en los intercambios, ya sea a partir de archivos IFC o por conexión directa mediante “*plugin*”.

La Universidad Europea de Madrid junto con la empresa Construsoft realiza talleres periódicos de interoperabilidad de TEKLA con profesionales, profesores y alumnos. Este software permite modelar detalles y despieces estructurales complejos para fabricación y montaje que los programas genéricos no pueden completar adecuadamente.

En estos talleres se comprueba y analiza la interoperabilidad de TEKLA con los programas genéricos BIM más comunes, con ejemplos de estructuras metálicas y de hormigón, partiendo de geometrías en formato IFC o de importación directa, y en sentido inverso con modelo TEKLA importado por estos programas. Esta evaluación permite avanzar en un desarrollo óptimo del futuro trabajo colaborativo entre ingeniería estructural y arquitectura en el ciclo de vida del edificio.

Palabras clave: IFC, Interoperabilidad, S-BIM, TEKLA, Universidad,

1 INTRODUCCIÓN

Se acerca el plazo de cumplimiento de *Nivel 2 de Madurez BIM* del Reino Unido del 2016 [1] como hito de compromiso de implantación generalizada de la metodología BIM. Este proceso dará paso al ambicioso *Nivel 3 iBIM*, que se basa en la integración de disciplinas e interoperabilidad de datos. A partir de entonces, la utilización del formato abierto IFC (*Industry Foundation Classes*) [2] y la interoperabilidad de software BIM entre las diferentes disciplinas, pasará al primer plano del avance en la industria de la arquitectura, ingeniería y la construcción (AEC).

En la Escuela de Arquitectura de la Universidad Europea de Madrid (UEM) se realizan talleres periódicos de interoperabilidad con profesionales, profesores y alumnos, de software de entorno BIM, proponiendo exportaciones e importaciones según el flujo de trabajo que se produce entre las disciplinas que trabajan en un proyecto de edificación.

Esta comunicación describe un taller de interoperabilidad entre TEKLA Structures [3], uno de los software más importantes del sector de la modelización de estructuras, y otros programas genéricos BIM y específicos de análisis estructural, con los que a priori es posible un intercambio directo o a través del formato IFC.

2 BIM Y BIM ESTRUCTURAL

La metodología BIM (Building Information Modelling) se fundamenta en el trabajo colaborativo y la integración de disciplinas. S-BIM o BIM estructural recoge la información de la estructura dentro del modelo virtual incluyendo el modelo analítico de cálculo. Este nuevo concepto de trabajo colaborativo entre ingeniería, construcción y diseño arquitectónico genera representaciones digitales de todas las fases del proceso de construcción y simula el funcionamiento real, así como su demolición y reciclaje [4].

S-BIM, es parte del proceso BIM donde se crea la información que define el sistema estructural, materiales y modelo global, aunque normalmente los arquitectos siguen trabajando en sus proyectos ajenos al modelo estructural en software genérico [5]. Se ha comprobado que la mayor eficacia se basa en la facilidad de compartir información y colaboración de manera eficiente [6].

No existen muchas publicaciones científicas sobre el modelado de estructuras de hormigón en entornos BIM actualizados. Un artículo reciente [7] examina la interoperabilidad entre el modelo estructural, el análisis estructural y el resultado del proyecto de losa plana de hormigón. El despiece en entorno S-BIM se ha considerado apropiado en la mayor parte de los pasos del diseño porque los intercambios entre las aplicaciones diseño y análisis con el modelo analítico estructural son eficientes y realizables, incluso cuando se intenta que sea la base a la fabricación automatizada, por lo que se demuestra un desarrollo importante en los últimos años [8].

El diseñador estructural necesita importar los modelos generales para poder realizar una simulación estructural, el desarrollo de detalle del modelo y mantener un vínculo sencillo que permita una continua actualización de datos con el modelo central del edificio.

3 FORMATOS DE INTERCAMBIO

En el ámbito estructural, el intercambio de modelos se hace generalmente con el formato IFC 2x3 (en uso en la mayoría de los programas) o con formatos propios entre un par de programas mediante un software específico anidado en uno o los dos programas, normalmente llamado “*plugin*” o “*api*”.

Existen otros formatos de intercambio de modelos estructurales siendo el STP (CIS/2) [9] y el SDN (SDNF) [10] los más habituales en los programas de estructuras metálicas, aunque han dado paso al IFC por ser más versátil aunque quizás por ahora menos preciso [11] [12]. Otros formatos utilizados son principalmente de intercambio del modelo geométrico como SAT, DXF, DWG o DGN y tendrían menos interés en el entorno BIM por la información que no puede ser transmitida.

El formato IFC es por tanto el estándar entre programas y en el ámbito estructural es aparentemente capaz de transmitir información tanto geométrica como de aspectos analíticos de la estructura, aunque parece que los programas en su desarrollo actual solo tienen implementada la parte geométrica del modelo. Esta carencia y la diferente interpretación que los programas hacen del mismo archivo IFC, hace más efectivo el uso de formatos propios de intercambio entre programas.

En la [Tabla 1](#) pueden observarse los formatos habituales de intercambio entre programas del área estructural, y el aumento de la relación directa entre Revit y el resto de los programas del área debido al creciente uso de este programa.

4 DESARROLLO DEL TALLER

Los talleres de interoperabilidad con Tekla tienen el objetivo de mostrar cómo se pueden importar y exportar modelos de estructuras a través del programa Tekla. El taller inicial planteó la interoperabilidad de Tekla con Revit [13] y Archicad [14] como programas de modelado de referencia. En los siguientes talleres se pretende estudiar la interoperabilidad con programas de análisis de estructuras de referencia en el mercado. Se preparó un modelo en Revit 2015 ([Fig. 1](#)) para el taller con la intención de que incluyeran la mayoría de las tipologías de elementos de estructuras de acero y hormigón armado, hasta el nivel de detalle. Por otro lado, se preparó un modelo con estructura de acero en Tekla Structures 20 ([Fig. 2](#)).

4.1 Importación y exportación en TEKLA de entidades BIM a partir de IFC

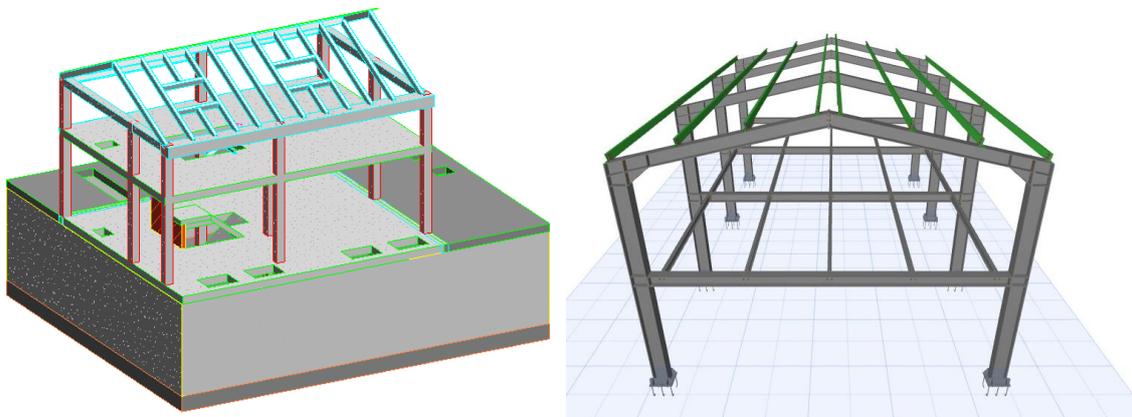
Tekla permite importar modelos IFC como modelos de referencia y utilizarlos en la comprobación de choques, informes y planificaciones. Con la posibilidad de chequear cambios y modificaciones entre distintas versiones de archivos.

Además, los objetos IFC importados se pueden convertir en objetos nativos de Tekla con el Convertidor objetos IFC. Existe la posibilidad de poder armar elementos externos a Tekla, previamente convertidos los objetos IFC a elementos nativos de Tekla.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

Programas de modelado		Programas de análisis y dimensionado	
TEKLA	>IFC / STP / SDN< >TZZIP con Revit	>IFC / STP<	CYPE
ADVANCE CONCRETE/STEEL	>IFC / STP / SDN<	>IFC / NTR<	TRICALC
SKETCHUP	>IFC (Solo versión Pro)	>IFC / STP< >SMXX con Revit<	ROBOT
RHINO	>IFC (Solo RhinoBIM)	>IFC / STP / SDN< >EXR con Revit<	ETABS
REVIT	>IFC< En versiones previas STP /SDN	>IFC / STP / SDN< >EXR con Revit<	SAP2000
ARCHICAD	>IFC<	>CDB con Revit< Directo con Rhino	SOFISTIK
ALLPLAN	>IFC / NTR<	>IFC / STP / SDN< >R2S con Revit<	SCIA
AECOSIM	>IFC<	>IFC / STP / SDN<	DLUBAL

Tabla 1. Formatos de exportación/importación principales. Versiones Febrero 2015.
(Elaboración propia)



Figuras 1 y 2. Modelos utilizados en el taller. Elaboración propia. 2015.

La opción de importar modelos en IFC no sólo se limita a las entidades estructurales, sino que es compatible con todos los subobjetos de la clase *IfcBuildingElement* y los subobjetos

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

de la clase *IfcProduct*, en los que se incluyen entidades de otras disciplinas: Entidades arquitectónicas, estructurales y de servicios de construcción.

Admitiendo formatos IFC (.ifc) e ifcXML (.ifcXML), tanto en archivos de importación comprimidos (.ifcZIP) o no comprimidos. Tekla asigna automáticamente a los objetos del modelo su entidad IFC relacionada (Tabla 2).

Objeto de Tekla	Entidad IFC
Vigas/Polivigas	IfcBeam, IfcMember
Columna, pilote	IfcColumn, IfcPile, IfcMember
Zapatillas aislada y continua	IfcFooting
Losa	IfcSlab
Panel	IfcWall, IfcWallStandardCase
Tornillos, tuercas y arandelas	IfcMechanicalFastener
Arriostramientos verticales	IfcMember
Conjuntos	IfcAssembly
Armaduras	IfcReinforcingBar
Tratamiento superficial	IfcCovering
Soldaduras	IfcFastener

Tabla 2. Correspondencias entre elementos de Tekla e IFC.

Elaboración Construsoft. 2015.

Los objetos también se pueden asignar manualmente en los atributos definidos por el usuario de los objetos, de acuerdo a las entidades IFC recomendadas. Para el caso particular de intercambio con Revit mediante IFC se recomienda lo siguiente:

- Evitar los recortes de piezas en Revit.
- Evitar la unión de elementos, modelizar por separado.
- Establecer el "Survey Point" en algún punto reconocible del modelo como un cruce de ejes.
- Evitar los elementos "Shaft" tratando de hacer los agujeros en cada elemento losa.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

4.2 Integración bidireccional mediante uso de link directo

Para suplir algunas de las carencias que pueda tener actualmente las conexiones entre software mediante ficheros IFC, Tekla posibilita una solución alternativa para mejorar este enlace mediante la integración bidireccional con un uso de link directo. Para posibilitar esta integración, es necesario instalar un “*plugin*” de la aplicación de cálculo en Tekla para que aparezca la opción de enlace bidireccional.

En el caso de la comunicación con Revit Tekla ha creado un “*plugin*” específico que debe instalarse previamente en el programa Revit.

El resto de casos son “*plugins*” para comunicación con programas de cálculo de estructuras donde la prioridad es la transmisión del modelo analítico a partir del modelo constructivo. Por ejemplo con los programas: SAP2000 y ETABS (CSI), Diamonds (BuildSoft), STAADpro (Bentley), Consteel, Rfem y Rstab (Dlubal), Scia (Nemetschek), Midas o Risa.

Un sistema de integración bidireccional como el descrito, permite centralizar en el modelo BIM de Tekla toda la información incluyendo el preprocesador del análisis, y exportar al software de cálculo cada vez que se necesite un cálculo estructural, no sólo al inicio del proyecto sino en todo el proceso de diseño, evitando así, trabajar con dos modelos paralelos, reduciendo tiempos y minimizando las incoherencias entre modelos.

En el caso particular de la exportación para Revit es necesario realizar algunas labores previas en el modelo:

- Crear los niveles de referencia que son importantes en la referencia de elementos de Revit. Ver (Fig. 3).
- Especificar el “*Location Point*” para coordinar la posición con Revit.
- Filtrar elementos a exportar si se considera necesario.

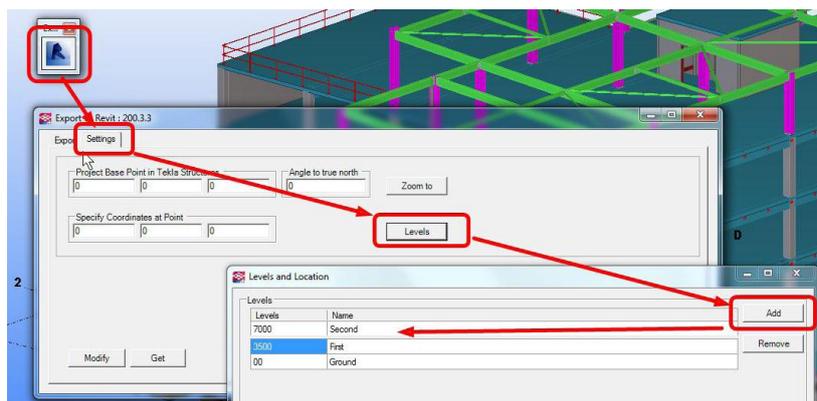


Fig. 3. Definición de niveles previa a la exportación.
Elaboración Tekla. 2014.

4.3 Exportación de estructura de TEKLA a REVIT mediante IFC

Se importaron los dos modelos de estructuras de Tekla en Revit mediante el formato de archivo IFC. En el programa Revit 2015 un modelo puede ser importado de dos formas; como archivo enlazado (*Link*) que se actualiza ante cualquier cambio y como inicio de un

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

archivo de Revit. La primera forma es novedad de la versión 2015, y permite o bien mantener el modelo importado como una entidad independiente o bien descomponerla en elementos y que pasen a ser del modelo. Previa a la importación de cualquier archivo IFC es recomendable verificar las opciones de importación, comprobando que a cada clase IFC se le asigna una categoría de Revit. Ver (Fig. 4).

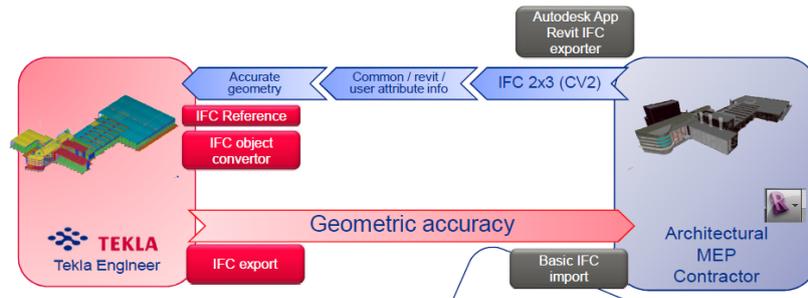


Fig 4. Workflow Tekla-Revit/Archicad vía IFC [16].

Realizadas las dos importaciones se procedió a la verificación de los elementos y en ambos casos se observó positivamente lo siguiente:

- La geometría ha sido importada correctamente, en posición y tamaño.
- Los elementos pertenecen a las categorías correctas.

Pero se observó negativamente que:

- La importación como archivo de nuevo es más precisa que la importación como enlazado, habiéndose perdido las armaduras de refuerzo en esta última.
- Algunos elementos se pierden en el camino y otros se descolocan.
- Los elementos no han sido entendidos correctamente por Revit. No han sido convertidos a elementos “nativos”, ver sus propiedades en (Fig. 5):
 - Las propiedades no geométricas de los elementos se archivan en unos parámetros compartidos nuevos dentro del grupo de parámetros IFC.
 - Los elementos barra (pilares y vigas) son “in place” y no secciones a lo largo de un eje, por tanto únicos, dos de igual sección pero diferente altura son dos tipos diferentes.
 - No pueden modificarse los tipos de los elementos importados ni cambiarse sus propiedades básicas, puesto que no están los parámetros habituales de los objetos de su categoría.
 - El modelo analítico asociado a los elementos estructurales no existe.

Debido a todo esto el modelo importado es entendido bien como objeto geométrico pero no como modelo BIM con sus propiedades. A efectos de trabajar con él en el entorno de Revit, la geometría correcta permite trabajar las interferencias y la visualización sin problemas pero no es viable obtener listados/mediciones del modelo ni etiquetar/anotar los elementos, puesto que Revit no ha entendido bien sus parámetros. Aunque los parámetros son

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

compartidos y pueden mostrarse, no se han reconocido sus unidades y a lo que corresponden.

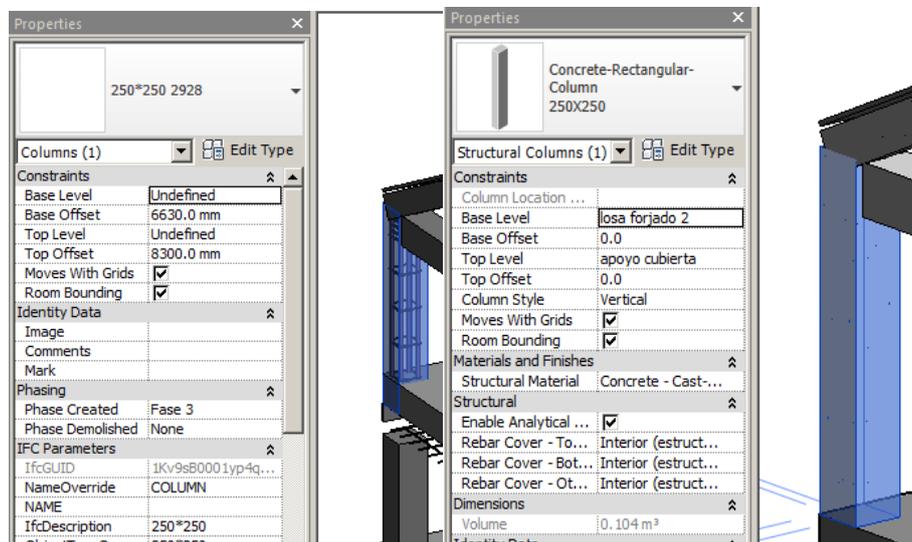


Fig. 5 y 6. Propiedades de un pilar estructural con los dos métodos de exportación.
Elaboración propia. 2015.

4.4 Exportación de estructura de TEKLA a REVIT mediante plugin

Se importaron los dos modelos de Tekla en Revit pero no mediante IFC sino mediante el “plugin” gratuito de Tekla que debe ser previamente instalado en Revit [15] (Fig. 7).

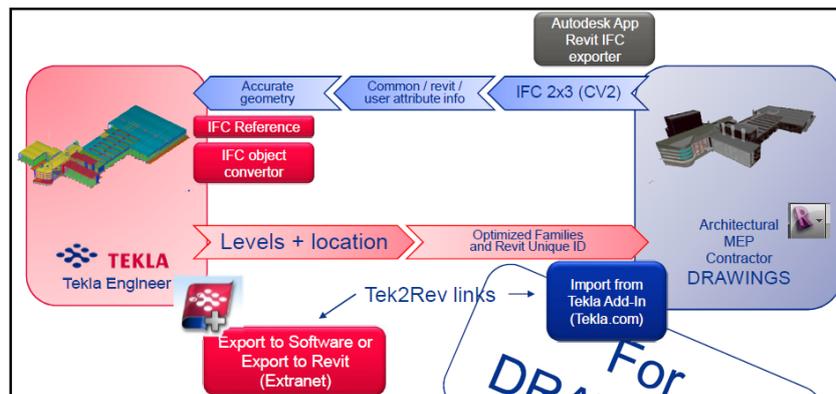


Fig. 7. Workflow Tekla-Revit vía tzZIP [15].

Ejecutando el “plugin” el archivo de intercambio está en el formato *tzZip* que sería exclusivo de intercambio entre Tekla y Revit, en formato cerrado y unidireccional ya que entre Revit y Tricalc se intercambiaría mediante archivo IFC dado que Tekla incluye un convertor a sus objetos “nativos”. La importación con este método inserta los elementos directamente en el modelo y no como un conjunto independiente y enlazado.

Realizadas las importaciones se procedió igualmente a la verificación de los diferentes elementos del modelo y se observa positivamente que:

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

- Todos los elementos estructurales han pasado a ser “nativos”, es decir, mantienen las propiedades de los elementos creados directamente en Revit, ver sus propiedades en (Fig. 6).
- Se pueden cambiar propiedades y tipos normalmente.
- Se incluye el modelo analítico de todos los elementos estructurales.

Las observaciones negativas son que:

- No han sido importadas las armaduras de los elementos de hormigón armado.

4.5 Exportación de estructura de TEKLA a ARCHICAD

La importación en Archicad vía IFC (Fig. 8) es similar en geometría a Revit e igualmente las propiedades de los elementos se organizan en IFCParameters. Aunque Archicad parece más versátil que Revit en entender elementos no propios, parece más limitado para entender elementos puramente estructurales como pletinas, armaduras o conexiones tendiendo a utilizar los “Objects” genéricos para ellos.

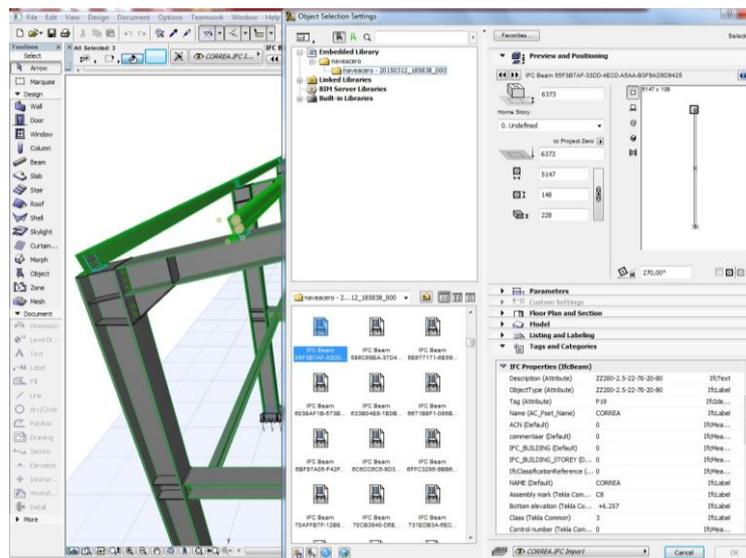


Fig 8. Propiedades de una correa estructural proveniente del IFC de Tekla.
Elaboración propia. 2015.

5 CONCLUSIONES

La interoperabilidad de Tekla con los programas de modelado se produce de dos formas, por un lado mediante archivo de formato IFC, tanto con Revit como con Archicad, y por otro lado mediante “plugin” directo y unidireccional de Tekla a Revit. La bidireccionalidad es posible en Tekla a través de IFC, al disponer de un convertidor de objetos IFC a sus elementos nativos. Este convertidor debería ser un estándar en todos los programas que importan IFC.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

a) Para el intercambio mediante IFC el resultado en los programas Revit y Archicad es similar. Todos los elementos son importados siendo su geometría y posición correcta, pero los elementos no son reconocidos como propios por lo que es poco viable el listado o el etiquetado de elementos. En el estado actual no es posible la obtención de una documentación de planos y mediciones correcta e inmediata, ya que necesita un proceso adicional de modelado.

El proceso de trabajo actual más coherente es obtener la documentación estructural directamente desde el programa Tekla y enlazar el modelo estructural a Revit o Archicad a efectos de control de geometría, detección de interferencias, replanteo y acotación. Desde un modelo único de trabajo basado en Revit es recomendable la importación vía *IFC Link*, con actualización automática durante el desarrollo del proyecto.

b) Para el intercambio mediante el “plugin” mediante tzZip, los resultados son muy satisfactorios y solo es necesario que se logre incluir la importación del armado. Los elementos pasan a ser del modelo como los nativos de Revit y se permite obtener planos y mediciones.

Este método de trabajo es coherente para realizar el control de la geometría y obtener la documentación de planos y mediciones desde Revit excepto lo referente a armaduras del hormigón que tendrían que documentarse en Tekla.

En cualquier caso, el que la geometría se transmita de forma ya casi perfecta entre programas del entorno BIM mediante el IFC nos parece un paso importante frente a experiencias con versiones previas, no más de dos años atrás.

6 REFERENCIAS

- [1] BIM Industry working group. 2011. “A Report for the Government Construction Client Group – BIM Working Strategy Client Group.” In , 1–7.
- [2] Building Smart. IFC Overview Summary. <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview> [Consulta: 14-3-2015]
- [3] Trimble. Tekla Structures BIM Software. (TEKLA 20.0) <http://www.tekla.com/products/tekla-structures>. [Consulta: 14-2-2015]
- [4] Liébana O. y Agulló J. Integración de metodología S-BIM en máster oficial de Estructuras de Edificación. Congreso Nacional BIM EUBIM 2013. Valencia. Mayo 2013. ISBN: 978-84-9048-064-9. <http://hdl.handle.net/10251/29127>
- [5] Robinson, Clive. 2007. “Structural Bim: Discussion, Case Studies and Latest Developments.” *Structural Design of Tall and Special Buildings* 16: 519–33. doi:10.1002/tal.417.
- [6] Lee S.I., J.S. Bae y Y.S. Cho. 2012. Efficiency analysis of Set-based Design with structural building information modeling (S-BIM) on high-rise building structures, *Automation in Construction*, 23:20-32

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

- [7] Cho, Young Sang, Sung Chul Hong, Je Hyuk Lee, and Hyun Suk Jang. 2013. "Higher Education Program Development for Structural Building Information Modeling(S-BIM)." *Advanced Materials Research* 838-841: 3176–79. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.838-841.3176.
- [8] Cho, Young Sang, Seung Il Lee, and Jun Seo Bae. 2014. "Reinforcement Placement in a Concrete Slab Object Using Structural Building Information Modeling." *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* 29: 47–59. doi:10.1111/j.1467-8667.2012.00794.x.
- [9] AISC. American Institute of Steel Construction. Technology Integration. CIM Steel Integration Standards, CIS/2. <https://www.aisc.org/content.aspx?id=26044> [Consulta: 14-3-2015]
- [10] Cisneros G, Bohinsky JA. 1994. "Steel Detailing Neutral File from modeling software", *Analysis & Computation Conference*; 11; 254-259.
- [11] Lipman, Robert R. 2009. "Details of the mapping between the CIS/2 and IFC product data models for structural steel". *Journal of Information Technology in Construction*. ISSN 1874-4753 January 2009 <http://www.itcon.org/2009/01> [Consulta: 14-2-2015]
- [12] Eastman C. y Wang F. 2004. "Comparison of Steel Detailing Neutral Format (SDNF) and CIMsteel version 2 (CIS/2)". [http://dx.doi.org/10.1061/40700\(2004\)99](http://dx.doi.org/10.1061/40700(2004)99)
- [13] Autodesk. Revit 2015. <http://www.autodesk.es/products/revit-family/overview> [Consulta: 01-2-2015]
- [14] Graphisoft. Archicad 18. <http://www.graphisoft.es/archicad/> [Consulta: 1-2-2015]
- [15] Tekla-Revit Interoperability Forum. Plugin descargable para Revit 2015: <http://www.tekla.com/products/tekla-structures/tekla-interoperability-autodesk-revit-products> [Consulta: 01-2-2015]
- [16] Tekla-Revit BIM workflow example. *Información de Tekla sobre el intercambio con Revit*. <http://teklastructures.support.tekla.com/en/support-articles/tekla-revit-bim-workflow-example> [Consulta: 01-2-2015]

ESTUDIOS DE POSTGRADO BIM: FORMACIÓN ESPECIALIZADA PARA UNA METODOLOGÍA EN ALZA

Autores: Maldonado Plaza, Esther (1), Valderrama, Fernando (2)

- (1) Arquitecta ETSAM
Profesora del Postgrado BIM del Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica de la Universidad Politécnica de Madrid. Socia consultora de ArquiBIM
esther.maldonado@arquibim.es
- (2) Arquitecto ETSAM. MBA IESE. Arquitecto Técnico UE
CEO de Presto
fernando.valderrama@presto.es

RESUMEN

La eclosión que ha experimentado el BIM en los últimos años ha llevado aparejada un incremento importante de la demanda de profesionales especializados en esta área, preparados para ocupar los nuevos roles que esta metodología de trabajo requiere.

Las universidades españolas no han implementado aún las metodologías BIM en los planes de estudio de los grados por lo que no sólo los profesionales con una carrera dilatada, sino también los titulados recientes, carecen de los conocimientos y la formación necesaria para adaptarse con éxito a las nuevas metodologías de trabajo que requiere el BIM.

De hecho, el primer debate que se plantea es sobre si el BIM debe integrarse de forma natural en los estudios de grado o si, por el contrario, es más adecuado plantear una formación más especializada integrándolo en un postgrado.

El propósito de esta comunicación es analizar los factores y condicionantes a tener en cuenta para enfocar la formación BIM desde la universidad, estudiando las ventajas y los inconvenientes de su implementación en grado y en postgrado.

Palabras clave: *BIM, formación, grado, postgrado, universidad*

1 INTRODUCCIÓN

Aunque los sistemas informáticos denominados BIM parecen relativamente modernos, lo cierto es que nacieron hace más de 30 años ^[1] con otros nombres, si bien es verdad que en un principio estaban muy poco extendidos en el ámbito de la edificación y sólo estaban introducidos en un número reducido de estudios de arquitectura, más como herramienta sustitutiva del CAD que aportaba una serie de ventajas, que como sistema de gestión del proyecto y la información asociada al mismo.

No ha sido realmente hasta el siglo XXI ^[2] cuando los diferentes actores intervinientes en el ciclo de vida del edificio han comenzado a detectar que aquellas herramientas nacidas a principios de los 80, y rebautizadas como BIM bastantes años después ^[3], posibilitan un cambio en la metodología de trabajo que permite una mejora sustancial en los procesos, la

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

productividad, la calidad, la coordinación y, en general, en todos los factores ligados al desarrollo del proyecto, la ejecución de la obra y la explotación del edificio terminado.

Las metodologías BIM se han ido incorporando a todos los ámbitos de la edificación ^[4] de una forma tan rápida que ha dado lugar a una carencia importante de profesionales especializados preparados para cubrir los nuevos puestos y roles que dichas metodologías demandan.

En países como Estados Unidos, Reino Unido, Australia o Finlandia, entre otros, muchas universidades tienen ya integrada la enseñanza de BIM en sus estudios de grado y/o postgrado. Las universidades españolas, sin embargo, parecen estar reaccionando con lentitud a estas nuevas necesidades de formación. Las escuelas y facultades directamente orientadas al sector de la edificación, no parecen plantearse la incorporación a corto plazo de la formación BIM en los planes de estudio de sus grados y sólo unas pocas han comenzado a ofrecer recientemente formación postgrado en el área BIM.

La presente comunicación se centra en el proceso seguido durante el último año en el Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid, orientado a la incorporación de formación en el área BIM en la Escuela.

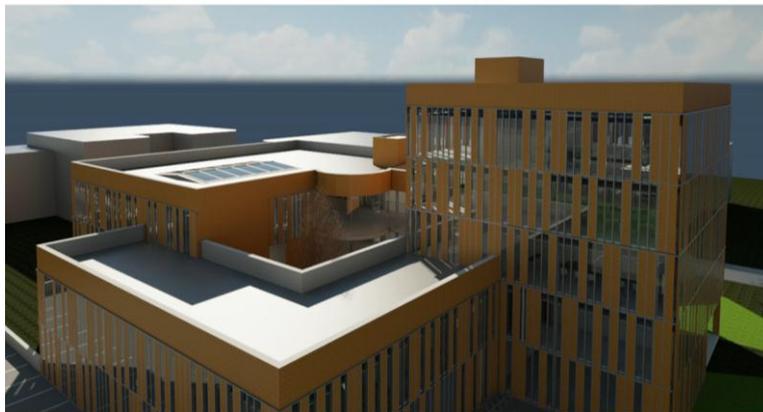


Fig 1. Proyecto Fin de Postgrado en Metodología BIM. 2015. Ignacio Angulo, ingeniero de edificación

2 CONTENIDO

Las universidades españolas en general y más concretamente las escuelas de arquitectura, arquitectura técnica y/o ingeniería de edificación, no han comenzado a plantearse la incorporación de formación en BIM en sus estudios de grado o de postgrado hasta hace muy poco tiempo ^[5]. Bien es verdad que en algunos casos, sí ha sido posible acceder a cierta formación BIM en algunas universidades, de manera, muchas veces, extraoficial y gracias, en la mayoría de los casos, al voluntarismo y la convicción de unos pocos profesores. Dicha formación se ha articulado, en general, en forma de cursos y seminarios extraescolares, ofertados en muchas ocasiones por empresas externas, centrados en el

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

manejo de herramientas concretas como Revit, ArchiCAD o Allplan y dirigidos principalmente a los estudiantes [6].

A partir de 2013 diversas universidades españolas comienzan a ofertar de forma oficial formación BIM avalada por títulos propios. Dicha formación empieza a impartirse en escuelas de arquitectura, de arquitectura técnica, de ingeniería de edificación y de algunas otras ingenierías, abarcando formatos que van desde cursos de formación continua, orientados tanto a estudiantes de grado como a profesionales, hasta másteres universitarios para postgraduados.

En la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid el único acceso a una cierta formación BIM era, prácticamente, hasta 2014, a través de cursos de Revit y ArchiCAD, generalmente enfocados al mero aprendizaje de dichas herramientas como sustitutivas de otros programas como AutoCAD y 3ds max, y organizados por la Delegación de Alumnos.

A finales de 2013, el Director del Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Don Javier Francisco Raposo Grau, Doctor Arquitecto, decide liderar la iniciativa de introducir formación en BIM en la Escuela. Conscientes de que la Universidad no debe funcionar de espaldas a la realidad profesional, comenzamos a analizar las diferentes posibilidades de implantación de una formación BIM que no se quede sólo en el mero manejo de alguna herramienta.

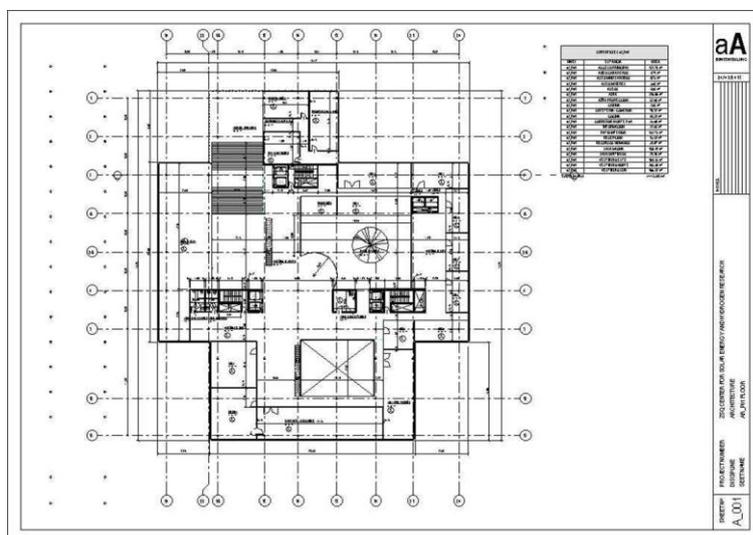


Fig 2. Proyecto Fin de Postgrado en Metodología BIM. 2015. Ignacio Angulo, ingeniero de edificación

En un principio se barajaron tres posibilidades: la primera opción consistía en ofrecer un conjunto de cursos monográficos de formación continua, de 2 ó 3 ECTS que abarcaran diferentes aspectos de la formación BIM y que pudieran cursarse individualmente o en bloque. Como segunda opción se planteó la posibilidad de introducir la formación BIM en los estudios de grado mediante una asignatura de libre elección de entre 3 y 6 ECTS. Por último, la tercera opción pasaba por enfocar la formación BIM hacia postgraduados, barajándose los distintos formatos existentes para formación postgrado: Experto de entre 15 y 20 ECTS, Especialización de entre 30 y 35 ECTS y Máster con más de 60 ECTS. Estas

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

tres opciones suponían tres enfoques muy diferentes, lo que nos llevó a analizar las diferentes ventajas e inconvenientes de cada una de ellas.

Los cursos de formación continua ofrecían en principio la ventaja de ser accesibles tanto para alumnos de grado como para postgraduados, no sólo procedentes de la Universidad Politécnica de Madrid sino de cualquier otro centro universitario. Sin embargo, pronto llegamos a la conclusión de que dicha ventaja no era tal, puesto que las demandas de formación en BIM de los estudiantes de grado estaban orientadas básicamente al aprendizaje de alguna herramienta BIM que les pudiera resultar útil para el desarrollo de sus proyectos de curso, mientras que las necesidades de los postgraduados, ya inmersos en la realidad profesional, requerían de una formación no sólo instrumental, sino orientada al aprendizaje de metodologías de trabajo y gestión de proyectos.

La opción de ofertar una asignatura de libre elección orientada al BIM tenía la ventaja de posibilitar de una forma sencilla la inclusión de la formación BIM en los estudios de grado [7], aunque en este caso, la oferta formativa quedaría, de hecho, circunscrita a los alumnos de grado de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Sin embargo, el formato de asignatura de libre elección, desligada del plan de estudios, no permitía una integración real y transversal de las metodologías BIM en los estudios de grado, lo que unido al reducido número de ECTS y, por lo tanto de horas de docencia, probablemente conduciría a una asignatura meramente instrumental y poco metodológica.

Consideramos que la integración de las metodologías BIM en los estudios de grado requería de una transversalidad que implicara a distintos departamentos y materias, de modo que el BIM llegara a convertirse en la metodología de trabajo natural a lo largo de la carrera y las herramientas BIM se convirtieran en las habituales en muchas asignaturas. Sin embargo, no parecía factible conseguir esta integración interdepartamental a corto plazo.

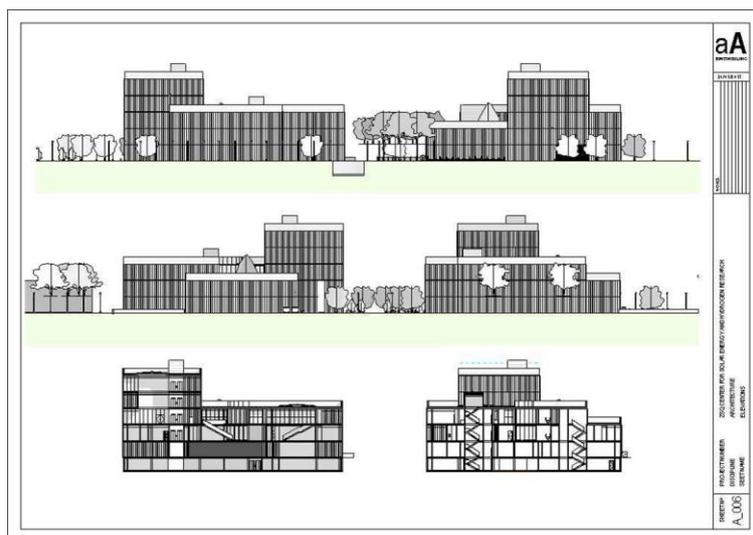


Fig 3. Proyecto Fin de Postgrado en Metodología BIM. 2015. Ignacio Angulo, ingeniero de edificación

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

La opción de ofrecer formación BIM mediante un título propio de postgrado, parecía presentar varias ventajas. En primer lugar, las metodologías BIM, al abarcar todo el ciclo de vida del edificio, pueden involucrar a diferentes profesionales: arquitectos, ingenieros, arquitectos técnicos y aparejadores, topógrafos, economistas, etc. La formación de postgrado ofrece la flexibilidad necesaria para que profesionales con formación universitaria variada puedan acceder a la misma. Por otra parte, los conocimientos adquiridos durante los estudios de grado, junto con la experiencia profesional posterior, proporcionan una mejor comprensión y una visión más clara de las ventajas que la aplicación de metodologías BIM puede aportar al sector de construcción en general.



Fig 4. Proyecto Fin de Postgrado en Metodología BIM. 2015. Ignacio Angulo, ingeniero de edificación

Una vez tomada la decisión de ofrecer formación BIM en formato de postgrado, el siguiente paso fue analizar los contenidos que deberían incluirse en el programa ^[8] y el número de créditos ECTS necesarios para abarcar dichos contenidos. En función del número de créditos ECTS resultantes el postgrado se articularía como Curso de Experto, Curso de Especialización o Master Universitario.

También era necesario valorar el público objetivo al que nos íbamos a dirigir, puesto que las demandas de formación de los profesionales con varios años de experiencia laboral son, en general, muy distintas de las de los recién titulados con escasa o nula experiencia profesional.

No parecía razonable que un postgrado universitario tuviera una orientación exclusivamente instrumental, aunque sí debía incluir el aprendizaje de herramientas BIM. Tampoco parecía adecuado centrarse en una única herramienta ya que nos parecía que el hecho de tener una visión general de diferentes aplicaciones de software BIM facilitaría la comprensión de los sistemas de trabajo con metodologías BIM. Por lo tanto, una de las primeras decisiones fue que en el postgrado se trabajaría, al menos, con los cuatro programas más extendidos de software BIM: Autodesk Revit, Graphisoft ArchiCAD, Nemetschek Allplan y Bentley AECOsím.

Por otra parte, a pesar de que las metodologías BIM han dejado de estar circunscritas al sector de la edificación y se aplican ya en el ámbito de la obra civil, e incluso en otras áreas,

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

consideramos que puesto que el postgrado iba a impartirse en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, debía centrarse en el ámbito de la edificación.

Asimismo, otro factor a valorar a la hora de definir el programa del postgrado era si los contenidos debían abarcar la aplicación del BIM a todo el ciclo de vida del edificio, proyecto, construcción y mantenimiento o si era preferible centrarse en una de las fases.

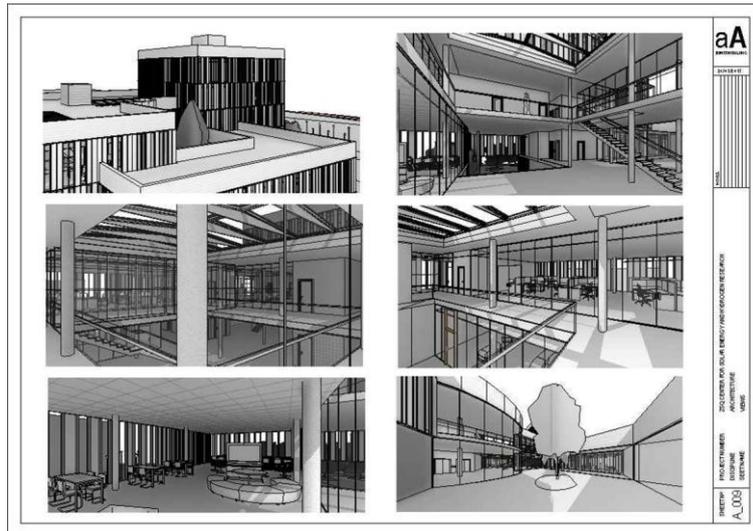


Fig 5. Proyecto Fin de Postgrado en Metodología BIM. 2015. Ignacio Angulo, ingeniero de edificación

Por otra parte, comprobamos que, en los últimos años, han proliferado academias, centros de formación e incluso colegios profesionales que ofrecen titulaciones mal llamadas Master BIM o similar que, en la mayoría de los casos, son en realidad cursos de Autodesk Revit más o menos largos que, en algunas ocasiones, se complementan con el aprendizaje de otros programas informáticos no vinculados a la metodología BIM. Sin embargo, también encontramos alguna empresa privada que ofrecía, también bajo el título de Master BIM, unos programas aparentemente muy completos, orientados al sector de la edificación y tocando todas las fases del ciclo de vida del edificio.

En cuanto a las Universidades, la formación BIM se circunscribía, en muchos casos, a cursos de formación continua o incluso cursos impartidos por empresas externas. Sólo unas pocas, como la UPC o la UDC habían comenzado a ofertar formación postgrado BIM con programas y contenidos muy diferentes.

Además de considerar todos los factores anteriormente expuestos, decidimos analizar los programas de postgrado de formación BIM propuestos por la Universitat Politècnica de Catalunya, la Universidade da Coruña, y la Universidad Europea de Madrid, así como el denominado Master BIM impartido por la empresa IDESIE Business School, En todos los casos, recurrimos a la información publicada en las respectivas páginas web.

La Universitat Politècnica de Catalunya ofrecía a través de la School of Professional & Executive Development el *Postgrado en BIM Management (Gestión Multiplataforma de Building Information Modeling)*, con 35 ECTS y 216 horas lectivas, dirigido por D. Eloi

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

Coloma Picó, Doctor Arquitecto. El Postgrado contaba con 4 módulos de 7 ECTS y 54 horas lectivas cada uno, enfocados al aprendizaje de cada uno de los cuatro softwares BIM de mayor implantación en España: Revit, ArchiCAD, AECOsim y Allplan. El quinto módulo de 7 ECTS, denominado *Proyecto de Innovación en una Empresa BIM* abarcaba contenidos relacionados con BIM management más el desarrollo de un Proyecto BIM en el ámbito empresarial. En nuestra modesta opinión, la búsqueda del equilibrio total entre los cuatro programas BIM podía llegar a dar una buena visión general de todos ellos, pero sin llegar a profundizar en ninguno, sobre todo teniendo en cuenta que en el programa de cada uno de ellos

La Universidade da Coruña ofrecía el *Curso de Especialización en BIM (Building Information Modelling)* con 27 ECTS y título de Experto Universitario en Metodología BIM, codirigido por D. Juan Luis Pérez Ordoñez, Doctor Ingeniero Informático y D. Gustavo Ferreiro Pérez, Arquitecto, e impartido en la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica. El programa publicado en la web resultó ser demasiado inconcreto, ya que no se especificaba más que los títulos de los tres módulos que componían el curso: *Competencias digitales BIM de modelado*, 9 ECTS, *Competencias digitales BIM de colaboración*, 9 ECTS, y *Competencias digitales BIM de experto*, 9 ECTS. El hecho de que apareciera el adjetivo digital en los tres títulos nos hizo suponer que el curso estaba muy orientado al manejo de uno o varios programas BIM, aunque intuimos que quizá se desarrollaba principalmente en la plataforma ArchiCAD puesto que ya se había ofertado formación con este programa anteriormente. Sin embargo, no llegamos a constatar ninguno de estos puntos.

La Universidad Europea ofertaba para el curso 2014/15 un *Postgrado de Experto en Gestión de Proyectos. Metodología BIM (Building Information Modeling)*, con 30 ECTS, dirigido por D. Felipe Aparicio Jabalquinto, arquitecto técnico e ingeniero de edificación. Este postgrado se planteaba en modalidad semipresencial, con diez sesiones presenciales y tutorías de seguimiento online, estructurado en cinco módulos: *Filosofía BIM. Principios y conceptos, Fase de proyecto. BIM design, Preconstrucción. Tender, Ejecución de obra: BIM construction y Mantenimiento y gestión de patrimonio modelizado. BIM facility*. No se especificaba las horas lectivas totales, ni las dedicadas a cada módulo, y tampoco se hacía referencia a ningún software concreto, aunque del análisis de los perfiles del profesorado dedujimos que estaría basado en Revit. Este curso nos pareció, en nuestra modesta opinión muy ambicioso para un postgrado de 30 ECTS, que además se desarrollaba en su mayor parte online.

En cuanto a IDESIE Business School, anunciaba un *Master BIM* de 60 ECTS y 800 horas de docencia con un programa que proponía 5 módulos: *Fundamentos BIM, Trabajo colaborativo e interoperabilidad BIM, BIM aplicado a proyectos de arquitectura e ingeniería, BIM aplicado a construcción, BIM aplicado a explotación de edificios e infraestructuras*, con unos contenidos muy completos que abarcaban todo el ciclo de vida del edificio. El programa incluía el manejo de multitud de programas informáticos, no sólo los cuatro softwares BIM ya citados anteriormente, sino otros muchos que en conjunto superaban la treintena y enfocados a áreas diversas como cálculo de estructuras e instalaciones, planificación, presupuestos y facility management, entre otras. Este programa nos pareció demasiado ambicioso y excesivamente largo y denso.

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

Contando con todos estos factores comenzamos a definir los contenidos del postgrado. En un primer momento buscamos abarcar la formación en todas las fases del ciclo de vida del edificio, combinando el aprendizaje de herramientas BIM con el de metodologías de trabajo aplicadas a la gestión de proyectos, construcción y activos inmobiliarios mediante sistemas BIM. El resultado inicial fue un programa de 60 ECTS que se podía articular perfectamente como un título propio de Master.

Sin embargo, a la hora de valorar el público objetivo al que nos dirigíamos, nos encontramos con que el formato de Master contaba con dos factores que podían dejar fuera a los graduados y titulados más jóvenes, que, por otra parte, eran los que más estaban demandando formación especializada en BIM. Por una parte, el precio podía resultar inasumible para los profesionales más jóvenes que, debido a la situación económica de los últimos años, han tenido muchas dificultades para acceder al mercado laboral y conseguir unos ingresos razonables. Por otra parte, la falta de experiencia profesional suficiente podía influir en que determinados temas incluidos en el programa pudieran resultar, de algún modo, excesivamente ambiciosos.

Finalmente, tomamos la decisión de dividir el programa en dos partes, lo que daría lugar a dos Cursos de Especialización de 30 ECTS cada uno, con la posibilidad de cursar los dos y obtener un título de Master. El primero orientado a metodología y herramientas BIM y el segundo enfocado a gestión BIM de proyectos, construcción y activos inmobiliarios.

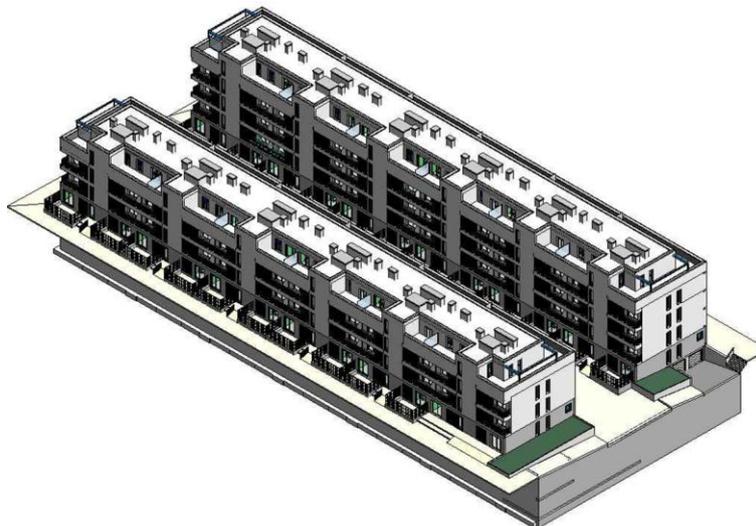


Fig 6. Proyecto Fin de Postgrado en Metodología BIM. 2015. Alberto Castellanos, arquitecto técnico

En junio de 2014 se publicó en la sección de Títulos Propios de Postgrado de la web de la Universidad Politécnica de Madrid el Curso de Especialización en Metodología BIM (http://www.upm.es/institucional/Estudiantes/Estudios_Titulaciones/EstudiosPosgrado), con 30 ECTS y 270 horas de docencia, y con el programa siguiente:

Bloque 1: Introducción al BIM (0,5 ECTS)

Bloque 2: Diseño Arquitectónico BIM con Revit Architecture (3 ECTS). Responsable: Esther Maldonado

Bloque 3: Diseño Avanzado BIM con Revit Architecture (3 ECTS). Responsable: Esther Maldonado

Bloque 4: Integración de Estructuras BIM con Revit Structure Robot, Cype, y/o Tricalc (3 ECTS). Responsable: Inmaculada Fortea

Bloque 5: Integración de Instalaciones BIM con Revit MEP y CYPE (3 ECTS). Responsable: David Martínez Gómez

Bloque 6: Mediciones, Presupuestos y Gestión de Costes BIM (0,5 ECTS). Responsable: Fernando Valderrama

Bloque 7: Análisis Energético BIM (1 ECTS). Responsable: José Miguel Márquez Martín

Bloque 8: Trabajo en equipo y colaboración BIM con Revit (1 ECTS). Responsable: Hendrik Hiddemann

Bloque 9: Revisión integral del proyecto con Navisworks. (2 ECTS). Responsable Esther Maldonado

Bloque 10: Diseño arquitectónico BIM con ArchiCAD (2,5 ECTS). Responsable Diego Martínez Montejano

Bloque 11: Diseño arquitectónico BIM con Allplan (2,5 ECTS). Responsable: Jorge López Hidalgo

Bloque 12: Diseño arquitectónico BIM con AECOsim (2,5 ECTS). Responsable: Pedro García Martín

Bloque 13: BIM en la práctica (1,5 ECTS). Responsable: Hendrick Hiddeman

Bloque 14: Proyecto fin de curso BIM (4 ECTS)

El profesorado está compuesto, además de por algunos profesores del Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica de la ETSAM, por un conjunto de arquitectos expertos en cada una de las áreas tratadas, con una dilatada trayectoria profesional en dichas áreas, además de experiencia docente.

El programa del primer Curso de Especialización en Metodología BIM se centra en la fase de proyecto y combina conceptos teóricos con aplicaciones prácticas mediante el uso de distintas herramientas BIM. A pesar de que se aprenden y utilizan los cuatro sistemas de software BIM mencionados anteriormente, Revit, ArchiCAD, Allplan y AECOsim, somos conscientes de que Revit está mucho más implantado que los demás, tanto en España como en el resto del mundo, por lo que se le da más peso en el curso. El curso abarca el uso de metodologías y herramientas BIM en las tres disciplinas: arquitectura, estructuras e instalaciones, incluyendo también su aplicación en el campo del análisis energético y en el de la generación de mediciones y presupuestos y gestión de costes. Asimismo se destaca la importancia del trabajo colaborativo, estudiando los diferentes sistemas de colaboración y coordinación, así como las herramientas de análisis, control y revisión de modelos BIM. En el curso se ha incluido también formación específica sobre los conceptos generales de la metodología BIM: como organización de equipos BIM, roles y responsabilidades, libros de estilos, definiciones de normas y estándares, redacción del BIM Execution Plan (BEP), definición de protocolos y procesos, aplicación de los LOD, etc.

En septiembre comenzó a impartirse la primera edición del mismo que ha finalizado en febrero de 2015. El perfil de los alumnos se ha repartido entre arquitectos y aparejadores, arquitectos técnicos e ingenieros de edificación, además de un ingeniero de caminos, con una media de edad en torno a los 30 años y escasa experiencia profesional, en general.

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

En febrero de 2015, ha dado comienzo la segunda edición del Curso de Especialización en Metodología BIM con el grupo completo desde diciembre. De nuevo, el perfil de los alumnos se reparte entre arquitectos y aparejadores, arquitectos técnicos e ingenieros de edificación, además de un topógrafo, también con una media de edad en torno a los 30 años y, en general, con poca experiencia profesional.

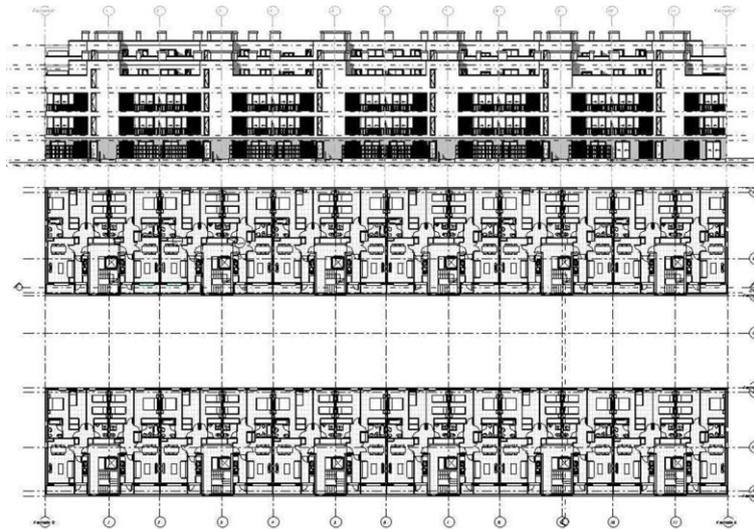


Fig 7. Proyecto Fin de Postgrado en Metodología BIM. 2015. Alberto Castellanos, arquitecto técnico

3 CONCLUSIONES

Muchos de los alumnos de la primera edición del Curso han encontrado trabajo en empresas que requerían BIM, incluso antes de finalizar el Postgrado. En algunos casos, los alumnos que estaban trabajando han conseguido una promoción en su empresa gracias a los conocimientos adquiridos. Asimismo, varias empresas han contactado con la Dirección del postgrado para solicitar las referencias de los alumnos de cara a posibles incorporaciones.

Es evidente que la formación especializada en metodologías BIM a través del postgrado ha mejorado sustancialmente la empleabilidad de los asistentes, facilitándoles su inserción en un mercado laboral con una gran demanda de profesionales cualificados en sistemas de trabajo BIM.

El formato elegido finalmente para el postgrado, como Curso de Especialización de 30 ECTS, ha resultado adecuado y atractivo para los jóvenes graduados y titulados, que han encontrado una vía de especialización a un precio razonable, sin renunciar a la posibilidad de continuar su formación profundizando en el ámbito de la gestión BIM mediante un segundo Curso de Especialización que, junto con el primero, les puede permitir la obtención de un título de Master otorgado por la Universidad Politécnica de Madrid.

