

## IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EDUCACION SUPERIOR DE AEC

**García Granja, María Jesús (1)**

(1) Arquitecta. Máster BIM *Manager*. Profesora de la ETSA de Málaga. Miembro del Grupo de investigación HUM-964 CTA: Comunicación, Tecnología y Arquitectura, de [es]FAB y de GUBIMMLG. [miggranja@uma.es](mailto:miggranja@uma.es)

### RESUMEN

En esta última década se viene observando como el modelo tradicional de diseño, coordinación de ejecución y mantenimiento de edificaciones, utilizado durante los últimos veinte años, está quedando obsoleto frente a las ventajas que ofrece la metodología BIM (*Building Information Modelling*).

Nos encontramos, pues, en un momento disruptivo dentro del sector AEC (*Architecture Engineering and Construction*) ya que, al mismo tiempo que se abre un nuevo abanico de oportunidades técnicas, perfiles profesionales y nichos de mercado inexplorados, también se plantean grandes retos en relación a la implementación de dicha metodología en España.

Esta comunicación se centra en concreto en su implementación en el marco de la Educación Superior para formar como profesionales BIM a los alumnos de Enseñanzas Universitarias y de Ciclos Formativos de Grado Superior relacionados con el sector de la Construcción.

Concluyendo con la propuesta de insertar BIM como metodología transversal y vertebradora de las distintas áreas de conocimiento de cada Enseñanza, mediante un método empírico de aprendizaje, en el que diversas asignaturas trabajen en sus prácticas sobre un modelo virtual común y articulando la posibilidad de llegar a adquirir las máximas competencias en materia de coordinación y gestión colaborativa en la nube, mediante Títulos de Másteres Interuniversitarios.

**Palabras clave:** AEC, BIM, Enseñanza, España, Universidad

### ABSTRACT

In recent times, it has been observed that the traditional design, coordination and execution of buildings, used during the last twenty years, is becoming obsolete in comparison with the advantages of the BIM (*Building Information Modelling*) methodology.

We are, therefore, in a disruptive moment in the AEC (*Architecture Engineering and Construction*) Sector, since, at the same time as a new range of technical opportunities, professional profiles and unexplored market niches opens up, there are also great challenges on the implementation of this methodology in Spain.

These ones are analysed in this communication, focusing specifically on their implementation in the framework of Higher Education to train as BIM professionals the students of University Teachings and Higher Education Training Cycles related to the Construction Sector.

Concluding with the proposal to insert BIM as transversal methodology and supporting of the different areas of knowledge of each Teaching, through an empirical method of learning, in which diverse subjects work in their practices on a common virtual model and articulating the possibility of arriving to acquire the maximum skills in coordination and collaborative management in the cloud, through Interuniversity Masters Degrees.

**Keywords:** *AEC, BIM, Teaching, Spain, University*

## 1 INTRODUCCIÓN

Se ha demostrado que los procesos relacionados con la edificación han evolucionado de modo mucho menos efectivo que los relacionados con la producción industrial, cuya progresiva optimización de sus sistemas de fabricación, ha alcanzado cotas mucho más altas desde la Revolución Industrial a nuestros días [1].

Por otro lado, como es sabido, el modelo standard de documentación proyectual, que se ha venido utilizando en edificación durante los últimos veinte años para cualquier Proyecto Básico y de Ejecución, consistía en la representación gráfica en 2D mediante CAD (*Computer-Aided Design*) de plantas, alzados y secciones, no vinculados automáticamente entre sí -por lo que cualquier cambio era necesario dibujarlo en todas las vistas- acompañados, en su caso, de algún modelo en 3D -que facilitase su interpretación visual, pero sin información digital del proyecto- y documentado textual y numéricamente, en lo relativo a mediciones y presupuestos, tablas de planificación, etc. mediante archivos en diferentes formatos, que no ofrecían la posibilidad de rectificación instantánea al modificar el modelo gráfico. Esto obligaba al continuo cotejo de la correcta actualización, ante cualquier cambio en proyecto, de todos los planos, mediciones y presupuestos, modelos y anexos de cálculo de estructura e instalaciones, memoria, pliego de condiciones y demás documentos de proyecto [2].