Tras la experiencia de la primera edición, consideramos adecuado ampliar el Bloque 6: Mediciones, Presupuestos y Gestión de Costes BIM a 1 ECTS y el Bloque 13: BIM en la

Práctica a 3 ECTS, puesto que detectamos que ambos bloques requería de más horas para profundizar en los temas tratados.

Nota: Las imágenes incluidas en la presente comunicación representan una pequeña muestra de los Proyectos Fin de Curso realizados por algunos de los alumnos que han participado en la primera edición del mismo.

4 REFERENCIAS

- [1] Batcheler, Bob y Howell, Ian (2005). Building Information Modeling Two Years Later: Huge Potential, Some Success and Several Limitations
- [2] McGraw-Hill Construction (2012). The business value of BIM in North America. Multi-year trend analysis and user ratings (2007-2012). Smart Market Report
- [3] Laiserin, Jerry (2002). Comparing Pommés and Naranjas. The Laiserin Letter
- [4] Eastman, Chuck, Liston, Kathleen, Sacks, Rafael y Teicholz, Paul (2008). BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors
- [5] Magdy M. Ibrahim (2007). Teaching BIM, What is missing? 3rd Int'l ASCAAD Conference on Embodying Virtual Architecture [ASCAAD-07, Alexandria, Egypt]
- [6] Prieto Muriel, Paloma (2010). Implantación de la tecnología BIM en estudios universitarios de Arquitectura e Ingeniería. Trabajo Fin de Master Universitario en Investigación en Ingeniería y Arquitectura. Universidad de Extremadura.
- [7] Sabongi, Farid J. (2009). The integration of BIM in the undergraduate curriculum: an analysis of undergraduate courses. 45th Annual Conference of ASC
- [8] Barison, Maria Bernandete y Toledo Santos, Eduardo (2010). Review and analysis of current strategies for planning a BIM curriculum

COMPARATIVA ENTRE EL MODELO BIM GEOMÉTRICO Y EL MODELO DE MALLA EN EL CAMPO DE LA ARQUITECTURA PATRIMONIAL: BENEFICIOS E INCONVENIENTES

Autores: Jordán Palomar, I (1), Zornoza Zornoza, M. R (2)

- (1) Doctorando en Ingeniería de la Construcción. Máster en Conservación del Patrimonio Arquitectónico. U.P.V. Arquitecto. Equipo investigación SJ. isabeljordanar@outlook.es
- (2) Máster en Conservación del Patrimonio Arquitectónico. U.P.V. Arquitecto Técnico. Ingeniero de Edificación. Equipo investigación SJ. remezornoza@gmail.com

RESUMEN

Tras el análisis comparativo entre el modelo BIM y el modelo de malla se pretende semejar las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos para la realización de proyectos y estudios de arquitectura patrimonial. Estos resultados han sido ensayados en el conjunto de San Juan del Hospital de Valencia.

La metodología BIM se caracteriza por tener una base de datos intrínseca, que permite incluir fases constructivas y que exige la geometrización de los elementos. Por ello la modelización es un proceso meticuloso ya que es una recreación del proceso constructivo original, característica que la hace óptima para la gestión y la realización de proyectos.

Por otro lado, los modelos en malla se caracterizan por permitir un elevado grado de fidelidad en geometrías complejas, orgánicas o deterioradas como es el caso de las patrimoniales. Se observa que el tiempo de procesado es más corto y que se obtiene un resultado gráfico de mayor calidad, rasgos que favorecen la difusión cultural y social.

La conclusión es que la finalidad de la maqueta tridimensional definirá que tipología digital utilizar. Los factores más importantes que enfocarán el tipo de modelo a utilizar son la necesidad de interoperabilidad y la gestión de la información, o, la calidad gráfica y la fidelidad a la realidad.

Palabras clave: *geométrico, gestión, grafismo, modelado, paramétrico.*

1 INTRODUCCIÓN

La siguiente comunicación viene motivada por la colaboración de las autoras en la investigación financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad bajo el título de Diseño de una base de datos, modelo para gestión de la información y el conocimiento del patrimonio arquitectónico, dirigida por el Dr. Jorge García Valldecabres.

Tras un exhaustivo análisis sobre el estado del arte de los modelos tridimensionales, se observa que existe un debate latente sobre los tipos de modelo más óptimos. Por esta razón, se decide realizar un estudio comparativo entre las tipologías de modelado más extendidas en el campo arquitectónico y en especial en el patrimonial. Para ello se han definido unos objetivos y se han propuesto unas fases teóricas. Posteriormente, se han realizado los ensayos de modelado sobre el Patio Sur de San Juan del Hospital de Valencia

ya que esta edificación presenta en conjunto una geometría única. Esta geometría es resultado de la tipología y de los sistemas constructivos desarrollados, de los elementos decorativos, así como, del paso del tiempo, del reaprovechamiento de las estructuras, de la reutilización de los materiales, de los desplomes y de las patologías de diversa índole, lo que la hacen óptima para realizar este estudio. Por último se han expuesto los resultados de la aplicación al Patio Sur y se han sacado las conclusiones del estudio.

1.1 Estado de la cuestión

El desarrollo tecnológico de los últimos años ha cambiado la forma de realizar los proyectos de arquitectura, de gestionar y llevar a cabo el mantenimiento de las edificaciones, y han ido surgiendo unas nuevas necesidades de perfeccionamiento de la gestión de la información y de implementación del diseño. La metodología BIM se ha postulado como un modo óptimo de resolver las necesidades de gestión de la información, desarrollándose especialmente en el ámbito de las instalaciones y servicios, y de la construcción de obra nueva. Por otro lado, la tecnología de modelado en malla ha permitido mejorar las herramientas de diseño, modelado y al cálculo de estructuras.

En concreto, la evolución de los métodos gráficos ha tenido un progreso exponencial desde que apareció en la década de 1980 el primer software de diseño asistido por ordenador CAD. Posteriormente aparecieron los programas de la arquitectura paramétrica que han destacado estos últimos quince años con asombrosos ejercicios arquitectónicos, instalados ya en los anales de la arquitectura contemporánea. Pese a la aparente gratuidad de las complejas geometrías del diseño paramétrico, esta tecnología ofrece herramientas que van mucho más allá del diseño de edificios con formas visualmente más atractivas.

El modelado paramétrico es la base tanto de los programas BIM como de los programas de malla, y el avance sobre la tecnología CAD reside en que además de poder modelar el edificio en 3D, se parametrizan las características de sus elementos. Las diversas necesidades del estudio y gestión arquitectónica han llevado a la bifurcación de la tecnología paramétrica en programas que se basan en mallas tridimensionales y otros que se basan en modelización geométrica como es el caso de la metodología BIM.

Por un lado, la metodología BIM, ha ido evolucionando desde sus comienzos teóricos en 1975 con Charles M. Eastman, redactor del *American Institute of Architects* (AIA). A partir de 2002 distintas empresas fueron creando softwares que utilizaban 3D BIM y se han ido introduciendo mejoras en los mismos como el 4D BIM que incluye el factor tiempo, es decir, secuencia de construcción y cadena de suministro; el 5D BIM, que presenta costes y gastos como explica Mitchell [5]; el BIM 6D que implanta estimaciones energéticas y el BIM 7D, que establece el mantenimiento y la gestión posterior a la construcción.

Por otra parte, el modelado en malla deriva del precepto teórico de la Triangulación de Delaunay que se puede enunciar como dice Manuel Abellanas Oar, de la Universidad Politécnica de Madrid en el artículo “Envolvente convexa, triangulación de Delaunay y diagrama de Voronoi: tres estructuras geométricas en una, con muchas aplicaciones”... Una red de triángulos, es una triangulación de Delaunay si todas las circunferencias circunscritas

de todos los triángulos de la red son vacía"... Esta sería la definición para espacios bidimensionales, para espacios tridimensionales se podría ampliar utilizando una esfera circunscrita en vez de una circunferencia.

Teniendo como referencia los estudios de Volk y Mitchell [1], [2], se ha realizado un estudio del estado de la cuestión sobre BIM y modelado en malla en el campo de la arquitectura para poder entender mejor en qué fase se encuentran los dos sistemas, de este modo se ha concluido que el área de investigación de los modelos tridimensionales está en los siguientes sectores:

1_El sector de los sistemas socio técnicos (STS), que implica las tecnologías que apoyan la conversación y la resolución de problemas interdisciplinarios, aumentan el rendimiento comprendiendo las necesidades de los gestores y de los trabajadores, como por ejemplo [3]. Los sistemas socio técnicos fomentarán la difusión y la sincronización de la información mediante webs de comunicación tal y como el estudio hecho por Zekavat muestra [4].

2_El sector de la aplicación BIM a campos relacionados con la arquitectura-construcción: monitorización de desarrollo de proyectos de campo, integración de BIM en MAR (*mobile augmented reality*) [5], TIC (tecnologías de la información y la comunicación) aplicadas a la organización AEC (*Architectonic, Engeneering Construction*) [6], BIM para el control del impacto ambiental y BIM aplicada al Patrimonio, que se encuentra en una fase incipiente todavía, sin embargo, en diferentes artículos científicos se han definido conceptos como HBIM [7], "Scan to BIM" o gestión de inmuebles a través de BIM.

3_El desarrollo de metodologías que mejoren la modelización y tratamiento de elementos complejos como son arquitecturas orgánicas o curvas así como el cálculo de estructuras por elementos finitos.

2 CONTENIDO

El objetivo general de esta comunicación es la comparación entre los dos tipos de modelado en el ámbito de la arquitectura patrimonial. En concreto los dos objetivos específicos son por un lado identificar las cualidades de cada tipo de modelado adecuadas para el patrimonio y por otro lado categorizar los temas de aplicación patrimoniales donde cada tipo de modelado puede ser útil.

Teniendo en cuenta las necesidades actuales del modelado tridimensional derivadas del estudio del estado del arte, se han realizado dos modelos tridimensionales del Patio Sur de San Juan del Hospital, uno es un modelo BIM y el otro es un modelo en malla.

Las fases de trabajo llevadas a cabo para realizar esta investigación han sido: la toma de datos exhaustiva del bien, la realización del modelo geométrico en BIM, la generación del modelo de malla, el análisis de los resultados de los mismos y la reflexión sobre las conclusiones del estudio.

2.1 Toma de datos

Para comenzar los dos modelos tridimensionales ya sean para el diseño o para la gestión, se ha partido de una toma de datos con escáner láser porque dialoga mucho mejor y más eficientemente con los sistemas de modelado paramétricos, tanto el de malla como con el geométrico de la metodología BIM. No obstante, se ha complementado con medios manuales tradicionales como son: cintas métricas, distanciómetros láser y croquis.

Esta toma de datos tridimensional nos ha proporcionado 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. En concreto, la obtención de un levantamiento exhaustivo en tres dimensiones ha permitido 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 ha sido el registro de la patología de sus fábricas, estructuras y elementos decorativos que han permitido detectar su deterioro.

2.2 Modelo geométrico BIM

Para ensayar las ventajas y características del modelo geométrico BIM se ha realizado una maqueta digital del patio sur de San Juan del Hospital de Valencia con el programa Revit 2014, de la compañía Autodesk, siguiendo las fases de trabajo que se detallan a continuación:

2.2.1. Realización de la plantilla de trabajo en BIM

Previamente al modelado, es necesario establecer una metodología y definir todos aquellos elementos y parámetros, que facilitan el flujo de trabajo optimizado.

Se ha creado una plantilla adaptada a la arquitectura patrimonial y se ha particularizado al caso de San Juan del Hospital. En esta, se ha definido el grafismo apropiado para proyectos de restauración, los materiales específicos, las familias genéricas adaptadas mediante el diseño de sólidos capaces, el grado de detalle, las vistas y el diseño de los planos.

Por último, se han definido todos aquellos factores de segundo orden, y que pueden modificarse en cualquier momento en la fase de modelado sin producir un perjuicio en el conjunto, como la trayectoria solar o la ubicación geográfica del proyecto.

2.2.2. Importación de los sectores de la nube de puntos como base del modelado 3D

Se ha determinado una metodología que facilite la lectura de datos obtenidos en el escaneo 3D ajustándola a las necesidades del análisis de la arquitectura-arqueología.

Para ello, la importación de la nube de puntos en el software de modelado tiene que producirse sin pérdida de información por lo que se han probado los distintos métodos de importación. Por un lado con la lectura, que no la importación, de un sector de la nube con

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

herramientas de tratamiento de nube de puntos y por otro lado, con la importación directa a programas de modelado.

2.2.3. Modelización general geométrica

Se ha modelado la geometría general del edificio a partir de la nube de puntos resultante de la unión de los distintos escaneados del escáner laser 3D, siguiendo los procedimientos de Mahdjoubi [8]. Inicialmente se ha creado un modelo central, desde el que, cada persona puede abrir su propio modelo individual. Los cambios realizados por cada usuario son sincronizados en tiempo real al modelo central sin producir conflictos, siendo esta una de las ventajas que incluye el sistema BIM respecto al flujo de trabajo y que Zekavat considera esencial [9].



Fig 1. Proceso de modelización geométrico de los elementos arqueológicos del Patio Sur de San Juan del Hospital. 2015. Isabel Jordán y Remedios Zornoza

Así mismo, se han definido sectores y subsectores en que puede ser dividida una construcción histórica hasta definir en cada uno de ellos las unidades estratigráficas tridimensionales. Es decir, se aplican los conceptos de la estratigrafía muraria tridimensional al conjunto de información suministrada por el modelo (Figura 1).

2.2.4. Creación de familias especializadas de los elementos de San Juan del Hospital

Se han creado familias de cada uno de los elementos singulares de la edificación como son columnas, canecillos, losas, pilastras, bóvedas y arcosolios (figura 2). Estas contienen el modelo tridimensional del elemento y sus características materiales, geométricas y formales, y han sido volcadas al modelo central detallando el modelado general. De este modo, se ha

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

diseñado una biblioteca de materiales y elementos constructivos, propios de las arquitecturas históricas de base medieval.



Fig 2. Resultado Modelado geométrico del Patio Sur de San Juan del Hospital con sus familias. 2015.
Isabel Jordán y Remedios Zornoza.

2.2.5. Asignación de datos al modelo tridimensional

Se han ido introduciendo datos en el modelado general tales como: las fases históricas de cada elemento, las características de su construcción, el estado de conservación o datos sobre el coste de mantenimiento. Así mismo, se ha implantado la información en cada una de las familias, es decir, el material, las dimensiones, el periodo histórico, el estado de conservación y la fecha de la última intervención. De este modo se ha comprobado que los modelos geométricos son capaces de acumular gran cantidad de datos.

2.2.6. Diseño de las tablas de información

Una vez introducida toda la información en el modelo se ha ordenado la información para facilitar la tarea posterior de exportar los datos. La información del modelo 3D tendrá aplicación en gestión de bienes inmuebles, en mantenimiento de edificaciones, o en gestión de obras.

Así, cada uno de los datos de los elementos del modelo 3D podrá ser adosado a cuatro grandes paquetes de identidad: ficha genérica, ficha de patrimonio inmaterial, historial de mantenimiento e historial de intervenciones. [10].

2.3 Modelo de malla

Para ensayar las ventajas y características del modelo de malla se ha realizado una maqueta digital del patio sur de San Juan del Hospital de Valencia con el programa 3D Reshaper MR1, de la compañía Hexagon. A continuación se desarrollan las fases llevadas a cabo para la generación de este modelo:

2.3.1. Importación de la nube de puntos como base del modelado 3D

Se ha realizado la importación de la nube de puntos del Patio Sur desde el software de la compañía Autodesk llamado Recap, que es un programa de escaneado en tres dimensiones y captura de la realidad. Previamente se limpió y unió la nube de puntos con precisión con el programa Cyclone 8.1 de la empresa Leica Geosystems para que el programa de mallado no cometiera errores.

Si no es posible tener acceso a un escáner láser para partir de una nube de puntos, se puede comenzar un modelado en malla a partir del dibujo en el programa de modelado de formas en 2D.

2.3.2. Mallado de la nube de puntos

En la fase de modelado se ha obtenido la geometría del objeto, es decir, la malla 3D. Esta fase es la más costosa y compleja, sobre todo en tiempo, como ejemplo la investigación de Torres [11].

El modelo del patio sur se ha realizado con el programa 3DReshaper realizándose la malla por medio del método de modelado procedural, geometría fractal y el *NURBS Modelling*. (Figura 3).

Se ha comenzado generando la malla aplicando los conceptos de triangulación de la geometría fractal mediante la creación de figuras aleatorias irregulares que simulan las formas encontradas en la nube de puntos. El procedimiento consiste en la división de los polígonos del objeto de forma recursiva y aleatoria en muchas formas irregulares. La cantidad de división la hemos delimitado por un parámetro que indica el nivel de recursión.

Después, se ha limpiado y separado la malla inicial mediante el uso de la herramienta de la caja de sección para ayudar a la visualización. Posteriormente, se filtraron y explotaron aquellas triangulaciones que el programa había realizado incoherentemente.

Más tarde, se ha llevado a cabo la detección de orificios y la delimitación de los bordes externos de los huecos en la malla.

Por último se han rellenado los huecos con nuevas triangulaciones realizadas manualmente mediante la herramienta de puentes. Este proceso se ha realizado con los preceptos del modelado procedural ya que se ha simulado el proceso de crecimiento natural orgánico de las superficies. Para ello se ha utilizado el sistema de partículas al que se le aplica atributos

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

de crecimiento. De este modo, las partículas tienen un comportamiento específico que da lugar a trayectorias de partículas. Debido al crecimiento de las partículas con el paso del tiempo, sus trayectorias definen una figura que se convierte en un modelo tridimensional.

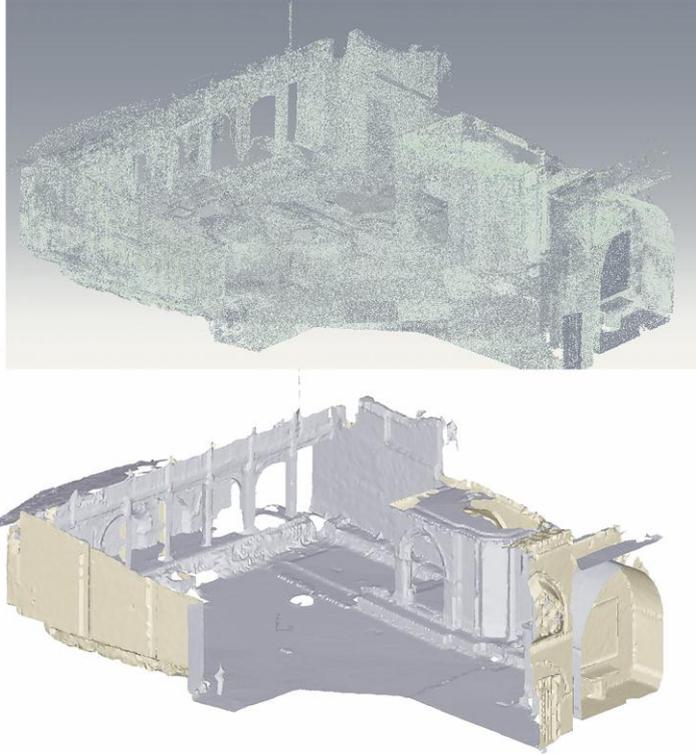


Fig 3. Nube de puntos del Patio Sur de San Juan del Hospital y posterior mallado de la nube de puntos. 2015. Isabel Jordán.

No obstante, en los casos que este procedimiento ha fallado se ha utilizado el modelado basado en trazos, *Sketch Modelling*. Este tipo de modelado consiste en partir de trazos realizados por el usuario (trazos 2D), tanto para la generación de un objeto, como para la modificación del mismo. Esto proporciona una representación homogénea ya que todo el modelado se realiza intuitivamente de la misma forma. Se dibuja el contorno 2D y se obtiene la malla poligonal asociada a ese contorno, para modificar la malla obtenida, se realiza de la misma forma trazos 2D.

2.3.3. Asignación de textura a la malla

La fase de texturizado es tan importante como la de modelado, sobre todo si lo que se busca es realismo. El texturizado no sólo permite añadir color al modelo, sino que también permite simular diferentes materiales y dar mayor detalle a determinadas formas. Las texturas se han agregado aplicando color en el software de creación de imágenes digitales y completándolo mediante texturas reales de fotografías (figura 4).

Se ha texturizado una parte del patio sur con el software Scene de la casa comercial Faro. En concreto se han texturizado dos arcosolios mediante fotografías tomadas

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

automáticamente por el propio equipo de escaneo. Posteriormente se ha procesado en gabinete combinándolas con la nube de puntos.

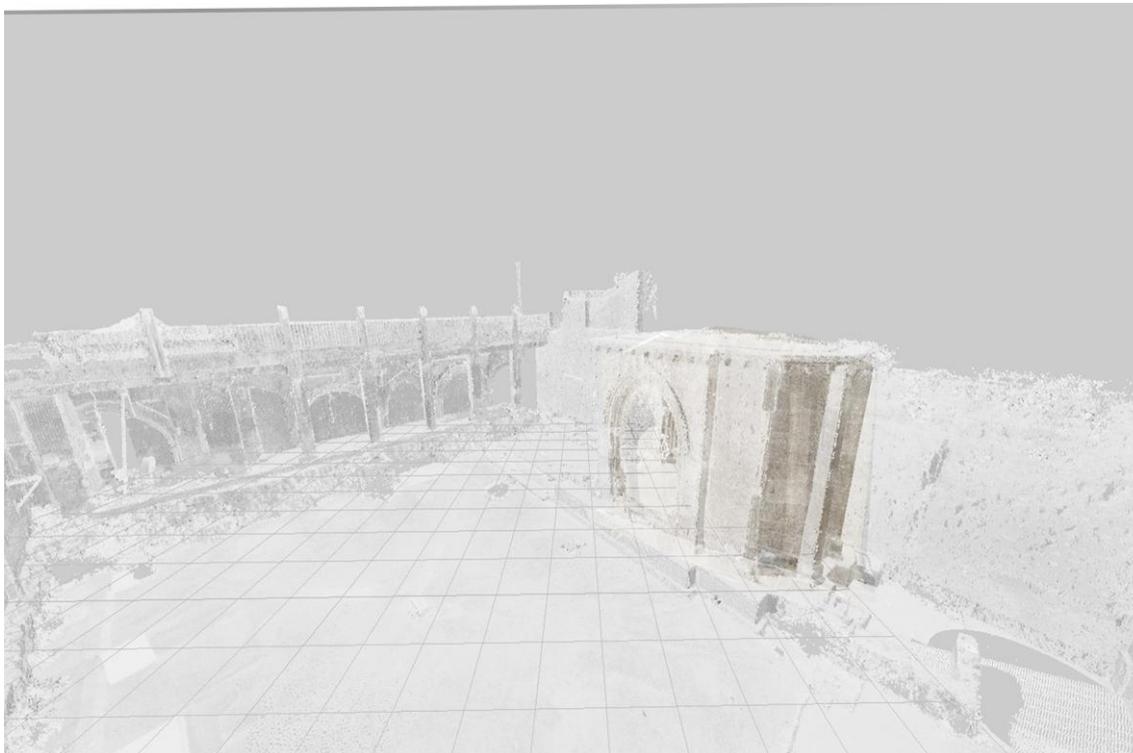


Fig 4. Proceso de texturizado de la malla con el software 3DReshaper. 2015. Vista del Patio Sur de San Juan del Hospital. Remedios Zornoza.

2.3.4. Post producción de la malla texturizada

La malla del patio sur ha dado como resultado elementos muy visuales a nivel gráfico que se han exportado fácilmente para la producción de renders, videos de recorrido por el bien y orto fotos. Estas imágenes y videos resultantes se utilizarán para la difusión a nivel cultural y turístico, como ejemplo la investigación de Valdivia [12].

El renderizado se ha realizado mediante un proceso de *Tesselation* que consiste en transformar la representación de objetos, como el punto medio de coordenadas de una esfera y un punto en su circunferencia, en una representación poligonal de una esfera. Los objetos han sido descompuestos desde representaciones abstractas primitivas como esferas, conos en las denominadas mallas, que son redes de triángulos interconectados.

2.4 Análisis de resultados

A continuación expondremos los resultados de la generación de los dos modelos tridimensionales patrimoniales. Se ha valorado para poder realizar la comparativa los siguientes conceptos: el tiempo empleado en realizar los modelos, el grado de detalle de los elementos modelados y la fidelidad de la forma de modelado, la capacidad de introducir información en los modelos, la capacidad de manejo de fases constructivas y temporales de los modelos.

El modelo geométrico BIM generado ha requerido un tiempo de trabajo de cinco meses de a tiempo completo de dos personas resultando un modelo con una fidelidad de forma relativa debido a la propia geometrización de la misma. No obstante, la capacidad de acumulación de información ha sido muy satisfactoria así como la posibilidad de introducir hasta seis fases temporales distintas.

Por otro lado, el modelo de malla ha requerido un tiempo de trabajo de un mes a tiempo completo de dos personas. El grado de detalle de los elementos modelados ha sido muy alto y preciso pero no ha sido posible la posibilidad de representar distintas fases históricas en un mismo modelo ni la introducción de muchos datos.

3 CONCLUSIONES

El modelo de malla realizado para el Patio Sur de San Juan del Hospital ha resultado más eficaz para producir imágenes y videos para la difusión. Así mismo, esta maqueta digital ha sido más rápida de hacer y tiene más posibilidades visuales. Además, la arquitectura de carácter orgánico como la de nuestro caso de estudio ha sido más fácil de representar con el modelo de malla debido a los procedimientos internos que llevan a cabo los softwares de malla.

Por otro lado, el modelo geométrico BIM ha sido más efectivo para gestionar información porque tiene una base de datos intrínseca, lo que ha permitido incluir datos históricos, control de ejecución, fases constructivas o incluso datos de mantenimiento. Su proceso de modelización ha sido similar al proceso real, pues se han dibujado todos los elementos permitiendo la comprensión del proceso constructivo. Además, el trabajo sincronizado de la metodología BIM ha facilitado que distintos miembros del grupo de investigación hayan intervenido en un solo archivo, lo que ha agilizado el trabajo y ha evitado errores.

Tras exponer los resultados de este estudio, se concluye que en proyectos donde se vaya a utilizar un modelo tridimensional no solo para un trabajo puntual sino como una base de datos a largo plazo es más conveniente utilizar la metodología BIM de modelado geométrico porque es posible introducir gran cantidad de información y todas las fases constructivas de un bien. Sin embargo, conviene realizar modelos de malla en el caso de que la representación gráfica sea la finalidad última, especialmente cuando la geometría es orgánica como es el caso de la arquitectura patrimonial.

4 REFERENCIAS

- [1] Mitchell, D. (2013). 5D BIM: Creating cost certainty and better buildings, HKIS: International QS BIM Conference, 9 de November 2013, ed. A. Brandtman, Creating Cost Certainty, Hong Kong.
- [2] Volk, R., Stengel, J., y Schultmann, F. (2014). *Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs*, Automation in Construction, 38 109-127.

- [3] Azhar, S. and Ahmad, I. (2015). *Introduction to the Special Issue on Information and Communication Technology (ICT) in AEC Organizations: Assessment of Impact on Work Practices, Project Delivery, and Organizational Behavior*. Eng. 31, SPECIAL ISSUE: Information and Communication Technology (ICT) in AEC Organizations: Assessment of Impact on Work Practices, Project Delivery, and Organizational Behavior, A2014001.
- [4] Holmström, J., Singh, V., and Främling, K. (2015). *BIM as Infrastructure in a Finnish HVAC Actor Network: Enabling Adoption, Reuse, and Recombination over a Building Life Cycle and between Projects*. Eng. 31, SPECIAL ISSUE: Information and Communication Technology (ICT) in AEC Organizations: Assessment of Impact on Work Practices, Project Delivery, and Organizational Behavior, A4014006.
- [5] Zekavat, P., Moon, S., and Bernold, L. (2015). *Holonic Construction Management: Unified Framework for ICT-Supported Process Control*. Eng. 31, SPECIAL ISSUE: Information and Communication Technology (ICT) in AEC Organizations: Assessment of Impact on Work Practices, Project Delivery, and Organizational Behavior, A4014008.
- [6] Williams, G., Gheisari, M., Chen, P., and Irizarry, J. (2015). *BIM2MAR: An Efficient BIM Translation to Mobile Augmented Reality Applications*. Eng. 31, SPECIAL ISSUE: Information and Communication Technology (ICT) in AEC Organizations: Assessment of Impact on Work Practices, Project Delivery, and Organizational Behavior, A4014009.
- [7] Dore, C., Murphy, M., (2012), *Integration of HBIM and 3D GIS for Digital Heritage, Modelling*, Digital Documentation International Conference, October 2012 22-23.
- [8] Mahdjoubi, L., Moobela, C., Laing, R. (2013). *Providing real-estate services through the integration of 3D laser scanning and building information modelling*, Computers in Industry, 64 1272-1281.
- [9] Jiang, L. and Leicht, R. (2015). *Automated Rule-Based Constructability Checking: Case Study of Formwork*. J. Manage. Eng. 31, SPECIAL ISSUE: Information and Communication Technology (ICT) in AEC Organizations: Assessment of Impact on Work Practices, Project Delivery, and Organizational Behavior, A4014004.
- [10] Torres, J.C., Cano P., Melero J., España M., Moreno J. (2010). *Aplicaciones de la digitalización 3D del patrimonio*, GIIG. Grupo de Investigación en Informática Gráfica de la Universidad de Granada. España, Volumen 1 Número 1.
- [11] Valdivia, M. (2013). *Una mirada virtual al pasado: recreación del castillo de Montefrío en época nazarí*. Virtual Archaeology Review. Volumen 4 Número 8.

ENSEÑANZA DE SISTEMAS BIM EN EL ÁMBITO UNIVERSITARIO

Autores: Piedecausa-García, B. (1), Mateo-Vicente, J.M (2), Pérez-Sánchez, J.C (3)

- (1) Profesora Asociada. Departamento de Edificación y Urbanismo. Universidad de Alicante, piedecausa@ua.es
- (2) Arquitecto Técnico, Diseñador Gráfico y Miembro del Grupo de Investigación Materiales y Sistemas Constructivos de la Edificación. Departamento de Edificación y Urbanismo. Universidad de Alicante, josema.ma.vi@gmail.com
- (3) Profesor Titular de Escuela. Departamento de Edificación y Urbanismo. Universidad de Alicante, jc.perez@ua.es

RESUMEN

Una de las exigencias técnicas más demandadas hoy en día dentro del ámbito edificatorio es el manejo de programas de diseño arquitectónico integrado, al convertirse en una formación indispensable frente al diseño tradicional. De este modo, la utilización de tecnologías BIM (Building Information Modeling) en el ámbito proyectual está suponiendo un impulso profesional cualitativo muy importante mediante la utilización de bases de datos específicas asociadas a dibujos convencionales desde distintas perspectivas y a todos los niveles.

El objeto del presente estudio es la aplicación constructiva de esta herramienta en el ámbito docente de la Universidad de Alicante, suponiendo una oportunidad para implementar el estudio de nuevas tecnologías y conocer una interesante herramienta de trabajo implantada actualmente en muchas empresas de arquitectura y construcción. La metodología y los contenidos impartidos en el curso consideran una aplicación práctica de forma que los conocimientos adquiridos sean graduales y de aplicación sucesiva.

En conclusión, el curso planteado responde a las crecientes necesidades profesionales en el ámbito constructivo con herramientas BIM y enriquece las habilidades de los estudiantes, mejorando su pericia en el ámbito del diseño y ampliando su capacidad de visión espacial; ambas cualidades indispensables en la práctica profesional arquitectónica.

Palabras clave: BIM, formación, objetos paramétricos, Revit, universidad.

1 INTRODUCCIÓN

Para cada una de sus titulaciones, la universidad debe ser capaz de formar en nuevas competencias que complementen la formación de sus profesionales egresados, con el fin de mejorar su relación con el ámbito empresarial y social. Por ello, y debido a los cambios que se están produciendo en los últimos años en el sector de la construcción, es necesario apostar por nuevas formas de hacer y nuevas metodologías docentes encaminadas a mejorar las capacidades de los estudiantes, preparándolos para el mundo profesional relacionado con el ámbito de la edificación [1].

Por otra parte, en la actualidad, los grandes e innumerables avances en el uso de las tecnologías de la información y del conocimiento tanto para el levantamiento gráfico como para el reconocimiento de nuestro entorno más cercano (mediante la utilización de herramientas como TIC's, SIG, MAPS, etc.) inducen, cada vez más, al uso de nuevos datos y herramientas complementarias aplicadas a los proyectos de construcción [2].

Así, una de las exigencias técnicas más demandadas hoy en día dentro del ámbito edificatorio es el manejo de programas de representación y diseño integrado arquitectónico en 3D: una formación específica indispensable frente al diseño tradicional que incluye múltiples posibilidades espaciales más allá de proyecciones ortográficas convencionales (plantas o secciones). De este modo, la utilización de las tecnologías BIM (Building Information Modeling) en el ámbito de los proyectos de arquitectura está suponiendo un impulso profesional cualitativo muy importante mediante la utilización de bases de datos específicas asociadas a dibujos convencionales desde distintas perspectivas como la material, la constructiva, la dimensional, la espacial, etc., aportando una mayor precisión al proyecto desde todos los niveles [3].

2 OBJETIVOS

En un entorno profesional tan competitivo, es importante buscar nuevos caminos y novedosas metodologías de trabajo que permitan la apertura exterior al mercado laboral europeo e internacional de los profesionales de la construcción formados en nuestras universidades; lugares donde este tipo de tecnologías más avanzadas mediante sistemas BIM son ampliamente utilizadas desde hace años [4].

En las últimas décadas, el empleo de dibujos en CAD ha ido adquiriendo una gran importancia en el ámbito proyectual de arquitectura e ingeniería por lo que un cambio radical de sistema puede presentar la confrontación profesional directa de muchos detractores inmovilistas. Sin embargo, si el proceso se plantea como un cambio continuado, paso a paso desde la base del proyecto, la planificación del diseño se redirecciona y los cambios se asimilan paso a paso de una manera continua.

A pesar de los citados puntos de vista, opuestos a la evolución en el uso de nuevas herramientas proyectuales, resulta necesario romper la homogeneidad creada hasta el momento con sistemas CAD (ya cada vez más obsoletos) y establecer dinámicas de progreso y mejora continua que sean sostenibles temporalmente para generar nuevos flujos de trabajo en el entorno profesional. Así, la docencia universitaria en el ámbito de la construcción debe apostar por la especialización día a día, formando a los profesionales del futuro desde una perspectiva multidisciplinar y dotándolos de nuevas competencias curriculares que aplicar en un entorno profesional global [5,6].

Esta concepción global es ofrecida ampliamente por las aplicaciones BIM, que plantean objetivos diferentes frente a los tradicionales de CAD, al considerar datos paramétricos acoplados a cada uno de los elementos constructivos utilizados en el proyecto (nuevas propiedades físicas y dimensionales son añadidas a las propias líneas vectoriales que

conforman el dibujo convencional en dos o tres dimensiones). Con todo ello, el proceso de modelado constructivo proporciona un mejor conocimiento de las características físicas de los materiales, de los elementos o de los sistemas constructivos utilizados en el proyecto de edificación [7, 8]. Proceso que es aplicado en el presente estudio en el ámbito de la docencia en la Universidad de Alicante.

3 METODOLOGÍA

Como se ha comentado, la tecnología BIM (Building Information Modeling) supone una nueva evolución en el proceso de generación del proyecto arquitectónico frente a las herramientas de CAD tradicionales, ya que permite incluir información específica procedente de una base de datos tridimensional sobre las características materiales del edificio y aporta la generación de vistas tridimensionales renderizadas desde la fase inicial del proyecto, asegurando una actualización global continua e inmediata de los cambios realizados en cualquiera de los datos parciales presentes en el edificio.

Aprovechando las citadas características, se oferta un curso de formación complementario en el ámbito de la construcción, la arquitectura y el diseño, dirigido a distintos profesionales del ámbito edificatorio, como pueden ser estudiantes de distintas titulaciones como Arquitectos Técnicos, Arquitectos o Ingenieros interesados en la materia. El curso tiene como objetivo principal iniciar a cada usuario en el manejo del programa REVIT ARCHITECTURE 2015 suponiendo una oportunidad para implementar el estudio de nuevas tecnologías y conocer una interesante herramienta de trabajo implantada actualmente en muchas empresas de arquitectura.

El objetivo principal de la actividad propuesta se centra en aprovechar al máximo esta herramienta basada en la utilización de objetos con características diferentes a los tradicionales CAD ya que aquí las entidades 2D o 3D van acompañadas de nuevos parámetros que permiten manipular y adaptar distintas propiedades físicas de cada elemento para ser adecuados a las distintas particularidades del edificio en cuestión, únicamente modificando sus características base y sin alterar el archivo de origen en cada caso [9].

La metodología propuesta se basa en el desarrollo de ejemplos reales en diferentes entornos profesionales (generación de proyectos de rehabilitación, obra de nueva construcción, proyectos de apertura o diseño de piezas). Esta aplicación práctica garantiza la participación activa y el ahorro de tiempo durante el futuro diseño profesional, al generar elementos que pueden representarse, moverse o ensayarse virtualmente [10].

Con las citadas premisas, el curso se estructura en cinco sesiones fundamentalmente prácticas de 4h cada una, que incluyen los siguientes contenidos principales (Fig. 1):

1. Interfaz, conceptos básicos y modelados de iniciación.
2. Modelado: definición de elementos constructivos y levantamiento del edificio.
3. Modelado de elementos anidados: familias, creación básica y su modificación.
4. Modelado avanzado de sistemas constructivos.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

5. Composición y maquetación del proyecto.

SESIÓN 1	SESIÓN 3
1. PRELIMINARES <ul style="list-style-type: none"> 1.1 Presentación del curso. 1.2 Entrega de materiales. 2. INTERFAZ, CONCEPTOS BÁSICOS Y MODELADOS DE INICIACIÓN <ul style="list-style-type: none"> 2.1 Conceptos básicos. BIM y parámetros. 2.2 Categorías, familias y tipos. Propiedades de ejemplar y de tipo. 2.3 Interfaz del usuario. Cinta de opciones, personalización grupos y cambiar visualización. 2.4 Menú Revit. Extensiones de archivos rvt (proyecto), rfa (familias), rte, etc. 2.5 Navegador de proyectos. Vistas, familias, grupos y vínculos. 2.6 Datos generales. Información de proyecto. El proceso de diseño: niveles y rejillas, importación de datos y masas. 2.7 Herramientas de visualización. Rangos de vista. 2.8 Dibujo en dos dimensiones. Líneas de referencia. Importación dwg. 2.9 Modelado de un sólido de diseño. Incorporación de un diseño propio en el proyecto. 	1. MODELADO DE ELEMENTOS ANIDADOS: FAMILIAS, CREACIÓN BÁSICA Y MODIFICACIÓN. <ul style="list-style-type: none"> 1.1 Puertas y ventanas. Edición básica de familias. 1.2 Muros cortina. 1.3 Rampas y escaleras. 1.4 Mobiliario e Iluminación. 1.5 Personas y árboles (rpc).
SESIÓN 2 <ul style="list-style-type: none"> 3. MODELADO. DEFINICIÓN DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y LEVANTAMIENTO DEL EDIFICIO. 3.1 Creación de superficies topográficas y plataforma de explanación. Importación de terrenos desde Cad. 3.2 Cerramientos y divisiones interiores. Operaciones con muros: propiedades, creación y modificación. 3.3 Estructura y cimentación: básico. 3.4 Cubiertas (planas, inclinadas), suelos y falsos techos. 	SESIÓN 4 <ul style="list-style-type: none"> 2. MODELADO AVANZADO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS. 2.1 Puertas y ventanas. Edición avanzada de familias. 2.2 Muros cortina. Edición de rejilla de muro y modificación de paneles. 2.3 Rampas y escaleras. 2.4 Iluminación. 2.5 Renderizado de las escenas de proyecto.
	SESIÓN 5 <ul style="list-style-type: none"> 3. COMPOSICIÓN Y MAQUETACIÓN DE PROYECTO. 3.1 Cotas. Acotación de elementos y configuración. Estilos. Cotas de trabajo (restricciones). 3.2 Textos y etiquetas (superficies automáticas, etc.). 3.3 Tablas: mediciones, cuadros de superficies, etc. 3.4 Conceptos generales de renderización y materiales con Revit. 3.5 Creación e impresión de planos. Escalas. 3.6 Cartelas y marcos: creación de familias en un único archivo. 3.7 Impresión por lotes y/o conjuntos de vistas.

Fig 1. Contenido de las cinco sesiones que componen el curso. 2015. Fuente: elaboración propia.

Considerando los conceptos anteriores, y debido al diferente nivel de conocimiento previo de los alumnos en esta materia (en muchos casos el usuario parte de un nivel muy bajo o incluso desde cero) se han diseñado las prácticas de forma que los conocimientos adquiridos fueran graduales y de aplicación sucesiva.

Así, de entre todos los contenidos impartidos en el curso, los ejercicios mejor valorados por parte de los alumnos, se encuentran los siguientes:

a) OBTENCIÓN DE DETALLES A PARTIR DE UN MODELO PREVIO.

Esta herramienta es una de las más identificativas del programa Revit, representando una gran mejora respecto a los programas CAD ya que, después de realizar un modelo, es posible seleccionar cualquier área representativa del mismo (un encuentro específico) en la que interese colocar más información a nivel de detalle 2D (Fig. 2).

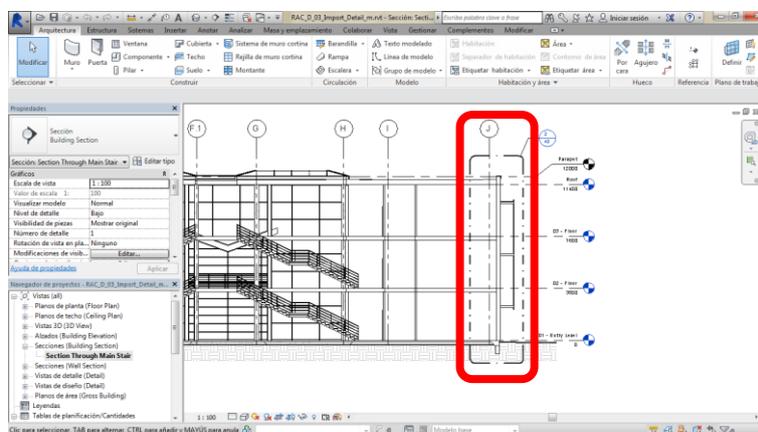


Fig 2. Sección general de la edificación con información complementaria registrada en la base de datos de Revit. 2015. Fuente: elaboración propia.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

Así, el sistema ofrece una gran ventaja respecto a las herramientas de dibujo CAD tradicionales, ya que cada uno de los elementos dibujados y su información queda registrada en la base de datos de Revit, lo que permite etiquetar u obtener cualquier dato específico a partir del dibujo existente, ofreciendo incluso la posibilidad de crear cuadros de información complementarios (Fig. 3).

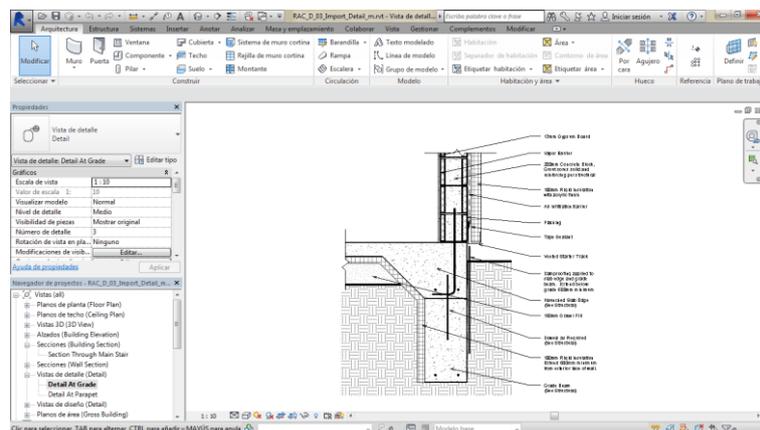


Fig 3. Sección de detalle específico, obtenida directamente desde la vista general a partir del registro existente en la base de datos de Revit. 2015. Fuente: elaboración propia.

b) OBTENCIÓN, DE MANERA DIRECTA, DE CUALQUIER DATO DEL MODELO CONSTRUIDO.

En el presente ejercicio se trabaja sobre cómo, al construir el modelo tridimensional con elementos que contienen información complementaria y gracias a dichos datos, es posible obtener de manera directa, y en cualquier momento, planos complejos, cuadros de información o tablas de planificación con escaso esfuerzo.

Cabe destacar que toda la información que contiene cada uno de los elementos del modelo es ampliable, pudiendo añadir otras especificidades (precios, datos técnicos, etc.) en cualquier momento del proceso de proyecto o de ejecución (Fig. 4).

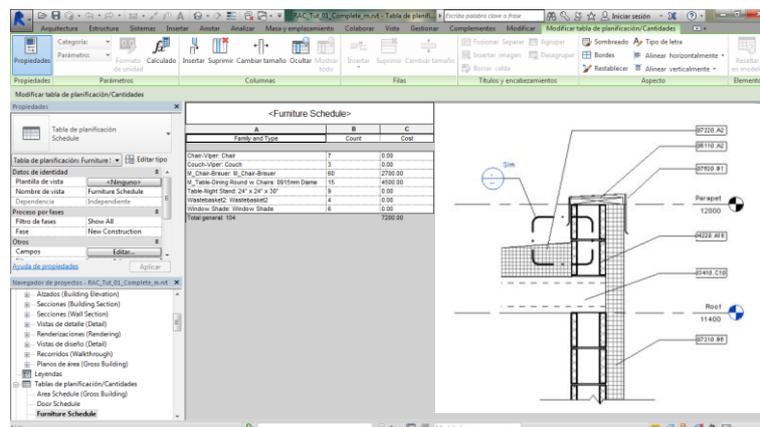


Fig 4. Obtención de datos específicos del proyecto. 2015. Fuente: elaboración propia.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

c) CREACIÓN DE SUPERFICIES TOPOGRÁFICAS

El tercer ejercicio mejor valorado muestra cómo, comparado con programas de dibujo CAD tradicionales, en Revit la creación de superficies topográficas se simplifica de un modo sorprendente, dado que es posible crear perfiles o terrenos a partir de puntos estratégicamente situados en el modelo a las alturas que corresponda, creando de manera directa una superficie continua entre ellos (Fig. 5). Otra opción también posible es la realización de la superficie a partir de planos de curvas de nivel importados directamente desde de CAD o incluso volcar datos topográficos obtenidos con distintos tipos de software utilizados en ingeniería civil.

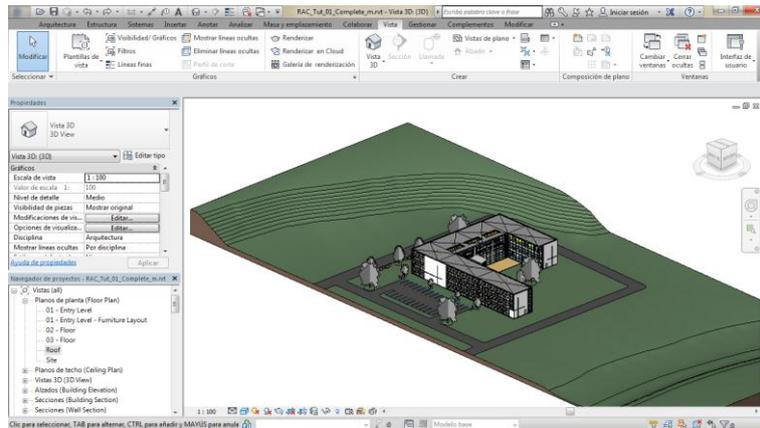


Fig 5. Superficie topográfica alrededor de una edificación. 2015. Fuente: elaboración propia.

d) CREACIÓN DE SECCIONES DE FORMA DIRECTA.

En la presente actividad los estudiantes comprueban cómo Revit, una vez construido el modelo, permite definir planos de sección de manera directa trazando la línea que define dicho plano, obteniendo la sección en alzado de un modo inmediato. Además, el programa también dispone de herramientas para seccionar tridimensionalmente el modelo construido previamente (Fig. 6 y 7).

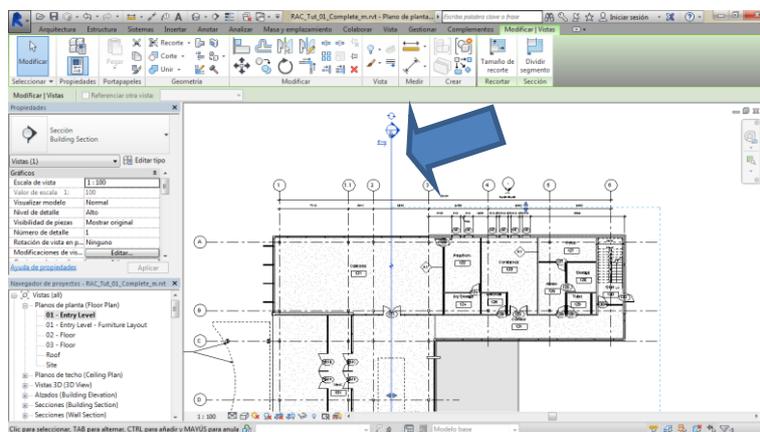


Fig 6. Plano de planta en el que se identifica el plano de sección elegido. 2015. Fuente: elaboración propia.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

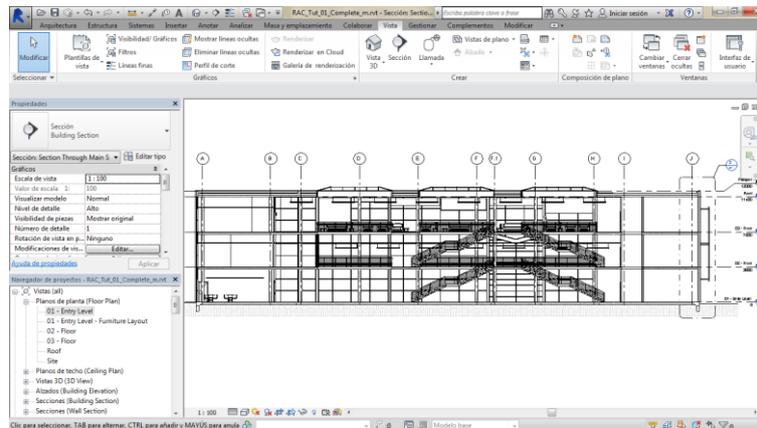


Fig 7. Sección generada de manera inmediata a partir de su indicación en la planta del modelo. 2015.
Fuente: elaboración propia.

5 CONCLUSIONES

Por una parte, en la vertiginosa y continua evolución de la sociedad de la información, los constantes cambios producidos (tanto en el ámbito del hardware como del software) han permitido valorar la importancia del almacenamiento de datos o de gestión de la información. Así, actualmente los diferentes softwares que trabajan bajo el entorno BIM permiten la incorporación de herramientas específicas de diseño para el modelado de distintos elementos constructivos (como son pilares, vigas, forjados, cimentaciones, cubiertas, etc.) que pueden ser utilizados de un modo sencillo y que a la vez ofrecen un resultado complejo mediante datos complementarios para cada una de las fases que componen una obra de construcción. De este modo, el sistema considera todo el proyecto de un modo global y completo.

Por otra parte, el presente curso ha permitido a los alumnos universitarios el manejo de un interesante programa de diseño en tres dimensiones, presentando los principios básicos para dibujar con precisión y facilidad. Así, los estudiantes han comprobado que, mediante la utilización de herramientas sencillas, los programas empleados permiten generar un proyecto arquitectónico tridimensionalmente con gran rapidez, generando vistas fácilmente modificables con todo tipo de información complementaria (Fig. 8).

En conclusión, el curso planteado responde a las crecientes necesidades docentes de una enseñanza cualificada que mejore las competencias profesionales exigidas en el ámbito constructivo y laboral, al mismo tiempo que enriquece las habilidades de los estudiantes gracias a su modalidad presencial, mejorando su pericia en el ámbito del diseño y ampliando su capacidad de visión espacial; ambas cualidades indispensables en la práctica arquitectónica.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

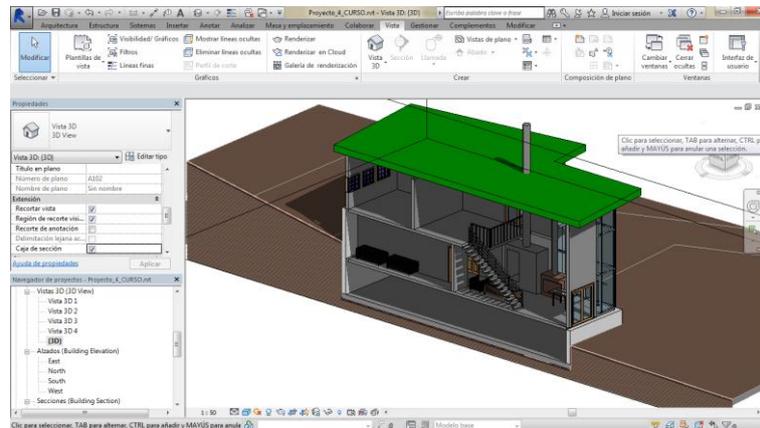


Fig 8. Sección tridimensional generada de manera inmediata a partir de su indicación en la planta del modelo. 2015. Fuente: elaboración propia.

6 REFERENCIAS

- [1] Becerik-Gerber B., Gerber D.J., Ku K. (2011) *The pace of technological innovation in architecture, engineering, and construction education: integrating recent trends into the curricula*. ITcon Journal of Information Technology in Construction, Vol. 16, pg. 411-432, <http://www.itcon.org/2011/24>
- [2] Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos y Fundación Caja de Arquitectos. Encuesta sobre el estado de la profesión 2003, 2007, 2011 y 2013.
- [3] NBS-RIBA 2014 (2014). *National BIM Report*. RIBA Enterprises Ltd.
- [4] Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. (2011) *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. July 2011.
- [5] Pollock A. (2011) *BIM in Academia. Collaborate, adapt, innovate*. New York: Skidmore, Owings and Merrill LLP.
- [6] Barison M.B., Toledo E. (2010) *BIM teaching strategies: an overview of the current approaches*. Nottingham University Press. Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. <http://www.engineering.nottingham.ac.uk/icccbe/proceedings/pdf/pf289.pdf>
- [7] Gier D.M. (2008). *What Impact Does Using Building Information Modeling Have on Teaching Estimating to Construction Management Students?*. California State University. <http://ascpro.ascweb.org/chair/paper/CEUE179002008.pdf>
- [8] Robinson C. (2007). *Structural BIM: discussion, case studies and latest developments*. Structural Design of Tall and Special Buildings, vol. 16, no. 4, pp. 519-533. DOI: 10.1002/tal.417

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

- [9] Sah V., Cory, C. (2009). *Building Information Modeling. An academic Perspective*. Technology Interface Journal, 10 (winter Special Issue).
- [10] Lloret Mauri, J., Díaz Santos, J.R, Jiménez Herranz, J.M. (2004). *Creation and Development of an E-Learning Formative Plan*. Valencia: Sefi Annual Conference 2004.

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

INTRODUCCIÓN DEL CONCEPTO BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) EN EL GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA DE LA UNIVERSITAT JAUME I

Autores: Gallego Navarro, T. (1), Huedo Dorda, P. (2)

- (1) Universitat Jaume I, tgalego@uji.es
(2) Universitat Jaume I, huedo@uji.es

RESUMEN

Los estudios universitarios de educación superior en España, tienen como objeto preparar a los futuros profesionales en base a competencias. Ello implica que su contenido debe adaptarse a las nuevas tendencias.

En este contexto, en el proyecto dirigido de 3º curso del grado de Arquitectura Técnica de la Universitat Jaume I, basado en la docencia por proyectos (PBL); se incorpora formación sobre metodología BIM (Building Information Modeling) aplicada a casos de estudio. Lo cual implica la participación colaborativa de los alumnos para alcanzar los objetivos pre-establecidos por los docentes.

El proyecto simula una realidad profesional, como si de una empresa se tratara: definirán su gestión, estudiarán un edificio de viviendas existente, modelarán en REVIT, etc. Con el fin de proponer públicamente mejoras de eficiencia energética.

La comunicación presenta cómo los alumnos y profesores se organizan para introducir ésta actividad académica, cómo se definen los objetivos, cómo se realiza el seguimiento y cómo se presentan los resultados para conseguir la máxima repercusión.

Como conclusión se presentará uno de los proyectos resultantes y algunas propuestas de mejora para seguir en nuestro desempeño de introducir BIM entre los estudiantes de últimos cursos.

Palabras clave: BIM, GAT, PBL, UJI,

1 INTRODUCCIÓN

El grado en Arquitectura Técnica de la Universitat Jaume I viene implantando desde 2005, la docencia por proyectos como la metodología activa de aprendizaje activa, pero no fue antes del 2009 con el Plan Bolonia, que se reconociera como oficial y por tanto obligatoria con nuevo plan de estudios del 2009 en grado en Ingeniería de Edificación, denominación que tres años más tarde fue modificado [1].

La docencia por proyectos se define y se regula como Proyecto Dirigido (PD) en el nuevo plan de estudios y es de aplicación en los tres primeros cursos. En cada proyecto se tratarán temáticas diferentes según la programación de asignaturas anuales y las competencias

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

preestablecidas y las tendencias del momento o entorno económico-social [2]. En el caso del primer curso el tema de proyecto PD1 es la arquitectura tradicional, en segundo curso el tema de PD2 es la construcción de viviendas en altura y en tercer curso se ha incorporado otro caso de estudio en PD3 como es la rehabilitación energética de edificios de viviendas existentes.

En cualquiera de los casos el PD simula una realidad profesional, en la actualidad una de las tendencias que está empujando fuerte al sector es la metodología Building Information Modeling (BIM). Por lo que se ha propuesto como temática en el curso 2014-15

Según MarketsandMarkets [3], BIM es un proceso que implica el mantenimiento de datos digitales para comunicar las decisiones de proyectos relacionados con diferentes temas tales como el diseño, la visualización, la colaboración y la simulación de diferentes aplicaciones. Datos de los sistemas constructivos a partir de soluciones disponibles en el mercado para la ejecución de los procesos de construcción. Los datos que se almacena en BIM se pueden utilizar para la gestión de todo el ciclo de vida del proyecto con el uso de herramientas integradas. El Modelado de información de negocios no sólo se utiliza para el mantenimiento de datos en 3D, sino también para 4D y 5D representaciones. Para las representaciones digitales en 3D, hay algunas otras tecnologías aparte de BIM, como AutoCAD, CAD, y otros. 4D implica la gestión del tiempo del proyecto para la programación de las actividades diarias y mensuales y por lo tanto, atrae a una gran cantidad de clientes hacia el proceso BIM. 5D implica la gestión de costes del proyecto, que también se puede manejar dentro del proceso BIM.

En España no se ha podido encontrar ningún plan de estudios de Arquitectura Técnica con estos contenidos formativos. Con respecto a su introducción en prácticas o laboratorios es posible que exista algún caso, pero no hay acceso a dicha información para personas externas a la Institución.

Respecto al mismo análisis en Europa, decir que si existen planes de estudio oficiales de grado con contenidos teóricos y prácticos sobre herramientas que favorecen la implantación de BIM, como por ejemplo el REVIT © de Autodesk. Los dos países cuyas Universidades ya disponen de estos programas son Dinamarca y Reino Unido. Y las Universidades respectivas son VIA University College y Coventry University [4]. Su justificación es en base a las exigencias legales para las contrataciones públicas de proyectos oficiales.

Las relaciones internacionales entre VIA Uc y UJI como son el doble diploma para el Grado en Arquitectura Técnica [5] y su experiencia como equipo de exhibición en el Solar Decathlon Europe 2014, han propiciado el interés por introducir BIM en la formación de los alumnos de la UJI.

Si lo comparamos a nivel mundial, decir que el país de mayor repercusión es Estados Unidos y que Corea y China están creciendo con su implantación, pero que en todos los continentes podemos encontrar referentes.



Figura 1. Implantación geográfica del BIM en el mundo

Si el alcance de esta formación en los programas de grado a nivel nacional y europeo es bajo, en cambio en los programas no oficiales/y oficiales de postgrado existe una amplia oferta, a través de centros privados como BIM Institute, colectivos profesionales, o también por instituciones de educación superior.

El Mercado de BIM es emergente y las herramientas de diseño más utilizadas son: ArchiDATA en Canada, Autodesk, Beck Technology y Bentley Systems en U.S., Dassault Systemes S.A en France, Design Data en U.S., Nemetschek AG en Germany, Solibri en Finland y Trimble Navigation en U.S. [3]

2 DISEÑO DE PROYECTO DIRIGIDO BASADO EN LA METODOLOGÍA BIM

El diseño de la actividad académica PD3 se basa en la metodología docente Project Based Learning (PBL), de manera que los estudiantes desarrollan un trabajo de curso en el que se integran todos los conocimientos teóricos adquiridos en las 10 asignaturas de tercero. En este caso además se deberá realizar aplicando la metodología BIM y su resultado debe alcanzar las competencias genéricas que se establecen en el plan de estudios del Grado en Arquitectura Técnica, que se adjuntan a continuación:

- (1) Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio;

Escola Tècnica Superior de Enginyeria de Edificació
Universitat Politècnica de València
València, 8 y 9 de mayo 2015

- (2) Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio;
- (3) que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética;
- (4) que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado;
- (5) que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

La elección de la temática debe estar acorde a los conocimientos teóricos adquiridos en tercer curso: 10 asignaturas con temáticas diferentes, como viene siendo habitual en nuestros planes de estudio:

3ED0921	Construcció IV: Cobertes i Murs	A	6	Obligatòria 1r	Anglès Castellà
3ED0922	Construcció V: Façanes i Particions	A	6	Obligatòria 1r	Anglès Castellà Valencià
3ED0923	Gestió i Control de la Qualitat en Edificació	A	6	Obligatòria 1r	Castellà
3ED0924	Instal·lacions de Fluids	A	6	Obligatòria 1r	Castellà Català
3ED0925	Instal·lacions Electrotècniques	A	6	Obligatòria 1r	Castellà
3ED0926	Gestió de la Prevenció de Riscos Laborals en Edificació	A	6	Obligatòria 2n	Castellà
3ED0927	Gestió de Recursos Humans i Tècnics en Edificació	A	6	Obligatòria 2n	Castellà
3ED0928	Gestió del Procés de Producció en Edificació	A	6	Obligatòria 2n	Castellà
3ED0929	Gestió Econòmica de les Obres d'Edificació	A	6	Obligatòria 2n	Castellà
3ED0930	Projectes Tècnics d'Edificació I	A	6	Obligatòria 2n	Anglès Castellà Valencià

Figura 2. Tabla asignaturas de 3º curso, créditos, idioma

Cada grupo de alumnos elegirá un caso de estudio de la ciudad de Castellón: “Un edificio de viviendas existente”, con el objetivo de realizar un estudio de la envolvente y sus instalaciones para presentar el estado actual y las medidas de mejora para que cumplan la normativa actual y mejoren su eficiencia energética. Todo ello analizando la repercusión económica de dichas soluciones propuestas y proponiendo la programación de su ejecución y de manera que sean eficientes.

2.1 Organización

La organización oficial del Proyecto Dirigido de Tercero (PD3) se recoge en las horas no presenciales del alumno y en las horas de tutorías del profesorado. Esto implica que la asistencia a revisión y seguimiento por parte del alumnado es voluntaria.

Para conseguir una correcta coordinación entre los profesores responsables de las 10 asignaturas que participan en este proyecto de curso, se nombra al coordinador de curso y PD3.

La responsabilidad del coordinador de PD3 es la de elegir tema, definir los objetivos generales y la metodología de trabajo. En el curso 2014-15 se propone introducir el método de trabajo basado Building Information Modeling, con el objetivo de estudiar las propuestas de mejora energética de un edificio existente. Además es responsabilidad del coordinador conjuntamente con los responsables de asignatura definir los objetivos específicos. Identificar los resultados que se deben alcanzar, plazos y en forma para demostrar que se han alcanzado las competencias profesionales previamente definidas.

Entre profesores y coordinador se diseña la guía de PD3, que es el documento referencia para todos los implicados (estudiantes, coordinadores y profesores) que define el tema, el alcance, ámbito de trabajo, objetivos alcanzar y los procedimientos a seguir por los estudiantes para alcanzar los objetivos, medios, plazos y los resultados o entregas.

Los estudiantes se organizan en equipos de entre 4 o 5 personas, los cuales deberán simular empresa de consultoría técnica, la cual está constituida por un equipo multidisciplinar de trabajo y en ocasiones multicultural. Cada equipo formaliza un acuerdo con profesores y coordinador a modo de contrato entre las partes sobre el caso de estudio que van a estudiar. En el que se establece el contenido del trabajo, los procedimientos a seguir, los plazos a cumplir, las herramientas a utilizar, el contenido y forma de las entregas y finalmente la defensa ante un tribunal experto y la difusión a través de las redes sociales.

2.2 Formación y preparación para la introducción de BIM

La falta de conocimientos sobre las herramienta básicas para el diseño en 3D, crea la necesidad de implicar a personal externo para formar a profesores y alumnos en los software de aplicación (REVIT©Autodesk). La preparación durante un periodo aproximado a 2 meses, permite a los grupos a buscar su edificio caso de estudio, realizar una correcta toma de datos, iniciarse en la modelación del edificio existente y sus instalaciones.

El uso del resto de herramienta que potencian el trabajo colaborativo y de acceso online se adquiere en cursos anteriores, como podría ser el caso de: Drive, Google docs, Páginas web, Prezi, Blogger, Facebook. En definitiva los estudiantes van siendo preparados para un entorno cambiante, al cual se deben adaptar. Por ello es importante que ellos mismos sean los que definan las aplicaciones informáticas que más se les adapte para cada entrega bien sean presentaciones, informes, mapas mentales, programaciones de obra etc. De esta

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

manera en equipo potencian su destreza en el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).

Con esta dinámica, son los propios grupos de trabajo los que investigan y toman decisiones para utilizar todo tipo de aplicaciones de manera profesional, incluso para divulgar a través de las redes sociales.

2.3 Los objetivos preestablecidos del PD3

Objetivos genéricos;

- (1) Saber aplicar sus conocimientos teóricos en los casos prácticos que se le presentan.
- (2) Utilizar las herramientas proporcionadas para mejorar sus resultados.
- (3) Aprender a busca de información.
- (4) Trabajar en equipo para resolver tareas complejas.
- (5) Saber defender técnicamente sus resultados.
- (6) Cumplir con un acuerdo y / o contrato en tiempo, contenido y forma.
- (7) Aprender el "saber hacer" de un buen profesional.
- (8) Promover la autonomía de aprendizaje, para que el futuro profesional pueda actualizar sus conocimientos.

Objetivos específicos;

- (1) Planificar y desarrollar los procesos de una organización del sector de la edificación para alcanzar sus objetivos.
- (2) Analizar los elementos constructivos y proponer alternativas para la envolvente que permitan mejorar la eficiencia energética del edificio cumpliendo la normativa vigente según las condiciones de partida establecidas.
- (3) Diseñar las instalaciones de fontanería, electricidad y climatización del edificio de acuerdo a la legislación vigente y las exigencias propuestas en las condiciones de partida.
- (4) Proyectar una actividad en la planta baja del edificio.
- (5) Realizar las mediciones y presupuesto en función de los elementos constructivos del proyecto considerando los cambios introducidos según la actividad propuesta, dirigidos al análisis del coste económico de la edificación del edificio y de la actividad.

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

- (6) Detallar la programación y seguimiento de las actividades para desarrollar el PD3, aplicar dichos conocimientos al desarrollo y gestión del proyecto.
- (7) Desarrollar los equipos necesarios y las medidas de seguridad a adoptar durante la construcción del edificio.
- (8) Conocer la evaluación del impacto medioambiental de la edificación y la eficiencia energética.
- (9) Conocer la tecnología BIM para formar parte del proyecto desde una etapa inicial, facilitando de esta forma que se tomen en un primer momento decisiones que tienen coherencia entre si y en las que están de acuerdo cada una de las partes, reduciendo el número de modificaciones en el proyecto y la imprecisión en la fase de construcción.

2.4 Descripción de tareas por asignaturas en PD3

Cada una de las asignaturas dispone de una ficha como el ejemplo que se presenta a continuación, este concretamente es el ejemplo de Construcción IV

Ejemplo Construcción IV: Objetivos específicos de la asignatura Construcción IV:

- (1) Desarrollar habilidades de investigación, búsqueda de información y toma de decisiones.
- (2) Conocer sistemas constructivos utilizados en el cerramiento del edificio.
- (3) Analizar sistemas constructivos en función de su constitución, fundamento, utilidad y forma de trabajo.
- (4) Ordenar la ejecución de diferentes elementos constructivos.
- (5) Definir geométrica y constructivamente los elementos que componen elementos de la envolvente del edificio.
- (6) Conocer y aplicar la Normativa vigente en cada sistema constructivo que se estudie, en especial, el conocimiento del CTE
- (7) Decidir, de forma justificada, el sistema más adecuado para una aplicación concreta.

Procedimiento de trabajo para resolver el trabajo de construcción IV- Partiendo de la visita al edificio y análisis de la documentación existente así como de las comprobaciones realizadas in situ, se analizará la composición constructiva de los cerramientos en contacto con el terreno y cubiertas del edificio.

Bloque A: Cerramientos en contacto con el terreno

A.1.- Se analizarán las soluciones constructivas adoptadas para la ejecución de los cerramientos en contacto con el terreno (muros y suelo). Las soluciones existentes se

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

describirán mediante la realización de un detalle constructivo que recoja la solución adoptada para el muro y el suelo en contacto con el terreno.

A.2.- Se analizará el cumplimiento del CTE DB HS1 y HE1.

A.3.- En caso de incumplimiento de la normativa existente, se propondrán soluciones constructivas que cumplan con la normativa actual. La solución definitiva propuesta se describirá mediante la realización de un detalle constructivo que recoja las soluciones adoptadas para el muro y suelo.

Bloque B: Cerramientos de cubiertas:

B.1.- Se analizarán las soluciones constructivas adoptadas para la ejecución de los cerramientos de cubierta del edificio. Las distintas tipologías de cubierta serán recogidas en una tabla resumen, similar a la propuesta:

(Describir si la solución propuesta es adecuada. En caso contrario, realizar una propuesta de modificación. Si se realizó una nueva propuesta, adjuntar esquema)

B.2.- Se analizará el cumplimiento del CTE DB HS1 y HE1. En caso de incumplimiento, se determinarán las soluciones a adoptar.

B.3.- Se elegirá una de las cubiertas del edificio y, tras realizar las modificaciones necesarias para cumplir con la normativa actual, se realizarán los detalles constructivos necesarios para garantizar la correcta ejecución y estanqueidad de la cubierta. La designación de los elementos constructivos se realizara en castellano e inglés.

Condiciones de la entrega de construcción IV. El trabajo se presentará de forma que se identifiquen claramente los elementos analizados y su ubicación. Y se redactará una memoria constructiva con la descripción de las soluciones existentes en proyecto y las finalmente adoptadas.

Evaluación. El Proyecto Dirigido (PD3) será evaluado con un 30% de la nota de la asignatura (3 puntos). Un 20% de la nota asignada (0.6 puntos) a PD3 resultará de la defensa del trabajo realizado, mientras que el 80% restante (2.4 puntos) se corresponderá con el contenido y calidad del trabajo. Esta nota (80%) se obtendrá de los siguientes apartados:

2.5 Resultados parciales del PD3

La difusión social de los resultados es a elección de cada grupo, por ejemplo grupo REHABILITA 10 ha elaborado el siguiente blog (<http://pd3-grupo10-14-15.blogspot.com.es/>); en cambio otros grupos utilizan el Facebook (<https://www.facebook.com/pages/PD3-GRUPO-8-2014-2015/449856435155277?fref=ts>). A continuación se presenta todo el trabajo completo por entregas: definiendo la gestión, delineación, volumetrías, imágenes, audiovisuales, etc.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 8 y 9 de mayo 2015



Figura 3. Vista general de todas las partes del trabajo de manera integrada de grupo 10-2014

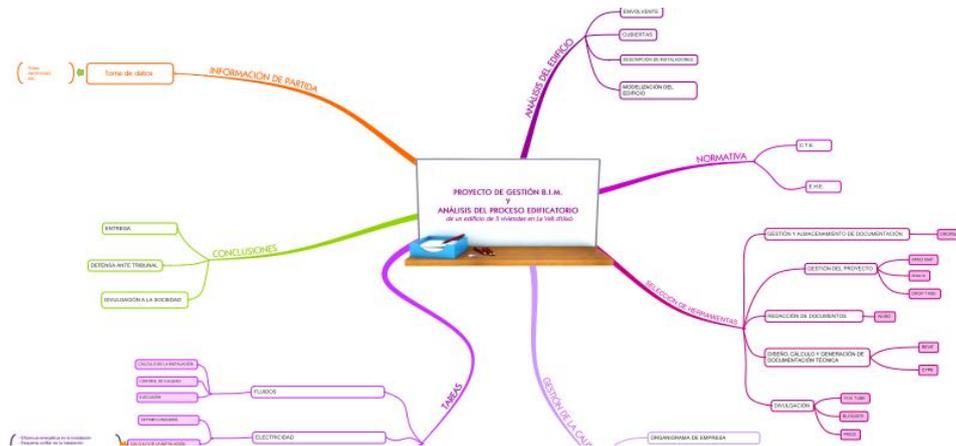


Figura 4. Mapa conceptual del proyecto del grupo 10-2014

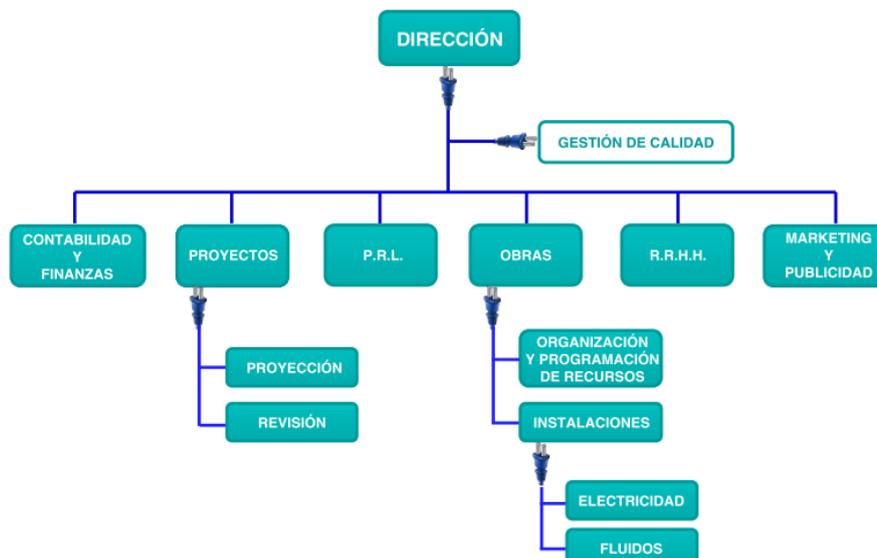


Figura 5. Organigrama REHABILITA 10-2014

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*



Figura 6. Modelación del edificio existente en REVIT del grupo 10-2014



Figura 7. Vista seccionada del edificio existente en REVIT del grupo 10-2014

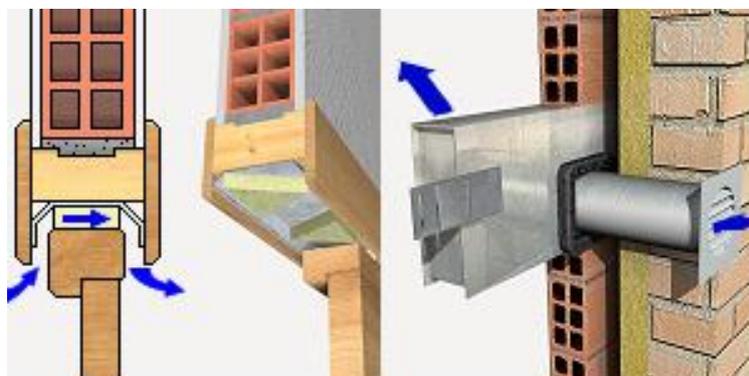


Figura 8. Vista detalle de encuentros con carpintería en REVIT

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

3 CONCLUSIONES

Tras introducir y aprender más sobre Building Information Modeling, se ha detectado que el trabajo colaborativo es también un objetivo para los trabajos en los proyectos dirigidos de PD3 en el grado en Arquitectura Técnica de la Universitat Jaume I.

Que la formación extracurricular ha sido bien recibida por el alumnado y poco seguida por el profesorado.

Las principales incidencias se han presentado en la fase de coordinación entre docentes y coordinador de PD3 para acordar los objetivos específicos.

Los resultados de la entrega del primer semestre han sido superiores a los esperados por los profesores responsables.

Las habilidades y destrezas de los estudiantes con el software han ido aumentando por el hecho de tener que estudiar sobre un caso real.

El grado en Arquitectura Técnica seguirá potenciando la innovación de contenidos y herramientas en su plan de estudios, para considerarlo como modelo educativo diferenciador.

4 REFERENCIAS

- [1] Universitat Jaume I. (2009). *Plan de estudios grado en Arquitectura Técnica*. ANECA
- [2] Gallego, T. (2013). *Flexibility of the study programs at Universitat Jaume I*. INTED 2013. Valencia
- [3] MarketandMarket (2015), *M Building Information Modeling Market by End users, Analysis and Forecast 2013 - 2020*
- [4] McGough, D., Ahmed, A., Austin, S. (2013), *Integration of BIM in Higher education: Case of study of the adoption of BIM into Coventry University's Department of Civil Engineering, Architecture and Building*.
- [5] Universitat Jaume I (2011). *Doble diploma Bachelor of Architectural Technology and Construction Management*. VIA University College (VIA UC) | Grau en Arquitectura Tècnica Universitat Jaume I (UJI)
- [6] Floyd, L. (2010). *The Role of Building Information Modeling (BIM) in Education and Practice*. Annual Conference – Atlanta, GA

TECNOLOGÍA BIM APLICADA A NUEVAS FORMAS DE ENSEÑANZA EN CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN

Autores: Gómez Pérez, M. (1); Higuera Trujillo, J. L.(2)

- (1) Master de Innovación en Arquitectura: Tecnología y Diseño (Universidad de Sevilla) - manuelgmzprz@gmail.com
(2) Instituto LabHuman (Universidad Politécnica de Valencia) - jlhiguera@labhuman.com

RESUMEN

El contexto científico y profesional actual resulta especialmente exigente. Por una parte, la ciencia requiere de niveles de especialización en materias muy concretas que hace décadas eran impensables; y por otra el sector profesional demanda eficiencia en todos sus procesos involucrados, cada vez más complejos. Bajo la inevitable tendencia creciente de aglutinar ambas aproximaciones, la situación genera un verdadero cambio de paradigma a la hora de abordar proyectos coordinados.

Esto es el caso sobre todo de disciplinas donde la relación transversal científico-profesional ocurría tradicionalmente en íntima sinergia, como el sector de la construcción. En este ámbito la tecnología BIM supone un apoyo trascendental: satisface la demanda de eficiencia e integración de conocimiento. Si bien su implementación aún no es total, su auge no deja duda de que es la herramienta adecuada al cambio de paradigma.

En este sentido, el presente artículo hace resonancia del nuevo paradigma científico-profesional y, tras una revisión del estado en que se encuentra la tecnología, propone una aplicación aún no explotada y de gran potencial: la aplicación del BIM a la educación en ciencias de la construcción y, específicamente, la posibilidad de orientarse a la enseñanza online y el autoaprendizaje.

Palabras clave: Autoaprendizaje, Building Information Modelling, Construcción, Educación, Enseñanza Online.

1 INTRODUCCIÓN

La perspectiva que comparte la comunidad de una disciplina determinada es lo que llamamos paradigma [1]. Es el consenso más general dentro de una ciencia y “sirve para definir lo que debe estudiarse, las preguntas que es necesario responder, cómo deben preguntarse y qué reglas es preciso seguir para interpretar las respuestas obtenidas” [2]. De esta forma, el paradigma orienta los esfuerzos de la investigación y la práctica profesional, por lo que requiere que tanto investigadores como profesionales controlen sus implicaciones; algo aún más importante durante cambios de paradigma.

La praxis del ámbito científico-profesional se encuentra en uno de ellos, siendo el éxito de la estrategia tras el concepto de “investigación, desarrollo e innovación” especialmente representativo. Por una parte, el desarrollo de la ciencia ha derivado en una miríada de

disciplinas y materias cuya complejidad requiere de niveles de especialización que hace décadas eran impensables. Por otra, cada una de estas suele implicar algún tipo de aplicación comercial orientada al ámbito profesional, sector que termina así cada vez más influenciado por un mayor número de procesos de complejidad creciente y bajo la demanda de una eficiencia cada vez más exigente. Dinámica que parece mantenerse, y que obliga al trabajo coordinado de equipos multidisciplinares tanto a nivel interno científico/profesional como, bajo la tendencia a aglutinarlas, también entre ambas. Esta ineludible multi-integración supone un verdadero cambio a la hora de abordar cada vez más tipos de proyectos y requiere de sus agentes una adaptación que puede resultar traumática.

Este es el caso sobre todo de disciplinas donde esta relación transversal científico-profesional ocurría tradicionalmente en íntima sinergia, como el sector de la construcción. En este ámbito, la tecnología BIM, entendida como el modelado información para la gestión del modelado de la edificación [3], supone una herramienta esencial para abordar el paradigma: permite el desarrollo de la especialización del conocimiento en íntima integración, coordinación, y eficiencia. Su acelerado proceso de implementación de casi el doble que el que tuvo el CAD [4] así parece demostrarlo; estando todo esto además en consonancia con la postura de Hughes: cada instrumento está inextricablemente entrelazado con las interpretaciones partículas sobre los modos de conocer ese mundo (paradigma) que el investigador utiliza [5]. Situación que no sólo revela lo deseable de incorporarla a programas de formación, sino que por su propia naturaleza tiene la capacidad de adquirir un papel más puramente pedagógico al mostrar la integración de todos los contenidos involucrados en los procesos constructivos.

2 OBJETIVO

La presente aportación ofrece una nueva propuesta del papel pedagógico que la tecnología BIM puede adquirir en la formación de perfiles técnicos relacionados con la construcción. Aunque su potencial ha sido previamente expuesto [6, 7], aún no se ha explotado ni orientado al emergente mundo de la enseñanza online, con la cual presenta importantes sinergias. De esta forma, aquí se expone por un lado un necesario repaso del estado del arte -centrado sobre todo en sus últimos avances- que sirva de contexto e introducción a aquellos docentes o estudiantes menos familiarizados; y por otro lado, un primer desarrollo propositivo de sus capacidades didácticas online o de autoaprendizaje.

3 SISTEMAS TIPO BIM

El Modelado de información de construcción (BIM, Building Information Modeling), también llamado modelado de información para la edificación, es el proceso de generación y gestión de datos del edificio durante su ciclo de vida utilizando software dinámico de modelado de edificios en tres dimensiones y en tiempo real, para disminuir la pérdida de tiempo y recursos en el diseño y la construcción [3]. Este proceso produce el modelo de información del edificio (también abreviado BIM), que abarca la geometría del edificio, las relaciones espaciales, la información geográfica, así como las cantidades y las propiedades de sus componentes.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

La primera vez que apareció el concepto BIM, fue bajo el nombre de Virtual Building, en el programa ArchiCAD1 en 1982, de la empresa húngara Graphisoft. La falta de conexión existente entre las representaciones en programas CAD, ponía de manifiesto la falta de coherencia que ofrecía la representación gráfica de un mismo edificio, es decir, las líneas representadas estaban sujetas a la voluntad del proyectista y no vinculadas entre ellas, por lo que la representación de una planta y un alzado de un mismo edificio eran coherentes en tanto en cuanto se hubiera precisado su coherencia. Ante esta arbitrariedad aparece una nueva forma de representar con los sistemas BIM.

Este tipo de sistemas presentan dos particularidades importantes [8]:

- El diseño Paramétrico. Permite que los elementos que antes tenían propiedades fijas, ahora son caracterizados por parámetros y reglas que determinan su geometría, composición, etc.
- La Bidireccionalidad Asociativa. Permite gestionar los cambios a lo largo del diseño, de modo que todos los cambios que se efectúen se modifican automáticamente.

Estas dos particularidades permiten corregir las posibles incoherencias que se podían presentar en el diseño CAD y añadir al modelo una cantidad de información modificable en tiempo real, de modo que el modelo no solo sea una representación gráfica si no un modelo con su propia base de datos.

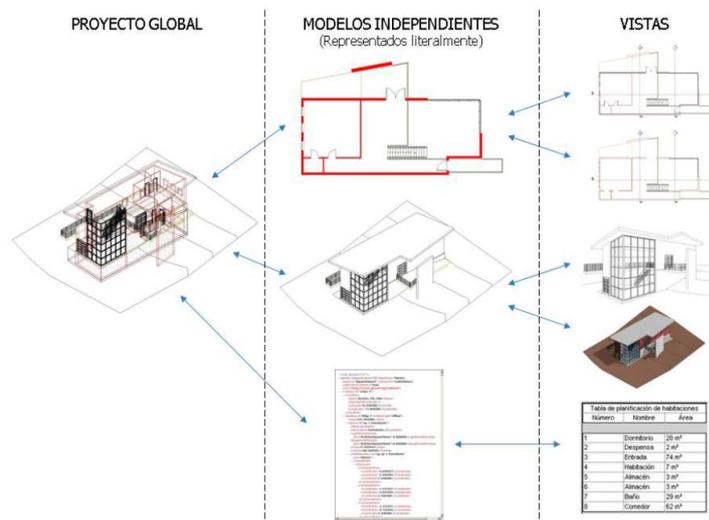


Fig 1. Esquema de Desarrollo en sistemas CAD. 2008.
Coloma Picó, E. Introducción a la tecnología BIM.

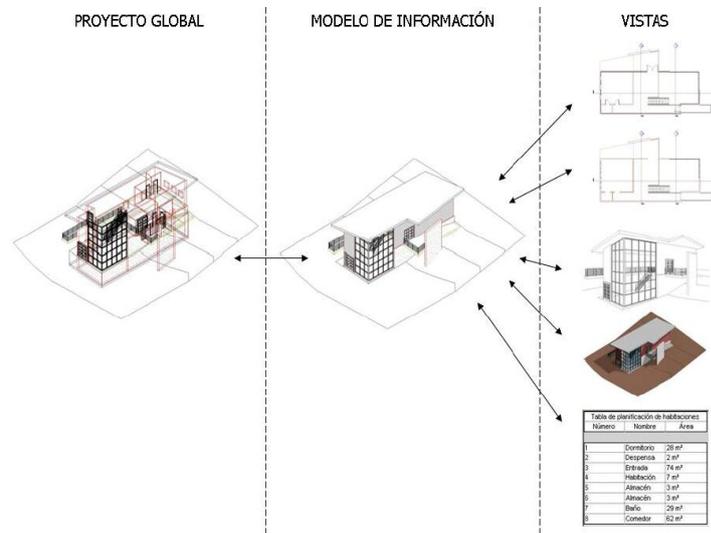


Fig 2. Esquema de Desarrollo en sistemas BIM.
2008. Coloma Picó, E. Introducción a la tecnología BIM.

4 HERRAMIENTAS Y PROGRAMAS BIM

La principal diferencia entre las distintas herramientas y programas BIM reside en el fin y en el mercado al que están destinados. Esto se debe a que la industria ha sido uno de los primeros campos en desarrollar este tipo de programas. Debido a la producción seriada, la industria ha podido invertir grandes cantidades de tiempo y dinero en el desarrollo pormenorizado de los productos, así como en el hardware y software que usan [9]. Sin embargo, en los últimos años, la Arquitectura, ha ido conociendo las ventajas de emplear este tipo de programas y herramientas, por lo que se ha incrementado el número de versiones destinadas al diseño arquitectónico frente al diseño industrial.

Si se comparan las características y prestaciones de las aplicaciones BIM (ArchiCAD, Allplan, Revit y Autocad Architecture) con las de diseño paramétrico (Pro/ENGINEER e Inventor), se demuestra como a partir de aproximadamente el año 2002, el mundo del diseño ha convergido hacia una mayor facilidad de uso y una mejor interoperabilidad, detectando muchos puntos en común entre el diseño paramétrico y el de Modelos de Información.

Dentro de las aplicaciones BIM, se pueden diferenciar dos tipos:

- Aplicaciones BIM Nativas. Son aquellas aplicaciones destinadas a trabajar en esta dirección. Tienen como inconveniente que la migración a un software CAD genérico resulta complicada. Como ventaja presentan una estructura de archivos coherente con el concepto de base de datos, por lo que los proyectos se gestionan de manera integral. Son aplicaciones nativas Autodesk Revit, Graphisoft ArchiCAD y Nemetschek Allplan.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

- BIM implementado sobre CAD literal. Se trata de aplicaciones CAD que han implementado módulos BIM. Tiene el inconveniente de que tienen que adaptarse al motor y estructura de las aplicaciones CAD, aunque permiten una migración hacia los sistemas BIM mucho más flexible y modular. Este tipo de aplicaciones son Autodesk AutoCAD Architecture y Bentley Architecture.

AÑO	AUTODESK INVENTOR	PTC Pro/ENGINEER	GRAPHISOFT ARCHICAD	NEMETSCHKE ALLPLAN	AUTODESK REVIT	AUTODESK AUTOCAD ARCHITECTURE
1982			ArchiCAD 1			
1983						
1984				Allplan 1		
1985						
1986			ArchiCAD 2.0			
1987		Pro/ENGINEER 1.0	ArchiCAD 3.1	Allplan 3		
1988						
1989				Allplan 5		
1990				Allplan 6		
1991		Pro/ENGINEER 8.0	ArchiCAD 4.1			
1992		Pro/ENGINEER 9.0		Allplan 7		
1993		Pro/ENGINEER 10.0	ArchiCAD 4.12			
1994		Pro/ENGINEER 13.0	ArchiCAD 4.5	Allplan 10		
1995		Pro/ENGINEER 15.0	ArchiCAD 4.55			
1996		Pro/ENGINEER 16.0	ArchiCAD 5.0	Allplan 12		
1997		Pro/ENGINEER 17.0	ArchiCAD 5.1			
1998		Pro/ENGINEER 19.0	ArchiCAD 6.0			Architectural Desktop 1
1999	Inventor 1	Pro/ENGINEER 2000i	ArchiCAD 6.5	Allplan 15		Architectural Desktop 2
2000	Inventor 2			Allplan 16	Revit 1 y 2	Architectural Desktop 3
2001	Inventor 5	Pro/ENGINEER 20001	ArchiCAD 7.0	Allplan 17	Revit 3 y 4	Architectural Desktop 3.3
2002	Inventor 5.3	Pro/ENGINEER Wildfire1.0	ArchiCAD 8.0	Allplan 2003	Revit 5 (Autodesk)	
2003	Inventor 7		ArchiCAD 8.1		Revit 6	Architectural Desktop 2004
2004	Inventor 9	Pro/ENGINEER Wildfire2.0	ArchiCAD 9		Revit 7	Architectural Desktop 2005
2005	Inventor 10			Allplan 2006	Revit Building 8	Architectural Desktop 2006
2006	Inventor 12	Pro/ENGINEER Wildfire3.0	ArchiCAD 10		Revit Building 9	Architectural Desktop 2007
2007	Inventor 2008		ArchiCAD 11		Revit Architecture 2008	AutoCAD Architecture 2008
2008	Inventor 2009	Pro/ENGINEER Wildfire4.0	ArchiCAD 12	Allplan 2008	Revit Architecture 2009	AutoCAD Architecture 2009
2009	Inventor 2010		ArchiCAD 13	Allplan 2009	Revit Architecture 2010	AutoCAD Architecture 2010
2010	Inventor 2011	Pro/ENGINEER Wildfire5.0	ArchiCAD 14	Allplan 2011	Revit Architecture 2011	AutoCAD Architecture 2011
2011	Inventor 2012		ArchiCAD 15	Allplan 2012	Revit Architecture 2012	AutoCAD Architecture 2012
2012			ArchiCAD 16	Allplan 2013	Revit Architecture 2013	AutoCAD Architecture 2013
2013			ArchiCAD 17	Allplan 2014	Revit Architecture 2014	AutoCAD Architecture 2014
2014			ArchiCAD 18	Allplan 2015	Revit Architecture 2015	AutoCAD Architecture 2015

Tabla cronológica de aplicaciones BIM. 2015. Autores (1) (2).

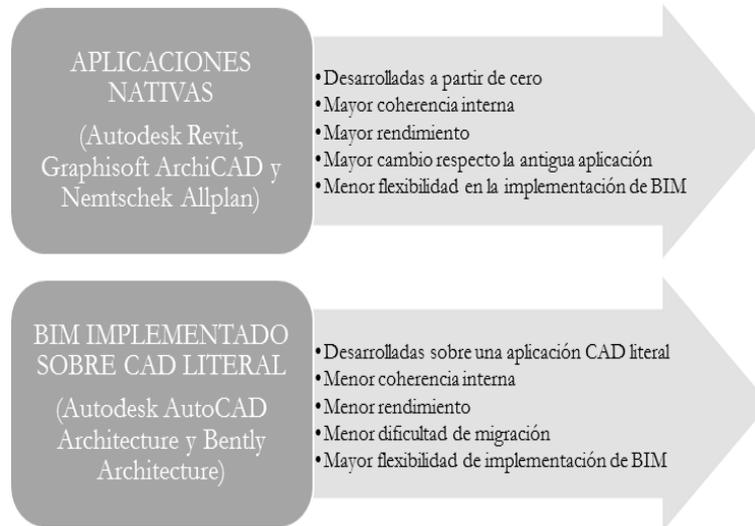


Fig 3. Tipos de Aplicaciones BIM. 2015. Autores (1) (2).

5 APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA BIM

El amplio marco en el que se pueden desarrollar las distintas aplicaciones de la tecnología BIM son muy diversos, ya que cubren todo el ciclo de vida de la construcción, incluyendo a su vez las etapas previas de desarrollo de los proyectos, hasta las etapas posteriores a la misma, como las de uso y mantenimiento del edificio y fin de vida de éste.

De todos los ámbitos de aplicación, los más destacados dentro de la Arquitectura, Edificación e Ingeniería Civil son: Diseño Arquitectónico, Diseño y Cálculo de Estructuras, Diseño y Cálculo de Instalaciones, Planificación y Seguridad de Obra, Construcción Industrializada, Manufactura de Productos para la Construcción, Gestión de Activos Inmobiliarios. Y otros nuevos ámbitos y Modelos de Negocios que van surgiendo gracias a la versatilidad de dichas herramientas, como son: Comunicación mediante Realidad Virtual, Construcción Digitalizada, Levantamiento mediante Escáneres 3D o el Cálculo de Impacto Medioambiental.

No obstante, si nos centramos en las publicaciones en revistas científicas, merece especial atención el artículo *Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – literature review and future needs* [10] en el que se lleva a estudio más de 180 publicaciones sobre sistemas BIM, con el fin de clasificarlos según el campo de aplicación de cada uno de ellos.

Según la gráfica siguiente podemos observar cómo, a partir de 2007, el número de artículos crece exponencialmente, no obstante, dentro del total de los artículos analizados, ninguno de ellos hace patente la utilización de la tecnología BIM en educación.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

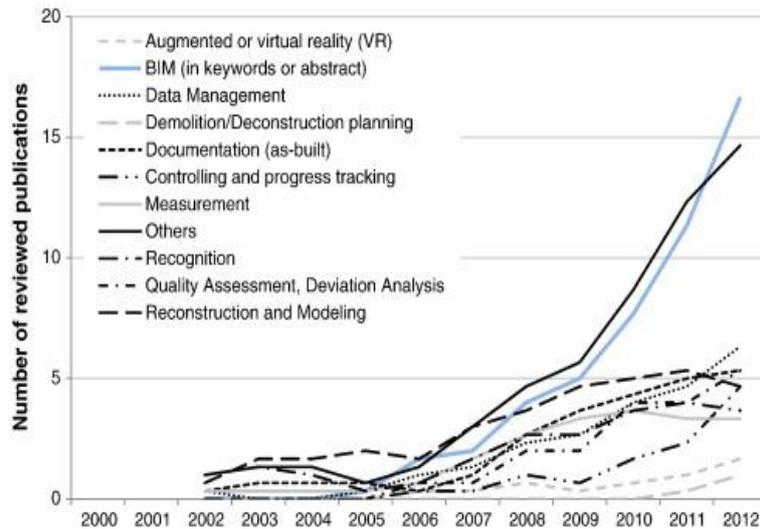


Fig 4. Número de publicaciones revisadas sobre aplicaciones BIM designadas por año. 2014. Volk, R., Stengel, J. y Schultmann, F.

6 SISTEMAS BIM Y EDUCACIÓN

Hoy en día la tecnología BIM se percibe más como software que como el proceso integrador del que se trata [11]. Esto, junto a su relativa novedad de su proceso de implementación, la escasez de tiempo o de profesorado formado [6,7], explica en cierto modo que aún no haya sido aplicada directamente a la enseñanza en la educación en ciencias de la construcción.

La cuestión integradora del estudio de estas ciencias, si bien su debate ha sido recientemente fomentado por la redacción de los nuevos planes de estudio adaptados al Espacio Europeo de Educación Superior [12], no es nueva sino inherente. De hecho, paliar los problemas que comúnmente encuentran los alumnos al enlazar argumentos más puramente proyectuales con requerimientos constructivos, estructurales, o de instalaciones, ha sido objetivo tradicional por parte de los esfuerzos del profesorado; naciendo diferentes propuestas y actividades teórica-prácticas. Sin embargo, aún muchos alumnos llegan a sus Proyectos/Trabajos Finales sin una verdadera integración de los conocimientos que no obstante han adquirido y controlan satisfactoriamente por separado. Esto, en determinados estudios centrados en apostar por un perfil sustancialmente integrador muy en la dinámica de lo que internacionalmente se conoce como project manager, supone un problema fundamental. Con todo, queda claro que la incorporación de la tecnología BIM a la educación podría contribuir a la mejora de la integración de conocimientos desde etapas formativas muy tempranas.

Además, el entorno hardware y software con el que cuentan la mayoría de las aplicaciones de la tecnología BIM, permitiría incluso incorporar estas estrategias educativas a un entorno de auto-aprendizaje u online. Este último, un campo que está revolucionando la forma en que entendemos la educación, y que lejos de encontrarse en estados embrionarios que lo sitúen negativamente en su comparación con la enseñanza tradicional, ha demostrado reducir el tiempo de capacitación hasta en un 60% [13] y puede superar la enseñanza cara-

a-cara [14]. Que el 77% de las empresas de EEUU hayan utilizado este tipo de procedimientos para la formación de su personal [15] y que sea una industria en crecimiento que mueve más de 56 millones en el mercado [15], rinde buena cuenta de las posibilidades de la propuesta. Su desarrollo es cuestión de tiempo, y en la Universidad nos encontramos en una situación óptima para el impulso y lanzamiento de este tipo de productos que repercutan en unos mejores profesionales para una mejor sociedad.

7 DESARROLLO DE BIM-EDUCATIVO

De esta forma, sería viable el desarrollo incluso de una plataforma BIM de e-learning que permitiese impartir los cursos o “lecciones” a modo de tutorial interactivo. Esto se podría disponer de forma que el propio software, al introducirle previamente todos los datos y procesos para el modelado y desarrollo de dicha lección, permitiese de forma secuenciada, desarrollarla paso a paso. Lo cual se haría utilizando la posibilidad que brindan los sistemas BIM para asignar a cada parámetro, elemento, material, o sistema, las propiedades o, en nuestro caso, los pasos a seguir. Así, el estudiante, iría completando la “lección” a través de las pautas y consejos que el propio archivo, previamente programado para tal fin, le va indicando ya sea a modo de nota informativa, de vinculación a otra aplicación, video, o enlace a la web predestinada, de modo que una vez realizada la acción correcta, automáticamente salte al siguiente paso. Enfocarlo de una forma más guiada o más hacia el autoaprendizaje, depende de propósitos y capacidades más concretas.

8 PROPUESTA BÁSICA

Un grado avanzado de la propuesta sería la fundación de una plataforma web de formación en ciencias de la construcción, en la que se incorporasen cursos formados por los archivos-lecciones de BIM. Existen ejemplos de plataformas educativas masivas en línea, como Edx (del Instituto Tecnológico de Massachusetts), Coursera (de la Universidad Stanford), y Miríada X (centrado en el ámbito hispanohablante). Sin embargo, desde nuestro conocimiento, no existen plataformas centradas en contenidos educativos de nuestro ámbito y mucho menos basados en el potencial de la tecnología BIM.

Estos archivos-lecciones disponibles a través de la plataforma educativa, y sus contenidos - ya fuesen internos (instrucciones y materiales) o externos (enlaces con información extra)- serían desplegados a través del propio software BIM. Estos se presentarían secuencialmente a través de una lógica de programación ad hoc, de forma que cada paso sería liberado al alcanzar el hito del paso anterior; proceso en el que el estudiante estaría constantemente guiado y podría tener acceso a foros externos de discusión o incluso tutorías online con posibilidad de control remoto por parte del profesorado.

A efectos de ilustrar estos contenidos se expondrá una propuesta básica a modo de screenplay. En este ejemplo se abordarían transdisciplinariamente contenidos propios de historia y construcción a través del modelado de una curia romana. En este archivo-lección, el estudiante empezaría aprendiendo aspectos fundamentalmente históricos relacionados con la tipología de las curias mediante textos, contenidos audiovisuales, y planimetría ortogonal. Mediante esta última comenzaría a levantar el modelo tridimensional (fig. 5).

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

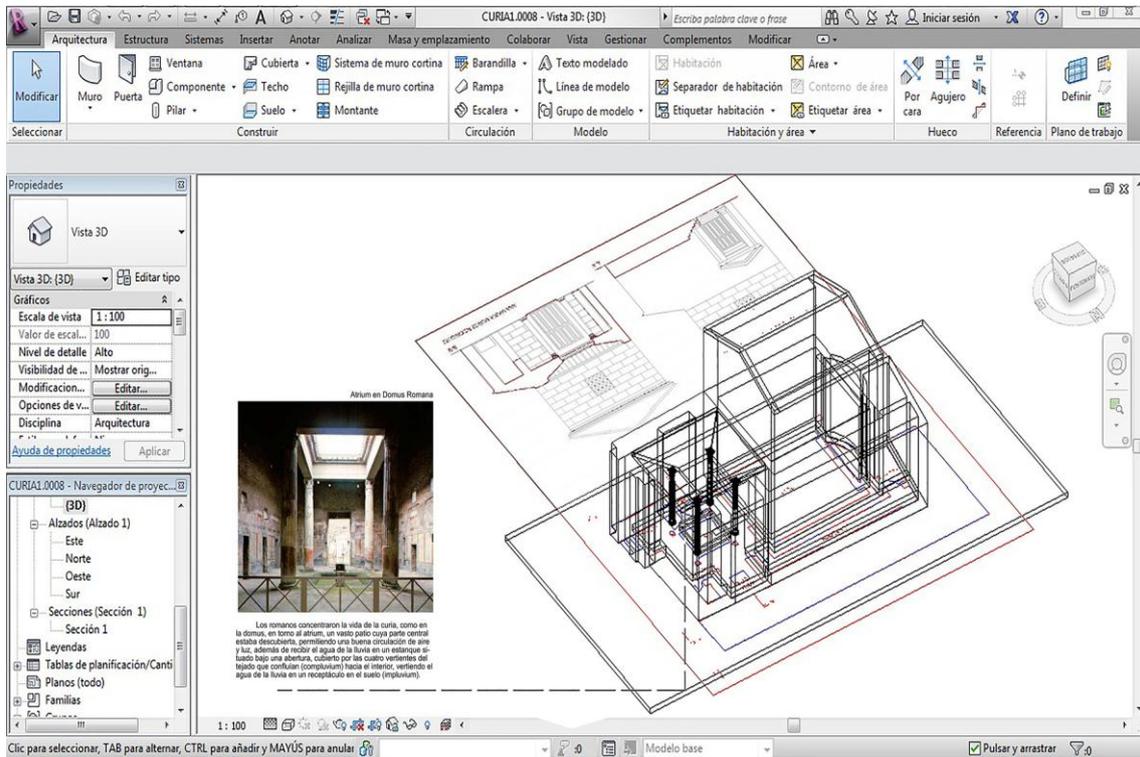


Fig 5. Ejemplo de Modelo BIM. 2015. Autores (1) (2).

A continuación, a través del acceso a documentos preparados sobre las técnicas constructivas empleadas, incorporaría aspectos de carácter más puramente técnico; completando así las características del modelo BIM (fig. 6).

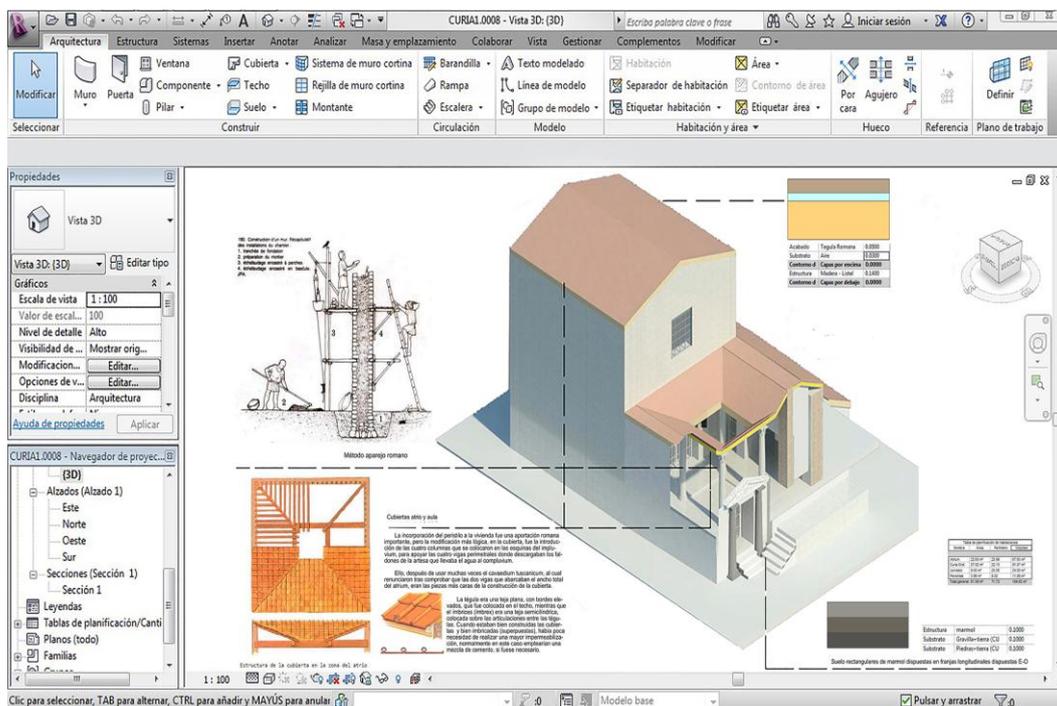


Fig 6. Ejemplo de Modelo BIM. 2015. Autores (1) (2).

De esta forma obtendría un modelo tridimensional con referencias de diversa naturaleza y disciplina, que además le permitiría navegar a través de él para adquirir una percepción más alta sobre la espacialidad de la curia, poniendo en sinergia materias históricas, constructivas, y de diseño.

Con todo, la secuencia expuesta, aunque embrionaria, muestra las ventajas en cuanto a integración de conocimiento y posibilidad de contenidos online derivadas de la propia naturaleza de la tecnología BIM.

9 CONCLUSIONES

Con todo, la tecnología BIM ofrece la posibilidad de desarrollar un amplio espectro de aplicaciones orientadas a la formación. Estas sinergias se deben tanto a que la tecnología BIM captura la integración de todos los contenidos involucrados en los procesos constructivos, como a que la programación que ofrecen los distintos productos software usualmente permite incorporar contenidos como el descrito.

Los beneficios del desarrollo de la propuesta podrían establecerse a varios niveles: educativo, por la mejora de la integración de conocimiento del estudiante de disciplinas relacionadas con las ciencias de la construcción; tecnológico, por el avance que supondría la mejora de los productos de software BIM, debido tanto por el propio desarrollo como por el aumento de la implementación en la práctica profesional debida a la incorporación desde etapas formativas muy tempranas; y empresarial, por la comercialización de paquetes de formación o plataformas web dirigidas a estos, o la ventaja competitiva de las instituciones educativas que lo implementasen.

10 REFERENCIAS

- [1] Kuhn T. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- [2] Ritzer G. (2001). *Teoría Sociológica Moderna*. Madrid: McGraw-Hill.
- [3] Holness G.V. (2008). Building information modeling-Gaining momentum. *Ashrae Journal*, vol. 50, no. 6, 28-40.
- [4] Deutsch R. (2011). *BIM and integrated design: Strategies for architectural practice*. Nueva Jersey: John Wiley & Sons.
- [5] Hughes J.A. y Sharrock W.W. (1980). *The philosophy of social research*. London: Longman.

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

- [6] Mora Pueyo A. (2013). El BIM en la formación profesional. Integración en los estudios de Técnico Superior de Proyectos de Edificación. En: *EUBIM 2013*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València.
- [7] Ugochukwu K.E. y Phillips A. (2013). Beyond BIM – A Classroom Approach To Virtual Design Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 83, 393-397.
- [8] Rojas, R. y León, J.C. (2011). *Building Information Modeling-BIM*. Red Interamericana de Centros de Innovación en la Construcción.
- [9] Coloma Picó, E. (2008). *Introducción a la tecnología BIM*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- [10] Volk, R., Stengel, J. y Schultmann, F. (2014). *Building Information Modeling (BIM) for existing buildings - literature review and future needs*. *Automation in Construction* 38: 109-127.
- [11] Fridrich J. y Kubečka K. (2014). BIM – The Process of Modern Civil Engineering In Higher Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 141, 763-767.
- [12] Cara Enciso L. (2011). *El Futuro del Arquitecto*. Granada: Grupo Editorial Universitario.
- [13] Setaro J.L. (2002). *How e-learning can increase ROI for training*. Massachusetts: THINQ.
- [14] Neuhauser C. (2005). A Five-Step Maturity Model for On-Line Course Design. En: *19th Annual Conference on Distance Teaching and Learning*. Wisconsin.
- [15] Wilkerson T. (2013). *Important eLearning Statistics for 2013*. <<http://www.certifyme.net/osha-blog/elearning-statistics-2013>>. [2015, Marzo].

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

REALIDAD VIRTUAL, GAME ENGINES Y BIM

**Autores: López-Tarruella Maldonado, J (1); Llinares Millán, C (2); Iñarra Abad, S (3);
Higuera Trujillo, J.L. (4)**

(1) Instituto LabHuman UPV

(2) Departamento de Organización de Empresas UPV

(3) Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica UPV

(4) Instituto LabHuman UPV

jlopez@labhuman.i3bh.es

cllinare@doe.upv.es

suiab@ega.upv.es

juanluth@labhuman.i3bh.es

RESUMEN

La representación gráfica de la arquitectura está sufriendo un doble cambio de paradigma debido a la rápida evolución tecnológica de la última década.

Por una parte, la tecnología BIM está sustituyendo al CAD (que a su vez sustituyó al delineado tradicional) durante el proceso de desarrollo del proyecto gracias a su mayor eficiencia y productividad.

Por otra, las tecnologías de visualización interactiva en tiempo real, impulsadas por la industria del videojuego, están permitiendo su aplicación en muy diversas disciplinas (medicina, psicología, educación...).

En el ámbito de la arquitectura, los entornos de Realidad Virtual acabarán sustituyendo al actual render infográfico (que a su vez sustituyó al dibujo en perspectiva a mano) debido a las amplias y novedosas posibilidades que ofrecen. En este aspecto, los motores de creación de videojuegos 3D (o *game engines*) van a jugar un papel muy destacado.

La tecnología BIM y la Realidad Virtual comparten características fundamentales, por lo que parece probable que en un futuro cercano ambos mundos vayan acercando posiciones.

Partiendo de la idea de que el profesional de la construcción ya se encuentra familiarizado con el concepto de BIM, el objetivo del siguiente trabajo es presentar las bases de la Realidad Virtual, sus aplicaciones en el sector de la construcción y las posibilidades en el tándem BIM-Realidad Virtual.

Palabras clave: *Building Information Modelling, Game Engines, Realidad Virtual, Visualización Arquitectónica*

1 INTRODUCCIÓN

La evolución de la informática gráfica siempre ha supuesto cambios en el modo de trabajar del diseñador. Cuando, en 1963, Ivan Sutherland desarrolla Sketchpad como parte de su tesis doctoral [1], nada le haría sospechar que aquel rudimentario software se erigiría como el primero de los programas CAD que revolucionarían la forma de trabajar del proyectista.

Debido al aumento de calidad y productividad en el delineado, estos programas se extendieron en todas las ramas del diseño industrial (automoción, aeronáutica, edificación...) que requirieran planos técnicos, incorporando con el tiempo prestaciones específicas para cada ámbito.

Posteriormente, una pléyade de aplicaciones informáticas se volverían habituales en el estudio del arquitecto a exigencia de unos proyectos cada vez más exuberantes y documentados; modeladores 3D, motores de render, editores de imagen, procesadores de texto, hojas de cálculo o software para dimensionado de estructuras e instalaciones... lo que obligó al diseñador a formarse y tecnificarse, convirtiéndose en informático "de facto".

En la última década la tecnología digital está experimentando un salto cuantitativo y cualitativo que afecta a todos los ámbitos de nuestra vida. En el ámbito del AEC (*architecture, engineering and construction*) es previsible que el aumento en potencia y capacidad de los equipos informáticos permita que dos tecnologías existentes desde hace décadas acaben de tomar impulso y se impongan definitivamente en los próximos años [2].

Por un lado, la tecnología BIM, sucesora natural del CAD, ya está suponiendo un gran avance en cuestión de productividad y minimización de errores. Trabajar con una única base de datos conteniendo toda la información del edificio promete obtención de los documentos gráficos de proyecto de forma rápida y coherente, la compatibilidad entre arquitectura, estructura e instalaciones y la coordinación a todos los niveles, incluyendo tiempos (4D-BIM), costes (5D-BIM) y la gestión del edificio durante todos sus ciclos de vida (6D-BIM).

Por otro lado, la Realidad Virtual, más nombrada que aplicada hasta la fecha, puede ser una realidad cotidiana a medio plazo, ya que la tecnología en que se sustenta comienza a ser viable a nivel de consumo doméstico. Esto pronostica una manera de visualizar, visitar o analizar espacios inimaginables unos años atrás. Y en este sentido, la arquitectura es una de las disciplinas más adecuadas para su aplicación.