Sin embargo, hoy día, nos encontramos en un momento clave, en el que los agentes que intervenimos desde los distintos ámbitos en el sector AEC (*Architecture Engineering and Construction*) tenemos la oportunidad de conseguir mayores cotas de calidad y de ahorro de recursos en la edificación, tanto en las fases de diseño, como de construcción y de mantenimiento de las obras arquitectónicas, gracias a una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de proyectos de construcción como es BIM (*Building Information Modelling*).

Ésta no sólo permite centralizar en un solo modelo digital toda la información de proyecto necesaria para la ejecución en obra de edificios fieles a su diseño, con mediciones y presupuestos reales y vinculados a él, sino que posibilita el ensayo y la detección temprana de interferencias entre arquitectura, instalaciones y estructura, que redundan en un ahorro

considerable en tiempo y dinero, dada la disminución de errores de proyecto, que no sólo reduce el número de proyectos reformados y de precios contradictorios respecto a los que solían darse durante la ejecución de un edificio diseñado según el modelo tradicional, sino que además, facilita enormemente el mantenimiento del edificio y disminuye su CCV (Coste de Ciclo de Vida), lo que se conoce como 360º (Figura 1). Dicha centralización de la información es lo que permite la automatización de los cambios, reduciendo al mínimo las discrepancias documentales y el tiempo de dedicación al cotejo de documentos [3].

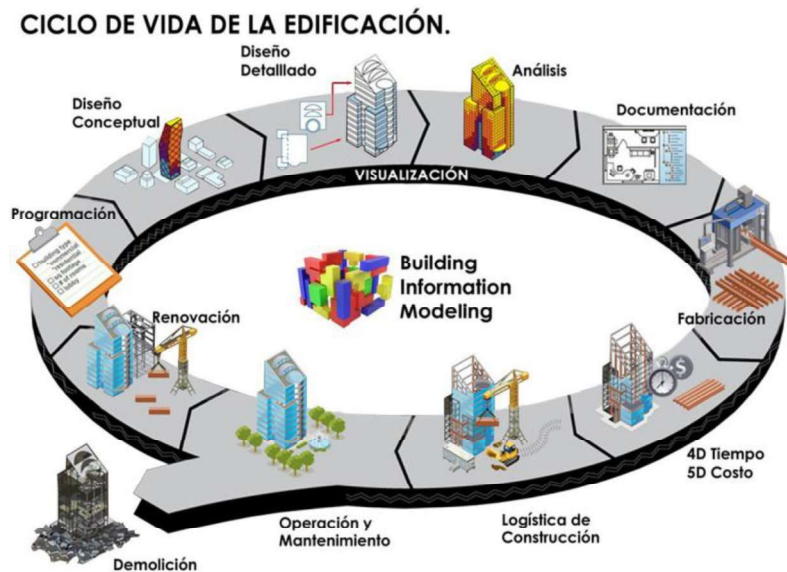


Fig 1. Ciclo de vida BIM de un edificio. 2014. <http://mbim.blogs.upv.es/>

Por ello, se dice que dicho modelo no sólo incorpora información geométrica 3D, sino que se podría afirmar que esta metodología permite generar un modelo 4D, ya que incluye el factor tiempo, al aportar la posibilidad de incluir fases de proyecto, correspondientes a distintas etapas constructivas, dentro del mismo modelo y permite la planificación temporal de la construcción. Además se convierte en 5D al incluir los costes, en 6D al incorporar la información ambiental y en 7D al introducir los datos necesarios para el mantenimiento. [4]

Las ventajas mencionadas, que reportan esta nueva metodología, son posibles gracias a que BIM permite modelar una realidad virtual dinámica y actualizable automáticamente por los distintos agentes que la crean, los cuales pueden trabajar simultáneamente en ella desde cualquier punto del planeta, realizando una gestión colaborativa en servidor en la nube [5].