Al hacer uso de la Realidad Virtual de modelos tridimensionales similares a los generados nativamente mediante BIM, no es de extrañar que en los próximos años ambas tecnologías acerquen posiciones buscando sinergias, y seamos testigos de cómo aumenta el número de aplicaciones, investigaciones y desarrollos comerciales fruto de este enlace.

El objetivo del presente trabajo es exponer las bases de funcionamiento de la Realidad Virtual y las principales aplicaciones e investigaciones del binomio BIM/RV en el ámbito de la arquitectura.

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

2 REALIDAD VIRTUAL

El término Realidad Virtual se aplica a los entornos tridimensionales interactivos generados por ordenador en los que el usuario puede sentir presencia física.

Los entornos simulados pueden ser réplicas de espacios reales o ser mundos imaginarios y, aunque la ausencia de restricciones físicas permita acciones no posibles en el mundo real (volar, teletransportarse...), es necesario que exista un trasfondo de “realidad espacial” que el usuario pueda reconocer [3] (p.e. los objetos lejanos no deberían tapar a los cercanos).

Debe existir interactividad entre el usuario y el entorno permitiendo, al menos, libertad de movimientos (a diferencia de la visualización de una imagen o video). Esta interacción, en principio, podría producirse por los cinco sentidos para conseguir una sensación de realidad plena. En la práctica, la interacción con el gusto y el olfato no se suele utilizar al tener una base de funcionamiento muy compleja de simular, y el tacto es parcialmente simulable mediante dispositivos hápticos dependiendo de las necesidades y el presupuesto. Los canales más fácil y habitualmente utilizados en Realidad Virtual son la vista y el oído. En ambos la tecnología permite simular los entornos de forma efectiva y tridimensional.

Por último, la sensación de presencia física se consigue según el grado de inmersión que permitan los dispositivos de entrada y salida de información (visión mono o estereoscópica, audición mono o binaural, sistemas de control de posición y movimientos...).

Al ser la Realidad Virtual interactiva por definición, su funcionamiento consistirá en la aportación de datos por parte del usuario, el procesamiento de estos datos en tiempo real y la presentación de la respuesta al usuario, Estos tres pasos implican partes diferenciadas del sistema; dispositivos de entrada de datos, unidad central de procesamiento y dispositivos de salida de datos.

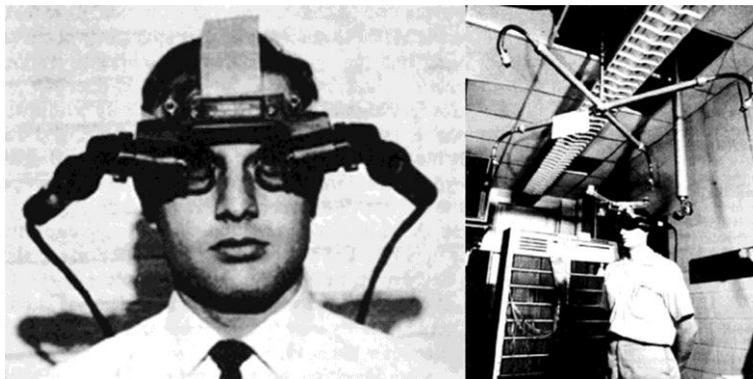


Fig 1. Ivan Sutherland y “la espada de Damocles”, el primer sistema de realidad virtual de la historia. 1968.

Fuente: <http://blog.rtve.es/webdocs/2014/12/>

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

2.1 Dispositivos de entrada de datos

Son aquellos que permiten al usuario aportar información al sistema [4].

Los **dispositivos de navegación** permiten moverse por el entorno virtual. Pueden ser desde sistemas tan sencillos y económicos como un ratón o un joystick hasta soluciones de mayor entidad como cintas andadoras multidireccionales.

Los **dispositivos de rastreo** (tracking) permiten controlar también la posición y movimientos del usuario, desde los sistemas inerciales basados en acelerómetros y giroscopios hasta sistemas ópticos basados en el seguimiento de marcas clave en el cuerpo del usuario por parte de cámaras.

Por último, quedaría mencionar los **dispositivos gestuales**, que permiten manipular objetos o instrumentos dentro del mundo virtual. Por un lado, encontramos distintos tipos de guantes y, por otro, instrumentos especializados para simulaciones concretas (cinces, bisturís...).



Fig 2. Navegación mediante cinta andadora multidireccional en un entorno virtual CAVE en el Army Research Laboratory. 2007.
Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/Omnidirectional_treadmill

2.2 Procesamiento de los datos

La unidad de procesamiento de datos es habitualmente un ordenador de menor o mayor potencia con un software destinado a ir renderizando en tiempo real las escenas según la información que le llega por parte del usuario.

El trabajo en tiempo real implica que todo el proceso, desde que el usuario realiza una acción hasta que obtiene la reacción, ha de tener una latencia menor a 0,1 segundos para

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

que la sensación se perciba instantánea y ha de generar entre 20 y 30 fotogramas por segundo para que el usuario perciba movimiento continuo.

De ahí que, pese a que la RV existe como concepto desde hace décadas, no ha sido posible crear entornos medianamente realistas hasta el momento en que la tecnología de procesamiento gráfico ha alcanzado un cierto nivel.

Aun así es básica optimización de los entornos virtuales para conseguir la máxima calidad con los recursos disponibles. Para ello normalmente se han de desechar técnicas o algoritmos físicamente precisos y hacer uso de simplificaciones que puedan simular la realidad de manera aceptable. Por ejemplo el uso de modelos con bajo número de polígonos junto con mapas de relieve (*bump*, *normal* o *parallax*), métodos de iluminación indirecta que no requieran procesamiento en tiempo real (como *texture baking*) o técnicas de reducción de polígonos renderizados (*clipping*, *backside-culling*, *z-culling*).

2.3 Dispositivos de salida de datos

Son los dispositivos que aportan información a los sentidos del usuario, generalmente a la vista y el oído y en algunos casos al tacto.

Los **dispositivos de salida visual** se pueden dividir en estereoscópicos, que mediante dos imágenes con puntos de vista ligeramente diferentes generan percepción de profundidad en el cerebro por un fenómeno llamado paralaje, o no estereoscópicos.

En el caso de dispositivos de salida estereoscópica existen tres soluciones habituales.

En primer lugar, proyectar directamente una imagen distinta a cada ojo. Esta opción es utilizada por los *Head-Mounted Displays*, comúnmente llamados cascos o gafas de Realidad Virtual.

En segundo lugar, proyectar una imagen doble y discriminar a cada ojo mediante sistemas de gafas pasivas (con lentes de colores o polarizadas) o activas (con obturadores sincronizados a la proyección).

Por último, existen pantallas autoestereoscópicas que, mediante el uso de hojas lenticulares o barreras de paralaje, consiguen sensación de profundidad de forma autónoma.

Si bien la Realidad Virtual, por su propia naturaleza inmersiva, tiende a la visualización estereoscópica no hay que renunciar a las soluciones no estereoscópicas ya que se encuentran, a día de hoy, en toda clase de dispositivos comunes (televisores, ordenadores, teléfonos móviles y tablets), por lo que suponen una forma muy económica de extender el uso de la visualización interactiva a la sociedad.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 8 y 9 de mayo 2015



Fig 3. Visualización de entornos virtuales arquitectónicos mediante *Head-Mounted Display* y sistema CAVE en LabHuman. 2014.

Fuente: los autores

En cuanto a los **dispositivos de salida auditiva**, se pueden clasificar simplificadaamente en sistemas de altavoces con mayor o menor envoltura espacial (mono, estéreo, 5.1, 7.1) o soluciones mediante auriculares.

Hay que indicar que conseguir una recreación virtual precisa de la ubicación espacial de fuentes de sonido es extremadamente complejo ya que depende en gran medida de la geometría y materialidad del espacio y de la fisiología particular de cada espectador.

Aunque existen soluciones en el campo del sonido 3D y la holofonía, los sistemas habituales simplemente simulan la distancia y localización lateral de la fuente sonora modificando volumen y panorama, y no suelen tener en cuenta efectos más complejos como reflexiones físicamente precisas, sombras acústicas, modificaciones en el espectro debidas a la distancia, diferencias de tiempo y nivel interaural ni la localización en el plano medio del espectador.

Por último, los **dispositivos de salida háptica** o táctil [5] tienen un uso mucho más restringido a campos de aplicación concretos como simulaciones de vuelo, teleoperación de brazos robóticos o entrenamiento quirúrgico.

3 GAME ENGINES

La evolución de la informática gráfica se ha debido, en gran medida, al motor económico que suponen las industrias del cine y el videojuego. El público, en cierto sentido, requiere a la ciencia nuevas formas de ser asombrado.

En el caso del cine, el desarrollo de la tecnología ha derivado en la creación de un subgénero de películas basadas en efectos visuales, realizados por personal y equipos muy especializados, cuyo objetivo principal es lograr piruetas visuales nunca antes vistas.

Sin embargo el principal motor de la tecnología gráfica ha sido la industria del videojuego que ha aportado su músculo económico buscando soluciones al problema procesar gráficos

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

cada vez más complejos y realistas en tiempo real y a un coste lo suficiente reducido para su consumo de masas.

En este contexto, y en un momento en el que multitud de pequeñas compañías independientes comienzan a sacar sus aplicaciones al mercado, empiezan a surgir programas informáticos para facilitar la creación de videojuegos.

Estos programas, llamados *game engines*, son entornos que permiten la integración de los distintos elementos que componen un juego (escenarios, personajes, objetos, iluminación, sonido, interfaz...), la adición de propiedades físicas (gravedad, inercia, movimiento...) y formas de interacción (coger o usar objetos...) posibilitando la creación de aplicaciones de una manera relativamente visual e intuitiva sin necesidad de conocimientos avanzados de programación y su posterior exportación a diversas plataformas (ordenadores, consolas o dispositivos móviles).

Los *game engines* ofrecen, por lo tanto, una solución relativamente económica y sencilla para la creación de entornos navegables y de Realidad Virtual.

Diversas disciplinas ajenas al negocio del entretenimiento (industria, medicina, psicología, educación...) han comenzado a usar *game engines* para desarrollar aplicaciones para el desarrollo simuladores y "serious games" destinados al aprendizaje, mejora de habilidades o tratamiento de problemas.

En el ámbito de la arquitectura, la Realidad Virtual abre un mundo de posibilidades. El libre movimiento en el espacio es una experiencia no alcanzable mediante planos, imágenes o animaciones predefinidas.



Fig 4. Entornos virtuales arquitectónicos desarrollados mediante el motor de creación de videojuegos Unity 3D. 2015.

Fuente: <http://unity3d.com/industries/aec>

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

Aunque existen ya algunas aplicaciones dedicadas a la visualización arquitectónica que ofrecen visualización interactiva (*Twinmotion 2*, *Lumion* o *LumenRT*) éstos son productos cerrados a unas especificaciones concretas. Por ejemplo, aún no permiten la conexión con sistemas estereoscópicos o la exportación a dispositivos móviles. Los *game engines*, en tanto que son entornos de programación y creación, no tienen estas limitaciones.

Existen, además, otros aspectos que acercan posiciones entre la arquitectura y los *game engines*. En primer lugar, los modelos 3D creados mediante CAD o BIM, pueden ser importados como escenarios. Además, otros conceptos arquitectónicos como iluminación o materialidad están correctamente tratados en los *game engines*. Por último, otros aspectos como el sonido o la interacción con objetos y personajes, que hasta ahora no han tenido importancia en la visualización arquitectónica pero están implementados en los *game engines*, pueden ser utilizados enriqueciendo la experiencia espacial.

A día de hoy, hasta los dispositivos más sencillos ya son aptos para visitar arquitecturas virtuales creadas mediante *game engines*. Cualquier smartphone actual tiene capacidad para ejecutar pequeños entornos interactivos en tiempo real. Y, a mayor potencia del equipo, mayor número de objetos, texturas, luces y efectos procesados, aumentando el realismo. Con una potencia de hardware en evolución exponencial no es de extrañar que en breve el modo habitual de visualización arquitectónica sea mediante Realidad Virtual.

Aun así, a la vinculación BIM / Realidad Virtual mediante *game engines* le queda mucho trayecto por recorrer pues el proceso no es, ni de lejos, automático.

La exportación habitual de modelos BIM, a día de hoy, es mediante formatos de archivo de información tridimensional como FBX o DAE, de forma directa al game engine, o a través de aplicaciones de diseño 3D, como 3ds Max que permiten optimizar la compatibilidad entre aplicaciones.

Considerando la exportación directa desde BIM [6], en el caso más sencillo, los modelos tridimensionales habrán de ser optimizados, al menos minimizando el número de polígonos y texturizando la iluminación indirecta cuyo cálculo en tiempo real es inviable a día de hoy.

En el proceso pueden ocurrir errores (pérdida de materiales, cambios de escala, volteo de normales...) que deberán ser revisados y corregidos en el propio game engine.

Posteriormente habrá que adaptar el entorno a la plataforma pertinente (smartphone, PC, Mac, videoconsola...) configurar los dispositivos de control (teclado, joystick, pantalla táctil, control gestual sin mandos...) y testear el producto exhaustivamente antes de entregarlo al usuario, pues no es lo mismo proporcionar una imagen o video no manipulable que una aplicación interactiva.

Cualquier otra funcionalidad requerida deberá ser también implementada. Música o sonidos, acciones sobre los objetos (interruptores, puertas, ascensores, mobiliario), adición de personajes, vehículos u otros elementos de ambientación, compatibilidad con sistemas de trackeo avanzados, entornos CAVE, dispositivos hápticos, etc...

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

4 INVESTIGACIONES Y APLICACIONES

4.1 Integración BIM con Game Engines y Realidad Virtual

Dadas las posibilidades del uso de la Realidad Virtual y los *game engines* en el ámbito arquitectónico han ido surgiendo investigaciones con el objetivo de estudiar y facilitar la integración de estas tecnologías en entornos CAD [7] y BIM [8].

El proceso, como se indicó, a día de hoy no es automático y en la bibliografía existente se encuentran diversos estudios de compatibilidad entre aplicaciones y formatos de archivo incluyendo exportación desde Revit [9], desde ArchiCAD [10], o desde diversos programas CAD y BIM a diversos *game engines* comerciales [11] [12].

Entre las distintas soluciones destaca la presentada por el equipo de Wei Yan que, mediante una aplicación cerrada integrada en Revit, permite la navegación en tiempo real por los modelos arquitectónicos [13].

Existe también interés en la integración de plataformas BIM con sistemas Realidad Aumentada, que permiten sobreimpresionar elementos virtuales sobre imagen real. De este modo, la superposición de información BIM durante la ejecución de obra abre diversos campos de aplicación [14] como análisis de interferencia entre elementos in-situ, replanteos y visualización de secuencias de construcción, control del progreso de las obras o información sobre los elementos instalados para su mantenimiento. En este sentido, se han desarrollado soluciones que sobreimpresionan información BIM in-situ a través de dispositivos móviles [15] [16].



Fig 5. Visualización interactiva navegable en tiempo real de un modelo BIM creado con Revit desarrollada por el equipo de Wei Yan utilizando tecnología de creación de videojuegos. 2011

Fuente: Referencia bibliográfica [13]

4.2 Aplicaciones en arquitectura y construcción

La gran cualidad del uso de la Realidad Virtual en la visualización arquitectónica es la posibilidad de visitar el espacio de una manera natural y libre sin la imposición de un punto de vista como ocurre en la fotografía o la grabación en video [17].

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

Además, estas visitas se pueden realizar sobre espacios muy lejanos, con acceso restringido, ya desaparecidos o aún no construidos y a un coste muy bajo (económico, de tiempo y de recursos). En este sentido se ha de entender el valor de poder visitar la obra construida de Tadao Ando en Japón, la Casa Blanca, o una villa romana desaparecida [18].

Igualmente, puede solventar limitaciones de accesibilidad debido a la imposibilidad de eliminar ciertas barreras arquitectónicas sin alterar bienes protegidos [19] o mostrar los espacios en unas condiciones imposibles de conseguir en el original.

Cabe aquí mencionar las actuaciones en las cuevas de Santimamiñe, en Vizcaia, o Ardales, en Málaga, cerradas al público y donde, mediante digitalización con escáner 3D, se han posibilitado visitas a réplicas virtuales en condiciones idóneas de accesibilidad. Compárese esta solución con la construcción de la réplica física de las cuevas de Altamira.

La Realidad Virtual también está resultando ser buena sustituta de las maquetas de trabajo tradicionales en cuestión de coste, dificultad y tiempo de ejecución, fragilidad o conservación [20]. Esto, junto con la capacidad de incorporar correctamente acabados e iluminación y de efectuar modificaciones con rapidez, facilita enormemente la toma de decisiones en las primeras fases de proyecto. En este aspecto incluso se han desarrollado propuestas de integración de herramientas de CAD en entornos inmersivos con dispositivos hápticos para manipulación y modificación de los modelos durante el proceso de diseño [21].

Otra rama de la Realidad Virtual aplicada a la arquitectura estudia el diseño colaborativo buscando soluciones centradas en el usuario [22]. Existen diversos estudios basados en la presentación de propuestas (distribuciones, mobiliario...) al cliente o al usuario final de laboratorios [23], oficinas [24] o viviendas [25] para recoger sus opiniones y preferencias, tanto mediante entornos inmersivos como mediante ordenadores convencionales [26]. En el área del planeamiento urbano se ha usado como herramienta de ayuda en la toma de decisiones a las autoridades y técnicos municipales [27] o en la consulta al ciudadano [28] [29].

También comienza a ser considerable el número de estudios que utilizan Realidad Virtual, junto con las posibilidades de interacción que ofrecen los *game engines*, para evaluar el uso, mantenimiento o seguridad de las edificaciones. Aquí encontramos propuestas para comprobar la accesibilidad mediante silla de ruedas en entornos urbanos [30], simular evacuación de edificios en caso de incendio [31] [32] [33] u otro tipo de emergencias [34], o entrenar al personal técnico en obra en cuestiones de seguridad y salud [35] [36] [37] o manejo de instalaciones [38].

5 CONCLUSIONES

La combinación de herramientas BIM que trabajan nativamente con modelos 3D con game engines capaces de generar entornos inmersivos e interactivos navegables en tiempo real (Realidad Virtual) abre un mundo de posibilidades en el campo de la arquitectura:

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*



Fig 6. Simulación virtual de incendio en el interior de un edificio desarrollada por Smith y Trenholme utilizando tecnología de creación de videojuegos. 2009

Fuente: Referencia bibliográfica [33]

- Ayuda en el proceso de diseño y toma de decisiones por parte de proyectistas, promotores, y usuarios.
- Ayuda en la simulación y evaluación de riesgos laborales, accesibilidad, situaciones de emergencia o incendio en los edificios.
- Ayuda en el proceso de construcción, el mantenimiento del edificio y el aprendizaje y entrenamiento en el uso de instalaciones.
- Ayuda a la difusión del conocimiento y del Patrimonio Arquitectónico, Cultural o Histórico, así como al ocio y al turismo por medio de visitas virtuales.

El principal objetivo en futuro próximo, en cuanto a investigación y desarrollo empresarial, parece ser el posibilitar la integración de ambas tecnologías a nivel de usuario. Una hoja de ruta ideal contemplaría:

- Generalización del uso de BIM y de tecnologías de visualización de Realidad Virtual (como HMDs)
- Mayor compatibilidad en la exportación de modelos BIM hacia software de Realidad Virtual sin pérdida de información, mediante archivos de información 3D (como FBX).
- Compatibilidad con archivos nativos BIM (como IFC), posibilidad de utilizar información no gráfica en los entornos virtuales y bidireccionalidad de la información.
- Integración completa de visualización inmersiva en tiempo real dentro de BIM, incluyendo la posibilidad de diseñar dentro de entornos virtuales.

6 REFERENCIAS

- [1] Sutherland, I. E. (1964). Sketch pad a man-machine graphical communication system. In Proceedings of the SHARE design automation workshop (pp. 6-329). ACM.
- [2] Bouchlaghem, D., Shang, H., Whyte, J., & Ganah, A. (2005). Visualisation in architecture, engineering and construction (AEC). Automation in construction,14(3), 287-295.

- [3] Bridges, A. & Charitos, D., (1997). On architectural design in virtual environments. *Design Studies*, 18(2), pp.143–154.
- [4] Hernández, L., Taibo, J., Seoane, A., & Jaspe, A. (2011). La percepción del espacio en la visualización de arquitectura mediante Realidad Virtual Inmersiva. EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica, 16(18), 252-261.
- [5] Burdea, C. 1996 “Force and touch feedback for virtual reality”, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY
- [6] Fumarola, M., & Poelman, R. (2011). Generating virtual environments of real world facilities: Discussing four different approaches. *Automation in Construction*, 20(3), 263-269.
- [7] Kosmadoudi, Z., Lim, T., Ritchie, J., Louchart, S., Liu, Y., & Sung, R. (2013). Engineering design using game-enhanced CAD: The potential to augment the user experience with game elements. *Computer-Aided Design*, 45(3), 777-795.
- [8] Pauwels, P., De Meyer, R., & Van Campenhout, J. (2011). Linking a game engine environment to architectural information on the semantic web. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 5(9), 787-798.
- [9] S.S. Ahamed, N. Murray, S. Kruithof, E. Withers, Advanced Portable Visualization System, National Research Council Canada, 2010.]
- [10] M. Hakkarainen, C. Woodward, K. Rainio, Software architecture for mobile mixed reality and 4D BIM interaction, Proc. 25th CIB W78 Conference, Istanbul, Turkey, Oct, 20098, 8 pp.]
- [11] López-Tarruella Maldonado, J. (2013). Realidad virtual aplicada a la arquitectura: estudio de aplicación de la tecnología para el desarrollo de videojuegos en la visualización arquitectónica (Master dissertation).
- [12] Boeykens, S. (2011). Using 3D Design software, BIM and game engines for architectural historical reconstruction. *Designing Together-CAADfutures 2011*, 493-509.
- [13] Yan, W, Culp, C, Graf, R, 2011, “Integrating BIM and gaming for real-time interactive architectural visualization”, *Automation in Construction* n°20, pags 446–458
- [14] Wang, X., Love, P. E., Kim, M. J., Park, C. S., Sing, C. P., & Hou, L. (2013). A conceptual framework for integrating building information modeling with augmented reality. *Automation in Construction*, 34, 37-44.
- [15] Jiao, Y., Zhang, S., Li, Y., Wang, Y., & Yang, B. (2013). Towards cloud augmented reality for construction application by BIM and SNS integration. *Automation in Construction*, 33, 37-47.
- [16] Hakkarainen, M., Woodward, C., & Rainio, K. (2009, October). Software architecture for mobile mixed reality and 4D BIM interaction. In Proc. 25th CIB W78 Conference (pp. 1-8).
- [17] Franco, J.A. 2011 “Sobre perspectiva, fotografía e infografía” REVISTA EGA expresión gráfica arquitectónica n°17.
- [18] Rua, H, Alvito, P. 2011, “Living the past: 3D models, virtual reality and game engines as tools for supporting archaeology and the reconstruction of cultural heritage e the case-study of the Roman villa of Casal de Freiria”, *Journal of Archaeological Science*, n°38.
- [19] Puyuelo, M, et al. 2011 “Representaciones virtuales y otros recursos técnicos en la accesibilidad al patrimonio cultural” REVISTA EGA expresión gráfica arquitectónica n°17.

- [20] Cazaro, E. 2011 “Maqueta o modelo digital, la pervivencia de un sistema” REVISTA EGA expresión gráfica arquitectónica nº17
- [21] Bourdot, P. et al. 2010 “VR_CAD integration: Multimodal immersive interaction and advanced haptic paradigms for implicit edition of CAD models” Computer-Aided Design nº42, pags 445-461.
- [22] Moloney, J, Amor, R, Zealand, N, 2003, “StringCVE: Advances in a game engine based collaborative virtual environments for architecture design, In: Proceedings of CONVR 2003 Conference on Construction Applications of Virtual Reality, pags 156–168.
- [23] Frost, P. Warren, P. 2000 “Virtual reality used in a collaborative architectural design process”, Information Visualization. Proceedings. IEEE International Conference on Practical, Interactive Inst., Malmo” Univ. Coll., Sweden.
- [24] Westerdahl, B. et al. 2006 “Users’ evaluation of a virtual reality architectural model compared with the experience of the completed building” Automation in construction nº15, pags 150-165.
- [25] Miliano, V. 1999, “Unrealty: Application of a 3D Game Engine to Enhance the Design, Visualisation and Presentation of Commercial Real Estate”, Proceedings of the 5th International Conference on Virtual Systems and Multimedia in Dundee, Scotland.
- [26] Shaoliang, Q. 2012 “Virtual Interior Design Based On VRML AND JAVA” Physics Procedia nº33, pags 1614-1620
- [27] Sunesson, K. et al. 2008 “Virtual Reality As a New Tool in the City Planning Process” Tsinghua Science And Technology Vol13 nºS1, octubre, pp255-260
- [28] Bishop, I, 2011, “Landscape planning is not a game: Should it be?”, Landscape and Urban Planning nº100 pags 390–392
- [29] Reika, S, Weimin, G, 2011, “The Use of 3d Design Tools With Game-Like Functionality and Physiological Information in Urban Planning and Architectural Design”, Procedia Environmental Sciences nº10, pags 170 – 177
- [30] Petric, J., Maver, T. W., Conti, G., & Ucelli, G. (2002). Virtual reality in the service of user participation in architecture.
- [31] Rüppel, U. Schatz, K 2011 “Designing a BIM-based serious game for fire safety evacuation simulations” Advanced Engineering Informatics nº25, pags 600–611
- [32] Shih, N.-J. Lin, C.-Y. Yang, C.-H. 2000 “A virtual-reality-based feasibility study of evacuation time compared to the traditional calculation method”, Fire Safety Journal 34, pags 377– 391
- [33] Smith, S. Trenholme, D. 2009 “Rapid prototyping a virtual fire drill environment using computer game technology” Fire Safety Journal nº44, pags 559–569
- [34] Sagun, A. et al. 2011” Computer simulations vs. building guidance to enhance evacuation performance of buildings during emergency events” Simulation Modelling Practice and Theory nº19, pags 1007–1019
- [35] Li, H. et al 2012 “Visualizing safety assessment by integrating the use of game technology” Automation in Construction nº22, pag 498–505

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

- [36] Hongling, G. et al 2012 “Using game technologies to improve the safety of construction plant operations” Accident Analysis and Prevention n°48, pags 204– 213
- [37] Lin, K. Y., Son, J. W., & Rojas, E. M. (2011). A pilot study of a 3D game environment for construction safety education. Journal of Information Technology in Construction, 16, 69-83.
- [38] Juang, J.R, Hung, W.H, Kang, S.C, 2011, “Using game engines for physical – based simulations – a forklift, Special Issue Use of Gaming Technology in Architecture”, Engineering and Construction, ITcon 16 pags 3-22

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE AUDITORÍA DE SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS ETAPAS TEMPRANAS DE LOS PROYECTOS DE ARQUITECTURA Y EDIFICACIÓN BASADOS EN TECNOLOGÍA BIM

Autores: Mokhtar, Noriega, Farid Dr. Arq. (1); Garrido García, J (2); Isidro Fernández, J. A (3); Martínez Matute, J. (4); Sánchez Mateos, M. (5)

- (1) Universidad Camilo José Cela, fmokhtar@ucjc.edu.
- (2) Universidad Camilo José Cela, julia.garrido@alumno.ucjc.edu.
- (3) Universidad Camilo José Cela, jantonio.isidro@alumno.ucjc.edu.
- (4) Universidad Camilo José Cela, joaquin.martinez1@alumno.ucjc.edu.
- (5) Universidad Camilo José Cela, mercedes.sanchez@alumno.ucjc.edu.

RESUMEN

La planificación de la eficiencia energética en los edificios es un factor determinante para controlar los costes de operación y mantenimiento. La mayoría de las aplicaciones en uso están diseñadas para auditar soluciones de definición avanzada, lo requerido es que estos análisis tuviesen lugar desde las etapas de ideación del proyecto. La tecnología BIM por sí sola no permite al equipo responsable prever la mejor estrategia de diseño de soluciones de eficiencia energética; se requiere el apoyo de entornos de análisis dotados de mecanismos que permiten analizar y comparar simultáneamente múltiples alternativas. En el presente trabajo un equipo de alumnos del MEEYAB realiza un análisis comparado del impacto que pueden tener dos entornos integrados en plataformas BIM, Sefaira y Green Building Studio, sobre la evolución de las hipótesis de estrategias de ahorro desde la etapa de ideación inicial y durante el ciclo de desarrollo del proyecto de arquitectura y edificación. El equipo comparó cuatro propuestas de viviendas eficientes energéticamente, el nivel de representación arquitectónica es mínimo, mostrando con datos numéricos y estadísticos la posibilidad de introducir mejoras en los proyectos con la ayuda de los entornos de análisis integrados en plataformas BIM ajustándose a las normativas y estándares vigentes.

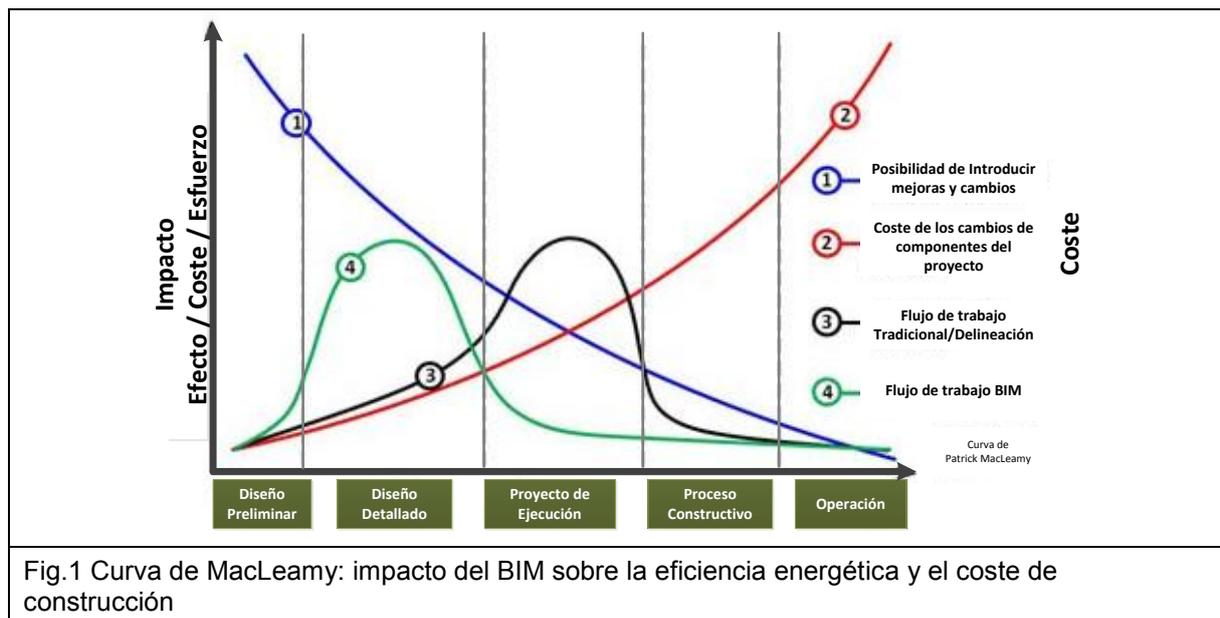
Palabras clave: *BIM Verde, Eficiencia Energética, Simulación Energética,*

1 INTRODUCCIÓN

En numerosas ocasiones, las soluciones audaces requieren un apoyo analítico para demostrar con cálculos basados en valores numéricos conmensurables, el acierto de la propuesta arquitectónica del equipo de desarrolladores. El BIM como metodología de integración del proyecto y su apoyo en aplicaciones verticales especializadas parece la solución ideal para coordinar todas las actividades proyectuales; ahora el desafío es integrar sistemas de análisis eco-eficiente que su origen no fueron desarrollados para operar dentro de su ecosistema integrado. La mayor ventaja de la metodología BIM es la facilidad de corregir y coordinar toda la información del proyecto (Richard Garber, 2014). Esta información incluye las representaciones gráficas y alfanuméricas de los componentes del

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

edificio y el entorno. ¿Cómo podemos evitar esta situación? y ¿Cómo podríamos apoyar al equipo de diseñadores para hallar respuestas rápidas en fases tempranas del proyecto eco-eficiente? El gráfico elaborado por MacLeamy (Fig. 1) (MacLeamy, 2008) muestra el impacto del BIM sobre la mejora de la calidad del proyecto y la reducción de los costes de edificación. La incorporación del análisis de la eficiencia energética desde etapas tempranas de proyecto ayuda a reducir dramáticamente los costes generales del proyecto y sus gastos de operación (Francois Levy, 2012) (Karen & Noble, 2014).



En las etapas iniciales de los proyectos eco-eficientes la información alfa numérica es crítica para el proceso de toma de decisiones en comparación con la información gráfica, debido a que en estas etapas no todas las propiedades tienen una representación gráfica y tampoco resuelven las incógnitas de carácter normativo y cálculos especializados (Michael Wassouf, 2014). El momento de incorporar el análisis energético y la comprobación de la solución en proceso es crítico para el éxito del proyecto (Tucker, 2015). Los actuales sistemas de evaluación de eco-eficiencia están pensados para fases avanzadas de los proyectos; cualquier fallo en las hipótesis de partida, influye en el presupuesto, la temporización de las actividades y el desarrollo del programa (Steve McDowell, Eddy Krygiel, 2008).

1.1 Objetivo de la investigación

El presente trabajo tiene como objetivo analizar el impacto de las plataformas de auditoría en línea sobre el desarrollo de soluciones arquitectónicas sostenibles que cumplan los criterios de excelencia deseados y ofrezcan durante su vida útil el rendimiento esperado de ellos. Los estudios y comparativas permitirán demostrar, el impacto positivo del uso de los entornos de análisis eco-energético integrados dentro de los entornos BIM para el desarrollo de soluciones de alta cualificación energética.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

1.2 Hipótesis

El uso de sistemas de análisis bio-energéticos integrados en entornos BIM, que permiten iniciar auditorías energéticas desde el proceso de ideación inicial del proyecto y durante todo el ciclo de desarrollo de la propuesta elegida, podrían garantizar el éxito de las propuestas innovadoras y la consecución de la certificación energética más alta posible.

1.3 Metodología

Para estudiar el impacto de los entornos de análisis eco-eficiente sobre la calidad de la solución arquitectónica y hallar el componente crítico que puede condicionar la consecución de la máxima certificación energética del proyecto, se estableció la siguiente metodología:

1. Se realizó un estudio previo de las soluciones de análisis de eficiencia energética de mayor uso en el mercado; se identificaron a dos plataformas capaces de realizar auditorías energéticas partiendo de un nivel de definición mínimo dentro de un entorno BIM. Se analizaron las metodologías de trabajo de las dos plataformas elegidas para el estudio.
2. Se eligieron 4 soluciones arquitectónicas que representan la exploración del potencial arquitectónico y el impacto de las diferentes geometrías. Estas servirán como base para estudiar el impacto de varias estrategias para identificar el componente crítico que condiciona la consecución de la eficiencia energética adecuada. Se fijaron algunas variables que facilitarían el análisis comparado y la comprobación de la hipótesis.

2 ECOSISTEMA BIM PARA EL DISEÑO DE EDIFICIOS ECO-EFICIENTES

2.1 Identificando el entorno de Análisis

El mercado internacional de aplicaciones de eficiencia energética y BIM ofrece un amplio repertorio de aplicaciones que resuelven cuestiones parciales y temas específicos relacionados con particularidades la auditoría de la eficiencia energética en la edificación. Una de las principales fuentes es la página web del ministerio de energía de los EE. UU., nuestro punto de partida para el análisis¹. Otra de nuestras fuentes fue el informe elaborado por el American Institute of Architects "An Architect's Guide to Integrating Energy Modeling in the Design Process" (AIA, 2012). Usando estos criterios hemos identificado a dos plataformas que cumplen con la condición de poder ofrecer unas auditorías energéticas a partir de una propuesta elemental sencilla y escasos datos. Estas fueron Green Building de Autodesk y Sefaira Concept de Sefaira. La Tabla resumen (Fig. 2) fue reproducida de la original publicada en el manual (AIA, 2012), contiene una clasificación detallada de programas de análisis de eficiencia y auditorías energética en EE.UU.; hemos omitido de ella aquellas aplicaciones que no son compatibles con las normativas europeas. Añadimos a la tabla original algunas variables que consideramos críticas desde el punto de vista de los

¹http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/alpha_list.cfm

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

usuarios, estos son: a) la facilidad de uso, b) la necesidad de formación guiada, c) integración en BIM, d) ubicación del motor de cálculo.

Herramienta de Modelado	Motor de Cálculo	Interfaz Gráfica	Facilidad de uso/aprendizaje	Requiere formación guiada	Resultados gráficos	Apropiado para fases tempranas de diseño inicial	Cumplimiento de Normativa Nacional	Integración directa en BIM	Gratuito / versión campus	Ubicación del motor de cálculo
Sefaira Concept	FULCRUM	Si	Si	Si	Si	Si	Flexible	Si	No	Nube
Green Building Studio / Vasari	DOE-2.2	Si	Si	Si	Si	Si	LEED	Si	No	Nube
Designbuilder	EnergyPlus	Si	No	Si		Si	LEED	No	No	PC
Ecotect	CIBSE Admittance Method	Si	No	Si	Si	Parcial	GB	No	No	PC
EnergyPro	DOE-2.1E	No	No	Si	No	No	Si	No	No	PC
eQUEST®	DOE-2.2	Si	Si	Si	No	No	Si	No	Si	PC
IES Virtual Environment	Apache	Si	Si	Si	Si	No	Si	parcial	No	Nube
OpenStudio	EnergyPlus	Si	Si		Si	No	Si	parcial	Si	PC

Fig. 2: Comparativa de Herramientas de simulación Energética(AIA, 2012)

2.2 Procedimiento operativo y uso de la plataforma

Cada una de las aplicaciones verticales elegidas obtiene su información de partida a partir de un entorno de modelado BIM. Ambas permiten al usuario iniciar su proceso de análisis a partir de un modelo geométrico sencillo que representa el volumen, las plantas y las superficies acristaladas. La aplicación Green Building Studio está asociada e integrada dentro del entorno REVIT y SEFAIRA está asociada con REVIT y SKETCHUP. Los datos procesados por ambos programas son de dos tipos: geométricos que representan la geometría del programa y descriptivos que describen las propiedades físicas y otras variables necesarias para el cálculo de la eficiencia energética, los programas usan configuraciones iniciales obtenidas del código técnico Americano. La plataforma Sefaira permite al usuario personalizar los datos de partida para el análisis y ofrece en su página de formación ejemplos de las diferentes normativas como referencia al usuario. La plataforma Green Building ofrece mayores restricciones al usuario por ser referencia de la calificación energética del estándar LEED. Los cálculos realizados en el proceso previo son exportados al perfil del usuario almacenado en una base de datos en la nube, a partir de estos datos, el usuario podría elegir una estrategia de solución según normativa o elaborar propuestas alternativas usando configuraciones personalizadas.

2.3 Criterios de análisis y definición de variables

Como primer paso para realizar el análisis en los dos programas hemos definido los valores requeridos para realizar los cálculos de eficiencia energética. En SEFAIRA estos se identifican como "Base Line"; al ser abierto a la personalización se creó un perfil adaptado a la normativa española, CTE. Zona climática A3, Edificio de tipología: Residencial (Building

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

type: Residential), tabla (Fig. 3) muestra esta configuración. La Plataforma Green Building usa datos que se obtienen a partir de opciones cerradas definidas por el motor EnergyPlus, el resto de los datos se definen automáticamente en la plataforma. Hemos reproducido los datos en la lengua inglesa tal y como los refleja la plataforma.

A continuación se eligieron 4 soluciones arquitectónicas que exploran diferentes enfoques y formas de viviendas unifamiliares, junto a ellas se eligieron varias estrategias para analizar su potencial según los criterios de eficiencia energética. Con el fin de simplificar las comparativas, hemos identificado dos tipos de variables, fijas que influirán por igual sobre todos los proyectos y aquellas que serán objeto de modificación por las singularidades de cada solución, quedando estas de la siguiente manera:

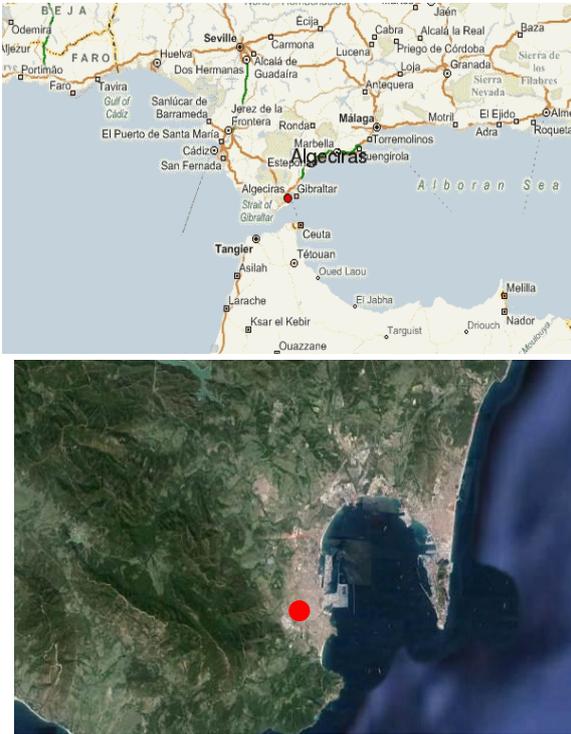
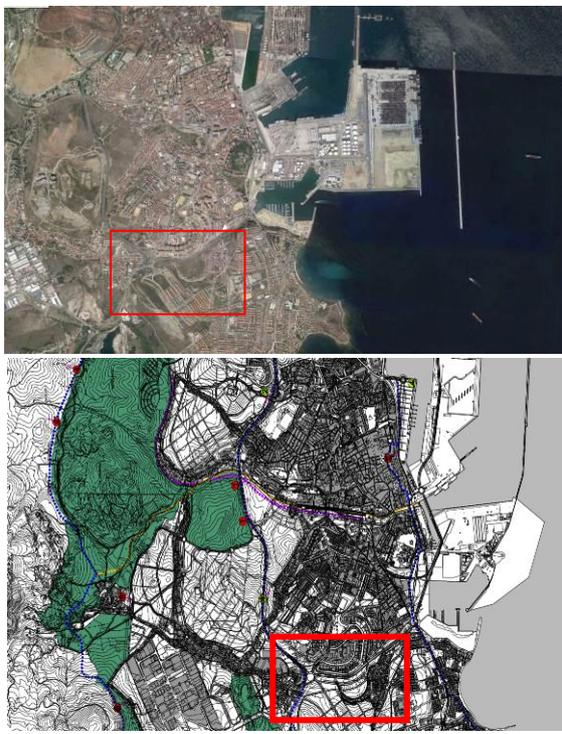
1. **Las variables fijas** son aquellas relacionadas con el entorno objeto de la propuesta arquitectónica y figuran en la tabla (Fig. 4) son: a) Ubicación geográfica, Territorio, Algeciras, Cádiz, España, b) El emplazamiento objeto de la intervención, c) Los datos climáticos básicos de la ciudad dónde se ubica el emplazamiento.
2. **Las variables objeto de modificación** que variarán en cada propuesta o hipótesis de comprobación serán: a) Volumetría – Geometría básica, b) Cerramientos y acristalamientos, c) Distribución de espacios, d) Iluminación Natural, e) Ventilación, f) Calefacción, Refrigeración, g) Consumo energético, h) Agua caliente, i) Renovables.

Roof U-Value W/(m2 C)	Wall U-Value W/(m2 C)	Floor U-Value W/(m2 C)
0,5	0,94	0,53
Glazing U-Value W/(m2 C)	Glazing SHGC	Leakage (m3/m2.h)
3,4	50	10
Heating Efficiency	Cooling Efficiency	Ventilation Rate (L/m2.s)
0,92	3	0,39
Lighting (W/m2)	Solar HWD contribution	Appliance (W/m2)
3,3	50%	10

Fig. 3 Criterios de eficiencia según normativa española CTE. Zona climática A3 tipología/Edificio (Building) tipología: Residencial (Residential)
referencia <http://support.sefaira.com/hc/en-us/sections/200525579-Baselines>
<http://support.sefaira.com/hc/en-us/articles/202286599-Part-L-2010>

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

2.4 Descripción del emplazamiento

<p>Ubicación geográfica, Algeciras, Cádiz, España.</p> 	
 <p>Emplazamiento objeto de la intervención.</p>	

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

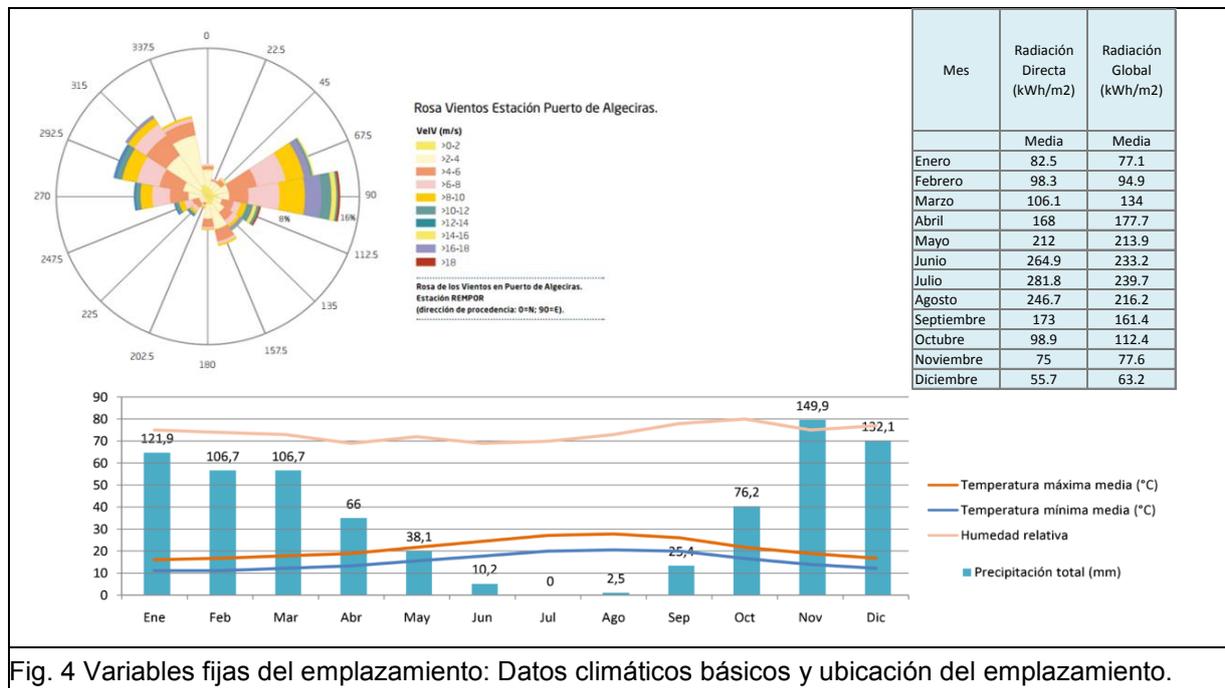


Fig. 4 Variables fijas del emplazamiento: Datos climáticos básicos y ubicación del emplazamiento.

2.5 Descripción de las propuestas

Usando como datos fijos las variables anteriores, procedemos a realizar 4 propuestas de viviendas unifamiliares de diferentes tipologías. En este apartado elaboramos la tabla (Fig.5) dónde reflejaremos los datos básicos de cada una de las viviendas utilizadas en el estudio:

- Volumetría de la vivienda,
- Superficie construida,
- Breve descripción de algunas peculiaridades de la solución arquitectónica o eco-energética.

Los proyectos que figuran en las tablas que vienen a continuación están organizadas según el nivel de comportamiento energético desde el punto de vista medio ambiental, en orden descendente desde la mejor a la peor solución. Podemos observar que la solución sencilla con cubiertas planas pero con una solución constructiva adecuada puede ofrecer resultados relevantes en comparación con la última que apuesta por el diseño que distribuye las estancias de la vivienda en busca de un efecto escultórico incompatible con una estructura eficiente energéticamente.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

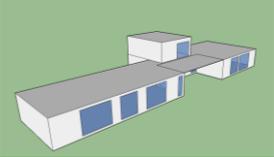
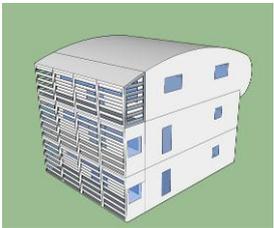
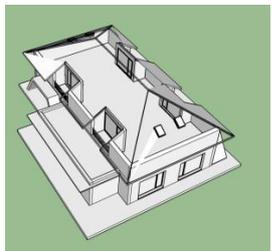
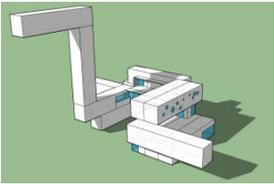
	<p>Modelo vivienda 1 - Superficie de 340m².</p> <p>Vivienda unifamiliar de dos plantas de altura. El edificio se desarrolla de manera lineal en el plano horizontal en la planta baja, donde se encuentran la mayoría de las estancias de la vivienda: salón-comedor, cocina, dormitorios y baños. La vivienda, con una orientación dominante hacia el Sur, permite aprovechar el mayor soleamiento posible, así como el desnivel del terreno, utilizando éste como parte de la envolvente térmica.</p>
	<p>Modelo vivienda 2 - Superficie de 304 m²</p> <p>Vivienda unifamiliar de tres plantas de altura. A destacar la geometría compacta, los sistemas de protección solar ubicados en la fachada sur, los valores de transmitancia térmica de los elementos que componen la envolvente, la elección de sistemas de alta eficiencia para calefacción y refrigeración, el uso de energías renovables y la implantación de sistemas de ahorro de agua.</p>
	<p>Modelo vivienda 3 - Superficie de 220 m²</p> <p>Distribuida en dos plantas, la planta superior bajo una cubierta inclinada, incluye sistemas de aporte de energías renovables y sistemas pasivos para un ahorro considerable en la factura de la luz, contiene una gran luminosidad por la cantidad de acristalamiento y una orientación sur-este perfecta para una mayor captación solar.</p>
	<p>Modelo vivienda 4 - Superficie 112 m²</p> <p>Distribuida en cinco plantas de alzada, se dota con un programa de vivienda temporal para una familia asociada a una huerta de producción propia situada en el acceso a la ciudad. El diseño integra las estrategias bioclimáticas básicas y los posibles dispositivos de aporte de energías renovables. Además, la vivienda tiene carácter de objeto desmontable, ligero y económico, pensado para un municipio como Algeciras, enmarcado en la zona climática del Campo de Gibraltar.</p>

Fig. 5 Tabla resumen de las 4 propuestas arquitectónicas objeto de análisis comparado.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

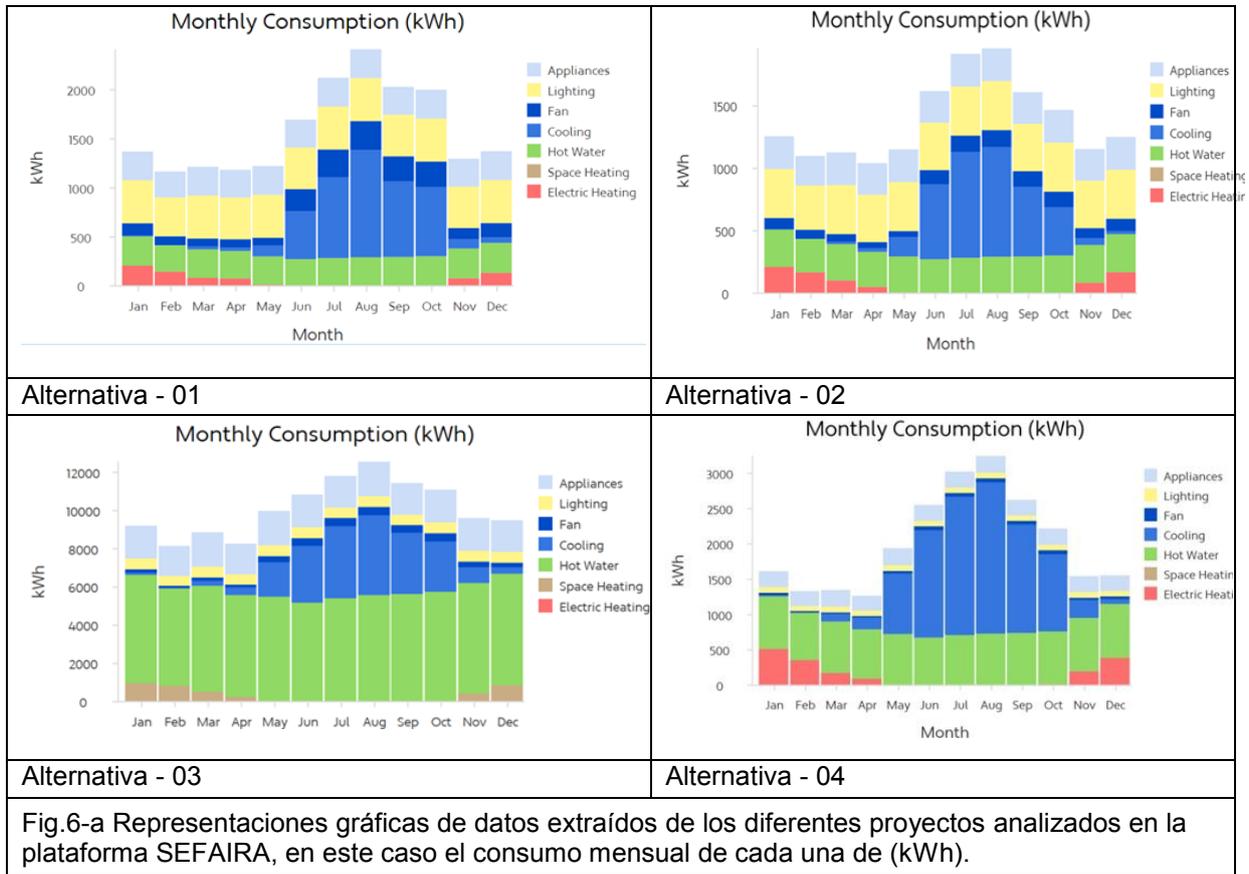
3 ANÁLISIS COMPARADO

Partiendo de la propuesta geométrica realizamos ensayos introduciendo modificaciones progresivas para intentar mejorar la calificación energética de nuestra vivienda. Comprobaremos la eficiencia de todas ellas partiendo de los datos normativos comunes elegidos anteriormente (Fig. 3) y aplicando estrategias de mejoras sobre los diferentes componentes básicos si lo permitía la plataforma, este es el caso de SEFAIRA que ayuda a analizar y comparar estrategias, la tabla (Fig. 6-a) muestra los resultados de los cálculos.

Nº Vivienda	Estrategias	Consumo	Consumo	Consumo	Producción	Coste	Calefacción	Refrigeración
		Annual de Energía	Annual de Energía por m ²	Annual de Agua	Annual de CO2	Annual	Annual	Annual
		kWh	kWh/m ²	m ³	kgCO2	Euros	kWh	kWh
01	00 - Datos de Partida	31130	92	195	5538	4779	6925	8761
	01 - Calefacción	24384	72	195	4317	4984	6925	2015
	02 - Refrigeración y Ventilación	28351	83	195	5048	4122	4146	8761
	03 - Envolvente	25280	74	195	4487	4541	7044	3236
	04 - Renovables	21992	65	195	3920	2992	6925	8761
	05 - Agua	30263	89	72	5382	4630	6925	8761
	06 - Combinación Estrategias	11860	35	72	2099	2394	4217	744
02	00 - Datos de Partida	29381	97	174	5228	4456	6648	8277
	01 - Calefacción	23008	76	174	4074	4646	6648	1904
	02 - Refrigeración y Ventilación	23623	78	174	4206	3465	3858	6497
	03 - Envolvente	25479	84	174	4528	4201	6132	5033
	04 - Renovables	22303	73	174	3980	2757	6648	8277
	05 - Agua	28515	94	104	5072	4360	6648	8277
	06 - Combinación Estrategias	11964	39	104	2123	2137	3558	795
03	00 - Datos de Partida	91442	107	2971	24622	10178	20477	3890
	01 - Calefacción	84357	99	2971	20941	8650	11770	3068
	02 - Refrigeración y Ventilación	65330	77	1825	19921	8249	20477	3890
	03 - Envolvente	83890	98	2971	18956	7597	20477	3890
	04 - Renovables	89354	105	2971	23523	9720	17535	3684
	05 - Agua	53359	62	2971	12017	5891	20477	3890
	06 - Combinación Estrategias	32162	38	1825	7649	3808	10020	2845
04	00 - Datos de Partida	31991	286	390	12028	4778	12159	6968
	01 - Calefacción	27312	244	390	12065	5119	12159	2289
	02 - Refrigeración y Ventilación	24820	222	390	10660	4521	9119	2837
	03 - Envolvente	30083	269	390	11985	4885	12971	4279
	04 - Renovables	32644	292	390	7861	2455	12159	6968
	05 - Agua	31991	286	390	12028	4778	12159	6968
	06 - Combinación Estrategias	16025	143	390	4522	1766	9728	1742

Fig. 6-a Síntesis de datos extraídos de los diferentes proyectos analizados en la plataforma SEFAIRA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 8 y 9 de mayo 2015



Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

Vivienda Jmart

← Back to Main Report

SketchUp Model

Resource Use & Utility Cost

Annual Electricity	6,974 kWh	€1,674
Annual Heat	4,799 kWh	€144
Annual Water	390 m ³	€390
Feed in Tariff Electricity	2,460 kWh	€0
Feed in Tariff Heat	0 €/kWh	€0
Total Annual Utility Cost		€2,207

Energy Footprint (kWh)

Peak Space Cooling Demand (kW)

Energy Footprint (kWh)

Peak Space Heating Demand (kW)

Monthly Consumption (kWh)

Net Renewable Production (kWh)

Monthly Energy Sources (kWh)

Net Renewable Production (kWh)

Vivienda Jmart

Massings

Occupants	8	GIA/User	14m ²
Gross Area (GIA)	112m ²		

Building on site
Vivienda Jmart
[view report](#)

Utility Info

Electricity Rate	0.240 €/kWh
Heat Rate	0.030 €/kWh
Water Rate	1.000 €/m ³

Annual Solar Data (W/m²)

Annual Temperature Data (°C)

Annual Rainfall Data (mm)

Ground Water Temperature (°C)

Site Wind Speed Data (%)

CO₂ Emission
4,797 kgCO₂

Energy Use
11,772 kWh

Water Use
390 m³

Vivienda Jmart

Site Info

Algeciras, AL ES

'Combined Strategies' from 'Baseline Concept'

Algeciras, AL ES

Energy Use
11,772 kWh

Water Use
390 m³

CO₂ Emission
4,797 kgCO₂

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

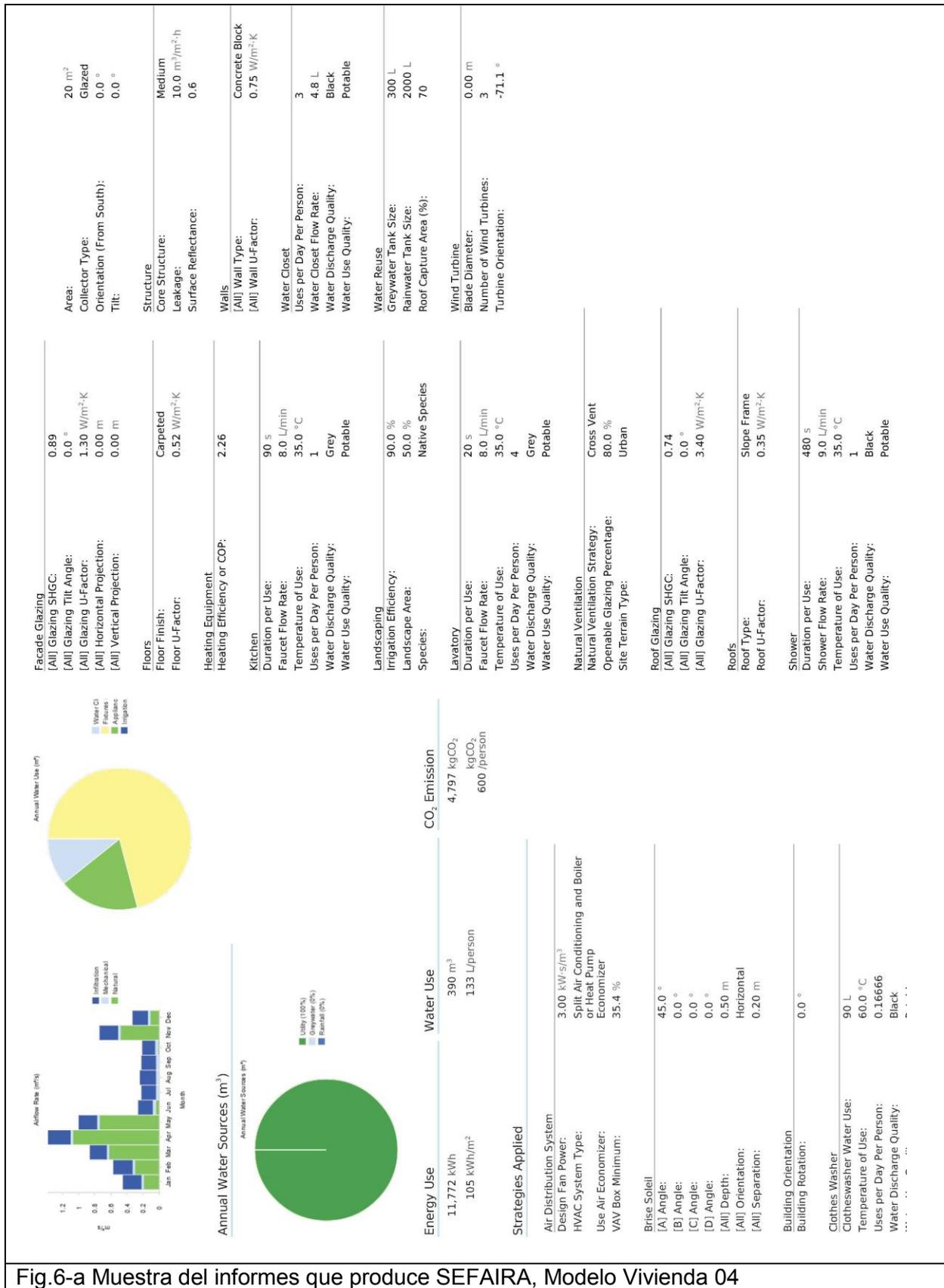


Fig.6-a Muestra del informes que produce SEFAIRA, Modelo Vivienda 04

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

La plataforma Green Building es restrictiva y de difícil manejo propone soluciones y permite algunos cambios, la tabla (Fig. 7) muestra un resumen de los datos que se asemejan a los datos extraídos de los informes de la plataforma. En ambos casos las plataformas generan informes extensos que el usuario puede sintetizar y elegir aquellos componentes que le permiten realizar comparativas específicas con gráficos analíticos detallados que se pueden estudiar y analizar en las páginas de ayuda y cursos en línea¹.

Nº Vivienda	Estrategias	Consumo Anual de Energía	Consumo Anual de Energía por m ² Útil	Consumo Anual de Agua	Producción Anual de CO2	Coste Anual	Consumo Calefacción Anual	Consumo Refrigeración Anual
		kWh	kWh/m ²	m ³	kgCO2	Euros	kWh	kWh
01	Combinación Estrategias	36329	133,56	863,73	6900	6007,54	8980	12932
02	Combinación Estrategias	41182	186,51	837,674	7200	5202,9	24718	4424
03	Combinación Estrategias	40293	121,66	1112,168	20700	11825,2	3957	12915
04	Combinación Estrategias	42986	184,00	330	9100	4080	4590	16500

Fig. 7 Síntesis de datos de los diferentes proyectos analizados en la plataforma de Green Building

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

AUTODESK® GREEN BUILDING STUDIO™

My Projects Dashboards My Profile My Account

My Projects > **CongresoBIM JGarrido**

Run List Run Charts Project Defaults Project Details Project Members Utility Information Weather Station

Run Name: CongresoBIM JGarrido (1)_ASHARE 90.1-2010

Energy and Carbon Results US EPA Energy Star Water Usage Photovoltaic Analysis LEED Daylight 3D VRML View Export and Download Data Files Design Alternatives

Project Template Applied: CongresoBIM JGarrido_default Building Type: Single Family Electric Cost: \$0.22 / kWh Utility Data Used: Project Default Utility Rates
 Location: Algeiras, Andalusia Floor Area: 340 m² Fuel Cost: \$0.03 / MJ

1 Base Run 2 Design Alternative

Energy, Carbon and Cost Summary

Annual Energy Cost: \$8,279
Lifecycle Cost: \$112,761

Annual CO₂ Emissions: Electric 5.7 Mg, Onsite Fuel 3.9 Mg, Large SUV Equivalent: 1.0 SUVs / Year

Annual Energy: Energy Use Intensity (EUI) 385 MJ / m² / year, Electric 28,529 kWh, Fuel 78,847 MJ, Annual Peak Demand 12.0 kW

Lifecycle Energy: Electric 855,879 kW, Fuel 2,365,397 MJ

Assumptions

Estimated Energy & Cost Summary

Annual Energy Cost: \$6,391
Lifecycle Cost: \$87,040

Annual CO₂ Emissions: Electric 4.7 Mg, Onsite Fuel 2.2 Mg, Large SUV Equivalent: 0.7 SUVs / Year

Annual Energy: Energy Use Intensity (EUI) 385 MJ / m² / year, Electric 23,993 kWh, Fuel 44,410 MJ, Annual Peak Demand 9.6 kW

Lifecycle Energy: Electric 719,788 kW, Fuel 1,332,288 MJ

Assumptions

Carbon Footprint

Alternate Run Carbon Neutral Potential

Annual CO ₂ Emissions	Mg
Base Run	9.6
Alternate Run	6.9
Onsite Renewable Potential	-14.2
Natural Ventilation Potential	-2.9
Onsite Biofuel Use	-2.2
Net CO₂ Emissions	-12.4

Net Large SUV Equivalent: -1.2 SUVs / Year

Assumptions

Electric Power Plant Sources in Your Region

Fossil	88 %
Nuclear	N/A
Hydroelectric	1 %
Renewable	12 %
Other	N/A

Assumptions

LEED, Photovoltaic, Wind Energy, and Natural Ventilation Potential

Note: Details shown below are for the Alternate Run CongresoBIM JGarrido (1)_ASHARE 90.1-2010

LEED Daylight (more details)

Percentage of building area with glazing factor over 2%: 100.0% - Qualifies for LEED Credit

Photovoltaic Potential (more details)

Annual Energy Savings: 58,493 kWh
Total Installed Panel Cost: \$383,475
Nominal Rated Power: 48 kW
Total Panel Area: 347 m²
Maximum Payback Period: 24 years @ \$0.22 / kWh

Natural Ventilation Potential

Total Hours Mechanical Cooling Required: 6,414 Hours
Possible Natural Ventilation Hours: 4,320 Hours
Possible Annual Electric Energy Savings: 12,805 kWh
Possible Annual Electric Cost Savings: \$2,792
Net Hours Mechanical Cooling Required: 2,094 Hours

Assumptions

LEED Water Efficiency (more details)

	L / yr	\$ / yr
Indoor:	419,674	\$676
Outdoor:	444,056	\$306
Total	863,730	\$982

Annual Electric End Use

HVAC	54.2%
Other	23.9%
Lights	21.9%

Basic View | Detailed View

Annual Fuel End Use

HVAC	72.8%
Other	27.2%

Basic View | Detailed View

Annual Electric End Use

Pumps & Aux	0.7%
Fans	14.2%
Space Cooling	39.4%
Misc Equip	23.9%
Lights	21.9%

Basic View | Detailed View

Annual Fuel End Use

Space Heating	72.8%
Hot Water	27.2%

Basic View | Detailed View

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

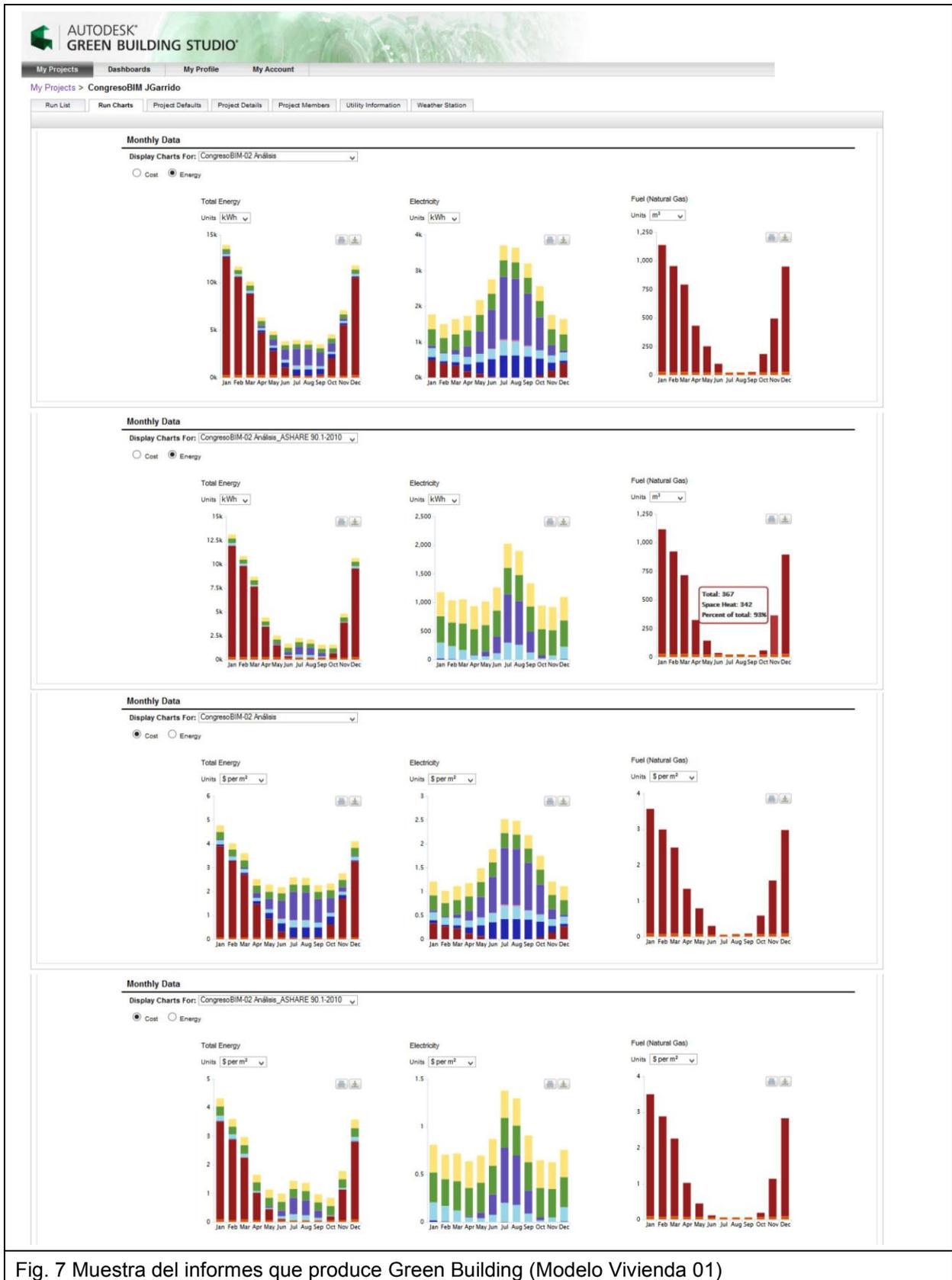


Fig. 7 Muestra del informes que produce Green Building (Modelo Vivienda 01)

4 CONCLUSIONES

- 1 Green Building y Sefaira permiten al usuario incorporar las estrategias de ahorro energético en las fases tempranas del proyecto sin exigir una definición detallada de la volumetría del proyecto. Un modelo geométrico elemental es suficiente para iniciar las evaluaciones, gran parte de la información que requiere el análisis energético consiste en valores conmensurables de tipo numérico, la información geométrica sirve como base para el cálculo de volúmenes y superficies. Esto permite al equipo de diseñadores evaluar el potencial de la propuesta en fases muy tempranas sin entrar en detalles innecesarios, lo que supone un ahorro sustancial en tiempo. La diferencia entre ambas la determina el motor de cálculo, en el caso de Green Building, los detalles formales de la propuesta son ignorados, mientras que en Sefaira el usuario podría añadir una representación de los elementos constructivos sin abusar de los detalles.
- 2 Las comparativas realizadas usando las dos plataformas objeto del estudio hemos constatado lo siguiente:
 - a) Green Building ofrece una información excesiva para las fases iniciales del proyecto; SEFAIRA, sin embargo, ofrece una información fácil de interpretar y permite al equipo de diseño tomar decisiones críticas para el desarrollo progresivo del proyecto.
 - b) SEFAIRA permite configurar los datos de partida y adaptar estos a la normativa Española enfocando los resultados hacia el cumplimiento de la certificación energética requerida. Green Building, sin embargo, nos dirige a cumplir la normativa LEED y nos proporciona todos los datos necesarios para redactar la memoria requerida ofreciendo todas las variables solicitadas.
 - c) Se observó que en ambas plataformas los datos climáticos y su impacto sobre el usuario en las diferentes zonas climáticas son escasas.
- 3 Las aplicaciones gratuitas como: Lider-Calener, Calener VyP y GT, diseñadas para el análisis de la eficiencia energética no están desarrolladas para el apoyo de las fases tempranas del proyecto tradicional y menos los basados en BIM, requieren una información de partida muy detallada que el equipo desconoce en el inicio, así como la dificultad de la retroalimentación de estas herramientas normativas.
- 4 El ecosistema BIM verde está en sus inicios, necesitará años de desarrollo, serán necesarias conexiones con plataformas de análisis global de recursos e impacto medio ambiental basados en sistemas información geográfica para analizar el potencial de la sostenibilidad del territorio. Otro apartado serán los componentes normalizados de sistemas pasivos que podrían aportar mejoras al comportamiento global del edificio.
- 5 La monitorización mediante sondas inteligentes conectadas a Bases de datos en la nube para la mejora del rendimiento del edificio será una de las áreas de I+D+I con mayor potencial en el mercado de la edificación, especialmente para controlar el consumo y eficiencia de los edificios corporativos y públicos.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

5 REFERENCIAS

- [1] AIA. (2012). An Architect's Guide to Integrating Energy Modeling in the Design Process - The American Institute of Architects. American Institute of Architects.
- [2] Francois Levy. (2012). BIM in Small-Scale Sustainable Design. John Wiley & Sons.
- [3] Karen, K., & Noble, D. (2014). Building Information Modeling: BIM in Current and Future Practice (First).
- [4] MacLeamy. (2008). Extended MacLeamy Curve. MacLeamy. AIA - American Institute of Architect.
- [5] Michael Wassouf. (2014). De la casa pasiva al estándar Passivhaus: La arquitectura pasiva en climas cálidos. Gustavo Gili.
- [6] Richard Garber. (2014). BIM Design: Realising the Creative Potential of Building Information Modelling. John Wiley & Sons.
- [7] Steve McDowell, Eddy Krygiel, B. N. (2008). Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling. John Wiley & Sons.
- [8] Tucker, L. M. (2015). Sustainable Building Systems and Construction for Designers (2nd Revise). Bloombur.

ⁱ INFORMACIÓN AUXILIAR PARA EL CONOCIMIENTO DE LAS PLATAFORMAS

Formación de Sefaira: <http://support.sefaira.com/hc/en-us>

Formación de Green Building Studio: <https://gbs.autodesk.com/GBS/>

ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS Y EDIFICATORIOS. DESARROLLO INSTRUMENTAL A PARTIR DE HERRAMIENTAS TIPO BIM

Autores: Gómez Pérez, M (1), Gómez de Cózar, J.C. (2)

- (1) Master de Innovación en Arquitectura: Tecnología y Diseño (Universidad de Sevilla) - manuelgmzprz@gmail.com
(2) Universidad de Sevilla. Máster de Innovación en Arquitectura: Tecnología y Diseño - gcozar@us.es

RESUMEN

Debido al crecimiento descontrolado de la población mundial, asociado al uso excesivo de los recursos naturales, nace el compromiso de plantear como deseo principal la contribución hacia la reducción del impacto medioambiental que se deriva de la construcción arquitectónica. Con el fin de regular y controlar esta problemática, se empiezan a desarrollar una serie de medidas y herramientas. Una de las más reconocidas por la comunidad científica es el Análisis del Ciclo de Vida (ACV).

Por otro lado, el creciente desarrollo de los sistemas tipo BIM, ha llevado a la arquitectura a la posibilidad de generar modelos en los que poder introducir datos cuantificables del impacto medioambiental derivado de la construcción.

Dentro de este contexto, la presente investigación, pretende generar un desarrollo instrumental a partir de herramientas tipo BIM para el análisis medioambiental de sistemas constructivos y edificatorios, de modo que se pueda obtener en tiempo real valores de impacto medioambiental medibles, cuantificables y comparables, con el fin de utilizar el ACV como herramienta de diseño. De esta forma, se pretende reafirmar la arquitectura ligera y de rápido montaje como modelo de construcción de bajo impacto medioambiental demostrado.

Palabras clave: ACV, BIM, ligereza, rápido montaje, ecodiseño.

1 INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, las diferentes construcciones que conformaban los asentamientos humanos se solían realizar de tal forma que, los materiales, sistemas constructivos y medios empleados en la construcción, solían ser acordes con los recursos más abundantes existentes en el entorno y con los aspectos culturales y climáticos característicos de cada población [1]. Sin embargo, con el paso del tiempo, los materiales y sistemas constructivos fueron variando en función de las condiciones del mercado. Esto ha provocado una explotación descontrolada de los recursos naturales y una generación excesiva de residuos y emisiones derivados de la construcción.

Ante esta problemática, la arquitectura ligera y de rápido montaje se presenta como una alternativa, reduciendo los tiempos de construcción y el empleo de material con el consiguiente ahorro económico y energético, frente a los sistemas constructivos convencionales. Se plantea como base fundamental una estrategia correcta de diseño

basada en la ligereza y la rapidez de montaje, que permita minimizar el impacto que producen nuestras construcciones.

La sostenibilidad medioambiental, económica y social se ha convertido en una tarea en la que se han implicado múltiples agentes. Numerosas normas nacionales e internacionales tratan de contribuir a la reducción de los impactos negativos sobre el medio ambiente. Diversas instituciones, tanto públicas como privadas han desarrollado, o están desarrollando en este momento herramientas de análisis y evaluación ambiental de sistemas [2].

En este contexto, aparece el Análisis del Ciclo de Vida (ACV), un método que sirve para analizar y evaluar los impactos ambientales de un material, producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida completo [3], empleado notablemente, en la última década, al caso de productos de la construcción e incluso a edificios completos [4] [5].

La ambición de esta investigación va en consecuencia de los últimos estudios realizados en los que se intenta incluir el impacto medioambiental a la etapa de diseño, ya implantado en el diseño industrial, con el fin de que desde su concepción el producto final sea lo más eficiente ecológicamente posible.

A esto se le añade el creciente desarrollo de herramientas tipo BIM con la consecuente aplicación a la hora de diseñar, debido a las ventajas que presenta frente a los sistemas CAD, ya que se basa en la sustitución de las entidades vectoriales del CAD por objetos constructivos generadores de un modelo virtual y dinámico del edificio.

Sin embargo, existe una ausencia importante de estudios científicos que se centren en la vinculación de ambas cuestiones en el campo de la arquitectura. Como resultado final, esta investigación, propone la conexión de estas dos vertientes en la generación de una única herramienta que facilite datos de impacto medioambiental en tiempo real, a fin de incluirlos como premisas en el desarrollo proyectual.

2 OBJETIVO

Viendo los datos estadísticos actuales sobre el consumo energético y de la contaminación que se genera en el campo de la construcción [6], nace el compromiso de plantear como deseo principal la contribución hacia la reducción del impacto medioambiental que se deriva de la construcción arquitectónica.

El objetivo general del presente estudio consiste en el desarrollo de herramientas de Análisis del Ciclo de Vida en fase de proyecto mediante el empleo de plataformas BIM. Teniendo en cuenta nuestro objetivo general, surgen una serie de objetivos específicos:

- Utilización de la herramienta de Análisis de Ciclo de Vida como herramienta de diseño frente a herramienta de análisis.
- Vinculación de bases de datos de categorías de impacto con plataformas BIM.
- Generación de una herramienta válida para cualquier sistema constructivo y edificatorio.

- Obtención de resultados fácilmente comparables con ACVs realizados en otros edificios.
- Obtención de resultados en tiempo real.

3 INTEGRACIÓN DEL ACV EN BIM. ÚLTIMOS ESTUDIOS

Si nos centramos en los últimos cuatro años, las investigaciones relacionadas con la sostenibilidad y los sistemas tipo BIM ha crecido exponencialmente.

Uno de los primeros artículos a los que se hace referencia es el *BIM implementation throughout the UK construction Project lifecycle: An analysis* [7] en el que se pone de manifiesto el potencial de la aplicación de la tecnología BIM a la hora de minimizar costes en todas las fases del proyecto, debido a su capacidad de proporcionar datos en tiempo real. La importancia de este artículo hacia esta investigación reside en la capacidad de respuesta de las aplicaciones tipo BIM para el fin que se acomete.

En 2011 aparece el artículo *Building Information Modeling for sustainable design and LEED® rating analysis* [8]. En él se desarrolla una vinculación entre el software de modelado Revit con el software IES-VE, del que se obtiene una calificación LEED directa desde el modelado 3D.

En ese mismo año, se publica otro artículo *Improving the energy performance of the built environment: The potential of virtual collaborative life cycle tools* [9] que utiliza los sistemas BIM como soporte de evaluación ambiental a través del método BREEAM®. Como apartado final realiza alternativas de un mismo modelo, obteniendo datos numéricos y gráficos comparables de los mismos. El grado que alcanza este tipo de desarrollos se asemeja a la finalidad última de esta investigación.

Posteriormente aparece en la misma línea el artículo *System modelling for sustainable building design* [10] en el que se hace una primera aproximación hacia el uso de sistemas paramétricos para el diseño de edificios sostenibles, a partir del uso de System Modeling Language (SysML). Obtiene como resultados datos comparables de impacto medioambiental de un modelo muy simplificado. Cabe destacar que, como conclusión, propone la vinculación con sistemas tipo BIM para generar una herramienta más completa.

Como enlace metodológico de los último tres artículos nombrados anteriormente aparece la publicación *Sustainable BIM-based Evaluation of buildings* [11]. En ella se hace patente la necesidad de un cambio de arquitectura para llegar a unas emisiones de CO₂ cero y promueve para ello una vinculación de los sistemas BIM con los sistemas de calificación LEED® y BREEAM®. Como conclusión, pone de manifiesto que para llegar a producir edificios con emisiones de CO₂ igual a 0, es necesario tener en cuenta todas las fases del proyecto y crear una serie de patrones de ocupación, de uso y mantenimiento para alcanzarlos, proponiendo como método el uso de sistemas BIM debido a su capacidad de interoperabilidad.

Dentro de los artículos estudiados encontramos el primer caso práctico de aplicación directa, *Implementing BEAM[®] plus for BIM-based sustainability analysis* [12] en el que se combina el Autodesk Revit con BEAM[®] plus (sistema de certificación energética) para el desarrollo de proyectos de viviendas en Hong Kong.

Asociado a este último artículo, aparece la publicación *A conceptual framework to support solar PV simulation using an open-BIM data exchange standard* [13]. En ella se recoge la aplicación de una nueva normativa en Reino Unido, por la cual, se establece que todos los proyectos del sector público deben de desarrollarse mediante plataformas BIM a partir de 2016, al igual que se pretende llegar a cero emisiones de CO₂ en 2019. Esto a su vez, nos lleva a la urgente implementación del uso de herramientas para el análisis de ahorro energético en las primeras etapas del proyecto. Esta concienciación que se ha llevado a cabo en Reino Unido, ya se deja vislumbrar en algunas de las empresas desarrolladoras de este tipo de programas informáticos, como es en el caso de Autodesk, el cual ya incluye una Guía de Diseño Sostenible de Autodesk. En ella se ilustran los principios y tecnologías de edificios ecológicos para cada fase del ciclo de vida del proyecto.

Dentro de los artículos científicos publicados, quizás el más destacado sea el *BIM extension for sustainability appraisal of conceptual Steel design* [14]. En él se desarrolla una aplicación instrumental sobre un modelo de estructura metálica, del que se obtienen en tiempo real valores de sostenibilidad. Se trata de una herramienta aplicada a una tipología estructural concreta, por lo que presenta una cierta limitación, y de la que se obtiene únicamente datos de consumo de energía, emisiones de CO₂ y huella ecológica.

Siguiendo esta misma línea, aparece el trabajo de Alejandro Mesa González [15], como uno de los antecedentes de la investigación, en el cual por primera vez se genera una herramienta de Análisis del Ciclo de Vida completo del que se obtiene datos comparables en tiempo real. En este caso, solo es de aplicación para el sistema Florin, y no se lleva a cabo con sistemas tipo BIM, si no que utiliza un modelo generado en Rhinoceros y el sistema paramétrico Grasshopper.

Es importante aclarar que, si bien es cierto que ya hay estudios que empiezan a vincular el BIM con el ACV, no hay nadie que lo esté utilizando para proponer un modelo de construcción determinado (ligero, industrializado y de rápido montaje) que permita, realmente, reducir el impacto.

4 CONSIDERACIONES PREVIAS Y ALCANCE DEL ACV

A la hora de realizar un Análisis del Ciclo de Vida lo primero a tener en cuenta es definir bien el alcance de la investigación para, según la norma UNE-EN ISO 14044:2006, establecer los límites del sistema que deben de ser coherentes con los objetivos del estudio, de no ser así, el ACV puede llegar a ser casi infinito. Por otra parte, la realización de un ACV está sujeto a la definición de una serie de opciones metodológicas que dependerán del objetivo y alcance del mismo. Es importante la determinación clara de las fases a incluir en el estudio y los límites del sistema en cada una de ellas; así como la definición de la unidad funcional, la

fuente de datos, las unidades y la selección de las categorías de impacto y métodos de evaluación [4].

4.1 Unidad funcional

“La unidad funcional expresa la función del producto o servicio estudiado en términos cuantitativos y sirve como base de los cálculos. Es el flujo de referencia al que el resto de flujos modelados en el ACV son vinculados. También sirve de unidad de comparación entre estudios comparativos” [16]. Tal y como se expresa en la norma UNE-EN ISO 14044:2006, se aconseja la utilización de un ratio por unidad de superficie como unidad funcional.

4.2 Límites del sistema

Los límites del sistema determinan qué procesos unitarios se deben incluir dentro del ACV. La selección de los límites del sistema debe ser coherente con el objetivo del estudio. Dentro de los cuales se definen las siguientes etapas:

- Etapa de producción/fabricación: de los productos que intervienen en la construcción. Extracción y/o producción de materias primas, procesado de materiales reciclados y fabricación del material de construcción. Este sistema incluirá los procesos de fabricación de maquinarias empleadas en infraestructuras territoriales.
- Etapa de transporte 1: en esta etapa se contabilizan el transporte desde la extracción/producción a la fabricación, como el transporte de los materiales desde los centros de producción hasta el solar. De esta manera se pueden distinguir a su vez en transporte internacional, nacional y local.
- Etapa de construcción/montaje: incluye todos los procesos que tienen por objeto la integración de todos los productos y servicios para la realización física del edificio. Se incluye la maquinaria empleada, los operarios necesarios y las horas de montaje de cada fase del proyecto.
- Etapa de mantenimiento: Incluye todas las operaciones de reparación, considerándose la renovación de aquellos materiales que cuenten con una durabilidad inferior a la del conjunto del edificio; así como el mantenimiento de las condiciones adecuadas de los diferentes elementos constructivos.
- Etapa de de-construcción/desmontaje: procesos llevados a cabo al final de la vida útil del edificio: demolición, desmontaje y carga en los camiones para su posterior traslado al punto de disposición final.
- Etapa de transporte 2: se contabilizarán los transportes de cada material desmontado o demolido hasta su disposición final.
- Etapa de de-producción/fin de vida: procesos a los que son sometidos los materiales de demolición. Dependerá principalmente del tipo de material del que se trate pero también de la forma en la que se haya integrado de forma inicial en el edificio.

4.3 Fuente de datos

La identificación y cuantificación de los materiales y elementos constructivos es obtenida a partir de los datos de salida del modelo BIM. Los datos medioambientales de los materiales usados se obtiene a partir de la base da datos de ECOINVENT V.2.

4.4 Unidades

Se utilizan las unidades del Sistema Internacional. Para la energía eléctrica se empleará el kWh. La energía de los combustibles fósiles se expresará en MJ. Por su parte, cada material se utiliza de forma preferente la unidad de medida determinada en la base de datos de ECOINVENT V.2.

4.5 Método de evaluación

El siguiente Análisis del Ciclo de Vida se calculará de acuerdo al método de evaluación CML 2001. La metodología CML, elaborada por el Instituto de Ciencias Medioambientales de la Universidad de Leiden en los Países Bajos, es la metodología más utilizada y que suele considerarse más completa por la comunidad científica. Agrupa los resultados de ACV en categorías de punto medio por temáticas, que son mecanismos comunes, como el cambio climático, o grupos, como la toxicidad ecológica. Los resultados pueden visualizarse como una hoja de cálculo que presenta factores de caracterización para más de 1700 flujos.

4.6 Categorías de impacto

Para cada módulo de información se comunican las categorías de impacto señaladas en la siguiente tabla.

Categoría de Impacto	Sigla	Unidad
Depletion of abiotic resources (Agotamiento Abiótico)	ABI	kg antimony-Eq
Acidification potential (Acidificación potencial)	ACD	kg SO ₂ -Eq
Eutrophication potential (Eutrofización potencial)	EUT	kg PO ₄ -Eq
Fresh wáter aquatic ecotoxicity (Ecotoxicidad de agua dulce)	FRE	kg 1,4-DCB-Eq
Global warming potential (Calentamiento global potencial)	GWP	kg CO ₂ -Eq
Human toxicity (Toxicidad humana)	HUM	kg 1,4-DCB-Eq
Marine aquatic ecotoxicity (Ecotoxicidad de agua marina)	MAR	kg 1,4-DCB-Eq
Stratospheric ozone depletion (Agotamiento de la capa de ozono)	OZO	kg CFC-11-Eq
Photochemical oxidation (Oxidación fotoquímica)	PHO	kg ethylene-Eq
Terrestrial ecotoxicity (Ecotoxicidad terrestre)	TER	kg 1,4-DCB-Eq

Fig 1. Categorías de Impacto que intervienen en el ACV. 2015. Manuel Gómez Pérez.

5 ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DEL CASO DE ESTUDIO

5.1 Elección del Caso de Estudio

En los últimos años, el uso de la arquitectura ligera y de rápido montaje ha ido cobrando importancia frente a otros sistemas constructivos. La rapidez en su ejecución y la utilización de materiales cada vez más sofisticados y ecológicos han hecho de este sistema uno de los más eficientes, tanto económico como energéticamente.

Por este motivo, se ha optado por un caso de estudio de estas características que a priori ya cuentan con un bajo impacto medioambiental. Se trata del Auditorio Carlos Cano de Gines, Sevilla, del Estudio ND Arquitectos, ejecutado en Mayo de 2009.



Fig 2. Interior del Auditorio de Gines, Sevilla. 2009. ND Arquitectos.

5.2 Interpretación general de los resultados del ACV

Una vez se ha definido y modelado el caso de estudio completo (Fig 4.), se procede a la obtención de datos de impacto medioambiental en tiempo real tanto de la totalidad como de cada una de las etapas según los límites del sistema, así como de cada elemento del proyecto.

Los resultados que se obtienen del desarrollo instrumental realizado nos permiten abordar una serie de mejoras en la etapa de diseño al poder obtener en tiempo real los datos de impacto medio-ambiental de cada etapa y categoría de impacto.

5.3 Propuesta comparativa

Aprovechando la versatilidad de la herramienta, se proponen dos modificaciones de proyecto basadas en los resultados obtenidos del Análisis del Ciclo de Vida, con el fin de comparar otras posibles opciones del diseño original.

ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA

	GWP	ACD	ABI	EUT	OZO	HUM	FRE	MAR	TER	PHO
1 - ETAPA DE PRODUCCIÓN	51974,999	236,89	324,768	39,1564	0,00357778	21891,922	22175,955	83107,81	158,2226	22,6819
2 - ETAPA DE TRANSPORTE 1	1074	6,618381	7,5789	1,23694	0,00016695	182,934	64,374	288,159	0,172763	0,221654
3 - ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	2211,32897	21,780251	14,58476	3,670112	0,00027637	1282,06417	55,106205	394,487851	0,21912	0,437694
4 - ETAPA DE MANTENIMIENTO	5619,449	52,7	40,672	4,041	0,00100505	7020,358	1083,86	6757,745	85,218	0,493079
5 - ETAPA DE DECONSTRUCCIÓN	129,864621	1,278398	0,85584	0,215001	1,623E-05	75,292151	3,236059	23,166344	0,013186	0,025827
6 - ETAPA DE TRANSPORTE 2	262,243141	1,71228	1,817142	0,285516	3,4941E-05	53,824377	14,746958	72,167092	0,03813	0,071396
7 - ETAPA DE FIN DE VIDA	3329,88106	29,026257	0,837701	4,799176	0,00061179	1482,98829	248,944793	1124,85306	0,401246	0,640654
TOTAL	64601,7668	350,005567	391,114343	53,404145	0,00568911	31989,3883	23646,223	91768,3883	244,285045	24,572204

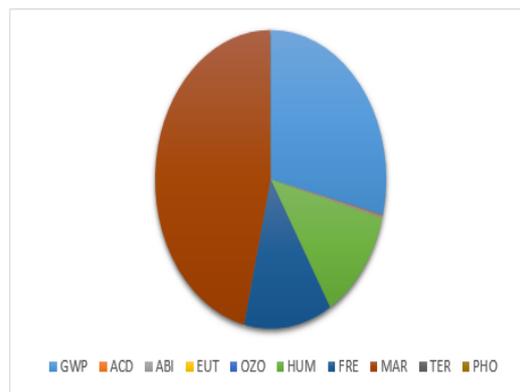
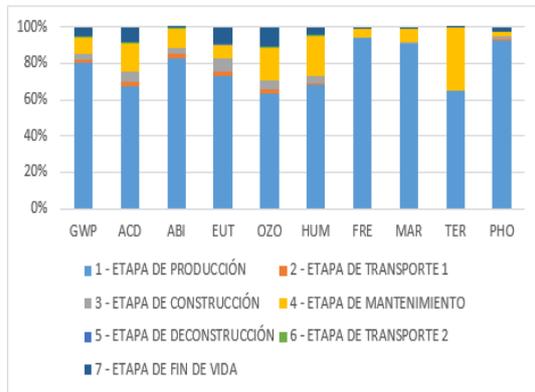


Fig 3. Resultados del ACV del Auditorio de Gines, Sevilla. 2015. Manuel Gómez Pérez.

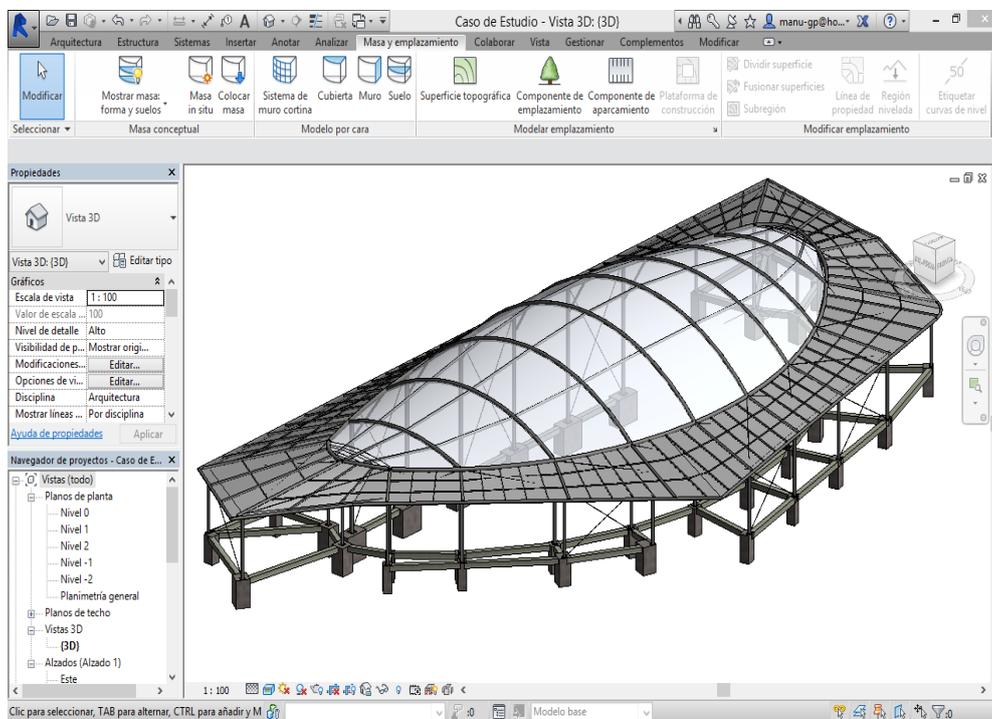


Fig 4. Modelo completo de la cubierta del Auditorio de Gines, Sevilla. 2015. Manuel Gómez Pérez.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

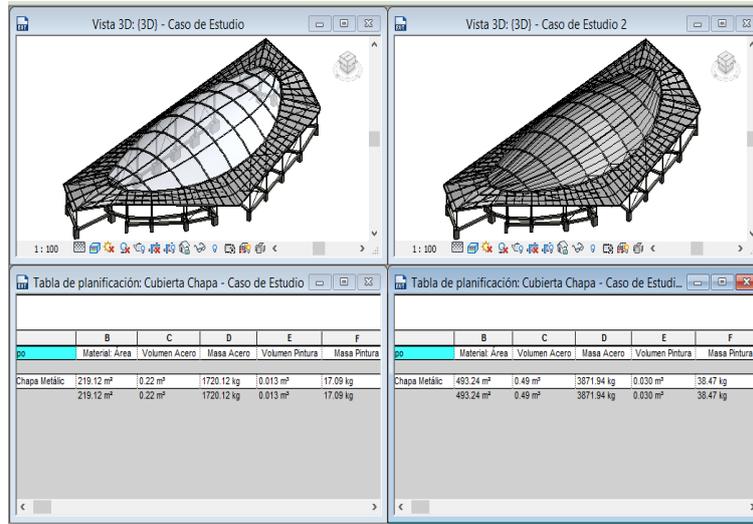


Fig 5. Datos comparativos de los dos modelos a analizar. 2015. Manuel Gómez Pérez.

La modificación que se propone es la sustitución de la cubierta textil por una cubierta de chapa de las mismas características que la colocada ya en proyecto. Esta decisión está basada en una cuestión real del caso de estudio, ya que los arquitectos, ya barajaron la posibilidad de sustituir la cubierta textil por una cubierta de chapa.

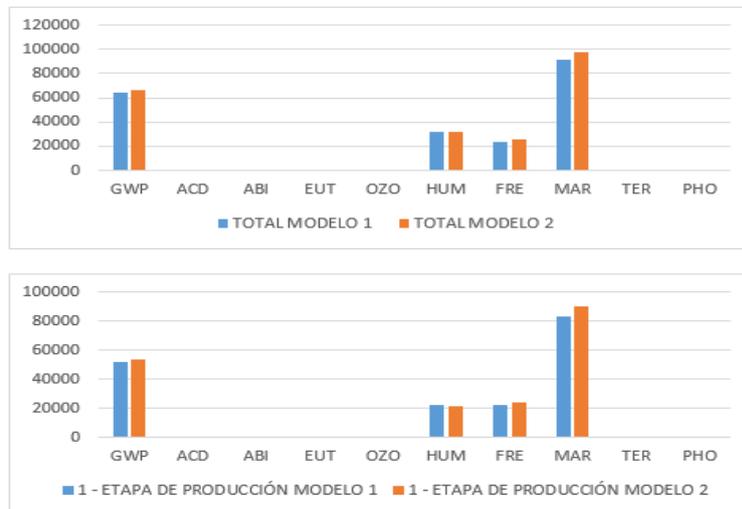


Fig 6. Valores comparativos de los dos modelos analizados. 2015. Manuel Gómez Pérez.

Como consecuencia directa del cambio del tipo de cubierta, al tratarse de un volumen muy pequeño de material en comparación con el total de la obra, la etapa de producción a penas se ve afectada, en comparación con otras etapas. Aun así se observa como la elección de una cubierta total de chapa produce un impacto medioambiental mayor, frente a la elección de la cubierta textil.

6 CONCLUSIONES

Claramente la etapa más contaminante en todas las categorías de impacto es la etapa de producción. Por este motivo la elección del material y del sistema constructivo a emplear se convierte en un elemento fundamental en el desarrollo proyectual. Por lo que el uso de la arquitectura ligera y de rápido montaje se presenta como una solución frente a una arquitectura más convencional. Por otra parte, la etapa de montaje y transporte a obra, debido a la ligereza de la estructura y a la rapidez de montaje de la misma, es despreciable en relación al total del impacto producido por la edificación completa. Otra de las etapas que presentan un alto nivel de impacto medioambiental es la etapa de mantenimiento y vida útil por lo que debe ser otro pilar fundamental a la hora de diseñar un proyecto. En esta etapa juega un papel fundamental la vida útil del edificio así como la cantidad de material empleado en su construcción.

Tras la finalización de la investigación, se puede afirmar que se han alcanzado todos los objetivos marcados al inicio de la investigación, a través del desarrollo instrumental a partir de herramientas tipo BIM, con la que poder introducir el Análisis del Ciclo de Vida en la etapa de diseño de un proyecto, obteniendo valores de impacto medioambiental en tipo real, cuantificables, medibles y comparables, de cualquier sistema constructivo y edificatorio.

Podemos afirmar que la elección de un sistema constructivo de arquitectura ligera y rápido montaje produce un impacto menor que un sistema constructivo convencional.

“¡Paren de una vez de construir de esa manera! Ustedes pueden hacer realidad lo nuevo mediante nuevos sistemas industrializados y procesos de producción que utilicen herramientas virtuales” [17].

Esta afirmación ya no es una revelación, sino una realidad contrastada.

7 REFERENCIAS

- [1] Rapoport, A. (ed) (2003). *Cultura, Arquitectura y Diseño*. Barcelona. Edicions Universitat Politècnica de Catalunya.
- [2] Llatas Oliver, C. - Garcia Martinez, A. - Roveri, A. - Huete Fuertes, R. (2010). «Una Aproximación a la Evaluación de la Eco-Eficiencia en Edificios. Herramientas Básicas» en Ponencias Congreso Sb10mad.
- [3] Baumann, H. - Tillman, A. (2004). *The Hitch Hiker's Hiker Guide to LCA*. Chalmers University of Technology, Suecia. Studentlitteratur.
- [4] García Martínez, A. (2010). «Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de Edificios. Propuesta Metodológica para la Elaboración de Declaraciones Ambientales de Viviendas en Andalucía.
- [5] Ortiz, O. - Castells, F. - Sonnemann, G. (2010). “Operational energy in the life cycle of residential dwellings: The experience of Spain and Colombia”. En: *Energy* 87: 673-680.

- [6] Wadel, G. - Avellaneda, J. - Cuchí, B. (2010). "La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: Cerrando el ciclo de los materiales". En: Informes de la Construcción 62: 517.
- [7] Eadie, R. - Browne, M. - Odeyinka, H. - McKeown, C. - McNiff, S. (2013). "BIM implementation throughout the UK construction Project lifecycle: An analysis". En: Automation in Construction 36: 145-151.
- [8] Azhar, S. - Carlton, W.A. - Olsen, D. - Ahmad, I. (2011). "Building Information Modeling for sustainable design and LEED® rating analysis". En: Automation in Construction 20: 217.
- [9] Crosbie, T. - Dawood, N. - Dawood, S. (2011). "Improving the energy performance of the built environment: The potential of virtual collaborative life cycle tools". En: Automation in Construction 20: 205-216.
- [10] Geyer, P. (2012). "System modelling for sustainable building design". En: Advanced Engineering Informatics 26: 656-668.
- [11] Motawa, I. - Carter, K. (2013). "Sustainable BIM-based Evaluation of buildings". En: Procedia - Social and Behavioral Sciences 74: 419-428.
- [12] Kwok-Wai Wong, J. - Kuan, K-L. (2014). "Implementing BEAM plus for BIM-based sustainability analysis". En: Automation in Construction 44: 163-175.
- [13] Gupta, A. - Cemesova, A. - Hopfe, C.J. - Rezgui, Y. - Sweet, T. (2014). "A conceptual framework to support solar PV simulation using an open-BIM data exchange standard". En: Automation in Construction 37: 166-181.
- [14] Akponanabofa, E.O. - Walid, T., (2014). "BIM extension for sustainability appraisal of conceptual Steel design". En Advanced Engineering Informatics 29: 28-46
- [15] Mesa González, A. (2014). *Análisis de Ciclo de Vida de soluciones arquitectónicas ligeras de rápido montaje: El sistema Florín*. Sevilla. Universidad de Sevilla (MIATD).
- [16] Tillman, A. - Ekvall, T. - Baumann, H. - Rydberg, T. (1994). "Choice of system boundaries in life cycle assessment". En: Journal of Cleaner Production 2: 21-29.
- [17] Otto, F. (1979). *Arquitectura adaptable: seminario organizado por el Instituto de Estructura Ligeras (IL): Informe ampliado del coloquio*. Barcelona. Gustavo Gili.

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

TECNICA BIM: ANALISIS COMPARATIVO SOBRE SU ESTADO EN DIVERSOS PAISES EUROPEOS Y EXTRACOMUNITARIOS. DESARROLLO Y DIFUSION EN EL AMBITO INTERNACIONAL

Autores: Di Giuda, Giuseppe Martino (1), Villa, Valentina (2)

- (1) Politecnico di Milano giuseppe.digiuda@polimi.it
(2) Politecnico di Milano valentina.villa@polimi.it

RESUMEN

El "Building Information Modeling" supone una importante capacidad de Management. De hecho, un análisis comparativo a nivel internacional demuestra que su aplicación es heterogénea, y diversificada en los distintos países, con una prevalencia en los países anglosajones o del Sudeste Asiático. En nuestro estudio intentamos asociar las continuidades metodológicas y las continuidades de las aplicaciones de "diferentes tipos" de "Building Information Modeling" que se utilizan en los países que siguen: Italia, Australia, Canadá, China, Corea Del Sur, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Alemania, Hong Kong, Islandia, Noruega, Países Bajos, Reino Unido, Singapur, Suecia, Estados Unidos, India y España. Cada país ha sido elegido por su vanguardia en la transición de CAD a BIM, habiendo invertido una cantidad considerable de recursos tanto económicos como temporales. Para cada país hemos buscado las instituciones, asociaciones, planes para futuras acciones, directrices, manuales y normas que los gobiernos, los diferentes Organismos y las Administraciones Públicas utilizaron. También hemos explorado las relaciones entre los diferentes estados.

El estudio también demuestra una diferencia significativa tanto en los campos de aplicación como en la definición del tiempo, en la práctica y en la producción de normas, directrices e informes de aplicación. Este estudio ha sido coordinado por el grupo de trabajo BIM Group del Politecnico de Milan: este grupo está compuesto para mí, la ingeniera Villa y los ingenieros Maggioni, Schievano e Paleari.

Palabras clave: *BIM, Europa,*

1 INTRODUCCION

Conocer el estado en que se encuentra la técnica permitirá a los países que se encuentran aún a nivel embrional, ponerse al mismo nivel que los países guía en la aplicación, por ejemplo, de la nueva directiva de la Comunidad, que pone a disposición los análisis y los experimentos, para así sentar una de las bases del "Project Management".

Este estudio muestra cómo sea posible un desarrollo continuo de la metodología BIM sólo en aquellos países en donde los Gobiernos y las Administraciones Públicas inviertan recursos significativos en la investigación y en la innovación.

Obviamente los resultados de los trabajos realizados se deben implementar de forma continua, por la actualidad del tema en constante evolución. En general, y a raíz de los resultados obtenidos, podemos emprender el estudio de una posible aplicación práctica.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

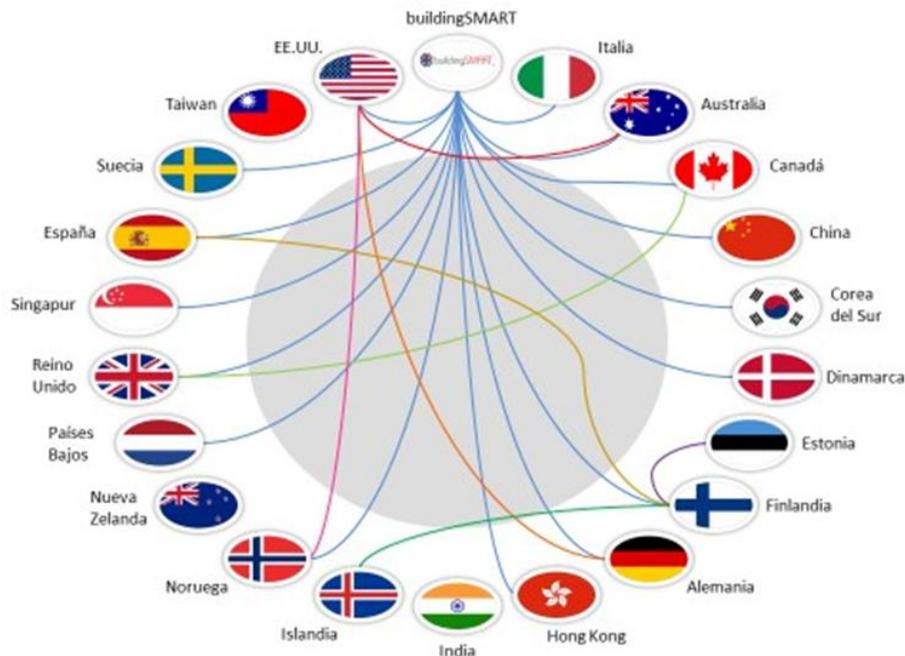


Figura 1. Esquema de relaciones entre los países en el uso de BIM

2 EUROPA

2.1 Dinamarca

El uso del BIM en Dinamarca ha sido prometedor desde el momento en que nació esta nueva tecnología a principios del nuevo milenio. Podemos decir que ya en 2006 el 50% de los arquitectos, el 29% de los clientes y el 40% de los ingenieros usaban el BIM en algunas partes de sus proyectos; A partir de 2007 el Gobierno ha extendido el uso del BIM a un nivel superior definiéndolo obligatorio como requisito en cada proyecto.

En junio de 2011 el parlamento danés decidió extender la adopción obligatoria del BIM a todos los proyectos locales y regionales que tuvieran un valor superior a los 2.700.000 €, aconsejando el intercambio con los modelos en formato IFC. El *bips*, un organismo guía para los usuarios BIM, tiene una gran influencia en el uso de la Information Technology (IT) en el sector de las construcciones y ha tratado de integrar los requisitos BIM a los proyectos de gobierno.

Tales requisitos se conocen con el nombre de Det Digital Byggeri, osea, Digital Construcción y desde 2007 obligan a arquitectos, proyectistas y empresarios que participan en licitaciones públicas, al uso de un cierto número de procedimientos, métodos e instrumentos digitales.

2.2 Estonia

La presentación de los proyectos con la tecnología BIM aún no es obligatoria en Estonia pero la sociedad de inmuebles Riigi Kinnisvara ha promovido, a partir de 2009, una iniciativa para actuar el BIM en los proyectos de las contrataciones públicas, basados en la actividad del Senate Properties finlandés. El desarrollo del BIM en este país aún se encuentra en fase

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

inicial. El manual publicado es solo una primera base bastante limitada de lo que ofrece potencialmente el sistema. La política adoptada en este país es aquella de implementar el uso tratando de obtener los desarrollos óptimos para el futuro.

2.3 Finlandia

En Finlandia el BIM es una realidad ya consolidada, habiendo superado este país desde hace ya tiempo la fase experimental. Efectivamente, a partir de 2001 la Senate Properties, hacienda gubernativa responsable del patrimonio inmobiliario del estado finlandés ha iniciado a usar proyectos pilotos para desarrollar y estudiar un número significativo de modelos paramétricos BIM. El proyecto de estudio denominado ProIT (Product Model Data in the Construction Process) de 2002 desarrolló un número importante de guías para el modelado. En 2007 el Senate Properties publicó además sus requisitos y guías que, en 2012 sustituyeron a los nacionales actualizándolos: Common BIM Requirements 2012 (COBIM). Estas guías representan un instrumento fundamental en la expansión del BIM y pueden ser desarrolladas solo por entes públicos que, en su necesidad de gestionar patrimonios inmobiliarios importantes, conocen perfectamente los beneficios que aporta una metodología que se coordine perfectamente entre todos los participantes del proyecto.

2.4 Alemania

En 2010, el Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), Instituto Federal para la Investigación en el campo de la Construcción, Urbanística y desarrollo del territorio, organizó un proyecto de estudio denominado BIM - Potentials and Barriers. Los resultados del sondeaje evidenciaron un desarrollo limitado del BIM y en general un comportamiento escéptico hacia este, debido a las barreras tecnológicas (hardware, software, interoperabilidad), económicas (falta de capital para la inversión), normativas (falta de estándar) y educativas (formación inadecuada) que obstaculan la adopción del BIM.

La guía denominada BIM Guide for Architects and Engineers realizada en 2011 está compuesta por tres partes: Parte 1: Panorámica BIM; Parte 2: BIM para la arquitectura y BIM para MEP; Parte 3: Catálogo de objetos BIM para la arquitectura y MEP. Basándose en esta guía se ha definido un programa para el desarrollo de la BIM Guide for Germany, una panorámica general de la nueva tecnología que engloba a todos los sujetos interesados.

El programa de estudio ZukunftBAU conducido por Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) que duró de diciembre 2012 a noviembre 2013 y terminó con la emisión de importantes guías ministeriales en los primeros meses de 2014. Actualmente no existe una directiva que obligue al uso del BIM en los proyectos públicos.