Aunque no hay que obviar que este sistema de trabajo requiere la creación y gestión de modelos centrales, modelos vinculados y subproyectos, por parte de profesionales cualificados para ello, así como de la redacción y firma conjunta un BEP (*BIM Execution Plan*) por parte de todos los agentes implicados en el proceso de edificación, por el cual, cada una de dichas figuras asumirá la carga de trabajo y responsabilidades reflejados en él, aspecto para el cual aún no está adaptado nuestro marco legislativo actual, como es la LOE (Ley de Ordenación de la Edificación).

Es por todos estos motivos, además de por el hecho de que va más allá de la fase de diseño del proyecto, abarcando también la ejecución y gestión del mantenimiento a lo largo del ciclo de vida del edificio, reduciendo los costes de todas las etapas, lo que ha convertido a BIM en el paradigma de metodología de trabajo en los proyectos de construcción en una gran parte de países, sobre todo en los últimos diez años.

Respecto a cómo se ha operado en cada uno de ellos para lograr la implementación de ésta en sus respectivos sectores AEC, encontramos ejemplos como los de gobiernos de Dinamarca en 2011 o Gran Bretaña en 2016, donde se ha optado por la implantación obligatoria de la metodología BIM a los procesos de diseño, construcción y mantenimiento de edificaciones públicas o superiores a una determinada superficie construida. Aunque existen otros países como Canadá, donde dicha implantación no se ha realizado, de momento, de forma impositiva por sus Administraciones Públicas, sino han optado por incentivarla y no crear normativa oficial sino guías BIM de recomendado cumplimiento en proyectos de edificación, de modo que, de forma progresiva, están consiguiendo que se convierta en una metodología de uso habitual en ellos, como se observa en la Figura 2.