Este proyecto de estudio se propone aclarar la posibilidad de aplicar la nueva tecnología en la administración pública compatiblemente con el cuadro jurídico y normativo existente, realizando un catálogo con las medidas que adoptar. El proyecto pone en evidencia el potencial y los obstáculos del BIM evidenciando los problemas y las posibles soluciones derivantes del derecho de licitación y el derecho contractual.

2.5 Italia

Italia, aún no tiene una política BIM. Por este motivo se encuentra en una condición de retraso. En octubre 2012, Confindustria, Ance, Uni y el Politécnico de Milán, apelaron al

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

Gobierno proponiendo que se tomaran en consideración las medidas que incentiven el uso de los instrumentos BIM, de los estándares en el intercambio de información entre aplicaciones informáticas en el flujo de trabajos BIM y la fila de construcciones a través de la simplificación de las normas para así mejorar la situación actual en el proceso de las obras públicas.

Esta normativa obligada, en un mercado de construcciones como el italiano, caracterizado por la reducida dimensión de sus empresas y de los estudios de proyecto, restaría significado a la introducción de esta metodología, reduciéndola a una simple observancia burocrática. El Gobierno no impone el uso de la nueva metodología en ningún tipo de licitación.

2.6 Islandia

En 2007 la Icelandic Construction Technology Platform, instituyó el proyecto BIM-Iceland.

En 2008 la Government Construction Contracting Agency (GCCA), una agencia bajo el Ministry of Finance, que se ocupa de proyectos públicos, definió un grupo de cuatro personas para trabajar en la implementación del BIM en Islandia. El programa del Proyecto comprendía lo siguientes puntos: examinar cómo la metodología se ha implementado en los países nórdicos, en los Estados Unidos y en otros países; asentar un plan de implementación para Islandia y trabajar sobre éste durante los siguientes cinco años; dar seminarios y conferencias para llamar la atención sobre la nueva metodología; trabajar con el gobierno para crear normas y guías.

Islandia ha decidido también no escribir una guía propia sino pedir licencia a Finlandia para recibir y adoptar las guías del Senate Properties. De esta manera se ha producido el BIM Island, documento que muestra una panorámica de la metodología que permite a las empresas entender cómo se estructura el BIM. Actualmente el GCCA no obliga a usar los modelos BIM en la presentación de proyectos públicos en fase de licitación, pero sí después del concurso de licitación. La mayor parte de las empresas está usando esta oportunidad para acercarse y experimentar el nuevo enfoque de trabajo.

2.7 Noruega

En Noruega, en los últimos años el Norwegian Directorate of Public Construction and Property (Statsbygg) ha promovido el uso del BIM. La sociedad promueve el uso del BIM durante todo el ciclo de vida de los edificios y a partir de 2010 pide el uso de los estándares OpenBIM (IFC) para todos los proyectos.

En 2013 Statsbygg publicó el Statsbygg BIM Manual 1.2.1 que tiene como objetivo ilustrar los requisitos necesarios para adoptar el BIM y el formato IFC. Sea el equipo de proyecto que los coordinadores, y en general, todos los profesionales empeñados en el proceso de construcción, pueden acceder a dicho documento y utilizarlo además como guía para aquellos quienes desarrollan los softwares.

Además la Norwegian Home Builders' Association ha producido guías basadas en la experiencia del proyecto HIBO en forma de manuales del BIM denominado BIM User Manual. Dichos manuales están basados en los estándares noruegos NS8353 CAD que se coordinan con el National BIM Standard (NBIMS) estadounidense.

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

2.8 Países Bajos

En 2012, el Government Buildings Agency emitió la segunda versión del Rgd BIM Norm que se sustituyó con la última versión en febrero de 2013. La Rgd decidió usar el documento, por un lado para poder así controlar totalmente todo el patrimonio inmobiliario que administraba y, por otro, para poder disminuir la ineficacia del proceso edil, especialmente en la fase de mantenimiento y de funcionamiento.

La guía señala tres condiciones fundamentales para el uso del BIM: Cada elemento, físico o espacial, debe ser representado en modelo 3D; Las específicas funcionales se deben conectar a los elementos representados; Cada documentación e información edil requerido se debe poder extraer del modelo.

2.9 Reino Unido

El Reino Unido es uno de los países que más utiliza el BIM desde sus orígenes. El Gobierno asegura que la adopción difundida del BIM hará ahorrar un 15-20% del coste de los proyectos. Las directivas para adoptar el BIM se definieron en los documentos BIS BIM Strategy e Government Construction Strategy con los siguientes objetivos:

- Reducir el coste de las actividades y alcanzar una mayor eficacia operativa.
- Favorecer la eficacia en la hilera de construcciones;
- Crear un sector sobre el cual poder basar las expectativas de crecimiento.

El Gobierno inglés pedirá para el 2016 un proyecto BIM completo en las que todas las informaciones del proyecto, la documentación y los datos se encuentren en formato electrónico. A través del Cabinet Office, el gobierno británico publicó en mayo de 2011, un documento fundamental: el Government Construction Strategy, y un año más tarde, en julio de 2012 una nueva versión, el Government Construction Strategy - One Year On Report and Action Plan Update, que contiene progresos y objetivos conseguidos e implementa el programa de acción hasta 2014.

En 2009 fueron publicados documentos referentes al sistema BIM para ayudar a las empresas británicas en el pasaje del CAD a la nueva tecnología. Los últimos tres documentos son protocolos BIM basados en el documento principal que adoptan un lenguaje específico del software para el que se redactaron.

Por lo que respecta al ámbito BIM, el British Standards Institution (BSI) ha instituido un comité, el BSI B/555 committee cuya prioridad es entregar un programa completo de normas y documentos de orientación referente a la nueva tecnología. Los estándares emitidos por el BSI fueron y seguirán siendo de importancia fundamental para el desarrollo del BIM en el Reino Unido y en todos los países que deseen seguir esta dirección.

Gracias a los muchos Estándares emitidos por el BSI, el Reino Unido es uno de los estados con el nivel más avanzado en el desarrollo y la adopción de la tecnología BIM.

En noviembre 2011, el National Building Specification (NBS) anunció el desarrollo de la National BIM (Building Information Modelling) Library para la industria constructora del Reino Unido. La National BIM Library ofrece a los productores la posibilidad de codificar los "proprietary objects" a través de los nuevos estándares y de incluirlos al interno de la librería. Esto facilitará la sustitución de los objetos genérico con aquellos específicos de los

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

productores durante las fases de diseño haciendo aún más real y enriquecedor aquello que se visualiza en el modelo virtual de la obra.

En 2014 se publicó otro artículo, el NBS National BIM Report 2014, donde se examinan los siguientes cuatro puntos al interno del territorio nacional:

- Conciencia y uso del BIM desde 2010 hasta 2014;
- Los primeros cinco obstáculos a la hora de adoptar el BIM para las organizaciones más pequeñas;
- Comparación entre usuario BIM y otros usuarios;
- Uso del estándar por parte de los usuarios en el intercambio de información.

Los resultados ponen en evidencia que los diseñadores de proyecto del Reino Unido se están adaptando al uso del BIM. De hecho queda claro que se está llegando a una fase en la que el BIM se está convirtiendo en la norma, que su adopción puede traer ventajas concurrenciales y que el tiempo máximo de 2016 impuesto por el Gobierno es factible.

En septiembre de 2014 el CIOB publicó la quinta edición del Code of practice for Project Management para la construcción y desarrollo; La nueva versión aporta nuevas guías para integrar el BIM en cada fase del proyecto, evidenciando las fases de diseño preliminar y el tema de la sostenibilidad.

2.10 Suecia

El Swedish Standards Institute (SIS) publicó entre los años 1991 y 2013 una serie de guías Bygghandlingar 90 compuesta de ocho documentos que se proponen definir las normas específicas para la producción de los documentos de proyectos.

En 2010 SIS a través de un grupo de siete sociedades de constructores en colaboración con SBUF (Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond) organización sueca que se ocupa del estudio y desarrollo en el sector de la construcción, desarrolló una guía práctica llamada BIM för Byggmästare, que ayuda a las pequeñas y medianas empresas a utilizar el nuevo método BIM y a usarlo en sus proyectos. OpenBIM emitió en junio de 2013 el BIM - Standardiseringsbehov, con el objetivo de realizar una guía para nuevos usuarios BIM y promover su adopción.

Desde el 1 de enero de 2014 OpenBIM forma parte de una nueva organización llamada BIM Alliance Sweden que reúne tres de los principales entes que se ocupan de BIM en Suecia: las buildingSMART Sweden, fi2 Förvaltnings información y la misma OpenBIM, y que se propone unir sus recursos para así obtener mayores beneficios para todos los miembros de las organizaciones.

El gobierno sueco no considera obligatorio el uso del BIM para los proyectos públicos.

211 España

El objetivo principal del BuildingSMART (BuildingSMART Español) es aquel de promover la eficacia en el sector de las construcciones a través del uso de estándares abiertos al intercambio de información entre aplicaciones informáticas en el flujo de trabajo BIM y de los modelos comerciales que miran a la colaboración para alcanzar nuevos niveles de reducción de coste y tiempo de ejecución. En el congreso UUBIM 2013 se solevó la necesidad de

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

crear una iniciativa para desarrollar un manual de uso en lengua española para el BIM. El resultado de esta iniciativa denominada uBIM, es la guía desarrollada a través de la colaboración de casi 80 de ingenieros y arquitectos.

El 7 de octubre de 2014, la iniciativa uBIM presentó en la sede del instituto de Ciencias de la construcción Eduardo Torroja, la guía BIM, compuesta por 13 partes, basándose en los documentos Common BIM Requirements 2012 (COBIM) finlandeses, publicados gracias a la expedición de una licencia de publicación.

BuildingSMART española ha publicado además el primer número del Spanish Journal of BIM que contiene una introducción al método BIM y una serie de reflexiones relativas a casos de estudios o aplicaciones BIM. La biblioteca BIM on-line Bimetica representa una base de datos en continua evolución gracias a la participación activa de las empresas de construcción que introducen sus datos y las relativas actualizaciones.

Los profesionales tienen libre acceso a las informaciones de los productos, pueden descargar objetos BIM como las familias de Revit, Archicad, IFC, AECOsim, etc, y otras informaciones específica para el uso unos proyectos de construcciones.

3 AMERICA

3.1 Canadá

El Institute for BIM in Canada (IBC) conduce y facilita el uso coordinado del Building Information Modelling (BIM) en el proyecto, en la construcción y en la gestión del ambiente construido canadiense. Las prioridades de IBC incluyen un programa de sensibilización del uso del método BIM. En 2011 el IBC publicó en Environmental Scan of BIM Tools and Standards. En 2011 CanBIM comenzó un dialogo con el comité AEC (UK) para desarrollar un protocolo paralelo basado en el inglés.

El documento AEC (CAN) BIM Protocol publicado en octubre de 2012 se concentra principalmente en la adaptación de los estándares emergentes para la aplicación práctica y eficaz del BIM en Canadá, en particular en la fase de proyecto.

Los objetivos son: Mejorar la eficacia productiva a través de la adopción de un enfoque coordinado y coherente trabajando con esta tecnología; Definir los estándares y los ajustes que garantizan la consigna de datos de alta calidad y la producción de diseños coherentes como resultados de todo un proyecto; Garantizar que los archivos BIM se estructuren de manera correcta para permitir la condivision eficaz de los datos trabajando en un ambiente de colaboración entre equipos de varias disciplinas.

3.2 E.E.U.U. (Estados Unidos)

Los Estados Unidos son uno de los países donde el BIM se usa mayormente desde principios del nuevo milenio con un aumento en la difusión que tiene su pico más alto en torno a 2009-2010, con diferencias importantes entre las distintas partes del continente. El occidente sigue siendo la zona más a la vanguardia con una tasa de adopción global del 77%.

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

En 2003, la General Services Administration (GSA), a través del Public Building Service (PBS) Office of Chief Architect (OCA), estableció el programa nacional para el 3D-4D-BIM, publicando guías que describen el método de trabajo en la industria de la construcción. El GSA pidió, a partir de 2007, el uso del BIM para la “spatial program validation” antes de presentar el proyecto en el concurso de licitación. El GSA está explorando actualmente el uso de la tecnología BIM en todo el ciclo de vida de un proyecto publicando las siguientes guías con referencia a diversos sectores: 3D-4D BIM Overview; Spatial Program Validation; 3D Laser Scanning; 4D Phasing; Energy Performance and Operations; Circulation and Security Validation; Building Elements; Facility Management. El GSA es una presencia muy activa en el sector de la construcción, por tanto su fuerte defensa del BIM está destinada a influenciar toda la industria de arquitectura y construcción de los Estados Unidos y fortalecer su adopción global.

Lo United States Army Corps of Engineers (USACE) es la sección del ejército estadounidense especializada en ingeniería y proyectos. Formada por 37.000 personas entre civiles y militares, se trata de una de las mayores sociedades públicas de ingeniería.

La Engineer Research & Development Center (ERDC), organización del USACE que se ocupa del estudio y desarrollo en el ámbito de la ingeniería, publicó numerosos roadmaps relativos al BIM como referencia necesaria para los propietarios inmobiliarios y proyectistas en el desarrollo de los nuevos modelos.

En 2010 el Department of Veterans Affairs (VA) difundió la VA BIM Guide, un práctico instrumento para el trabajo de grupo sobre proyectos reales. En 2008 l’American Institute of Architects (AIA) emitió el AIA Document E202-2008 BIM Protocol Exhibit.

La Associated General Contractors of America (AGC) es la asociación líder para el sector edil que sostiene a los profesionistas de la construcción así como a los General Contractor, los contratistas especializados, los proveedores de servicios y productos. El documento The Contractor’s Guide to BIM se publicó con una primera versión en 2006 y fue sustituido con la segunda versión en 2009.

La “Los Angeles Community College District” (LACCD) se ocupa del proyecto y de la construcción de edificios sostenibles, además se ocupa de utilizar los instrumentos de Building Information Modeling para los proyectos, la construcción y la gestión de sus nuevos edificios de alta prestación y la actualización de implantes e infraestructuras existentes. La LACCD ha desarrollado guías que se atienen a los IT Standards, los proyectos sostenibles, el sistema CAD y los sistemas BIM, entre los cuales destacamos.

4 ASIA

4.1 Corea del Sur

Public Procurement Service (PPS), es la agencia que se ocupa de los servicios de las licitaciones públicas del Ministry of Strategy and Finance del gobierno coreano. PPS a partir de 2016 decidió adoptar la tecnología BIM como obligatoria en todos los proyectos del sector público y en todos los proyectos con un importe superior a los 50 millones de dólares.

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

En 2010 publicó la Architectural BIM Guide que se centra en la reducción de los gravámenes del mercado industrial derivados de la adopción de la nueva tecnología, objetivo que se alcanzará a través de un nuevo procedimiento de presentación de los proyectos públicos y utilizando el BIM en cada fase del proyecto.

El Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, otro ministerio del gobierno coreano, emitió en 2010, la National Architectural BIM Guide, con el propósito de reforzar el uso sistemático del BIM en el mercado interno e impositar los estándares prácticos y específicos para aplicar el BIM en cada organización o sociedad.

4.2 Hong Kong

A partir de 2006, La Hong Kong Housing Authority (HA) ha puesto en marcha el desarrollo de proyectos piloto basados en el BIM y ha pedido el uso de la nueva tecnología en todos los proyectos presentados a partir de 2014. A través de la realización efectiva del BIM, la HA se propone mejorar la calidad del edificio optimizando los proyectos. Se propone además favorecer el coordinamiento y la reducción de los residuos en la construcción.

Desde finales de 2009, para facilitar la adopción del BIM la Development and Construction Division (DCD), que encabeza la Housing Authority, ha emitido los siguientes documentos: (BIM Standards Manual; BIM User Guide; BIM Library Component Design; BIM Components References).

En mayo de 2014 la Hong Kong Institute of Building Information Modeling (HKIBIM) publicó un boceto de los primeros documentos llamados Building Information Model-Project Execution Plan (BIM PEP) que, junto a otros, comporrà los primeros Hong Kong BIM Standards.

El Hong Kong BIM Standard se basa en un set de cuatro documentos: Project Execution Plan (BIM PEP); Modeling Methodology; Level of Details (Level of Development); Component Presentation Style and Data Organization.

4.3 Singapur

La Building and Construction Authority (BCA) ha sido uno de los primeros entes gubernamentales empeñados en el desarrollo de la proyectación “model-based” incluso antes de que el término BIM fuese introducido. De echo, ya a principio de los '90 se empezó a trabajar en un proyecto que tenía que ver con el Code-checking llamado CORENET, financiado completamente por el gobierno y que se usaba exclusivamente para edificios representantes con un modelo.

En la actualidad la BCA impulsa a la industria a utilizar el BIM ampliamente para el 2015.

En 2011 la BCA Academy of the Built Environment introdujo una licenciatura específica en BIM así como cursos de BIM Modeling and Management. Actualmente cerca de 1200 profesionistas ya han obtenido estos permisos.

La Construction and Real Estate NETWORK (CORENET) se está centrando actualmente en Aportar servicios de información que consientan a las empresas acelerar los planes de procesos decisionales, Facilitar la presentación electrónica de los proyectos, el control y la

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

convalida de los procesos, Aportar un conjunto de estándares que mejore las comunicaciones empresariales.

A continuación se presentan las varias iniciativas dirigidas por el CORENET.IT Estándares. E-Catalogue, CORENET e-Submission System las guías BIM.

Desde el 25 de enero del 2011 la BCA comenzó a aceptar la presentación electrónica on-line de las entradas de arquitectura y las disciplinas de estructura y de los servicios tecnológicos a partir del 1 de abril de 2011.

Las BIM Guides toman referencia de dos tipos diferentes de documentos: la Singapore BIM Guide y las BIM Essential Guides. Las BIM Essential Guide Series aportan las referencias en materia de best practices BIM en un formato ilustrado, de fácil lectura, y que está pensado para los nuevos usuarios de Singapur. La serie se compone de seis documentos: BIM Essential Guide for: BIM Adoption in an Organization; BIM Execution Plan; for Architectural Consultants; for C&S Consultants; for MEP Consultants; for Contractors.

4.4 India

La RICS School of Built Environment en colaboración con la Amity University india, ha desarrollado un estudio en India sobre el uso del BIM que se concluyó en mayo de 2014, con la publicación del State of BIM Adoption and Outlook in India.

Más del 70% del patrimonio inmobiliario requerido en India está aún por construir. Este elevado volumen de construcción y la consiguiente urbanización prevé que se verificará cada vez más, en los próximos años, la necesidad siempre mayor de colaborar en el sector para alcanzar objetivos ambiciosos de manera sostenible. Precisamente el BIM puede ser un estímulo para el mercado indio a obtener los objetivos de productividad deseados.

5 OCEANIA

5.1 Australia

El Built Environment Digital Modelling Working Group (il Working Group) tiene como misión, desarrollar una industria australiana del ambiente construido capaz de adoptar modelos digitales y tecnologías integradas para responder a nuevas reglamentaciones, mejorar la eficacia, afrontar problemas ambientales y de ciclo de vida y aumentar la competitividad internacional. En 2012 publicó dos documentos muy importantes: El National BIM Guide; El BIM Management Plan Template.

Ambos documentos están relacionados dado que cualquiera que empiece un proyecto utilizando el método BIM tendrá que hacer referencia a la National BIM Guide y desarrollar un plan de gestión al inicio del proyecto, y este será el instrumento que guíe todo el proceso.

Además el Department of Veteran Affairs (U.S.A.), ha autorizado al National Specification System (NATSPEC) a adoptar su VA BIM Guide para el mercado australiano, instrumento útil y práctico en el trabajo de grupo sobre proyectos reales.

El buildingSMART Australasia publicó en 2012 la National Building Information Modelling Initiative, un reporte que acompaña al sector de las construcciones en una nueva y eficaz era caracterizado por el uso del BIM, aconsejando la colaboración entre industria y gobierno

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

australiano para promover iniciativas que aceleren este proceso. Las principales iniciativas son: Del 1 de julio de 2016 cada contratación pública de los nuevos edificios requerirán un modelo BIM basado en los estándares open BIM; Establecer un equipo de expertos a fin de supervisar un programa de 5 años en la contratación pública a partir de 2016; Crear proyectos pilotos.

6 CONCLUSIONES

Recapitulando se puede observar como no obstante todos los países hacen referencia al BuildingSMART los mismos han procedido autónomamente en la redacción de las guías sobre el uso del BIM, no sin excepciones. Forman parte de esta el Canadá que ha elaborado la propia guía sobre el protocolo del reino Unido y los siguientes dos grupos de países: España, Estonia e Islandia que hacen referencia al Senate Properties Finlandes y Australia, Alemania y Noruega que hacen referencia a las guías estadounidense.

Otro elemento importante es la diferencia en la emisión de normas, guías y reportes. Las únicas normas públicas resultan ser las BSI del Reino Unido y, naturalmente, las BuildingSMART. El Reino Unido se sitúa como país con mayor voluntad de influenciar las normativas europeas (Directiva Europea 2014/24/UE sobre contratación pública). Los demás países tienen un comportamiento más empírico y se han limitado a un enfoque menos sistemático redactando guías y reportes.

Conocer el estado en que se encuentra la técnica permitirá a los países que se encuentran aún a nivel embrional, ponerse al mismo nivel que los países guía en la aplicación, por ejemplo, de la nueva directiva de la Comunidad, que pone a disposición los análisis y los experimentos, para así sentar una de las bases del "Project Management". Este estudio muestra cómo sea posible un desarrollo continuo de la metodología BIM sólo en aquellos países en donde los Gobiernos y las Administraciones Públicas inviertan recursos significativos en la investigación y en la innovación.

Obviamente los resultados de los trabajos realizados se deben implementar de forma continua, por la actualidad del tema en constante evolución. En general, y a raíz de los resultados obtenidos, podemos emprender el estudio de una posible aplicación práctica.

7 REFERENCIAS

- [1] Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. (2011). BIM Handbook. A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. 2 ed. WILEY, Hoboken (New Jersey).
- [2] <http://www.aecbytes.com/feature/2012/Global-BIM.html>
- [3] <http://www.navigantresearch.com/newsroom/building-information-modeling-market-to-reach-6-5-billion-worldwide-by-2020>
- [4] <http://www.buildingsmart.org>
DINAMARCA:
- [5] <http://bips.dk/v%C3%A6rkt%C3%B8jsomr%C3%A5de/det%20digitale%20byggeri#0/english>
ESTONIA:
- [6] <http://www.rkas.ee/parim-praktika/bim>

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

- FINLANDIA:**
- [7] <http://www.senaatti.fi/en>
[8] <http://www.en.buildingsmart.kotisivukone.com/3>
- ALEMANIA:**
- [9] http://www.bbsr.bund.de/BBSR/EN/RP/FutureBuilding/3GeneralConditions/2013/BIMGuide/01_Start_dossier.html?nn=391866
- ITALIA:**
- [10] <http://www.iaiitalia.polimi.it/index.htm>
[11] <http://www.innovance.it/it>
- ISLANDIA:**
- [12] <http://www.fsr.is/English>
[13] <http://www.fsr.is/lisalib/getfile.aspx?itemid=7059>
- NORUEGA:**
- [14] <http://www.statsbygg.no/Oppgaver/Bygging/BIM/>
- PAISES BAJOS:**
- [15] <https://www.rijksvastgoedbedrijf.nl/onderwerpen/building-information-modelling/inhoud/rvb-bim-norm>
- REINO UNIDO:**
- [16] <https://www.gov.uk/government/publications/government-construction-strategy>
[17] <http://www.cic.org.uk/publications/>
[18] <http://www.bimtaskgroup.org/reports/>
[19] <http://www.rics.org/it/>
[20] <http://www.nationalbimlibrary.com/>
- SUECIA:**
- [21] <http://www.bygghandlingar90.se/hem/nyheter/>
- ESPANA**
- [22] <http://www.buildingsmart.es/>
[23] <http://bimetica.com/es/biblioteca-bim>
- CANADA:**
- [24] <http://www.abc-bim.ca/resources.asp>
[25] <http://www.canbim.com/>
[26] <http://www.buildingsmart.org/event/toronto-technical-summit/>
- E.E.U.U.:**
- [27] http://www.gsa.gov/portal/content/105075?utm_source=PBS&utm_medium=print-radio&utm_term=bim&utm_campaign=shortcuts
[28] <http://www.usace.army.mil/Home.aspx>
[29] <http://www.nationalbimstandard.org/>
[30] <http://www.aia.org/contractdocs/AIAB095933>
[31] <https://www.ashrae.org/resources--publications/free-resources/free-publications>
- COREA DEL SUR:**
- [32] <http://www.buildingsmart.or.kr/>
- HONG KONG:**
- [33] <http://www.housingauthority.gov.hk/en/business-partnerships/resources/building-information-modelling/index.html>
- SINGAPUR:**
- [34] <http://www.corenet.gov.sg/>
- INDIA:**
- [35] http://www.fig.net/pub/fig2014/ppt/ss36/ss36_kavanagh_7434.pdf
- AUSTRALIA:**
- [36] <http://www.industry.gov.au/Pages/default.aspx>
[37] <http://www.bim.natspec.org/>

**DISEÑO Y
CONSTRUCCIÓN CON BIM**

PONENCIA INVITADA
“BIM A LO LARGO DE LA VIDA DE UN PROYECTO”

Autor: Moracho, Jesus (1)

(1) BIM manager de la oficina de Arup en la sede de Madrid y formo parte del grupo de líderes BIM de la región europea de la empresa. Tengo experiencia en proyectos internacionales y he trabajado en diversas oficinas de Arup como Doha o Dublín. Poseo un Máster en BIM y diseño integrado por la Universidad de Salford en Manchester. Proyectos relevantes en los que he trabajado: Qatar Foundation Stadium en Doha, Facultad de Estudios Islámicos en Doha o Pabellón Puente de la Expo 2008, Zaragoza.

RESUMEN

Nuestro alcance BIM incluye desde la producción de planos en 2D, hasta la modelización y visualización 3D, análisis de ingeniería integrada, detección de conflictos y secuencia de construcción. Todos estos elementos suelen ser presentados en talleres periódicos con el cliente y ayuda a hacer realidad todos los beneficios de BIM en el proceso de diseño.

La escala y complejidad de los proyectos normalmente requieren la segregación del modelo BIM en numerosos modelos separados de las diferentes disciplinas (estructuras, instalaciones y civil) que componen un proyecto. El 100% de los sistemas y componentes de servicios estructurales y de construcción son modelados a niveles de detalle LOD 200-300, con actividades detalladas de clash detection y de resolución en todas las etapas de diseño para satisfacer los requisitos del cliente y poder llevar a cabo un proyecto clash free.

Arup también desarrolla plug-ins para mejorar la capacidad de cálculos en Revit y poder adaptarlo a nuestras necesidades, así como herramientas para optimizar el rendimiento y la velocidad de trabajo dentro de los modelos. También se han desarrollado estrategias para hacer interactuar entre sí y de forma eficiente, a los diferentes softwares con los que las diferentes disciplinas trabajan durante el modelado BIM.

Arup se caracteriza por trabajar en entornos virtuales, como plataformas Projectwise, para interactuar con equipos de arquitectura, como con el cliente o el contratista.

DE NUBES DE PUNTOS A MODELOS TRIDIMENSIONALES EN REVIT

Autor: Blasco Gimenez, Juan Jose (1)

(1) Escola d'Art i Superior de Disseny de Valencia juanjoblasco@gmail.com

RESUMEN

Esta comunicación pretende mostrar algunas aplicaciones y ejemplos realizados mediante herramientas y aplicaciones de fotogrametría aplicadas a edificios existentes, con el objetivo de obtener nubes de puntos mediante una técnica alternativa a la del scanner láser 3D. Para ello se analizan diferentes aplicaciones informáticas que mediante la realización de una serie de fotografías desde diferentes puntos de vista, permiten obtener de forma relativamente económica y fiable, conjuntos de datos que pueden ser importados y utilizados en aplicaciones BIM. Concretamente se utiliza el programa *Agisoft PhotoScan* para la reconstrucción del modelo y la generación de nubes de puntos, que posteriormente se insertan en *Revit* para la elaboración de modelos tridimensionales con los que poder documentar un proyecto arquitectónico. Se analizan a su vez otras aplicaciones o complementos, como *Autodesk ReCap*, que facilitan el proceso de análisis y revisión de la geometría del modelo, agilizando el procedimiento y reduciendo el tiempo necesario para obtener la planimetría del elemento de estudio.

Palabras clave: *Fotogrametría, Nubes de puntos, Point Clouds, Revit*

1 INTRODUCCIÓN

Ya desde su versión 2012 *Revit* y otras aplicaciones de Autodesk permiten la inserción de nubes de puntos captadas mediante escáneres láser como fuente de datos para la elaboración de geometría. El coste económico de adquisición de estos equipos es todavía alto, y aunque es posible su alquiler, el mayor problema estriba en el tratamiento de la ingente cantidad de datos obtenida a partir de la medición realizada. Por otro lado, los avances tecnológicos en el campo de la fotografía digital y el desarrollo del software ligado a la Fotogrametría Digital Automatizada [1] permiten obtener, con instrumental y medios asequibles a cualquier usuario, modelos tridimensionales a partir de sensores 3D pasivos, con niveles de detalle que en determinadas circunstancias pueden incluso igualar a los obtenidos mediante otras técnicas más precisas. En éste sentido, desde Autodesk, con el desarrollo en primer lugar de la aplicación *123DCatch* y más recientemente con *Photo on Recap 360* [2], se ha realizado un esfuerzo importante para la implementación de la fotogrametría en los flujos de trabajo del software de diseño que comercializan (Autocad, Revit, Inventor, etc...)

La implementación de las nubes de puntos en *Revit* ha generado, por otra parte, que empresas diferentes a los fabricantes de escáneres láser hayan desarrollado aplicaciones independientes para facilitar la gestión, análisis y el tratamiento de la información obtenida, ya sea mediante plug-ins integrados dentro de *Revit* o mediante otro software específico,

como es el caso de *Autodesk Recap*, que posibilita el tratamiento de nubes de puntos generadas tanto mediante instrumental de los principales fabricantes de escáneres (Leica, Faro, Topcon o Zoller+Fröhlich) como desde aplicaciones de restitución fotogramétrica.

2 CONTENIDO

Para realizar un análisis comparativo se han utilizado dos objetos arquitectónicos de tamaño medio, sobre los que se han realizado una serie de fotografías para obtener la restitución fotogramétrica de los mismos.

La metodología seguida se ha desarrollado en las siguientes fases:

- Adquisición de datos, mediante la realización de las tomas fotográficas de los modelos utilizando dos tipos de cámaras fotográficas distintas, ambas de uso en el ámbito doméstico.
- Obtención del modelo, mediante la generación de nubes de puntos con el software
- Conversión al formato adecuado para su uso con Revit
- Comprobación y validación de los resultados.

2.1 Adquisición de datos, generación y tratamiento de las nubes de puntos

En primera instancia se ha utilizado como modelo el edificio del Almodí de Valencia, limitando las fotografías a las fachadas de la Calle de l'Almodí y de la Plaza de san Luís Beltrán, puesto que las dimensiones de las dos calles restantes dificultaban la obtención de datos (Fig.1). La toma de datos ha consistido en 69 fotografías realizadas con la cámara de un Iphone 6, con unas dimensiones de 3264x2448 píxeles y una resolución de 72 ppp. Tras su tratamiento con *Agisoft PhotoScan* [3], se ha generado una nube de puntos densa de calidad alta y aproximadamente 15 millones de puntos, que teniendo en consideración las superficies de las fachadas, arroja una densidad de aproximadamente 3,5 pto/cm².

En el segundo caso de estudio, el modelo utilizado ha sido la Ermita gótica de San Roc de Ternils, en el municipio de Carcaixent. En éste caso, puesto que el edificio se encuentra exento, la toma de datos que se ha realizado ha consistido en 572 fotografías realizadas con una cámara Nikon Coolpix S4200, con unas dimensiones de 3264x2448 píxeles y una resolución de 300 ppp con las que se ha captado la totalidad del modelo. Por las limitaciones del hardware utilizado, en éste caso se han generado cuatro nubes densas de puntos (una por cada fachada), que finalmente se han fusionado en una única nube densa de aproximadamente 16 millones de puntos.

Las zonas que más dificultades planteaban a la hora de realizar la tomas de los fotopares necesarios eran las de las cubiertas por su inaccesibilidad, cuestión que hubiera podido subsanarse mediante otro tipo de instrumental accesorio, como el uso de drones [4].



Fig 1. Almudí. Nube de puntos. 2015. Elaboración propia

En ambos casos los modelos se posicionan respecto una red de apoyo consistente en un levantamiento topográfico realizado con una estación total Leica Flexline TS06, con una precisión de 2 mm+2 ppm, que se utiliza posteriormente para realizar comprobaciones y validar los resultados.

Para la obtención de las nubes de puntos se ha utilizado una estación de trabajo DELL Precision T3400, con un procesador Intel Core2 Quad Q9550 de 2.83 GHz y 4,00 GB de Memoria RAM instalada.

2.2 Conversión de la nube de puntos para su uso en REVIT

Una vez generadas las nubes de puntos, se realiza un estudio sobre los formatos de archivo soportados por las distintas aplicaciones, que se resume en la tabla siguiente:

Aplicación	Importa / Abre (nubes de puntos)	Exporta / Guarda	
		Modelo	Nube de Puntos
Agisoft PhotoScan	-	.obj, .3ds, .wrl, .dae, .ply, .dxf, .fbx, .u3d, .pdf, .kmz	.obj, .ply, .txt, .las, .u3d, .pdf,
Autodesk 123DCatch	-	.dwg, .fbx, .obj	-
Autodesk Recap	.rcs, .fls, .fws, .lsproj, .ptg, .pts, .ptx, .las, .zfs, .zfprj, .asc, .cl3, .clr, .e57, .rds, .txt, .xyz, .rcp, .pcg, .xyb		.rcs, .pts, .e57, .pcg
Autodesk Photo on ReCap 360	-	.obj, .rcm, .fbx, .ipm	.rcs
REVIT	.rcs, .rcp, .3dd, .asc, .d3, .clr, .e57, .fls, .fws, .ixf, .las, .las84, .mpc, .obj, .pcg, .ptg, .pts, .ptx, .rds, .rep, .rxp		

Tabla1. Comparativa formatos de archivos. 2015. Elaboración propia

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

De la tabla anterior se observa que la evolución de *Autodesk 123DCatch*, en su nueva versión *Autodesk Photo on ReCap 360*, además de objetos permite la exportación de nubes de puntos y se integra mejor con *Recap*, la aplicación profesional de Autodesk para la edición de nubes de puntos.

En el caso que no ocupa, habiendo generado las nubes de puntos con *Photoscan*, el archivo que mejor se integra en *REVIT* es el formato **.las**, que además guarda la información de color obtenida de las imágenes permitiendo su visualización. Para uso en *Revit* éste tipo de archivos necesitan ser procesados previamente para ser convertidos a un formato **.rcs**, y ello puede hacerse directamente desde el propio programa o utilizarse la aplicación *ReCap* [5], que aporta entre otras las siguientes funcionalidades de interés:

- Importar y unir varias nubes de puntos en un mismo archivo [6]
- Obtener información y coordenadas de puntos de la nube, así como medir distancias y ángulos
- Organizar la nube de puntos en diferentes regiones o vistas a modo de capas que pueden activarse o desactivarse de manera independiente [7]
- Modificar el modo de color con el que se visualiza la nube de puntos, entre RGB o gradientes de color (según la información de alturas, intensidad o valores de las normales)
- Generar diferentes cuadros de delimitación para exportar otras nubes de puntos, de menor tamaño o de diferentes características a la o las originales (Fig.2). [8]
- Seleccionar puntos mediante ventanas rectangulares, poligonales o planos.
- Eliminación de zonas o elementos no deseados de la nube de puntos.

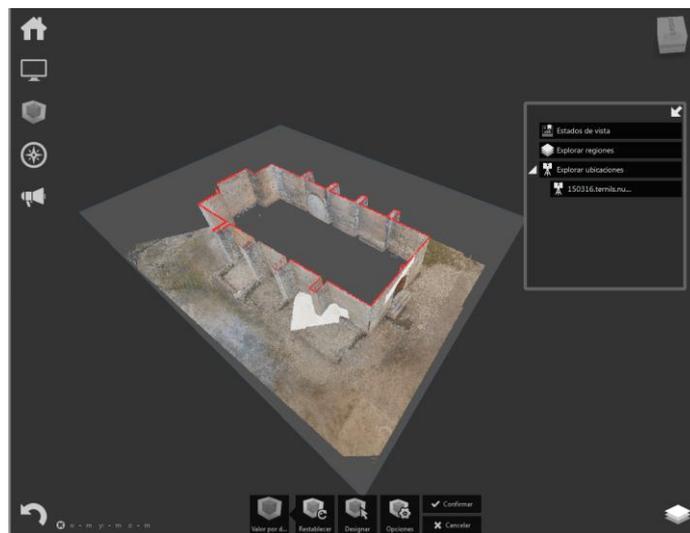


Fig 2. Ermita de Ternils. Obtención de secciones mediante cuadros de delimitación.
2015. Elaboración propia

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

Una de las funcionalidades más interesantes es la de selección de puntos pinchando directamente sobre puntos de la nube y la definición de una profundidad respecto el plano teórico definido por ellos, con un margen que puede oscilar entre 1 y 100 mm. [9]

En la figura 3, los elementos grafiados en color verde se corresponden con los puntos que tienen una tolerancia de ± 20 mm, y se deben no a errores en la propia nube, sino a la existencia de desviaciones en la verticalidad del muro.

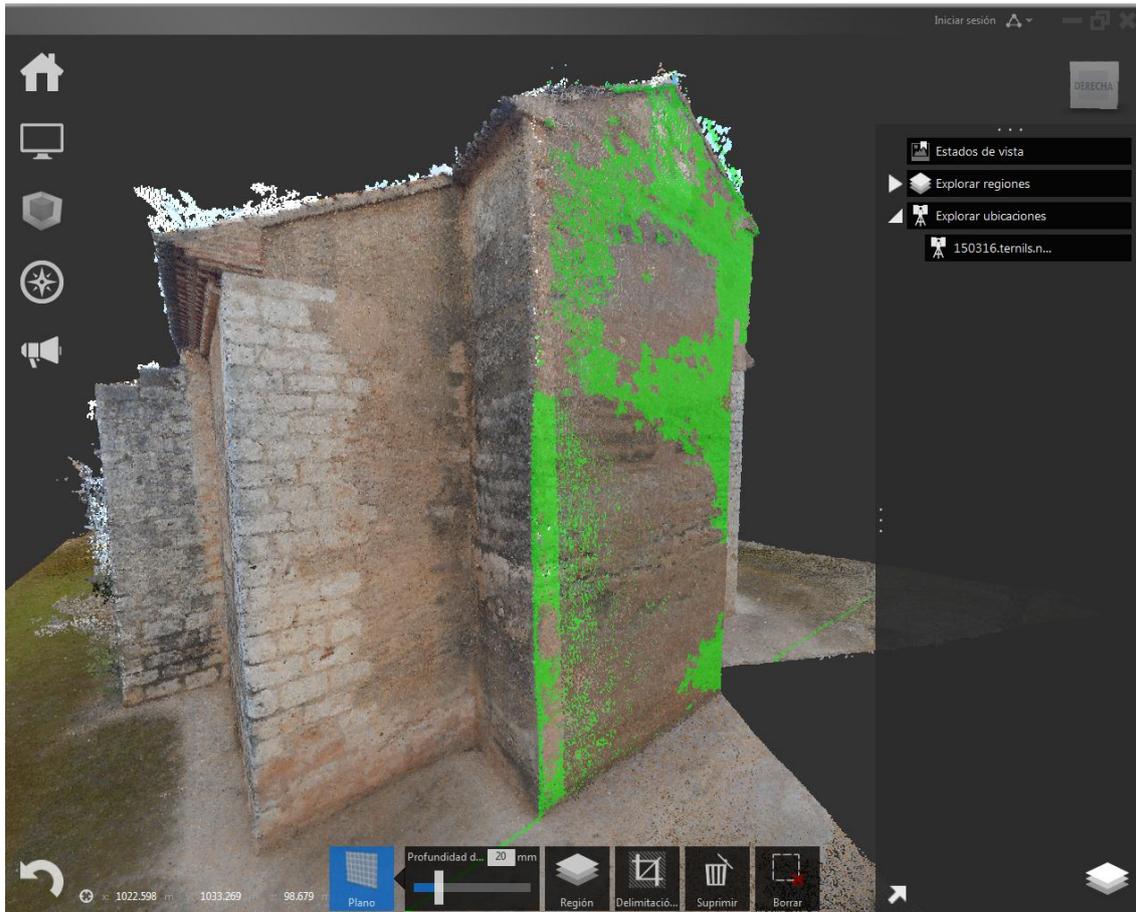


Fig 3. Ermita de Ternils. Nube de puntos de la fachada Oeste. 2015. Elaboración propia

2.3 Comprobación y validación de resultados

Durante el proceso de obtención de la geometría de los modelos en el programa de fotogrametría, se han utilizado puntos de control cuyas coordenadas son conocidas, obtenidos de los levantamientos realizados previamente. En el caso de la ermita de Ternils son 16 los puntos de apoyo ubicados a lo largo de las fachadas, obteniéndose un error promedio de 3 cm en total. En las fachadas del Almudí se han utilizado 13 puntos de control, y el error promedio obtenido es en total inferior a 2 cm.

Después de haber realizado el tratamiento adecuado a las nubes de puntos obtenidas, se insertan en Revit y se superponen con los archivos de los dos levantamientos topográficos realizados, siendo los resultados coherentes con los errores detectados anteriormente.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

En el caso de la Ermita de Ternils, donde la calidad de la nube es relativamente inferior a la nube obtenida para el Almudí, se aprecian desviaciones ligeramente mayores (del orden de 2 y 3 cm), mientras que en éste último caso las desviaciones son inferiores a los 2 cm (a pesar de que las imágenes se han tomado a menor resolución). En la figura 4 se aprecia un detalle de las desviaciones entre los puntos de la nube densa (en color azul) y los puntos del levantamiento realizado (en color rojo).

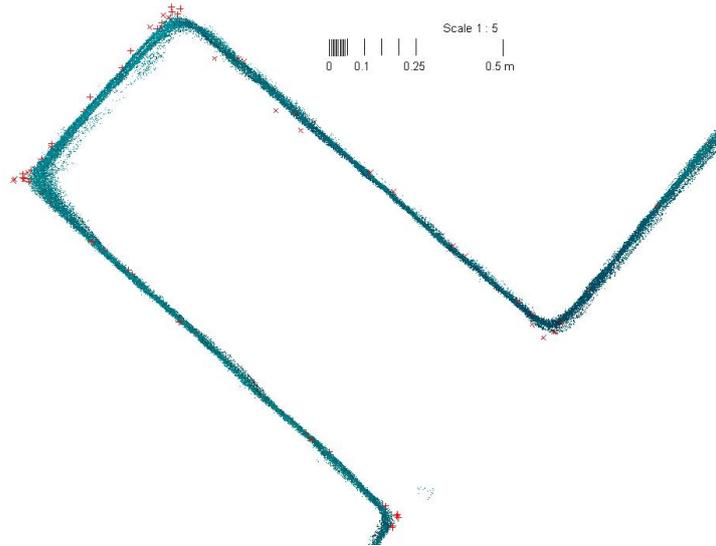


Fig 4. Ermita de Ternils. Tramo de la nube de puntos de la fachada Oeste. 2015. Elaboración propia

3 CONCLUSIONES

A pesar de los errores y desviaciones detectadas, propias del sistema con el que se han obtenido las nubes de puntos, los resultados pueden considerarse como válidos en ambos casos. Siendo la precisión inferior a la que se hubiera obtenido de haber utilizado un scanner 3D, donde se pueden asumir desfases de hasta 5 mm en el solape entre diferentes nubes de puntos, el resultado obtenido puede ser adecuado en función del objetivo que se pretenda conseguir, siendo cuestionable en aquellos casos en los que se requiera la máxima precisión. No obstante, cabe destacar que en éstos sistemas pasivos el límite lo impone la capacidad de procesamiento del ordenador utilizado, de tal modo que el número de píxeles de los fotogramas utilizados permitiría probablemente la obtención de una nube de puntos más densa que la aquí obtenida.

Cabe recalcar en éste sentido que el mayor problema con el que nos enfrentamos al modelar geometría en entornos BIM utilizando nubes de puntos, es la gran cantidad de información que se genera, lo que exige costosos equipos informáticos para su tratamiento y manipulación. En éste sentido el software *RECAP* ofrece una alternativa interesante, permitiendo obtener nubes de menor tamaño y por tanto más manejables.

Por otro lado la inversión económica necesaria para la elaboración de levantamientos mediante la Técnica de la Fotogrametría Digital Automatizada es más baja que en el caso del Laser Scanner, lo que la hace especialmente atractiva e interesante en determinados casos.

4 REFERENCIAS

- [1] Rodríguez Navarro, P. (2012). Fotogrametría Digital Automatizada (SFM) con apoyo aéreo de proximidad. *XI Congreso Internacional. Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación*. Valencia.
- [2] Autodesk, Inc. (2014). Disponible en <http://recap360.autodesk.com/#home>
- [3] Agisoft Photoscan Professional Edition. Version 1.0.3 build 1832 (64 bit)
- [4] Rodríguez Navarro, P., & Cabezos Bernal, P. M. (2014). Aplicaciones de la cámara GoPro para la toma de datos de arquitectura. *XII Congreso Internacional Expresión Gráfica aplicada a la Edificación*, (págs. 104-113). Valencia.
- [5] Autodesk, Inc. (2014). Autodesk Recap (IB3)
- [6] Autodesk ReCap. Create New Project – Getting Started with Autodesk ReCap. (20 de Mayo de 2014). (Consultado el 03-03-2015). <http://youtube.es>. Disponible en : https://www.youtube.com/watch?v=dN2QKqSsoul&index=17&list=PLQOxJKble-74Rij8eZI4I8RH_zg1Jci1E
- [7] Autodesk ReCap. Using Regions - Getting Started with Autodesk ReCap. (20 de Mayo de 2014). (Consultado el 03-03-2015). <http://youtube.es>. Disponible en : https://www.youtube.com/watch?v=K5Ox3dsvmk&index=21&list=PLQOxJKble-74Rij8eZI4I8RH_zg1Jci1E
- [8] Autodesk ReCap. Limit Box – Getting Started with Autodesk ReCap. (20 de Mayo de 2014). (Consultado el 03-03-2015). <http://youtube.es>. Disponible en : https://www.youtube.com/watch?v=kbaotjvaq-w&list=PLQOxJKble-74Rij8eZI4I8RH_zg1Jci1E&index=20
- [9] Autodesk ReCap. All about selection – Autodesk ReCap Tutorial. (20 de Mayo de 2014). (Consultado el 03-03-2015). <http://youtube.es>. Disponible en : https://www.youtube.com/watch?v=9-gBLp_gEU4&index=14&list=PLQOxJKble-74Rij8eZI4I8RH_zg1Jci1E
- [10] Garcia Valdecabres, J., & Salvador García, E. (2014). La necesidad de la nube de puntos para el modelado BIM de elementos complejos. *2º Congreso Nacional BIM*, (págs. 88-99). Valencia.
- [11] Rodríguez Navarro, P. (2012). La fotogrametría digital automatizada frente a los sistemas basados en sensores activos. *EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica*, nº 20 (págs. 100-111). Valencia.
- [12] Foster, J. (s.f.). BIM, The built Environment and Stuff (blog). (consulta 03-03-2015). Disponible en: <http://frombulator.com/2013/09/3-myths-about-laser-scanning-architecture-and-the-built-environment/>.
- [13] Agisoft LLC. (2014). Agisoft PhotoScan User Manual Professional Edition, Version 1.1. Disponible en <http://www.agisoft.com/downloads/user-manuals/>

EL BIM EXECUTION PLAN COMO HERRAMIENTA DE SISTEMATIZACIÓN Y CONTROL EN LA REDACCIÓN DE PROYECTOS CON TECNOLOGÍA BIM EN ESPAÑA

Autor: Mora Pueyo, Augusto (1)

(1) Arquitecto. Profesor de proyectos de edificación en CPIFP Pirámide (Huesca). amorap@educa.aragon.es

RESUMEN

En el presente trabajo se define que es un BIM Execution Plan (en adelante BEP) y el papel que puede desempeñar este documento en la implantación del BIM y en la mejora de la calidad de los proyectos de edificación en España, como concreción y aplicación de las normas, estándares o recomendaciones a un proyecto dado.

Se analiza el marco legal o normativo relativo al BIM existente en España y en qué fase o nivel y en que ámbito pasa a formar parte el BEP de dicho marco.

Se estudia el BEP como documento pre-contractual del proyecto, en especial sus condicionantes sobre la contratación del equipo de trabajo y como documento pos-contractual, y las características más relevantes que debe reunir en esta fase, como la precisión, la sencillez o la flexibilidad.

Por último se estudia la influencia y relación mutua entre el BEP y la forma de contratar los trabajos.

Palabras clave: *contratación BIM, gestión BIM, planificación BIM, requisitos BIM.*

1 INTRODUCCIÓN

“If you fail to plan, you are planning to fail”.

Benjamin Franklin.

La irrupción en el desarrollo de proyectos de construcción de la tecnología BIM implica un cambio de paradigma en la forma en la que se llevan a cabo las diversas tareas que hay que desarrollar respecto a la forma tradicional.

El hecho de que el BIM suponga la construcción virtual de un edificio simulando lo que más adelante se llevará a la realidad, implica el trabajo simultáneo y la colaboración de numerosos especialistas, puesto que la construcción es una actividad compleja en la que intervienen múltiples disciplinas y áreas de conocimiento, de imposible dominio para una sola persona.

Trabajar con BIM implica trabajar con un modelo 3D del edificio repleto de información agregada, de forma que ya no se puede hablar sólo de tres dimensiones, sino de muchas más que aparecen a consecuencia de toda esa información extra añadida, fruto del trabajo de los miembros del equipo de proyecto. Esta forma de proceder es más compleja y entraña más riesgos si no se lleva a cabo de forma adecuada, puesto que una de las principales características del BIM es precisamente la de compartir información entre los distintos

agentes del proyecto y poder extraer cada uno los datos que considere necesarios para su trabajo, como afirma Mitchell [1] para el caso particular de las mediciones.

Para que esa colaboración sea realmente eficaz y se alcancen los resultados esperados, es preciso planificar y coordinar correctamente la intervención de todos y cada uno de los implicados en la operación.

El objeto de esta investigación se centra en la planificación operativa que debe hacerse para resolver un proyecto de construcción usando tecnología o flujos de trabajo basados en BIM, desde la formulación del encargo hasta la entrega del modelo o modelos BIM acabados y en cómo puede ayudar ese documento de planificación a la sistematización y al control de calidad de los proyectos.

En los países donde la tecnología BIM está más implantada que en España, esta planificación queda plasmada en un documento que se conoce como BIM Execution Plan y se suele designar por sus siglas: BEP.

Aunque la designación más extendida es la de BEP (BIM Execution Plan), adoptada por organismos como la universidad de Georgia Tech, la de Princeton, "The construction Users Roundtable", el Building Information Modelling Task Group, el Building Construction Authority de Singapur, el State Architect's Office de Ohio, el MIT... hay muchas otras, si bien todas parecidas, por ejemplo la Universidad de Pennsylvania, la Western Michigan University, el US Army Corps of Engineers o el National BIM Standard lo denominan BIM Project Execution Plan, NATSPEC o el Australian Institute of Architects lo denominan BIM Management Plan.

En cualquier caso la idea fundamental de hacer una planificación del proyecto BIM es la creación de un marco específico de trabajo para un proyecto concreto [2]. Las normas y estándares están por encima del BEP, son más generalistas, establecen unos criterios o requisitos más ambiguos y que es preciso concretar y desarrollar pormenorizadamente para cada proyecto. El BEP supone la adaptación y acercamiento de las normas y estándares generales a un proyecto determinado, definiendo procesos y procedimientos operativos específicos, y plasmándolos en un documento público para conocimiento de todos los implicados en el desarrollo de ese proyecto.

Desde ese punto de vista, el BEP supone un paso más en la normalización [3] y en la calidad [4] [5], un documento marco de referencia que sirve de guía para el desarrollo del proyecto con herramientas BIM y en último término una ayuda para la implantación y difusión del BIM.

2 DEFINICIÓN. BEP Y GESTIÓN DEL PROYECTO.

The Construction User Roundtable (CURT) define el BIM Execution Plan como un documento de planificación, seguimiento y control de las diversas tareas relacionadas con los modelos y flujos de trabajo BIM que deben llevar a cabo los distintos miembros del equipo de proyecto [6].

Conforme a Needham y Bull [7] el BEP no es la única planificación del proyecto. Es habitual que haya una planificación estratégica previa por parte del promotor o por el project

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

manager, el BEP es una planificación táctica o metodología, de cómo alcanzar los objetivos estratégicos con herramientas concretas. Partiendo de los postulados de la planificación estratégica, de los objetivos y requisitos principales, el BEP establece como alcanzarlos usando la metodología BIM.

Dado que el proyecto realizado con BIM se fundamenta en un edificio virtual sobre el que cada miembro del equipo va incorporando sus aportaciones, es necesario definir unas normas para que el trabajo sea coherente.

Needham y Bull formulan esas preguntas como:

¿quién? (Equipo de proyecto, roles y responsabilidades, jerarquías...),

¿qué? (metas y objetivos del proyecto, modelos entregables...),

¿cuándo? (programa o planificación del trabajo en fases y modelos entregables relacionados a cada fase),

¿cómo? (herramientas y uso de las mismas, intercambio de información, infraestructura tecnológica disponible, normas y estándares...),

¿por qué? (requisitos contractuales, estrategia de contratación del proyecto...)

Las respuestas a estas preguntas no son sencillas porque un proyecto es complejo, cada proyecto es único y además evoluciona, pero sí que es preciso establecer un marco de trabajo que de cierta seguridad en el desempeño a todos los implicados.

El BEP debe dar respuesta a esas preguntas, sin perder de vista que esas cuestiones afectan directamente a la gestión del proyecto, independientemente de que se usen metodologías BIM o no, por lo que es necesario que el project manager revise o se involucre de alguna forma en la redacción y supervisión del BEP.

3 LAS VENTAJAS DEL BEP

Las ventajas de una planificación en el uso del BIM en los proyectos de construcción queda evidenciada por su adopción generalizada en muchas administraciones e instituciones, como el Ohio Department of Administrative Services (OhioDAS), Building Construction Authority of Singapur (BCA), múltiples universidades estadounidenses...

Plantear el desarrollo de un proyecto con BIM a través de un BEP incide de forma muy positiva en el proyecto, tal y como recoge OhioDAS (Ohio Department of Administrative Services) en su protocolo BIM [8]

- Establece una metodología común para relacionar los requisitos del cliente con los niveles de detalle o desarrollo del modelo.
- Fomenta la adopción del BIM por los proveedores de servicios y productos para responder a los requisitos de los clientes.
- Facilita la estandarización de los requisitos del cliente.
- Mejora los métodos de entrega del proyecto o prestación del servicio para todos los participantes e interesados en la operación.
- Se incrementa la cantidad y calidad de la información agregada al modelo.

- Aumenta el valor y el beneficio para los propietarios y la Administración.

También hay investigaciones que profundizan en el estudio de las ventajas del uso del BEP.

El Computer Integrated Construction Research Program [9] de la Pennsylvania State University, describe una serie de ventajas:

- Todas las partes comprenden y comunican los beneficios estratégicos de implementar el BIM en el proyecto.
- Las distintas organizaciones conocen sus funciones y responsabilidades.
- El equipo es capaz de diseñar un proceso de ejecución ajustado a la organización y forma de trabajo de cada miembro.
- Se pueden prever recursos adicionales necesarios para implantar con éxito el uso del BIM, tales como formación u otros.
- El Plan puede establecer requisitos para futuros participantes que se tengan que incorporar al proyecto.
- Se pueden especificar requisitos contractuales de forma muy precisa para asegurar el cumplimiento de las obligaciones de los contratistas.
- El plan permite hacer un seguimiento de los logros parciales o hitos a través del proyecto.

Chitwan Saluja [10] ha estudiado profundamente los mapas de procesos para planificación BIM en proyectos de construcción, y en su obra quedan reflejadas otras grandes aportaciones del BEP a la consecución exitosa de los proyectos de construcción como son:

- Trazabilidad: el BEP define la gestión de los procesos BIM del proyecto, permite saber quién es el autor de cada parte o documento del proyecto, cuando se ha desarrollado, cuál es la última versión y que cambios ha sufrido, de forma que puede conocerse toda la evolución del trabajo para poder tomar decisiones relacionadas más adelante.

Y una última ventaja de gran trascendencia es el **carácter didáctico, de mentalización y de divulgación de la tecnología BIM que tiene el BEP**, pues hace que todos los implicados tengan claro cuál se pretende que sea el resultado final y lo que tiene que hacer cada uno para conseguirlo, minimiza los errores y maximiza el rendimiento.

4 MARCO NORMATIVO DEL BIM EN ESPAÑA Y ENCUADRE DEL BEP

Aunque la tecnología BIM lleva ya unos años implantada en varios países, en España es todavía una forma de trabajar los proyectos poco desarrollada.

La forma habitual de regular el BIM se estructura en varios niveles, de lo general a lo particular.

- Nivel 1: Directrices o recomendaciones

Este primer nivel, el más generalista, estaría constituido por documentos tipo guía, recomendaciones o directrices. La misión u objetivo de este tipo de documentos sería la de servir de base común para el desarrollo de normas y estándares por diversos organismos o instituciones, de forma que se consiguiera una cierta homogeneización inicial de contenidos.

En España recientemente se ha desarrollado la Guía de usuarios BIM (GUS-BIM) [11] basada en el COBIM 2012 [12] de Finlandia y elaborada a través de la iniciativa uBIM que nació en el seno del congreso EUBIM 2013. Esta iniciativa ha basado su funcionamiento en grupos de trabajo de voluntarios a lo largo de los años 2013 y 2014. Se compone de 13 documentos que establecen recomendaciones genéricas a seguir en la aplicación de metodologías BIM sobre diversos aspectos del proyecto como modelo arquitectónico, modelo estructural, extracción de mediciones, modelado de instalaciones y sistemas, gestión del proyecto, aseguramiento de la calidad o análisis energético entre otros.

- Nivel 2: Normas y estándares.

El segundo nivel sería el de los documentos tipo norma o estándar, tienen un nivel de concreción mayor que una directriz o recomendación, y llegan a ser vinculantes u obligatorios en algunos casos. Siguen siendo documentos generales, con aplicación sobre muchos proyectos, y en general elaborados por una administración, organismo o similar que exige su aplicación en un determinado ámbito.

En este momento, marzo de 2015, no se ha desarrollado todavía ninguna norma o estándar BIM en España. Recientemente en el European BIM Summit celebrado en Barcelona a mediados de febrero de 2015, se elaboró el manifiesto BIMCAT, en el que se establecen una serie de objetivos para los años 2015 a 2020 para crear un marco normativo para Cataluña en materia de BIM.

- Nivel 3: BEP o BIM execution plan

En el tercer nivel se situaría el BEP, BIM Execution Plan, como aplicación de las normas y estándares a un proyecto particular y con validez exclusivamente para un proyecto. A nivel pre-contractual, todavía son desconocidos muchos de los aspectos del proyecto, por lo que en esta etapa, el BEP queda reducido a una plantilla o formato que deberá completarse para convertirse en un documento plenamente operativo y adaptado a la realidad concreta del trabajo. En general, diversas organizaciones suelen preparar su propia plantilla BEP que usan como condicionante para la contratación.

En España, al no existir un conjunto de normas o estándares, no existe un marco normativo desarrollado que permita elaborar un BEP o una plantilla o formato del mismo con vocación generalista o de convertirse en un estándar o un documento base que pueda servir, adaptándolo convenientemente, a proyectos concretos. La existencia de plantillas BEP queda entonces limitada al ámbito concreto y particular de algunas compañías o empresas que lo usen a nivel interno.

5 ¿CUÁNDO SE PREPARA EL BEP?

Hay dos momentos en los que debe aparecer necesariamente la figura del BEP en el proceso del proyecto si se quiere tener cierta garantía de éxito y que realmente el BEP sea un documento útil que aporte valor:

- antes de la contratación de los miembros del equipo: BEP Pre-contractual.
- después de la contratación de los miembros del equipo: BEP Pos-contractual.

En el primer momento, el BEP previo a la contratación actúa como un pliego de condiciones para que todo aquel que se presente sepa que tendrá que adaptarse a la forma de trabajo que en ese documento se establezca.

Hay muchos organismos e instituciones que han desarrollado su BEP pre-contractual tipo, plantilla o modelo y exigen su incorporación a cualquiera que vaya a contratar con ellos el desarrollo de algún proyecto. Es un filtro de selección de empresas con una estructura y forma de trabajo que los habilite para usar el BIM e integrarse en un equipo con unas directrices claras y comunes para todos. Las condiciones que se planteen en este BEP pre-contractual deben ser acordes al alcance y naturaleza del proyecto. Exigir más o menos requisitos de los necesarios puede provocar que se seleccionen empresas de características inadecuadas.

En el segundo momento, el BEP se prepara una vez que se ha contratado, recogiendo las peculiaridades de cada una de las empresas, por tanto es más preciso y realista. En esta fase, el BEP inicial se convierte en el documento operativo que será utilizado durante el proyecto.

Ambas etapas del BEP son clave: la ausencia de uno de ellos puede dificultar la existencia de un BEP real y operativo.

6 CARACTERÍSTICAS DE UN BEP

Como ya se ha comentado, el BEP es un documento bifásico, una primera fase pre-contractual, a modo de pliego de condiciones de contratación, y una segunda fase post-contractual, operativa.

Las características más relevantes que debería tener el BEP a nivel pre-contractual serían:

- El BEP debe ser completo:

El contenido del BEP debe cubrir todas las intervenciones de cualquier clase que vayan a repercutir en el modelo. Es aconsejable seguir un procedimiento sistemático de análisis del proyecto para no olvidar ningún aspecto importante, y a medida que el número de proyectos que se desarrolla de esta forma se incrementa, se enriquece la base de conocimiento y se adquiere experiencia en la redacción de planes de ejecución BIM.

Todo este conocimiento y experiencia es recomendable plasmarlos en una plantilla que sirva de base para futuros desarrollos, y esa plantilla se va completando y enriqueciendo con nuevas aportaciones, de forma que cada nuevo BEP es más completo que el anterior.

- El BEP debe ser realista, proporcionado y equilibrado

Como cualquier planificación, en el BEP deben programarse y asignarse las tareas teniendo en cuenta los recursos disponibles. Esos recursos, además del tiempo, incluyen también a las personas, sus conocimientos y las herramientas que manejan [13]. El BEP debe ser sencillo, sin extenderse, yendo a lo concreto y operativo.

Quien asuma la tarea inicial de preparar el BEP debe conocer bien los requisitos del proyecto, para exponerlos y que los posibles contratistas sepan qué se les va a exigir, lo

que se conoce en el mundo anglosajón como EIR (Employer's Information Requirements) y cuyas bases para el BIM han sido definidas por el BIM Taskgroup británico [14].

Otros organismos, como el CURT americano (Construction Users RoundTable www.curt.org), también hacen hincapié en la importancia de la definición de los requisitos para el equipo de trabajo [15]

Hay que definir los objetivos estratégicos del proyecto [16], el presupuesto disponible y los requisitos exigibles de forma realista y proporcionada, si cualquiera de las tres no está en consonancia y no son realistas, los resultados finales pueden verse comprometidos.

Una vez que se ha procedido a la contratación ya se conocen las empresas que van a formar parte del equipo de trabajo y sus características, y puede prepararse un documento operativo adaptado a la realidad de los medios disponibles. A partir de este momento el BEP debe completarse con las siguientes características:

- El BEP debe ser preciso:

El BEP es un documento que se redacta para que todo el mundo tenga claro que tiene que hacer, cuando y como. La concreción y precisión se tienen que traducir necesariamente en un documento sencillo, claro y conciso, que dé confianza y fiabilidad.

Si se utiliza una plantilla debe adaptarse y personalizarse al proyecto concreto, para determinar con precisión los aspectos aplicables y eliminar aquellos que no lo sean.

La precisión debe alcanzar múltiples aspectos:

- Precisión en la asignación de las tareas a cada miembro del equipo. En este sentido es habitual que el BEP incluya una matriz o mapa que cruce las tareas con los agentes [17] [18]
- Precisión en el alcance. También en este caso la forma más habitual de definir el alcance o nivel al que debe desarrollarse cada tarea suele ser mediante una matriz en la que se especifica el nivel de desarrollo (LOD) que debe tener cada parte del modelo, como por ejemplo la de la Sección H del USACE BIM PROJECT EXECUTION PLAN (USACE PxP) [19] o incluso en documentos contractuales como los modelos E202-2008, E203-2013, G202-2013 del American Institute of Architects (AIA)
- Precisión en los plazos. Se realiza una programación de las tareas y se establecen una lista de fechas para los hitos principales del proyecto, por ejemplo como se define en el punto 3.2 de la plantilla Post Contract-Award Building Information Modelling (BIM) Execution Plan (BEP) [20]
- Precisión en el control. La mayoría de las plantillas y guías para redactar un BEP proponen un plan de control de la calidad de los modelos, por ejemplo la plantilla del Massachusetts Institute of Technology, en su apartado nº 10 define cuatro niveles de comprobación en todos los envíos (visual, de interferencias, de normas / estándares y de integridad del modelo) y comprobación de tolerancias dimensionales de los modelos.
- Precisión en los medios, herramientas o formatos utilizados. Es vital que el BEP defina las versiones de software, formatos de ficheros de intercambio, convenciones de nombres, unidades y coordenadas... para que la integración del trabajo de los colaboradores sea

óptima. En el ya citado Post Contract-Award Building Information Modelling (BIM) Execution Plan (BEP), en su apartado nº 5 quedan recogidos todos estos puntos comentados.

7 LA INFLUENCIA DE LA FORMA DE CONTRATACIÓN

De forma resumida, y a grandes rasgos, pueden establecerse dos formas generales de contratación y desarrollo: secuencial o integrada.

A) Forma secuencial o “tradicional”. Diseño - Licitación - Construcción (DBB Design-Bid-Build).

En un escenario tradicional, el proceso de edificación se caracteriza habitualmente por un desarrollo secuencial en tres fases: diseño, licitación y construcción.

Los procesos BIM se usarían durante la fase de diseño, momento en el que todavía no se conoce a los contratistas de la ejecución, por lo que no se podrán implicar en el proyecto. El BEP abarcaría sólo la fase de diseño, y esta culminaría en un modelo BIM completo y desarrollado hasta un determinado nivel.

No obstante el BEP podría prever y establecer requisitos para la intervención posterior de nuevos agentes.

B) Escenario integrado IPD (Integrated Project Delivery)

En un escenario de desarrollo del proyecto bajo un enfoque IPD, el proyecto se lleva a cabo con implicación desde el primer momento de todos los agentes que intervendrán en fases posteriores como la construcción o incluso el mantenimiento. Es un escenario colaborativo, y por ello resulta imprescindible el uso de técnicas que ayuden en esa colaboración, como el BIM, y definir muy bien los aspectos operativos para llevarla a cabo eficazmente, aspectos que son el objeto del BEP.

Los diferentes modelos y plantillas de BEP que se usan en diversos países y organismos suelen estar redactados y enfocados precisamente hacia la forma de contratación o trabajo integrados.

8 CONCLUSIONES

A la vista de lo expuesto, queda demostrado que el BEP es el instrumento más utilizado para planificar proyectos con herramientas BIM en los países y organismos donde está implantado su uso de forma bastante generalizada.

Es importante comprender dos cuestiones fundamentales:

- El BEP supone una planificación táctica que no sustituye a la planificación estratégica del proyecto que necesariamente debe hacer el promotor.
- La existencia del BEP se plantea en dos fases: una fase pre-contractual en la que sirve como pliego de condiciones de contratación, y una fase post-contractual donde se planifican detalladamente las diferentes tareas que deberán abordar cada uno de los miembros integrantes del equipo. Ambas fases son necesarias y complementarias.

El BEP aporta numerosas ventajas en la operativa del proyecto, pero quizás una de las más importantes sea la labor de divulgación o concienciación entre los distintos agentes implicados, lo que lo puede convertir en un instrumento de fomento del uso del BIM en aquellos entornos en los que todavía no es muy usado.

9 REFERENCIAS

- [1] Mitchell, D. (2012). THE 5D QS: TODAY'S METHODOLOGY IN COST CERTAINTY. In 2012 RICS COBRA. Las Vegas, Nevada USA.
- [2] Princeton University (2012). Princeton University BIM Execution Plan Template. Pág 1.
- [3] Howard, R., Björk, B.-C., (2008). Building Information Modelling – Experts' Views on Standardisation and Industry Deployment. Advanced Engineering Informatics 22, 271–280.
- [4] US Army Corps of Engineers, USACE (2010). USACE BIM PROJECT EXECUTION PLAN. Section J.
- [5] Building Construction Authority of Singapur, BCA (2013). BIM Essential Guide for BIM Execution Plan. Appendix C.
- [6] The Construction Users Roundtable, CURT (2010). BIM Implementation: An Owner's Guide to Getting Started. Pag.7.
- [7] Needham, C., & Bull, S. (2012). BIM in practice. P BIM Management Plans. Australian Institute of Architects. Pag.5.
- [8] Ohio Department of Administrative Services. (2011). State of Ohio Building Information Modeling Protocol.
- [9] Computer Integrated Construction Research Program. (2010). "BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.0." June 15, 2010 The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA.
- [10] Saluja, C. (2009). A PROCESS MAPPING PROCEDURE FOR PLANNING BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) EXECUTION ON A BUILDING CONSTRUCTION PROJECT. Pennsylvania State University.
- [11] Guía de Usuarios BIM. (2014). Building Smart Spanish Chapter. <http://www.buildingsmart.es/index.php/ubim/documentos-ubim>
- [12] BuildingSMART Finland. (2012). Common BIM Requirements 2012. <http://www.en.buildingsmart.kotisivukone.com/3>
- [13] Churcher, David, Mervyn Richards, Paul Shillcock, and David Throssell (2013) Pre-Contract-Award Building Information Modelling (BIM) Execution Plan (BEP). Pag. 8.
- [14] BIM Taskgroup, 2013. Employer's Information Requirements.
- [15] The Construction Users Roundtable, CURT (2010). BIM Implementation: An Owner's Guide to Getting Started. Pags.10 y 11.

-
- [16] Churcher, David, Mervyn Richards, Paul Shillcock, and David Throssell (2013) Pre-Contract-Award Building Information Modelling (BIM) Execution Plan (BEP). Pag. 10.
- [17] Indiana University, U.A.O., (2009). BIM Execution Plan Template. Collaborative Process Mapping. Pag.3.
- [18] Georgia Tech University (2011). Georgia Tech BIM Execution Plan Template. Pag 6.
- [19] US Army Corps of Engineers, U. (2010). USACE BIM PROJECT EXECUTION PLAN. Section H.
- [20] Churcher, D., Richards, M., Shillcock, P., & Throssell, D. (2013a, March). Post Contract-Award Building Information Modelling (BIM) Execution Plan (BEP). Construction Project Information Committee.

**EXPERIENCIAS REALES
CON BIM**

PONENCIA INVITADA
IBIM: “INTEGRATED BIM” EN DOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN LOS PAÍSES BAJOS

Autores: Kuppens, Johan (1); Malvar Gómez, Víctor (2)

(1) Civil engineer & MBA. CEO de iFRANEA (3D Information Modelling) desde 2004. CEO de Neanex (integrated BIM solutions) desde 2014. Miembro de la junta directiva de la Asociación de Diseño para Infraestructura en Bélgica y Países Bajos (VIO - Association Infra Design – Nederlands/Belgium)

(2) Civil engineer. BIM & Systems engineering consultant at Neanex.

RESUMEN

Grandes y complejos proyectos de infraestructura requieren una estrecha integración de la información no geométrica del proyecto y de la información geométrica del mismo. Hoy, lo segundo es crecientemente bien manejado mediante la tecnología BIM, pero lo primero está aun totalmente desligado de los procesos BIM. Por ejemplo, ¿Cómo asegurar que todos los ingenieros proyectistas, arquitectos, etc. tienen acceso a las últimas versiones de los requerimientos técnicos? Y más importante todavía, ¿cómo probar que sus diseños “cumplen” esos requerimientos?

Dos proyectos en construcción en los Países Bajos ilustran como la total integración de la tecnología BIM con herramientas de “management” es posible y exitosa, mejorando la comunicación dentro del consorcio a cargo de realizar las obras y reduciendo costos de fallo internos.

1. El proyecto “Espacio para el río Waal” en la ciudad de Nimega, galardonado con el “Autodesk Excellence in Infrastructure award” en 2013. Gran proyecto de infraestructura que engloba nuevos encauzamientos, diques, muros de contención, puentes, carreteras, etc.

2. El proyecto de rehabilitación del “Versel tunnel” en el norte de Amsterdam, que utiliza un único modelo BIM que integra todos los diseños incluyendo los sistemas TTTI (instalaciones técnicas de tráfico en túneles) y que debido al estrecho margen de tiempo para su rehabilitación el consorcio adjudicatario de las obras (Hyacint consortia) quiere probar y demostrar de antemano – via BIM – que los trabajos se realizan al 100% libre de incoherencias (“clashes”).

Ambos proyectos integran dos sistemas de información. Toda la información no geométrica del proyecto (como requerimientos, objetos, actividades, cambios, riesgos, etc.) se manejan desde una base de datos centralizada, aplicando los principios de la ingeniería de sistemas. Además esta base datos se integra con los distintos sistemas BIM y CAD mediante software auxiliar.

**PONENCIA INVITADA
REALIDAD DE BIM APLICADO A PROYECTOS Y OBRAS DE
CONSTRUCCIÓN EN GRAN BRETAÑA**

Autor: Carreira Castro, Iria (1)

(1) Titulada como Technical Architect & Construction Manager por Copenhagen School of Design and Technology (Copenhague - Dinamarca). Coordinadora BIM de la empresa Lend Lease (<http://www.lendlease.com/worldwide/home.aspx>) en Londres. Especialista en implementación y uso de herramientas BIM.

RESUMEN

El objetivo de la ponencia es realizar un recorrido por la auténtica realidad de BIM aplicado a proyectos y obras de construcción, acompañando la experiencia con ejemplos documentales y gráficos de la gestión realizada en cada uno de ellos y con el análisis de los factores que influyeron en el éxito o fracaso en los distintos aspectos a tener en cuenta durante el ciclo de vida del edificio.

Se realizará el análisis de las exigencias del BIM Level 2 en la fase de proyecto en un estudio de arquitectura, en las fases de preconstrucción y construcción de obras en una empresa constructora y en la de explotación del edificio con el cliente.

Se aportarán detalles y datos sobre los cambios en los procesos de trabajo, costes de infraestructura y personal, manejo del CDE, diferencias entre los BEP de diseño y los de construcción, protocolos para el desarrollo de trabajo de forma eficiente y para el cambio, etc.

También se comentará el futuro de BIM en Gran Bretaña desde la perspectiva profesional y los diferentes grupos implicados en el desarrollo BIM: BIM Task Group y BIM Hubs.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

MÁS ALLÁ DE LA INTEROPERABILIDAD TÉCNICA

Autores: Pallás Espinet, X (1); Roig Segura, V (2); Vidoni, D (3)

- (1) BIMETRIC, xpallas@bimetriclab.com
- (2) BIMETRIC, vroigs@bimetriclab.com
- (3) BIMETRIC, dvidoni@bimetriclab.com

RESUMEN

Una de las finalidades principales de la metodología BIM es la correcta transmisión de la información a lo largo del ciclo de vida de la infraestructura. Pero más allá de la transmisión técnica de los datos, es importante garantizar la correcta interpretación de los conceptos que esos datos representan.

En este sentido, desde BIMETRIC, en colaboración con **Infraestructuras de la Generalitat de Catalunya** y el **Instituto de Tecnología de la Construcción de Catalunya**, estamos trabajando en una clasificación de los conceptos básicos en cuatro niveles: usos, fases, elementos y propiedades.

La finalidad de este estudio es proponer un primer criterio de estructuración de la información, que facilite la definición de los requerimientos de los datos a introducir en el modelo, de forma clara y sencilla, teniendo en cuenta, por un lado, los usos que se quieren implementar relacionados con una variable de referencia (geometría, tiempo, coste, etc); y por otro, los propósitos de la implementación de dicho uso (generación, gestión, comunicación, etc.), teniendo en cuenta la evolución de dichos requerimiento para cada fase del proyecto (diseño, construcción, operación, etc)

Esta estructuración, a su vez, facilitará tanto una gestión eficiente de la evolución de la información como el control de calidad de la misma, a nivel de conceptos y de datos.

Palabras clave: *diccionario, estructuración, interoperabilidad, usos*

1 INTRODUCCIÓN

Si bien la palabra interoperabilidad no existe en el diccionario de la lengua, es un vocablo ampliamente utilizado en el entorno de las nuevas tecnologías, y la definición que mejor describe el concepto que entendemos como tal es *“la capacidad que tienen las organizaciones dispares y diversas para intercambiar, transferir y utilizar, de manera uniforme y eficiente datos, información y documentos por medios electrónicos, entre sus sistemas de información”*. [1]

Partiendo de esta base, podemos distinguir, como mínimo, tres niveles de interoperabilidad:

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

- Interoperabilidad técnica: conexión de los sistemas mediante acuerdos sobre las normas y estándares para la presentación, recogida, intercambio, transformación y transferencia de datos.
- Interoperabilidad semántica: garantizar que los datos transferidos comparten el mismo significado para los sistemas vinculados.
- Interoperabilidad organizativa: la organización de los procesos de negocio y de estructuras organizativas internas para un mejor intercambio de datos.

Aplicando estos conceptos al proceso constructivo, el objetivo de la interoperabilidad es que el flujo de la información sea eficiente, tanto entre los intervinientes en cada una de las etapas como a través de las fases sucesivas del proyecto, de manera que se garantice tanto poder transferir y/o compartir la información necesaria, en el momento adecuado, para poder desarrollar las distintas actividades a lo largo del ciclo de vida de la infraestructura.

Tal como se recoge en el Libro Blanco de IFD Library [2], los tres factores básicos para conseguir el éxito en este flujo de información son:

- 1.- Fijar el formato de la información a intercambiar (IFC)
- 2.- Estandarizar el significado actual de la información a intercambiar (IFD).
- 3.- Especificar qué información debe intercambiarse y cuándo debe hacerse (IDM)

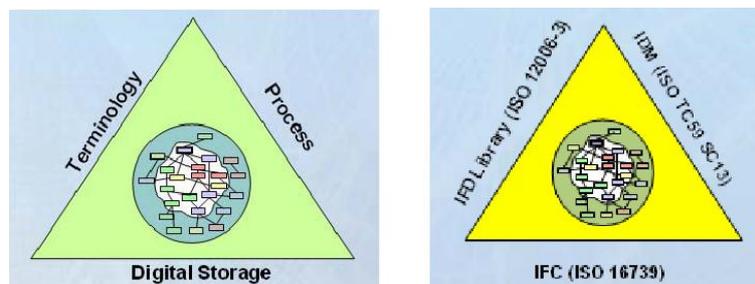


Fig 1. Interoperabilidad entre estándares. 2008 Janne Aas-Jakobsen, Jotne EPM Technology AS.

La interoperabilidad técnica ha sido abordada y está ampliamente implementada en el sector de la construcción a través del uso del estándar IFC, resultado de la iniciativa que inició Autodesk en 1994 formando un consorcio industrial para definir un conjunto de clases que le permitieran desarrollar sus aplicaciones integradas, y que ha ido evolucionando hasta la versión IFC 2x4, también denominada IFC4, impulsada por BuildingSMART International.

Sin embargo no ocurre lo mismo con el IFD, concepto en el que se basa la interoperabilidad semántica y que podría definirse como un estándar para las bibliotecas de terminología u ontología. Si bien todo el mundo tiene conocimientos sobre las clasificaciones Omniclass (USA) y Uniclass (UK), fruto de las ISO 12006 que vienen desarrollándose desde principios de los años 90, es menos sabido que en Abril de 2009 se creó el grupo de trabajo IFD Library for BuildingSMART con la finalidad de gestionar y desarrollar una biblioteca de

Escola Tècnica Superior de Enginyeria de Edificació
Universitat Politècnica de València
València, 8 y 9 de mayo 2015

terminología abierta, internacional y multilingüe basada en los principios de la citada ISO 12006.

Desde un punto de vista conceptual, el contenido de IFD se define en función de dos términos [2]:

- 1.- Concepto: algo que se puede distinguir de otras cosas y puede ser reconocida como tal. Un concepto puede tener distintas denominaciones, incluso en una misma lengua. Cada concepto se asigna a un identificador GUID
- 2.- Característica: su significado se define mediante una descripción. Las características se pueden distinguir entre los tipos siguientes: comportamiento, influencia del medio ambiente, función, medida, propiedad y unidad.

La relación entre un concepto y sus características, en un contexto dado, permite el uso particular de ese concepto y sus propiedades con una finalidad dada, tal y como se presenta en la figura siguiente.

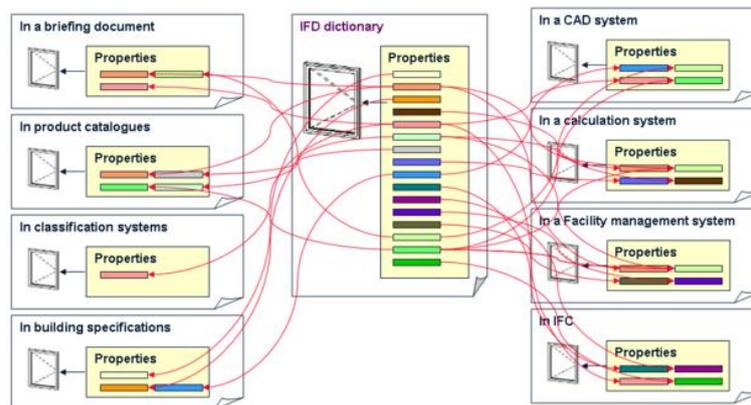


Fig 2. IFD como mapa de relaciones. 2008 Lars Bjørkhaug and Håvard Bell, *IFD in a Nutshell*

El término IFD Library está siendo substituido por bSDD (BuildingSMART Data Dictionaries)

2 ESTRUCTURACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Infraestructuras de la Generalitat de Catalunya (IGC) ha fomentado la creación de un grupo de trabajo, bajo la dirección de BIMETRIC, con la colaboración del **“ITeC - Instituto de la Tecnología de la Construcción de Catalunya”** y los principales fabricantes de software de modelado BIM, cuyo objetivo consiste en desarrollar unas bases que permitan definir:

- 1.- un lenguaje común que fomente la mejora de la comunicación entre los actores que van a intervenir a lo largo de todo el ciclo de vida de la infraestructura o equipamiento,

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

2.- un criterio para fijar los requerimientos que permitan gestionar la información a introducir en un modelo para garantizar la interoperabilidad de la misma a lo largo de todo el ciclo de vida de la infraestructura.

Tanto el lenguaje común como los requerimientos deben basarse en una estructuración de la información que garantice que se entienden, transfieren o comparten tanto los conceptos o elementos, como las características o propiedades, teniendo en cuenta el uso que se va hacer con ella y en las fases en que va a utilizarse.

En este documento se presenta una primera propuesta de estructuración de la información en cuatro niveles básicos: usos, fases, elementos, propiedades.

2.1 Usos, propósitos y objetivos

La definición de uso BIM que mejor se adapta a los objetivos fijados por el grupo de trabajo es la utilizada por la Universidad de Pensilvania, y que identifica un uso como *“un método de aplicar BIM durante el ciclo de vida de una infraestructura o equipamiento, para conseguir uno o más objetivos específicos”* [3].

Tal y como se muestra en la figura 3, habitualmente los usos BIM aparecen agrupados en dimensiones. La agrupación de los usos según las diferentes dimensiones se realiza en función de la variable/parámetro representativa que permite evaluar el cumplimiento de los objetivos específicos a conseguir definidos para cada uno de ellos.

En las dimensiones 3D, 4D y 5D, las variables representativas se identifican claramente, dimensión, tiempo y coste respectivamente, si bien en el caso de 6D, 7D y 8D, dichas variables ya no son tan evidentes.

Para abordar la definición de los usos BIM que se quieren implementar en los proyectos a gestionar por **IGC**, se pretende realizar una adaptación de la ontología propuesta por Ralph Kreider [4] a la realidad de nuestro sector de la construcción.

En dicha ontología, los usos se clasifican en función del propósito que se persigue con la implementación del mismo a lo largo de todo el ciclo de vida de la infraestructura o equipamiento. Adicionalmente, para identificar y comunicar claramente cada propósito y concretar los objetivos específicos de cada uso, se definen unas características, tal y como aparece en la figura 3.

A su vez, estos propósitos básicos se pueden subdividir en categorías que permitan una especificación más clara de cada uno de ellos para los distintos usos BIM.

En una primera fase, se está trabajando la definición de los usos asociados a la dimensión 3D (usos asociados a la geometría), empezando por la Coordinación 3D, - entendida como la ausencia de interferencias geométricas y/o incongruencias asociadas a su posición entre los elementos del modelo - de manera que permita consensuar los objetivos a conseguir con

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

todos los agentes implicados en el proceso de gestión de una infraestructura o equipamiento, y a continuación, determinar un calendario para su implementación.

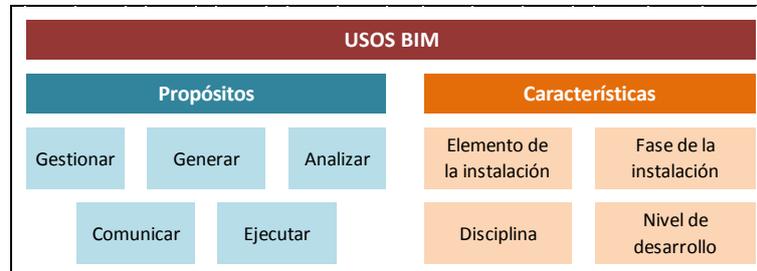


Fig 3. Componentes de un uso BIM. Ralph Kreider 2013

2.2 Fases de un proyecto

La definición de las fases de un proyecto que contempla la propuesta de estructuración de la información es la usada habitualmente en el sector de la construcción, a saber, planificación, proyecto, licitación, construcción, entrega y explotación.

Sin embargo, las interfases se verán alteradas con la aplicación de la metodología BIM, de manera que se pasará de un modelo lineal con fases sucesivas, a un modelo lineal con fases concurrentes o parcialmente simultáneas. [5]

Cuando eso ocurra, el objetivo de los proyectos variará desde su apreciación actual, la definición de la solución que cumple los requerimientos del cliente por parte del proyectista, a una visión más global y acorde con los cambios que introduce la metodología BIM, es decir, la definición del proceso constructivo y de explotación de la solución que cumple los requerimientos del cliente (proyecto-proceso), con la participación de todos los agentes implicados.

Así mismo, en una etapa posterior de desarrollo de la estructuración se contemplará una subdivisión de las fases, como por ejemplo, la fase de proyecto en las subfases de anteproyecto, proyecto básico y proyecto ejecutivo, que a su vez podrán subdividirse en actividades principales o disciplinas.

Aunque los objetivos del grupo de trabajo que ha impulsado **IGC** abarcan todas las fases del ciclo de vida de una infraestructura o equipamiento, los resultados de los primeros proyectos desarrollados con metodología BIM están permitiendo elaborar una borrador de protocolo que recogerá los requerimientos de la información a introducir en el modelo en dicha fase, para el uso Coordinación 3D.

En paralelo, se ha iniciado una prueba piloto en fase de obra, en que se analizará desde el punto de vista del contratista, la interoperabilidad de la información para el uso Coordinación 3D, es decir, cuál es la información mínima que debe recibirse de la fase de proyecto y con qué estructuración, de manera que permita su gestión y uso con los propósitos propios de esa fase, sin necesidad de modificaciones.

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

Si entendemos como valor de un proceso entregar lo que el cliente quiere en el momento que lo precisa, y sólo aquello que necesita, la mejora de productividad que debe llevar consigo la implementación de la metodología BIM requerirá una nueva definición de la información a entregar a lo largo de todo el ciclo de vida de la infraestructura o equipamiento, tanto en el desarrollo de los procesos de las distintas fases como, sobre todo, en sus interfases.

2.3 Elementos del modelo

Para definir los elementos a considerar en la estructuración de la información, se ha optado por considerar dos aspectos: el listado de elementos y su nivel de detalle en función del uso BIM que se quiera desempeñar.

2.3.1 Listado de elementos

La realización de la prueba piloto en fase de proyecto y el análisis y seguimiento de proyectos posteriores pone de manifiesto que, en general, los actores del sector de la construcción utilizan como estructura de elementos de referencia para desarrollar sus bibliotecas la que las aplicaciones informáticas utilizan por defecto, si bien se introducen modificaciones para adaptarlas a sus necesidades. Dichas estructuras se basan generalmente en la ISO 12006, optando por Omniclass o Uniclass.

Sin embargo, desde el punto de vista de la gestión de la infraestructura o equipamiento, a lo largo de todo su ciclo de vida, esa estructuración es demasiado detallada, como se pone claramente de manifiesto en cualquiera de las versiones consultables de COBie.

Por ese motivo, en el marco del grupo de trabajo de **IGC**, **ITeC** está elaborando un listado reducido de elementos que permita el establecimiento de los requisitos de información para la gestión del proyecto-proceso a lo largo de todas las fases del ciclo de vida de la infraestructura o equipamiento. El criterio para la clasificación de los elementos de ese listado será su función dentro del proyecto-proceso y se ordenarán de acuerdo con su secuencia constructiva.

A continuación, se realizará un mapeo entre el listado final y la clasificación contenida en el formato IFC para garantizar su trazabilidad.

2.3.2 Nivel de detalle

En la mayoría de la bibliografía existente sobre BIM, las siglas LOD se utilizan para nivelar la información que debe introducirse en los modelos. Si bien existe una cierta confusión sobre el significado real de las dichas siglas, para algunos es nivel de detalle y para otros nivel de desarrollo, en lo que prácticamente todo el mundo coincide es que es un sistema subjetivo de definir tanto el grado de detalle como la cantidad de información sobre algunas de las propiedades de los distintos elementos a introducir en un modelo.

Si nos fijamos en la dimensión 3D, en función del país de origen, o incluso distintas organizaciones dentro de un mismo país, LOD equivalentes pueden tener significados distintos. En cuanto entran en juego otras dimensiones, la definición del LOD se complica, si bien existen propuestas que abordan ese problema determinando el LOD como una combinación de especificaciones. Entre este tipo de soluciones, destacaría el documento desarrollado por Trimble, *Using the MPS* [6], aunque mantiene una cierta ambigüedad en la definición de los criterios de clasificación, y da lugar a un listado casi interminable de tipos y/o combinaciones.

Desde BIMETRIC, en colaboración con **IGC** e **ITeC**, estamos trabajando la definición de niveles de detalle específicos para cada dimensión referidos a una métrica, intentando eliminar la subjetividad de cualquier definición lingüística. En el caso de la dimensión 3D, teniendo en cuenta que la variable/parámetro de referencia es la dimensión, se propone definir la dimensión mínima de un elemento por debajo de la cual no se representará en un nivel determinado, que podría equipararse a la escala a la que se representa la información. La validez de esta propuesta deberá corroborarse mediante su aplicación a los diferentes usos de la dimensión 3D que se definan.

A título de ejemplo, este criterio también se propuso para ser utilizado para definir el LOD del modelado 3D de las ciudades, como puede verse en el artículo presentado en la 7th International Conference on 3D Geoinformation, 16-17 Mayo 2012, en Québec, Canada [7].

En etapas posteriores, se abordará la definición de métricas que puedan realizar la misma función para otras dimensiones.

2.4 Propiedades

Tal y como se ha comentado en la introducción, las propiedades/características se relacionan con los elementos/conceptos de manera que permiten su uso con una finalidad dada.

Desde esta perspectiva, a la hora de definir las propiedades a tener en cuenta en la propuesta de estructuración de la información se ha considerado interesante basarse en la experiencia acumulada en la definición del formato IFC, que contempla una definición de propiedades y atributos. En ese sentido, el grupo de trabajo está preparando un listado resumido de propiedades que agrupe la mayoría de los parámetros contemplados en la definición del formato IFC.

Tal y como se ha expuesto en el caso de la definición de las dimensiones BIM y el nivel de detalle de los elementos, el listado de propiedades de la estructuración de la información deberá tener una relación directa con las variables/parámetros utilizados en dichos aspectos, y siempre que sea posible, las propiedades se ajustarán a una métrica de referencia que permita definir de una forma unívoca esas relaciones.

Actualmente se está desarrollando el uso de coordinación 3D, donde esta relación es fácilmente identificable, pues las propiedades que se han propuesto son la geometría y la

Escola Tècnica Superior de Enginyeria de Edificació
Universitat Politècnica de València
València, 8 y 9 de mayo 2015

localización, y la dimensión como métrica. Sin embargo, el proceso de definición del listado de propiedades presentará, a buen seguro, situaciones en que dichas relaciones no serán tan evidentes.

3 CONCLUSIONES

Con la implementación de la metodología BIM, el objetivo de los proyectos variará desde su apreciación actual, la definición de la solución que cumple los requerimientos del cliente, a una visión más global y acorde con los cambios que introduce la metodología BIM, es decir, el objetivo del proyecto será definir todo el proceso constructivo y de explotación de la solución que cumple los requerimientos del cliente (proyecto-proceso)

Como resultado de la colaboración entre **Infraestructuras de la Generalitat de Catalunya**, el **Instituto de Tecnología de la Construcción** y BIMETRIC, se ha elaborado una propuesta inicial de la estructuración de la información en que basarse para definir protocolos y/o establecer los requerimientos de un modelo BIM de un proyecto-proceso, en las distintas fases del ciclo de vida de una infraestructura o equipamiento, y que puede resumirse de la forma siguiente:

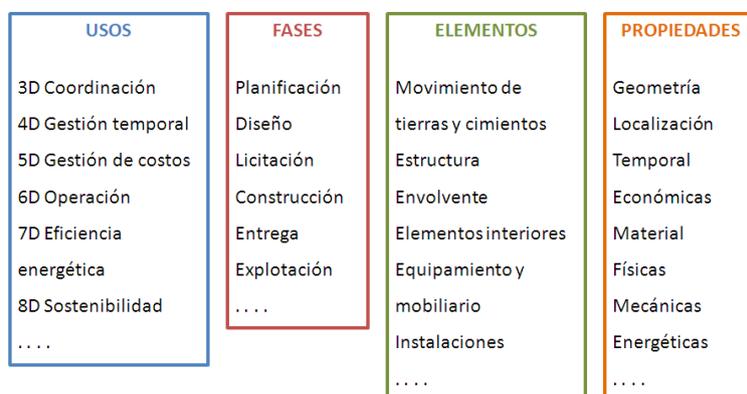


Fig 4.- Propuesta de estructuración de la información BIM. 2015. Pallàs, Roig y Vidoni.

El establecimiento de un criterio para la definición de los usos, empezando por los asociados a dimensión 3D (geometría y localización), - en concreto, por la Coordinación 3D -, que permitirá consensuar unos primeros objetivos a conseguir con la implementación de la metodología BIM con todos los agentes implicados en el ciclo de vida de una infraestructura o equipamiento, puede considerarse como un primer paso hacia la consecución del objetivo de definir un lenguaje común.

El listado reducido de elementos, junto con la nueva definición de nivel de detalle relacionado con un parámetro, permitirá redactar una primera propuesta sobre los requisitos de la información a introducir en el modelo, facilitando la gestión del proceso y el análisis de la evolución de la información a lo largo de todas y cada una de las fases del ciclo de vida de la infraestructura o equipamiento.

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

Finalmente, el listado de propiedades de la estructuración de la información deberá tener una relación directa con las variables/parámetros utilizados en las dimensiones y nivel de detalle, y cada una de las propiedades contempladas se ajustará a una métrica de referencia que permita definir de una forma unívoca esas relaciones.

Esta propuesta de estructuración de la información debe entenderse como un primer paso hacia la elaboración de una posible ontología o biblioteca de terminología, aspecto que sólo ocurrirá cuando sea consensuada por todos los agentes que intervienen en el proceso constructivo.

4 REFERENCIAS

- [1] <http://interoperabilidad.gobiernoenlinea.gob.ve/index.php/conceptos/interoperabilidad/definicion>
- [2] IFD Library for buildingSmart (2008) *IFD Library White Paper*.
<http://bsdd.buildingsmart.org/>
- [3] Computer Integrated Construction Research Program. (2013b). *BIM Planning Guide for Facility Owners*. The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA
- [4] Kreider, Ralph. (2013) *An ontology of the Uses of Building Information Modeling*.
- [5] Succar, Bilal (2009) *Effects of BIM on Project Lifecycle Phases*
- [6] Broekmaat, Marcel *Using the Model Progression Specification - Trimble Navigation, Ltd.*
- [7] International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXVIII-4/C26

BIM Y FM COMO SOLUCIÓN PARA LA CREACIÓN DEL LIBRO DEL EDIFICIO

Autores: Perea Mínguez, R (1), Sancho Solís, P (2)

(1) construccion-industrializada.es, rafael.perea@hotmail.com

(2) incendiosurbanoforestales.com, pabsans2@gmail.com

RESUMEN

Uno de los documentos más importantes durante la vida útil de un edificio es el libro del edificio. Se trata de un documento en el que se recoge la información necesaria para, entre otras cosas, poder llevar a cabo el mantenimiento y conservación del edificio.

Lo que en este estudio se propone es la creación de un libro del edificio para un edificio real mediante el uso de la tecnología BIM haciendo uso del Facility Management.

Para ello se realizará un modelo del edificio, incluyendo todos los elementos susceptibles de mantenimiento recogidos por la legislación española con sus correspondientes plazos de revisión, tales como:

- Instalaciones eléctricas y sanitarias
- Climatización
- Redes de fluidos
- Medios de elevación
- Sistemas de protección contra incendios
- Instalaciones combustibles y de gas
- Así como oficios varios, tales como carpintería, grifería o albañilería menor

De este modo se consiguen integrar todas las responsabilidades de mantenimiento en una única interfaz, para, en última instancia poder generar una base de datos con todas las obligaciones de gestión y mantenimiento distribuidas a lo largo de la vida útil del edificio para que forme parte del propio libro del edificio.

Palabras clave: BIM, Facility Management, Libro del edificio, Planificación, Vida útil del edificio

1. INTRODUCCIÓN

Este estudio ha consistido en la modelización de un edificio mediante la tecnología BIM para, a través de la gestión de la información del mismo, ofrecer una metodología para la creación de una base de datos que recoja todas las operaciones de mantenimiento necesarias durante su vida útil y de cómo transmitir esta información al usuario final encargado de dicho mantenimiento de forma sencilla e intuitiva a través de un sistema de correo electrónico.

En base a todo ello se generará un documento que pasará a formar parte del conocido como Libro del Edificio (una recopilación obligatoria en la legislación española, donde se recoge toda la información técnica y administrativa de la obra ejecutada durante la construcción del edificio).

Dicho documento se trata del **calendario de control de mantenimiento y conservación del edificio**.

Para ello, se ha optado por la elección de una residencia de ancianos, puesto que las operaciones de mantenimiento para este tipo de construcciones son notablemente más numerosas y continuadas en el tiempo que las de un edificio residencial al uso.

Si bien en última instancia no se ha podido conseguir unos planos 2D de ninguna residencia sobre los que construir nuestro modelo 3D, sí hemos tenido acceso a una lista de tareas de mantenimiento obligatorias por ley para el mantenimiento de este tipo de edificios.

Tomando como punto de partida este listado, en el presente artículo se pretende dar una solución sencilla e intuitiva para el usuario final encargado del mantenimiento de los edificios, de forma que, de manera automática, reciba un e-mail a su cuenta de correo con las tareas de mantenimiento a realizar en la fecha de recepción de dicha notificación.

2. CONTENIDO

2.1. MARCO NORMATIVO

En primer lugar ha sido imprescindible un estudio del marco normativo que nos atañe. E En este sentido nos encontramos el artículo 7 de la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE):

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 facilitada 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 hacen referencia los apartados anteriores, que constituirá el Libro del Edificio**, será entregada a los usuarios finales del edificio. [1]

Como norma general los edificios suelen albergar varias viviendas por lo que lo habitual es que exista un documento que recoja la descripción y características comunes de forma global (Libro del edificio) y otro que afecte de forma específica a la vivienda (Libro de la vivienda).

El **Libro del Edificio** deberá contener los siguientes documentos o reflejar los siguientes datos:

- a) El proyecto técnico, o una parte del mismo, fundamentalmente compuesta por los planos del edificio, un resumen de sus elementos constructivos y una descripción de las dependencias en las que se distribuye.
- b) Descripción de los agentes que han participado en la construcción del edificio, instaladores, subcontratistas, técnicos... Con indicación expresa de su identificación y localización.
- c) Justificante de los contratos de pólizas de seguros, con especial hincapié en el seguro decenal de posibles daños.
- d) Posibles obras posteriores de reparación rehabilitación o reforma
- e) Licencias concedidas a la construcción, desde la licencia de obras municipal al inicio de las mismas hasta la de finalización y entrega
- f) Certificados y documentos emitidos por los técnicos que han dirigido las obras o intervenido en el proyecto de ejecución, arquitectos, aparejadores o ingenieros. Con especial mención al acta de recepción del edificio.
- g) Documentos notariales, como la escritura pública de obra nueva y división horizontal de la propiedad, donde se delimitan los diferentes departamentos en los que se compone el edificio, detallando sus accesos, superficies, forma y linderos.
- h) Relación de ensayos y controles de calidad que se han llevado a cabo a lo largo del proceso constructivo.
- i) **Calendario de control de mantenimiento y conservación del edificio.**
- j) Cuaderno de control de los órganos de gobierno y traspaso de poderes en la comunidad de propietarios, principalmente del presidente y secretario.

Todos estos documentos deben estar en todo momento a disposición de los vecinos.

Por lo que respecta al **Libro de la Vivienda**, deberá recoger como mínimo la relación de los agentes intervinientes en la construcción de la vivienda, la descripción de los materiales y elementos susceptibles de ser tratados para su cuidado, mantenimiento y conservación así como un calendario de mantenimiento de las partes de la vivienda que así lo requieran.

El presente artículo está enfocado precisamente a la creación del **calendario de control de mantenimiento y conservación del edificio** a través de la tecnología BIM.

2.2. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL EDIFICIO

Con el presente artículo se ha buscado la creación de un calendario de operaciones de mantenimiento operativo y sobre todo funcional a lo largo de la vida útil del edificio.

Y es que la mayor parte de los gastos que conlleva un edificio se producen durante la fase de operación y mantenimiento.

Es útil comparar los costes de mantenimiento con los costes totales que tiene un edificio durante su periodo de operación. Menos de un 15% del coste total del mismo se produce durante el diseño y construcción del mismo, mientras que la fase más larga del ciclo de vida, la fase de operación y mantenimiento, constituye aproximadamente un 60% del coste total.

Durante un período nominal de vida de 50 años, los costes de Operación y Mantenimiento comprenden el mayor segmento de los costes de una propiedad, representando entre el 60 y el 85% del coste total de la inversión y el gasto que se estará realizando para una correcta funcionalidad de un edificio. Por lo anterior es evidente que los costes de Operación y

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

Mantenimiento contribuyen en una cantidad considerable de los costes financieros que se deben analizar en cualquier edificio.

Un conjunto importante de actividades durante el periodo de operación está relacionado con el mantenimiento y reparación de las instalaciones, suponiendo unos gastos excesivos cuando este mantenimiento se realiza de forma correctiva.

Es importante realizar una breve definición de los dos tipos de mantenimiento más utilizados en nuestro país:

Mantenimiento Preventivo:

Es el destinado a la conservación de edificios mediante la realización de revisiones y reparaciones programadas y periódicas que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad. El mantenimiento preventivo debe evitar los fallos antes de que estos ocurran.

Mantenimiento Correctivo:

Es aquel que corrige los defectos y daños una vez que se han producido y se basa en esperar y observar la aparición de los mismos.

Actualmente la mayor parte de los trabajos de mantenimiento se realizan de forma correctiva. Esta práctica no es la óptima ya que estas tareas pueden costar del orden de 4 o 5 veces más que si realizamos la misma actividad de reparación pero de forma preventiva o planificada.

Según Sitter, autor de esta ley de costos tan ampliamente citada en bibliografías específicas del tema, aplazar una intervención significa aumentar los costos directos en progresión geométrica de razón 5 (Fernández, J. M. A. (2007).

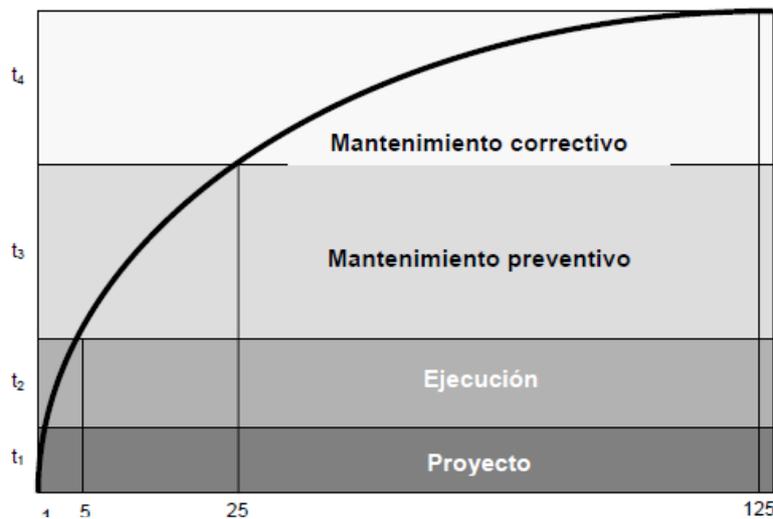


Figura 1: Ley de evolución de los costos. (Sitter, 1984)

Es importante resaltar que en el mantenimiento correctivo normalmente se ocupa de paliar o reparar los síntomas actuales, pero no la causa de la avería, con lo que aumenta más si cabe la frecuencia y los costos de reparación y mantenimiento (Moblely, 2008). Por lo tanto existe una necesidad de apoyar o invertir más en crear herramientas que nos ayuden a gestionar un mantenimiento más planificado (preventivo, predictivo y fiable) en lugar de reaccionar a los fallos.

Para reducir las acciones de mantenimiento correctivo es necesario estrategias de planificación eficaces capaces de almacenar información acerca de las instalaciones y del comportamiento del edificio.

Por lo tanto, es necesario crear una base de datos fiable que almacene el historial de mantenimiento y reparación del edificio. Este nos será de gran apoyo a la hora de tomar las decisiones de planificación del mantenimiento, tales como priorizar los trabajos de mantenimiento, etc... Con la buena utilización de estos sistemas es altamente probable que obtengamos grandes ahorros durante el periodo de operación del edificio.

Para permitir esto, los promotores, administradores, propietarios están en la necesidad de utilizar un soporte informático que mejorará la forma en que operan y mantienen sus instalaciones.

2.3. BIM APLICADO A OPERACIONES DE MANTENIMIENTO

Actualmente la implementación de BIM en las fases de diseño y construcción es innegable. Existen numerosos ejemplos donde, gracias a la aplicación de BIM, se aprecian las mejoras en planificación, visualización, aumento de la productividad y mejora en la documentación. Sin embargo no ocurre lo mismo en la fase de explotación y gestión del edificio. En esta fase también se podrían obtener numerosos beneficios, pero debemos tener claro cuáles son dichas posibilidades:

Gestión de espacios:

Se puede utilizar BIM para distribuir, gestionar y realizar seguimientos de espacios y sus instalaciones. Un adecuado modelo de información permite analizar el uso existente y planificar futuros cambios, por lo que nos aseguraremos del correcto y óptimo uso de los espacios.

Gestión de activos:

Proceso por el cual un sistema de gestión organizado y recomendable bidireccional con el modelo BIM puede ayudar a los gestores a tener localizados sus bienes y activos físicos, de sistemas, de entorno y equipamiento para ser controlados y gestionados eficientemente. Sirve para ayuda en las tomas de decisiones financieras, planificaciones desde corto a largo plazo y desarrollar pedidos en los mismos tiempos.

Planificación del mantenimiento:

Como se ha comentado anteriormente un mantenimiento adecuado y correcto mejorara 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, reduciremos el mantenimiento correctivo y las reparaciones de emergencia así como se generaran informes que mejoren el plan de actuación.

Es crucial la conectividad entre las herramientas de BIM y FM. Esto permitirá que el equipo de mantenimiento pueda previsualizar los cambios en modelos 3D así como generan informes de la actividad de mantenimiento.

Y es precisamente este último punto el que se pretende alcanzar con el presente artículo.

BIM permite crear una base de datos 3D de las instalaciones, vista integradas, información sobre las mismas para que los administradores puedan recuperar y analizar la información y posteriormente planificar las acciones de mantenimiento preventivo, situar al personas apropiadamente aumentando su rendimiento o reducir el mantenimiento correctivo (García Martín, 2014)

A diferencia de los formatos de representación tradicionales (por ejemplo; el papel, el CAD), BIM proporciona un modelo para almacenar toda la información y por lo tanto permite la construcción de vistas y su vinculación a bases de datos.

Un punto muy interesante de esta tecnología es la facilidad de transmisión de esta información entre las fases de diseño, construcción y operación.

En la actualidad existen algunos sistemas comerciales que permiten una automatizada transferencia de información de las instalaciones del modelo BIM a los sistemas CMMS y CAFM:

CMMS (Computerized Maintenance and Management Systems)

Es un sistema que nace para atender la administración del mantenimiento. Abarca materiales y personal, más bien enfocado a la disponibilidad de recursos, para atender a las necesidades de mantenimiento.

CAFM (Computer Aided Facility Management)

Es un sistema de información y gestión que permite trabajar de forma gráfica y alfanumérica indistintamente apoyado en un gestor documental integrado en el sistema.

Facilita gestionar de forma gráfica y sencilla toda la información del inmueble como puede ser la gestión de planos por plantas, proporcionando información del edificio y de sus espacios indicando sus características y uso del espacio; capaz de emplear datos de ocupación así como de gestionar activos del lugar de trabajo, y por supuesto, controlar gestionar las Instalaciones para su mantenimiento y/o servicios.

Ya que se tienen la posibilidad de trabajar con modelos BIM, bases de datos 3D, nos interesa más los software de CAFM ya que nos permiten trabajar de forma gráfica o alfanumérica al igual que nuestro modelo de trabajo.

Para poder conseguir este objetivo se hace necesario la creación de una especificación capaz de gestionar la integración de datos entre estos software.

COBIE (Construction Operations Building Information Exchange) es un formato de datos para la publicación de un subconjunto de información constructiva del modelo virtual centrado en la entrega de información no geométrica como parámetros de recursos (encargados, instaladores, suministradores) planificación, costes, etc. Por tanto se puede definir COBIE como un estándar de información que facilita la integración entre los diferentes programas de los agentes que intervienen en la edificación sin pérdida de información.

COBIE permite la recuperar la información necesaria de las instalaciones del modelo BIM a través de unas hoja de cálculo e importarla a un sistema de gestión del mantenimiento (CMMS o CAFM).

Por tanto esta transmisión automática de información a algunos de los programas CMMS actualmente disponibles, podría ahorrar aproximadamente 613 millones de dólares que se gastan anualmente para volver a capturar y transferir esta información a dichos programas.

Como conclusión, en la actualidad los sistemas de gestión disponibles no se están beneficiando de las capacidades que BIM ofrece en el campo del Facility Management. En las siguientes secciones de este trabajo, se nombran las diferentes oportunidades para utilizar BIM para el mantenimiento.

Implantar un FM significa que se ha de compartir información con muchos otros sistemas. Con el objetivo de optimizar procesos, evitar la introducción redundante de información y lograr que la información obtenida y gestionada, sea útil y tenga cierto valor.

2.4. CASO DE ESTUDIO. METODOLOGÍA DE TRABAJO

A continuación se ofrece de manera esquemática el flujo de trabajo para la generación del **calendario de control de mantenimiento y conservación del edificio**:

2.4.1. Planificación de las tareas de mantenimiento

Es imprescindible antes de comenzar a trabajar saber cuáles son las exigencias legislativas para el mantenimiento de edificios y cuáles van a ser las tareas concretas que se van a tener que realizar a lo largo de la vida útil del edificio, con qué periodicidad se van a tener que realizar, así como cuáles van a ser los agentes que van a intervenir para en última instancia llevarlas a cabo.

A continuación se adjunta un extracto de las operaciones de mantenimiento que son susceptibles de llevar a cabo en una residencia:

PLAN DE MANTENIMIENTO				
EQUIPO	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	RESPONSABLE (INTERNO /EXTERNO)	OBSERVACIONES
PROTECCION CONTRA INCENDIOS	Conforme a R.D. 1242/193 decreto 314/199 revisión de extintores,puertas corta fuegos y luces de emergencia.Bies,detectores,sistema central y sistema manual	Anual Trimestral	P. Externo -AIRFEU P. Interno - Mantenimiento	
APARATOS DE CLIMATIZACION	Según Legislación Vigente	Anual Semestral	P.Externo - FRICLI P.Interno - Mantenimiento	
ASCENSOR Y MONTAGARGAS	Según Legislación Vigente	Mensual	P.Externo - FAIM	Albaranes Carpeta Recepción
OCA - ASCENSOR Y MONTAGARGAS (SOCOTEC.S.A)	Según Legislación Vigente	Dos Años	OCA	realizado 08/04/14
INSTALACION ELECTRICA	Según Legislación Vigente	Anual	P.Externo - INSMAN	
OCA - E.C.P SAU	Según Legislación Vigente	4 años	P.Externo	29/08/2013
CENTRALITA C.D.L.	Según Legislación Vigente	Trimestral	P.Interno	
INSTALACION DE GAS	Según Legislación Vigente	5 años	P.Externo	27/03/2012
DDS	Control de Legionela Control Acum. Temp. Cloro Control PHA yPHB Desinfección y Desratización	Trimestral Diario Diario Trimestral	Externo - DDS P. Interno - Mantenimiento P.Interno - Mantenimiento Externo - DDS	
CAMPANA EXTRACTORA	LIMPIEZA DE CAMPANA	Anual Mensual	P. Externo - AIR PROCESS P.Interno Pers. Cocina	20/03/2014
CALDERA	REVISAR NIVELES Y CONEXIONES	Trimestral	P. Interno Mantenimiento	

Tabla 1: Extracto de operaciones de mantenimiento para una residencia.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

2.4.2. Modelado 3D del edificio.

Para el modelado 3D del edificio se ha utilizado una herramienta BIM que permitirá parametrizar cada uno de los elementos que se utilizan en el modelo. Para ello se ha elegido el software Revit de Autodesk.