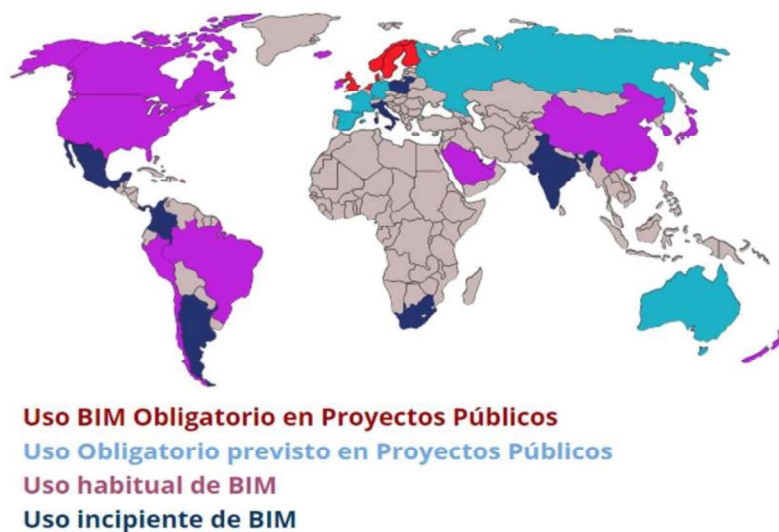
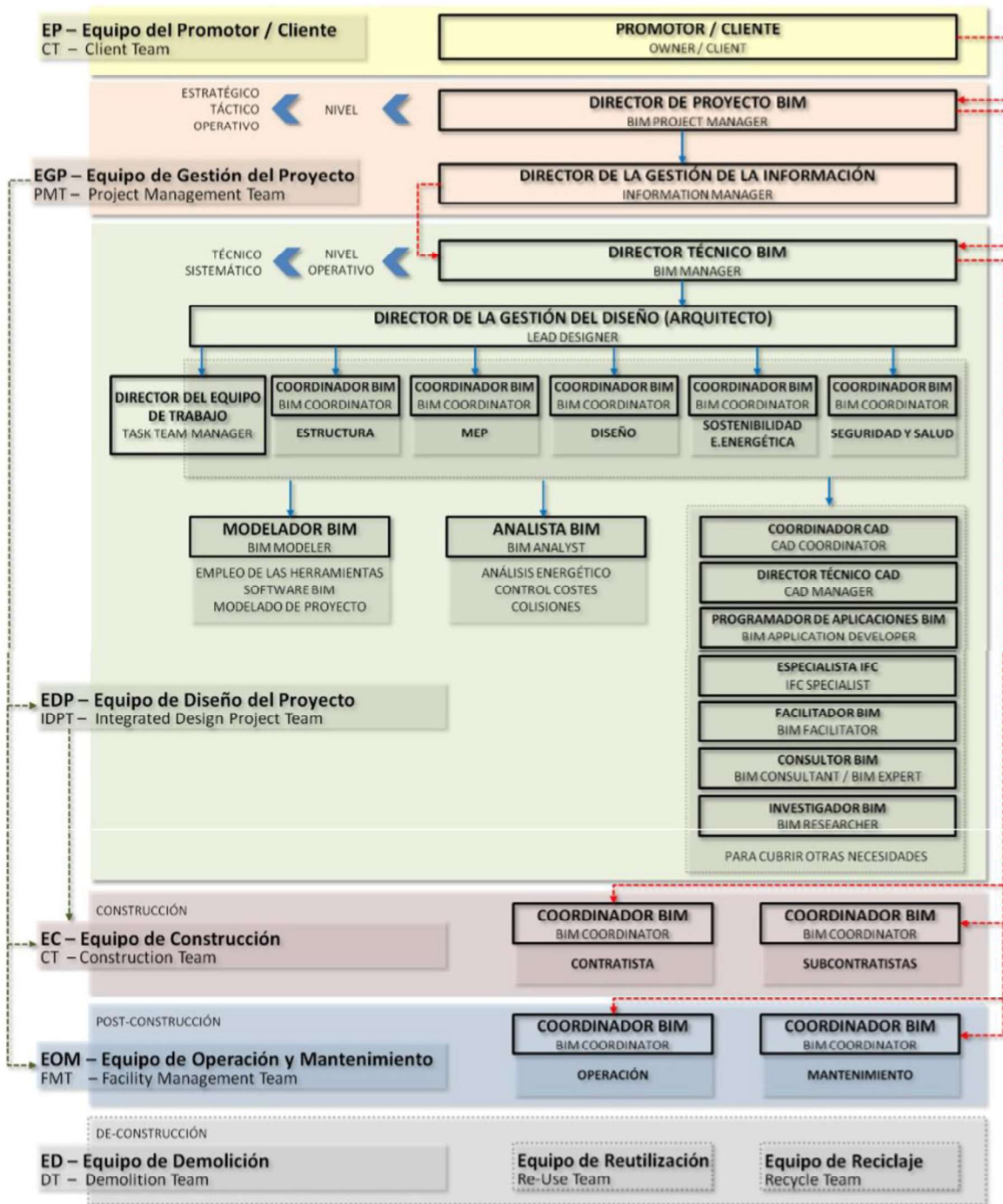


Fig 2. Mapa de implantación BIM. 2016. [www.buildingsmart.es/bim/](http://www.buildingsmart.es/bim/)

Pero en cualquiera de las tipologías de implantación analizadas hasta el momento, los resultados en las obras construidas mediante esta metodología están demostrando que es una herramienta muy eficaz para dar paso a una optimización de recursos, que redunde en construcciones de mayor calidad, más eficientes y a menor coste, reduciendo el factor incertidumbre durante el proceso de construcción a las mínimas cotas posibles y asegurando un mantenimiento sostenible en el tiempo de éstas. [6]

No obstante, un cambio de modelo proyectual y constructivo como éste supone, en cualquier caso, una modificación en los modos tradicionales de trabajo en el sector AEC, que conlleva también cambios de rutinas de negocio y de roles profesionales tradicionales,

tan arraigados en las profesiones A&E (*Architects and Engineers*), como puede observarse en la Figura