Este caso de estudio se ha realizado sobre una construcción ya realizada. Por ello es interesante remarcar que cuando se programa una tarea de mantenimiento a posteriori en un edificio, es decir, sin un modelo 3D previo, hay que ser muy selectivo a la hora de introducir parámetros e información. Sólo se debe introducir aquello que realmente aporta algo al mantenimiento en sí mismo. Así pues no son de interés en este momento detalles constructivos e información complementaria acerca de materiales u otras referencias similares. **Un modelo 3D simple pero efectivo es la mejor solución para conseguir un mantenimiento óptimo.**

La residencia cuenta con aproximadamente 1200 metros cuadrados divididos en dos plantas de 600 m². La primera dedicada a los usos comunes (sala de estar, comedor, cocina, administración, salón de actos...)



Figura 2: Planta Baja distribución, zonificación y representación 3d. Fuente: Elaboración propia

Y en la segunda se puede encontrar las habitaciones de los residentes, así como las dependencias sanitarias como son la sala de enfermeras, el despacho el médico o sala de cuidados intensivos.



Figura 3: Planta primera, distribución, zonificación y vista 3d. Fuente: Elaboración Propia

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

2.4.3. Introducción de los elementos susceptibles de mantenimiento en el modelo 3D

Son muchos los elementos a introducir en el modelo 3D que precisan de mantenimiento en una residencia. Para conocer cuáles eran los elementos de los que se debían gestionar se contactó con una residencia en funcionamiento y a continuación se detallan:

- Instalaciones eléctricas y sanitarias
- Climatización
- Redes de fluidos
- Medios de elevación
- Sistemas de protección contra incendios
- Instalaciones combustibles y de gas
- Así como oficios varios, tales como carpintería, grifería o albañilería menor

2.4.4. Creación de los parámetros adecuados en los elementos susceptibles de mantenimiento

El siguiente paso consiste en la parametrización de cada ejemplar susceptible de ser mantenido.

Para ello, en Revit, dentro de las propiedades de cada ejemplar se han creado de forma ordenada nuevos parámetros (para que después sean compatibles con una buena exportación al formato Excel) conseguiremos poder automatizar la gestión de la planificación del mantenimiento.

A modo de ejemplo se ofrece esta operación con un elemento que precisa de una revisión periódica, como lo son los extintores.

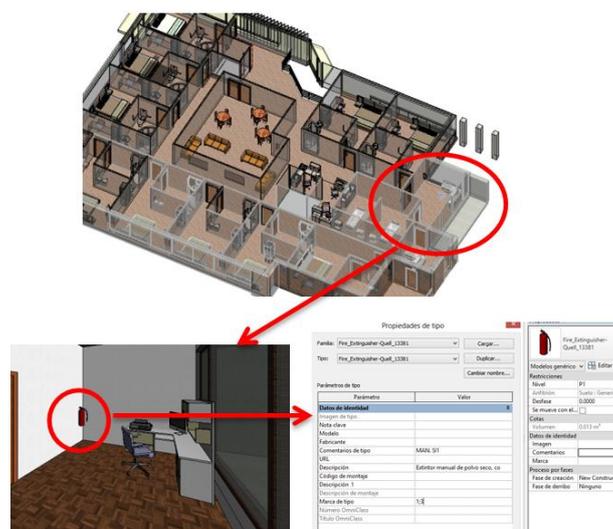


Figura 4: Parametrización de los objetos a gestionar su mantenimiento. Fuente: Elaboración Propia

Para cada uno de estos elementos crearemos una serie de parámetros que nos permitirán exportar en formato Excel los datos necesarios para crear el calendario de revisiones.

En el caso de los extintores, se tenían que crear dos órdenes de mantenimiento:

Nombre	Operación de mantenimiento	Frecuencia
Mant. SI	Extintor manual de polvo seco: comprobación del estado de conservación, de la accesibilidad, de los precintos del estado de carga, y del estado de las partes mecánicas	1 año
Mant. SI 2	Retimbrado del extintor y recarga según normativa	5 años

Tabla 2: Operaciones de mantenimiento de un extintor.

Si esta parametrización la guardamos como propiedad del elemento, en este caso el extintor, siempre que realicemos o coloquemos en un edificio este elemento, podremos asignarle un valor o descripción para su mantenimiento sin la necesidad de volver a crear este parámetro.

Esto es de vital importancia ya que la curva tiempo/trabajo la reducimos inmediatamente en el segundo proyecto.

2.4.5. Creación de una tabla de Planificación en Revit

Para la gestión del Mantenimiento no vamos a aplicar ningún software especializado ya que se pretende realizar desde el propio modelo de Revit.

Una vez se tienen definidos todos los parámetros, se crea una tabla de planificación en Revit, para poder exportarla a Excel, y este documento será el que importemos desde Google Calendar para gestionar nuestra planificación del mantenimiento.

El formato de la tabla de planificación ha sido uno de los puntos más difíciles de tratar, ya que era necesario exportar los datos de una forma ordenada, para poder correctamente ya en el formato que Google Calendar admite todo esto para que no fuera necesario tratar los datos en Excel.

Google Calendar puede importar datos de una agenda externa mediante archivos CSV. Un archivo CSV utiliza un formato que tiene una coma entre cada elemento de información que contiene. En este caso la agenda externa será la tabla de planificación creada

¿Qué necesita mi archivo CSV para importarlo a Gmail?

Todos los archivos CSV deben tener una cabecera con formato correcto. Como mínimo un encabezado debe contener un Sujeto y fecha de inicio, asunto, fecha, hora de inicio, fecha de finalización, hora de finalización, descripción y y ubicación, por lo que se deberá crear la table de planificación con dichas columnas en el mismo orden.

Por tanto las columnas que debemos crear en la table de planificación y en el orden para poder exportarla de forma correcta son:

1. Asunto
2. Descripción
3. Detalles del evento
4. Fecha de inicio

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

5. Hora de inicio
6. Fecha de finalización
7. Hora de finalización
8. Ubicación

Revit nos permite exportar la tabla de planificación a Microsoft Excel. Este software es capaz de transformar el archivos a un formato CSV admitido por google calendar.

Este formato de tabla de planificación también puede ser guardado como plantilla para la elaboración de sucesivos proyectos. Con el ahorro de tiempo que esto supone.

Este mismo Excel se podría utilizar para elaborar las fichas de revisión preventiva, así como para gestionar el mantenimiento con otras herramientas de FM o Microsoft Project.

2.4.6. Exportación de la Tabla de Planificación a Excel y posterior importación a Google Calendar.

Una vez los tenemos el documento en Excel, con unos sencillos pasos podemos importar al correspondiente de Google.

En primer lugar entramos en Google Calendar, hacemos clic en el menú añadir, en la sección "otro calendario" en la lista e importamos en calendario creado en REVIT. Este nos enviara un email recordatorio con las operaciones de mantenimiento a realizar durante los próximos 10 años, creará un calendario con las mismas, y una lista de tareas, ordenadas por fecha, a realizar.

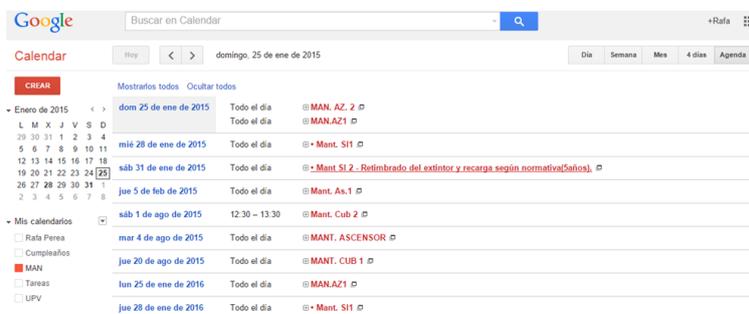


Figura 5: Vista de las tareas de mantenimiento en Google Calendar Agenda.

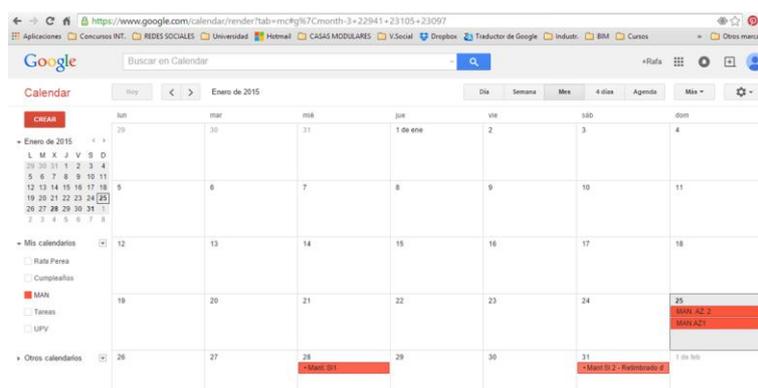


Figura 6: Vista del calendario de mantenimiento en Google Calendar Agenda.

3. CONCLUSIONES

Los métodos actuales de planificación y ejecución del mantenimiento de las instalaciones se basan principalmente en el conocimiento personal y la experiencia de los propios operadores de mantenimiento. Generalmente no hay registros o avisos disponibles para identificar, diagnosticar problemas llegando a un mantenimiento correctivo lo que en muchas ocasiones agrava los problemas anteriores.

BIM puede proporcionar tal información de las instalaciones, así como gestionar el historial de mantenimiento ya que se trata de una base de datos 3D. Podemos generar órdenes de trabajo en el modelo BIM y transmitirlos por email a cualquier operario para que pueda entenderlas y gestionarlas en tiempo y forma.

Este trabajo es un pequeño ejemplo de la infinidad de posibilidades que tenemos si disponemos de un modelo completo de nuestro edificio para realizar el mantenimiento ya que somos capaces de integrar toda la información en un único modelo que nos permitiera, visualizarla, analizarla con sus beneficios en la planificación y ejecución del mantenimiento.

4. REFERENCIAS

- [1] *LEY 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación. BOE núm. 266*
- [2] *Fernández, J. M. A. (2007). Conceptos fundamentales sobre el mantenimiento de edificios. Revista de Arquitectura e Ingeniería, 1(1), 1-8.*
- [3] *Picó, E. C. (2008). Introducción a la tecnología BIM.*
- [4] *VALENTINE, E. and ZYSKOWSKI, P., 2009. Models (BIM): How it Has Changed FM. Facility Management Journal*
- [5] *García, D. I. and Marín JI, 2014. Ventajas de la interoperabilidad entre BIM y FM. EUBIM2014*

Imágenes

[1] Figura 1. Ley de evolución de los costos. (Sitter, 1984)

[2] Figura 2-6. Elaboración propia.

DOCUMENTOS BIM EN COORDINACION DE PROYECTOS

Autor: Barco Moreno, D (1)

(1) Director de Formación AVATAR BIM dbarco@avatarbim.com.

RESUMEN

Tanto en la redacción de proyectos como en la coordinación de los mismos han surgido numerosos documentos BIM (Building Information Modeling), que articulan la correcta evolución del proyecto así como el cumplimiento de los estándares, tanto internos como externos.

En este marco surgen los pliegos, los anexos al contrato, nuevas especificaciones, el manual BIM, el libro de estilo BIM, el plan de ejecución BIM, procesos, etc. Todos estos documentos deben ser correctamente desarrollados e interpretados en función de múltiples aspectos como los equipos de trabajo, los tipos de proyecto, las especialidades o usos BIM a desarrollar en los proyectos, etc.

Junto a estos documentos también han aparecido nuevos roles y nuevos organigramas: BIM Manager, BIM Coordinator, Modelador, Operador, Monitorizador, etc.

Durante los últimos años hemos podido comprender como el principal documento en el desarrollo de los proyectos y en la organización de equipos BIM es el Plan de Ejecución BIM o BIM Execution Plan (BEP). Con estas experiencias de proyecto así como la elaboración de documentación para el entorno de formación de BIM Managers en este artículo se intenta dar respuestas a: ¿Qué es un BIM Project Execution Plan (BEP)? ¿Cómo se relacionan los BEP con los contratos? ¿Quién debe participar? ¿Qué plantilla tenemos a disposición? ¿Qué va a ser modelado y no modelado y quién son los responsables? ¿Cuáles son los entregables? ¿Cómo puedo aplicar lo que he realizado en futuros proyectos?

Palabras clave: *BEP, BIM Manual, Documentos BIM, BIM Manager, BIM Coordinator*

1 INTRODUCCIÓN

Desde mediados de 2013 hemos tenido la oportunidad de participar en diferentes proyectos con un denominador común, la necesidad de tener un marco documental para articular la coordinación de todos los miembros de los diferentes equipos así como definir los entregables por fases y bajo que estándares.

A falta de una normativa específica en numerosos países existen tendencias mundiales que van decantando unos determinados tipos de documentos que son aceptados por las partes.

A continuación mostramos los principales estándares revisados con diferentes grados de análisis para tener un marco de referencia en cuanto a tipos de documentación BIM:

- Australia “NATSPEC National BIM Guide”, “ANZRS v.3”. [1]

- Canadá “AEC (CAN) BIM Protocol 1.0”. [1]
- Estados Unidos “NBIMS-US Project Committee Rules of governance”, “GSFIC BIM Guide”, “BIM Guidelines and Standards”, “GT BIM Requirements for Arch. Eng. & Contr”, “BIM Guide Series”, “The VA BIM Guide”, “DDC BIM Guidelines”, “CoSA BIM Standards”, “MIT CAD and BIM Guidelines”, “DB BIM Standards”, “IU BIM Guidelines and Standards”, “Integrated Project Delivery: A Guide, BIM and Cost Estimating, BIM’s Return on Investment”. [1]
- Estados Unidos “E201–2007 - Digital Data Protocol Exhibit”, “E202–2008 - Building Information Modeling Protocol Exhibit”, “E203–2013 - Building Information Modeling and Digital Data Exhibit”, “G201–2013, Project Digital Data Protocol Form”, “G202–2013, Project Building Information Modeling Protocol Form”, “300 - Tri-Party Agreement for Integrated Project Delivery”, “301 - Building Information Modeling (BIM) Addendum”. [1]
- Finlandia “Common BIM Requirements 2012”. [1]
- Holanda “Rgd BIM Norm (Dutch)”. [1]
- Reino Unido “AEC (UK) BIM Protocol v2.0”, “PAS 1192:2007”, “PAS 1192-2:2013”, “PAS 1192-3:2014”, “PAS 1192-4:2014 Collaborative production of information”, “BIP 2207”, “The CIC BIM Protocol”, “The CIC BIM Protocol Appendix 1, BIM Employer’s Information Requirements (EIR)”, “BS ISO 29481-1:2010”, “BS ISO 29481-2:2012”. [1]
- Noruega Statsbygg “BIM Manual 1.2.1, BIM Manual 1.0 English”. [1]
- Singapur “BIM Guide Version 2.0”, “BIM Particular Conditions Version 2.0”. [1]
- International “ISO/TS 12911:2012 - Framework for building information modelling (BIM) guidance”, “Draft ISO/DIS 16757-1 Data structures for electronic product catalogues for building services -- Part 1”, “ISO 15686-4:2014 - Building Construction -- Service Life Planning -- Part 4: Service Life Planning using Building Information Modelling”, “ISO 16739:2013 - Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries”, “ISO 15926-2:2003 - Industrial automation systems and integration -- Integration of life-cycle data for process plants including oil and gas production facilities -- Part 2: Data model”. [1]
- España “Guías uBIM”. [2]

A continuación vamos a aportar nuestra experiencia y visión en este trabajo de gestión y redacción de documentos BIM, entendiendo que lo descrito en este documento son opiniones y apreciaciones del autor.

2 CONTENIDO

A las tareas habituales de redacción los proyectos si estos se desarrollan con metodología BIM hay que sumar una serie de actividades que han surgido del cambio inherente que trae la tecnología, la nueva forma de trabajar, el hecho de que estamos trabajando con bases de datos, de modelos de preconstrucción virtual.

La interoperabilidad (entendida como la habilidad de intercambiar información entre diferentes softwares para cumplir determinados objetivos del proyecto) la necesidad de una mayor coordinación, la necesidad de unos estándares de calidad que den consistencia y garantías a los modelos, devienen en la redefinición de los procesos, y estos se deben articular por un conjunto de documentos, que vamos a denominar documentación BIM.

2.1 Documentación BIM

La documentación BIM podemos definirla como el conjunto de documentos que establecen las responsabilidades, requisitos, normas y marco colaborativo en la realización de un proyecto BIM en cualquiera de las fases del ciclo de vida, desarrollando claramente los siguientes aspectos:

- **Estrategias:** establecer la política y objetivos BIM.
- **Procesos:** implementar los procesos, actividades y procedimientos requeridos para la realización de proyectos BIM, que se encuentren alineados al logro de los objetivos planeados. También se deben definir las actividades de seguimiento y control para la operación eficaz de los procesos.
- **Recursos:** definir asignaciones claras del personal, dar la formación adecuada, dotar del equipamiento y logística necesaria, ordenadores, infraestructura y el ambiente de trabajo adecuado.
- **Estructura Organizacional:** Definir y establecer una estructura de responsabilidades, organigrama y roles BIM, autoridades y de flujo de la comunicación dentro de la organización.
- **Archivos:** establecer los procedimientos, documentos, estilos, plantillas, librerías de objetos BIM, registros y cualquier otra documentación para la operación eficaz y eficiente de los procesos y por ende de la organización.

A falta de una normativa específica común a los diferentes países, se están aceptando como habituales una serie de documentos que vamos a describir brevemente:

- **Pliegos y los anexos al contrato:** definen las condiciones técnicas que deben cumplir los modelos, así como los usos que se le van. No están consensuados bajo ningún formato, se han ido desarrollando conforme han ido surgiendo proyectos y concursos. Se han ido realizando casi a demanda y/o por necesidad. En el IPD (*Integrated Project Delivery*), enfoque de la ejecución de proyectos que integra personas, sistemas, estructuras empresariales y las prácticas en un proceso) se están definiendo marcos contractuales comunes para los diferentes agentes intervinientes en la realización global del proyecto. Ver Fig 1 *The MacLeamy Curve*. [3]

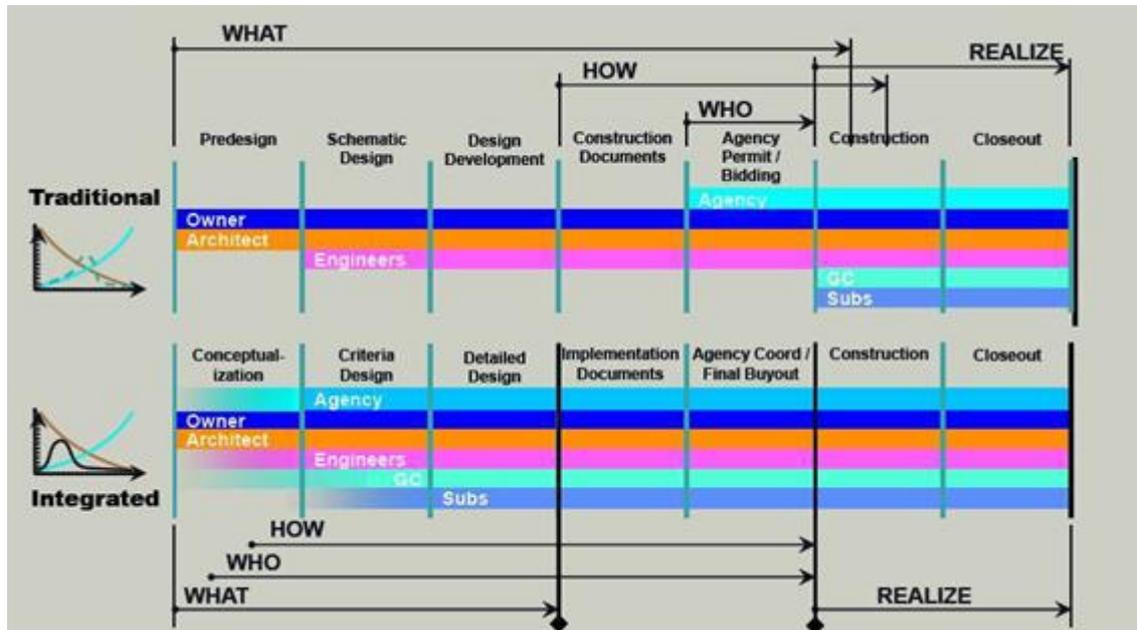


Fig 1. Comparativa Curva de MacLeamy y grafica proyectos tradicional e IPD. 2009. HOK

- **Libro de estilo BIM:** es el conjunto de procedimientos, documentos, estilos, plantillas, librerías de objetos BIM, registros y cualquier otra documentación para el cumplimiento de los Estándares de calidad BIM que asegura que todos los participantes en el proyecto BIM trabajen de una manera similar, consistente. El manual BIM está directamente relacionado con los diferentes softwares que se utilicen. De esta manera pueden existir directrices generales y directrices específicas del software. Los principales elementos o secciones que debe incluir el Manual son:
 - ESTRUCTURA DE CARPETAS: sistema de carpetas y archivos, clasificación y orden, nomenclatura. A nivel de servidor, a nivel de cada proyecto y a nivel de librerías de contenidos.
 - CONTROL DE NOMENCLATURAS: sistemas de criterios que definen como denominar cada archivo, parámetro, vista, plano, listado, etc, etc. Si no es un estándar predefinido debe ser un sistema lógico y fácilmente comprensible por todos los miembros del equipo.
 - CONTROL DE GRAFISMO: tipos de líneas, grosores, sombreados simbólicos (rayados, redes, puntos, etc) , sombreados de representación de modelos (ladrillos, bloques, hormigón, etc), sistemas de acotación, tipos de textos, cartelas, logotipos, firmas, escalas, leyendas, etc.
 - CONTROL DE VISTAS Y PLANOS: clasificación por disciplinas, colecciones, grupos, etc.
 - COORDINACION: relación entre los diferentes programas, referencias externas, sistemas de detección de interferencias (colores, criterios, etc).

- **Manual BIM** (de uso de modelos): se adjunta con la entrega de los modelos y es el manual de instrucciones, como se ha desarrollado los principales elementos, como se maneja a nivel de presentaciones, posibles modificaciones, parámetros, etc, para que un tercero pueda utilizarlo con diferentes fines tales como revisiones, auditorías, mediciones, etc.
- **Plan de ejecución BIM (BEP)**: ver definición en 2.2.

Todos estos documentos deben ser correctamente desarrollados e interpretados en función de múltiples aspectos como los equipos de trabajo, los tipos de proyecto, las especialidades o usos BIM a desarrollar en los proyectos, etc.

Pero de todos ellos uno de los principales documentos que articulan el desarrollo de los proyectos es el BEP.

2.2. ¿Qué es un BIM Project Execution Plan (BEP)?

Es el documento específico de desarrollo y coordinación de un proyecto BIM. Proporciona el marco necesario para todas las partes interesadas: propietarios / clientes, arquitectos, ingenieros, gestores de proyectos y obras, constructores / contratistas, subcontratistas / fabricantes...desarrollen los procesos del modelo de información.

En la filosofía del documento debe contemplarse:

- Debe ser consensuado y acordado por todas y cada una de las partes intervinientes.
- Es evolutivo, modificado y ajustado para acomodar el flujo de trabajo y el alcance a lo largo de las diferentes etapas del proyecto. Con revisiones periódicas en función de la duración del proyecto.
- Describen cada una de las actividades que se realizan en la aplicación de la metodología BIM.
- A nivel jurídico debe ser un anexo al contrato a al menos debe estar coordinado con el mismo para no entrar en contradicciones.
- El BEP define usos BIM en el proyecto, para la creación del diseño, la coordinación, la administración de la construcción y, en definitiva, sienta las bases para la gestión de edificios a lo largo del ciclo de vida.

A nivel de estructura de datos del documento, según las referencias tenidas en cuenta, debe incluir al menos:

1. Información general del proyecto:
 - a. Descripción
 - b. Alcance y retos del proyecto
 - c. Descripción de todos los agentes: clientes, proyectistas, consultores, coordinadores
 - d. Organigrama y roles nominativos
2. Objetivos del proyecto
 - a. Objetivos BIM del proyecto

- b. Objetivos de los agentes del proyecto
- c. Planificación
- d. Matriz del LOD (Level of development – Nivel de desarrollo)
- e. Indicadores clave del desarrollo
- 3. Interoperabilidad
 - a. Estándar BIM aplicable
 - b. Ubicación u gestión de coordenadas
 - c. Estándares de modelado
 - d. Comunicaciones y reuniones
 - e. Protocolo de intercambio de información
 - f. Protocolo de validación modelos y datos (Auditoria)
 - g. Submodelos
 - h. Unidades de modelo
 - i. Prototipo de modelos interoperabilidad BIM
 - j. Protocolos de cálculo de áreas
- 4. Recursos logísticos y técnicos
 - a. Software BIM de los agentes
 - b. Entorno de datos compartidos
 - c. Requerimientos de Hardware / Infraestructura TIC (todos los agentes)
 - d. Software (todos los agentes)
 - e. Contenido BIM específico del proyecto
- 5. Usos BIM

2.3. ¿Cómo se relacionan los BEP con los contratos?

El momento idóneo para crea un primer borrador del BEP o BEP Preliminar sería simultáneamente a la redacción del contrato del Proyecto, y debe contar con la participación activa del propietario y de todos los agentes implicados en el desarrollo de BEP, de esta manera permite a todos buscar las mejores opciones que beneficien a todo el proceso.

En ningún caso se debe realizar el BEP preliminar después de la firma de los contratos, ya que esta situación dificulta enormemente la eficacia de todo el proceso BIM y se desperdicia mucho tiempo y recursos por parte del equipo involucrado en depurar y corregir requisitos mal descrito o mal definidos.

Es muy importante que un asesor jurídico interno entienda perfectamente los objetivos BIM del Proyecto a fin de evitar lenguajes jurídicos inapropiados en la redacción del contrato y se mantenga informado a lo largo del proceso. Siendo uno de los peores escenarios cuando el contrato y el BEP entran en conflicto e incoherencias.

Por todo ello es fundamental tener contratos tipo BIM como borradores para negociar con el propietario y así agilizar los procesos. Un buen modelo de referencia sería la “*Guía de la AIA C191-2009*” [4]. (Ejemplo en Fig 2) establece el marco jurídico básico para un acuerdo de múltiples partes para la entrega del proyecto integrado IPD.

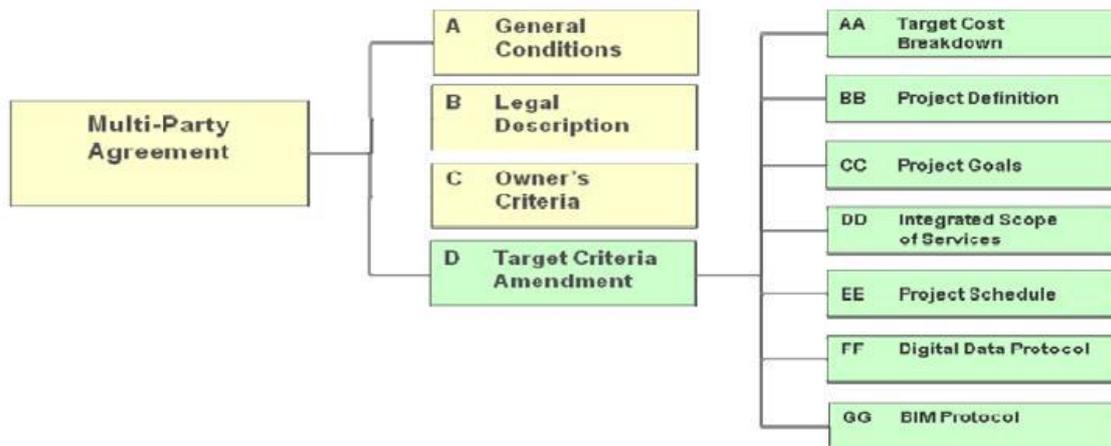


Fig 2. Esquema de contrato múltiple de la AIA C191-2009. 2009. AIA

2.4. ¿Quién debe participar en la planificación y cuál debe ser su alcance?

En principio es el Equipo de Diseño quien debe iniciar el proceso y conocer suficientemente lo que el BEP puede ofrecer para que pueda discutirse con los clientes. Así mismo hay que involucrar a la gerencia de la empresa, empezar por “arriba”. Es muy importante conseguir que desde la gerencia acepten lo que el BEP va a proponer y en el proyecto se va a desarrollar. Se está pasando de hacer los proyectos de una determinada manera a una distinta basada en BIM, y la gerencia debe comprenderlo y apoyarlo. Para ello es importante hablar de beneficios esperados y de resultados de experiencias pasadas, como que un proyecto anterior la anticipación en las revisiones de diseño evitó gastar recursos y modificaciones del diseño en fase de la obra.

Para poder planificar adecuadamente lo que en el BEP se va a plasmar requiere un compromiso de las todas las partes afectadas y para ello deben asistir a las reuniones de planificación del BEP:

- Cliente (*Owner / Client*): acompañado de personal de mantenimiento (*FM Facilities Managment*) y personal clave con capacidad de tomar decisiones contractuales.
- BIM Managers de cada especialidad (ARQ-MEPF-STR-CIVIL): que sirven de apoyo a los agentes claves del proyecto y tienen capacidad de interpretar correctamente las decisiones de cada disciplina específica

En este marco de trabajo el líder del BEP debe ser el equipo de Diseño, principalmente los Arquitectos / Ingenieros aunque en determinadas ocasiones podría ser el constructor, si el BEO se desarrolla solo desde la fase de obra. También puede ser un consultor con amplia experiencia en el desarrollo de BEP.

En cuanto a la autoría BEP lo normal es reconocer el esfuerzo conjunto de todas las partes implicadas en cada fase del Proyecto y de la obra. Los BIM Managers y Project Managers serán los que gestionan los conocimientos y experiencia del equipo que se trasladará el

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

BEP. Y por supuesto el equipo Jurídico debe estar involucrado en el proceso y solicitar permanentemente sus opiniones en el proceso.

Mediante el desarrollo del BEP, los miembros del equipo del proyecto deben tener como alcances:

- Todas las partes deben entender claramente y comunicar los objetivos estratégicos para la implementación de BIM en el proyecto.
- Las organizaciones deben entender sus roles y responsabilidades en la ejecución del proyecto.
- El equipo será capaz de diseñar un proceso de ejecución que se adapta bien a las prácticas de cada miembro del equipo y flujos de trabajo típicos de organización
- El plan diseñará los recursos adicionales, capacitación u otras competencias necesarias para implementar con éxito BIM para los usos previstos
- El plan proporcionará un punto de referencia para describir el proceso a los futuros participantes que se incorporen al proyecto
- Las divisiones de compra serán capaces de definir el lenguaje del contrato para asegurar que todos los participantes en el proyecto cumplen con sus obligaciones
- El plan proporcionará un objetivo para medir el progreso a lo largo del proyecto.

2.5. Plantillas de referencia

Existen numerosas plantillas de BEP, en el listado anteriormente citado están como “*Indiana University BIM Plan template*” [5], “*AEC (UK) BIM Protocol v2.0*” [6], “Autodesk BEP”.

Desde el punto de vista de aplicaciones en proyectos, por la experiencia en su manejo, destacaríamos por su claridad en su estructuración y claridad de contenidos el “*Penn State BIM PEP Procedure Guide*” [7].

2.6. Primeros pasos de un BEP

En línea a la experiencia que hemos tenido en diferentes proyectos para comenzar la discusión dentro de la organización de un BEP se pueden establecer las siguientes secuencias de reuniones o hitos:

- Reunión 1 Preplanificación: Definir los usos BIM y los objetivos (*BIM Uses & Goals*), así como:
 - o Evaluar la potencial división de la estructura del proyecto, revisar con el BIM Manager el tamaño de proyectos anteriores, el alcance, los temas; revisar las lecciones aprendidas de los equipos de producción; utilizar métricas de control.
 - o Composición del equipo: Internos, Consultores y potenciales contratistas. Experiencia en el Software y en el sector de Mercado. Ubicación de los equipos en relación con la división del trabajo.

- Preparar el borrador de presentación BEP: con logotipos y rellenando tantos datos como sean posibles en el BEP.
- Definir los Objetivos del BEP: Alcance de los servicios BIM; Temas generales y principios rectores del BEP; Objetivos del Proyecto BIM; Plan de colaboración; Plan de modelización. (*Modeling Plan*); Plan detallado de Modelización por fases; Plan de análisis y control del modelo; Diseño de los Mapas de Procesos; Intercambio de información y Matriz de nivel de detalle
- Reunión 2: Diseñar los Procesos BIM
- Reunión 3: Revisar los requisitos de intercambio de información y definir la infraestructura de intercambio, periodicidad, formatos (IFC,BCF, RVT, gBXML, Pdf, dwg, etc).
- Reunión 4: Revisar el borrador final

2.7. ¿Qué va a ser modelado y no modelado y quienes son los responsables?

Antes de definir la responsabilidad del modelado hay que comenzar por la matriz de alcance con un Plan de modelo detallado (basado en fases), el diseño de los Mapa de Procesos (uno por categoría) y definir los niveles de detalle y desarrollo paramétrico de los elementos del modelo (*Level of detail / Level of development*) de cada una de las categorías que conforman las disciplinas del proyecto.

Para establecer los requisitos de modelado de cada disciplina especifica todos los BIM Managers deben plantear las diferentes estrategias de modelado, habiendo tenido antes un debate interno con los modeladores, ya que las decisiones que se plasmen en el BEP afectan a cada una de las partes y son la base para medir los esfuerzos y rentabilidad en el proyecto. Aunque hay que tener en cuenta que el BEP es un documento vivo, que debe revisarse siempre que sea necesario y modificar los dictados de los flujos de trabajo.

El responsable de modelar los diferentes elementos debe:

- Identificar los componentes de modelado por cada disciplina especifica, clasificar por disciplina, incluir también lo que no se considera viable, se debe ser capaz de transmitir la intención de diseño y viabilidad constructiva.
- Si está el contratista negociar los requerimientos de mediciones (QTO – *Quantity Take Off*) a lo largo de las diferentes fases del proyecto, modelado de fabricación de elementos singulares y/o fuera de norma, prefabricación...
- Ponderar las demandas de modelado para que no sean excesivas.

2.8. ¿Cuáles son los entregables en las diferentes fases?

Uno de los problemas habituales que se plantean es si se va a entregar o no el modelo nativo realizado con Revit, Allplan, Bentley, Archicad etc. Primero por la propiedad intelectual que supone la realización del mismo y segundo porque el modelo nativo

generalmente no tiene forma de ser bloqueado y por lo tanto puede modificarse, a diferencia de un pdf.

En este aspecto es necesario asesorar a los clientes sobre este aspecto para que se tenga en cuenta la propiedad intelectual de los modelos y las familias o librerías que pueden contener, y sobre todo enseñarles a manejar los modelos, enseñarles los nuevos tipos de entregables para que no sigan pidiendo exportaciones a DWG, que pueden complicar los flujos de trabajo y generalmente son para cubrir un punto de la lista de chequeo, y no porque alguien vaya a utilizarlos realmente.

En la fase de obra si se utilizan gestores de modelos como Navisworks u otras aplicaciones de análisis, hay que prever un adecuado modelado de para que la productividad sea apropiada.

Para las fases de FM el equipo de diseño tiene que tenerlo en cuenta, si se van a utilizar aplicaciones de FM, es necesario prever la incorporación de parámetros adecuados en las familias para tal fin.

2.9. Terminé mi primer BEP ¿Ahora qué?

Después de finalizar el BEP es necesario revisarlo con regularidad, seguir los plazos definidos para cada proyecto y no permitir que los plazos supongan modificaciones críticas del flujo de trabajo.

Así mismo hay que realizar una labor de gestión y control de documentos del proyecto, realizando las copias de seguridad y actualizar las plantillas correspondientes y asegurarse de mantener una estructura de carpetas para la correcta trazabilidad de los documentos que se han generado en el proyecto.

Otra tarea importante es comprobar y hacer un seguimiento de los indicadores establecidos en el BEP o en los planes estratégicos:

- Si se han mantenido los formatos de reuniones y las duraciones para ayudar a calibrarlas para los siguientes proyectos
- Registros de las gestiones realizadas e informadas. Para el próximo cliente y/o Proyecto los BIM Managers deberían consultarla regularmente.
- Si el BEP ha sido efectivo en tanto a los objetivos, usos y recursos. Se pueden realizar encuestas internas.

2.10. ¿Cómo puedo aplicar lo que he realizado en futuros proyectos?

Mediante programas de gestión de proyectos adecuados como Project Wise, 4BIM Projects, Alfresco o Gestproject puede sistematizar la copia de todos los documentos del proyecto a un directorio de plantillas manteniendo una estructura de carpetas definida.

Antes de guardar hay que eliminar todos los nombres propios, logotipos, direcciones etc. y sustituirlos con nombres genéricos y facilitando su localización resaltando el color del texto.

El sistema de datos, carpetas y documentos limpios debe de estar disponible para el próximo trabajo. Si tenemos toda esta información disponible facilitará enormemente la puesta en marcha del siguiente proyecto así como la primera reunión con el próximo cliente quien podrá comprobar el nivel de elaboración del BEP gracias a las plantillas ue podremos aportar.

3 CONCLUSIONES

Actualmente la evolución de este tipo de documentos es constante, como se puede comprobar en países del entorno europeo que ya han creado grupos de trabajo para definir normativas BIM. En los países anglosajones esta tendencia está mucho más consolidada.

El verdadero problema es que, aun existiendo un amplio consenso por parte de los usuarios BIM, de que las normativas relacionadas con este tipo de proyectos deberían estandarizarse, empiezan a proliferar normativas por cada nivel de administración. Así está ocurriendo en los Estados Unidos, donde cada estado está proponiendo su modelo BEP.

Esa situación se puede acentuar en países como España con una tradición de generar normativas a más de 4 niveles: estado, comunidades, diputaciones y municipios.

Debería existir una entidad global, que podrían ser la Building Smart o la ISO para que marquen unas líneas generales mínimas y que realmente dispongamos de documentos globales. Si los proyectos son globales y los equipos técnicos pluridisciplinares son globales, las normas BIM y los BEP deben ser globales y estandarizados.

4 REFERENCIAS

- [1] *BIM Standards*, David Barco Moreno (consultado marzo 2015) recopilación y listado de estándares internacionales BIM con enlaces a todas las normas citadas en la introducción. <http://qbimgest.blogspot.com.es/2015/03/bim-standards.html>
- [2] *Guías uBIM de España* (consultado octubre 2014) <http://www.buildingsmart.es/bim/qu%C3%ADas-ubim/>
- [3] *The MacLeamy Curve - Real World BIM and IPD (2012)* consultado enero 2015 <http://greghowes.blogspot.com.es/2012/06/macleamy-curve-real-world-bim-and-ipd.html>
- [4] "AIA Document Commentary, AIA Document C191 – 2009, Standard Multi-Party Agreement for Integrated Project Delivery" consultado en enero 2015 <http://www.aia.org/groups/aia/documents/pdf/aiab081495.pdf>
- [5] "Indiana University BIM Standards" consultado en diciembre 2014 <http://www.iu.edu/~vpcpf/consultant-contractor/standards/bim-standards.shtml>

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 8 y 9 de mayo 2015*

[6] "AEC (UK) BIM Protocol" consultado en enero 2014

<https://aecuk.files.wordpress.com/2012/09/aecukbimprotocol-v2-0.pdf>

[7] *BIM Execution Planning, Project Execution Planning Guide version 2.1 (May 2011), consultado enero 2015* <http://bim.psu.edu/Penn State Computer Integrated Construction>

DYNAMO Y LA GESTIÓN DE VISTAS Y PLANOS EN REVIT

Autor: Revuelta Coruña, F.J. (1)

(1) Euroestudios, S.L.

RESUMEN

Generación de planos y vistas a partir de una hoja Excel vinculada con Dynamo, consiguiendo:

- Organización de las colecciones dentro del “project browser”
- Planos en los que se insertan la vista dependiente o general, en función del “scope box” definido
- Aplicación del “View template” propio de la vista
- Escala de la vista a insertar
- Sello completo (autor, nombre de plano, fecha, colección...) incluso con los sombreados por ámbitos del esquema llave.

Palabras clave: Excel, dynamo, hojas, planos, sheets

1 INTRODUCCIÓN Y PROBLEMÁTICA PLANTEADA

La forma tradicional de trabajo con Revit es tener dos equipos paralelos, uno que actúe de modeladores y otro que actúe preparando vistas que formarán parte de los planos a presentar.

Las prisas del proyecto y la falta de recursos, han llevado a intentar desarrollar una herramienta que a partir de una lista de planos en Excel, sea capaz de generar las vistas y los planos de forma automática utilizando Dynamo como canal de conexión entre Revit y Excel. El funcionamiento de la herramienta, hace que el ahorro de tiempo sería grandísimo pudiendo llegar a reducirse hasta en un 30 - 35%.

2 DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA

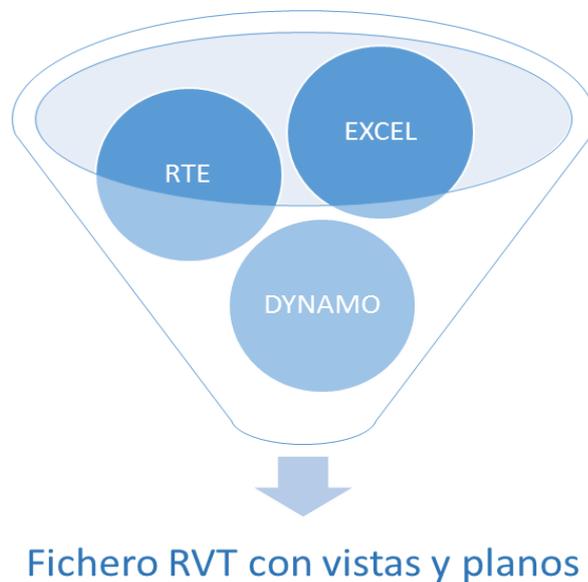
Con el fin de poder lanzar el proceso de generación de planos, necesitamos los siguientes ficheros:

- Lista de planos en Excel
- Fichero .rvt de template de revit con:
 - 1.- Niveles del proyecto

- 2.- Scope box y nombres concordantes de estos scopes con los del Excel
- 3.- View templates dados de alta con la misma salvedad
- 4.- Formatos de impresión
- 5.- Parámetros (disciplina, subdisciplina, escala, hoja)

- Fichero .dyn con el código Python de generación de vistas y planos.

Con el fichero de Revit abierto, se carga el Excel en Dynamo y se ejecuta, obteniendo el fichero .rtv con las vistas y planos generados.



3 DESCRIPCIÓN DEL DOCUMENTO EXCEL

Una de las premisas de la que partimos es la elaboración de un excel con una estructura determinada, la cual, contiene los planos y vistas a generar, así como las configuraciones a aplicar. La tabla generada es similar a la que muestra la siguiente imagen y los campos de dicha hoja, se describen a continuación.

A	B	C	D	E	F	G	H
INSTALACIONES 01-INSTALACIÓN ELÉCTRICA	Bandejas	ELE-B-31-KEY	Bandejas Eléctricas. Planta Tercera	KEY	200	-	
INSTALACIONES 01-INSTALACIÓN ELÉCTRICA	Bandejas	ELE-B-32	Bandejas Eléctricas. Planta Cuarta. Zona A	AB	200	A0 - Mono 4 Zonas - 1-200	
INSTALACIONES 01-INSTALACIÓN ELÉCTRICA	Bandejas	ELE-B-33	Bandejas Eléctricas. Planta Cuarta. Zona B	BC	200	A0 - Mono 4 Zonas - 1-200	
INSTALACIONES 01-INSTALACIÓN ELÉCTRICA	Bandejas	ELE-B-34	Bandejas Eléctricas. Planta Cuarta. Zona C	CD	200	A0 - Mono 4 Zonas - 1-200	
INSTALACIONES 01-INSTALACIÓN ELÉCTRICA	Bandejas	ELE-B-35	Bandejas Eléctricas. Planta Cuarta. Zona D	DE	200	A0 - Mono 4 Zonas - 1-200	

J	K	L	M	N	O P Q	R	S
PLANTA 04	Ceiling Plan Independent	EE-INS-01-06-CEIL - INS. ELEC. - BANDEJ	ZONA GENERAL	- A	LUIS GARCÉS HENRÍQUEZ	Bandejas	
PLANTA 04	Ceiling Plan Dependent	EE-INS-01-06-CEIL - INS. ELEC. - BANDEJ	ZONA 3/4	- A	LUIS GARCÉS HENRÍQUEZ	Bandejas	
PLANTA 04	Ceiling Plan Dependent	EE-INS-01-06-CEIL - INS. ELEC. - BANDEJ	ZONA 4/4	- A	LUIS GARCÉS HENRÍQUEZ	Bandejas	
PLANTA 04	Ceiling Plan Dependent	EE-INS-01-06-CEIL - INS. ELEC. - BANDEJ	ZONA 2/4	- A	LUIS GARCÉS HENRÍQUEZ	Bandejas	
PLANTA 04	Ceiling Plan Dependent	EE-INS-01-06-CEIL - INS. ELEC. - BANDEJ	ZONA 1/4	- A	LUIS GARCÉS HENRÍQUEZ	Bandejas	

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

- Campos A,B,C

Estos campos organizan las vistas en el “system browser” por los parámetros que hemos creado, Disciplina, Colección, Subcolección.

La columna B, se utiliza, además, en el formato para el poner el nombre de la especialidad.

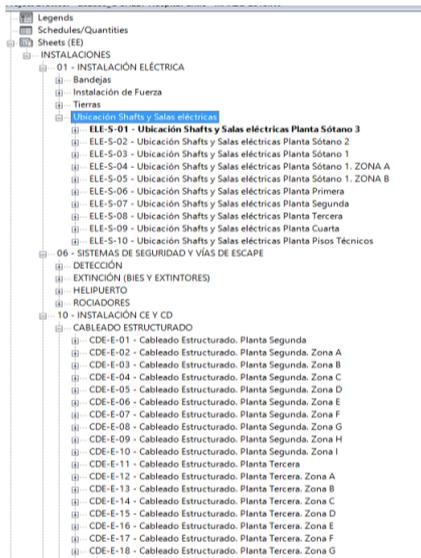


Fig 1. Vemos planos organizados por Disciplina (columna A, 01 – INSTALACIÓN ELÉCTRICA), Colección (columna B, Ubicación Shafts y Salas eléctricas), Subcolección (columna C, ELE-S-01- Ubicación Shafts y salas eléctricas Planta Sótano 3).2015. Autor

- Campo D (Sheet number)

Sheet number. Equivale al número de plano que aparece en el cajetín. La etiqueta correspondiente está definida con un prefijo que identifica al proyecto.

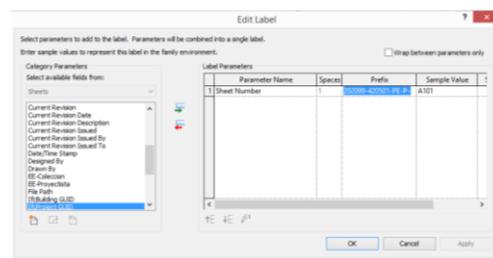


Fig 2. Definición de parámetro.2015. Autor

- Campo E (Sheet name)

Lo mismo que el anterior pero con el nombre del plano del cajetín.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

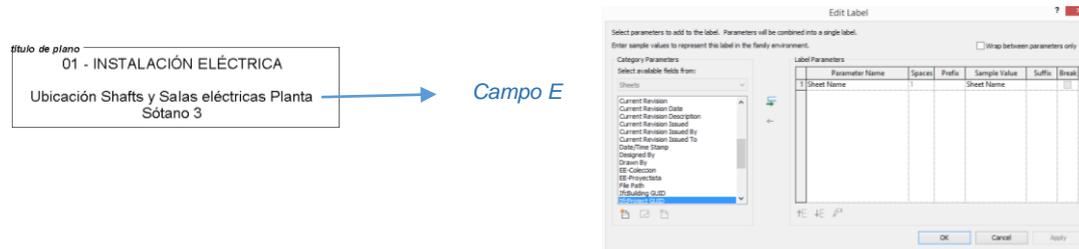


Fig 3. Definición de parámetro.2015. Autor

- Campo F (EE-Hoja)

Lanza desde dynamo el parámetro de visibilidad del “plano llave”. Si aparece “GEN”, no hace nada, mientras que si aparece otro tipo, aplicará el rallado que corresponda a la zona y que previamente ha sido definido en función de los “scope box”.

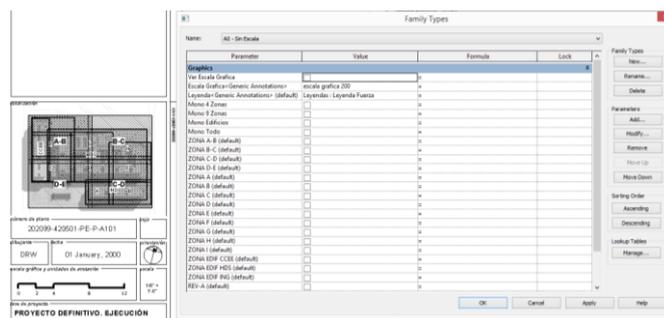


Fig 4. Parámetro de visibilidad del plano llave.2015. Autor

- Campo G (EE- Escala)

Es el parámetro escala del formato y además la escala que aplica a la vista que insertará en el plano generado.

- Campo H (Family Type)

Corresponde al cajetín a aplicar a la presentación

- Campo J (Level)

Seleccionamos el nivel donde se va insertar la vista.

- Campo K (View Type)

Indica el tipo de planta vista que se va a crear, es decir si se trata de un “Floor Plant”, o una “Celling Plant”. El objetivo es ir mejorando la aplicación con el fin de poder incluir el resto de vistas, esto es “secciones”, “vistas 3d”, “drafting view”, “call out”....

- Campo L (Dependency)

Creamos vistas dependientes o independientes en función de que apliquemos “scope box” o sea una planta general.

- Campo M (View Template)

La vista tendrá la aplicación del “view template” que queramos asociarle, en función de cómo queramos representar los planos y según los criterios empresariales adoptados.

- Campo N (Scope Box)

Aplicación del ámbito de la vista en función al número de hojas que nos salgan por cada plano.

- Campo O (Legend)

Bloque de leyenda a insertar en el cajetín, en función de la especialidad

- Campos P (Draw By), Q (Revisión), R (Proyectista)

Parámetros, que estarán en el “template” y que se definirán como etiquetas en el formato, con el fin de que se puedan rellenar automáticamente

4 DYNAMO

Para vincular el documento Excel descrito y Revit, utilizaremos el entorno libre de programación visual denominado “Dynamo”.

Dynamo es un entorno de programación visual para BIM que amplía las capacidades paramétricas de Revit y Vasari con el entorno de datos y la lógica de un editor gráfico de algoritmos. Es un proyecto de código abierto para desarrolladores y diseñadores para involucrarse activamente en la construcción de la herramienta.

Dynamo amplía la funcionalidad paramétrica de Autodesk Revit. Pretende ser accesible tanto para no programadores como para programadores usando Python.

Dynamo se ha desarrollado basándose en el feedback de varias compañías, incluyendo Arup, KPF, Buro Happold, Autodesk, y estudiantes y profesores de la USC School of Architecture.

La versión actual se ejecuta desde Revit 2015 y Project Vasari Beta 3.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 8 y 9 de mayo 2015

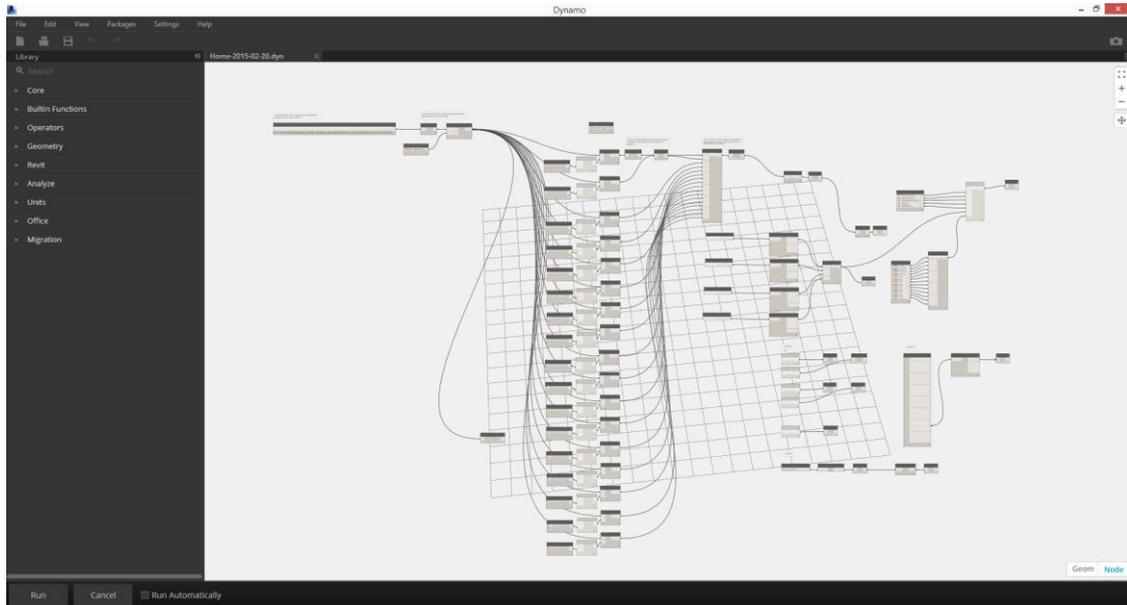


Fig 5. Entorno de programación Dynamo.2015. Autor

La idea es cargar el archivo excel generado, y por medio del entorno gráfico de programación generar aquellos planos que sean nuevos. La aplicación que se ha desarrollado, con lenguaje de programación Python “mapea” cada uno de las filas del archivo Excel en las entidades de revit que hemos definido.

El resultado es la obtención de forma automática las vistas y planos de proyecto organizadas en el Project browser en las que se va aplicar el scope box, el view template, datos del sello, leyendas y notas y vistas que formarán parte del plano a la escala adecuada. Por tanto, sobre la vistas solo, quedaría hacer el etiquetado y la mejora de la presentación.

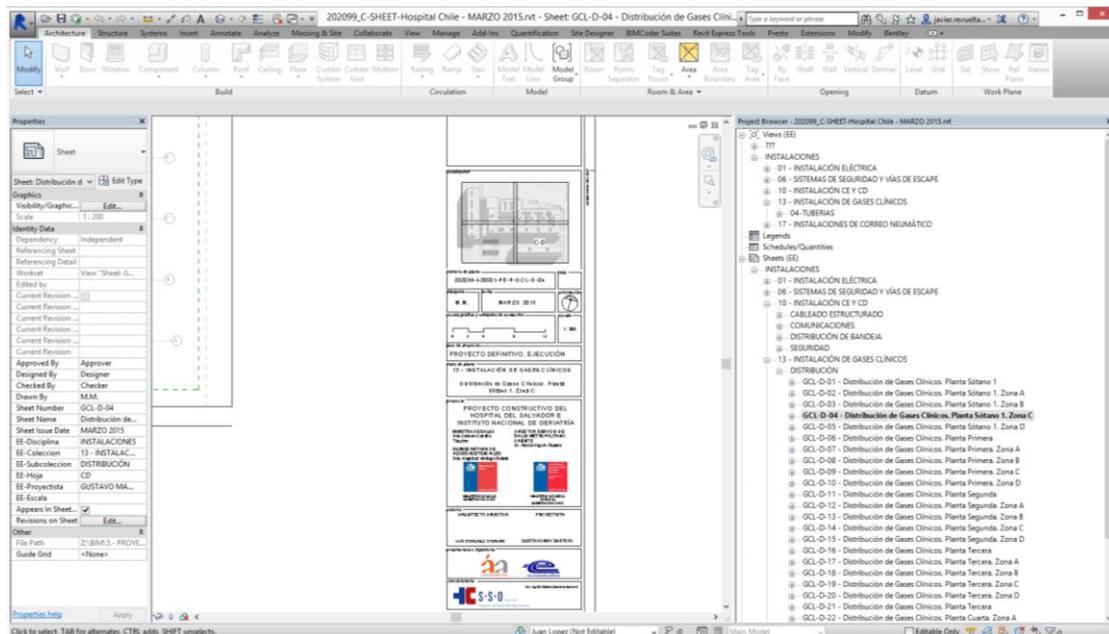


Fig 6. Resultados obtenidos.2015. Autor

En caso de que haya modificaciones en los planos, ya sean nuevas revisiones, altas de nuevos planos, cambio de trazabilidad...., bastaría con modificar el Excel con los nuevos datos y lanzar la aplicación de Dynamo. Esta aplicación comprobará si hay modificaciones o no, hoja por hoja, de tal forma que aquellos planos en los que existan cambios, serán actualizados, mientras que en aquellos que no los haya, la aplicación los dará como buenos sin realizar ninguna acción sobre ellos.

5 CONCLUSIONES

Mejora de la productividad por medio de procesos automatizados.

Aunque en el mercado existen herramientas que pueden hacer cosas parecidas (tools4revit, Smart sheets), con este desarrollo hemos podido personalizar nuestras necesidades encajándolas en nuestro proceso productivo.

6 REFERENCIAS

[1] <http://www.autodesk.com/cloud-platform-components>

[2] <http://dynamobim.com/learn/>

[3] <http://www.aqa-cad.com/products/tools4revit>



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA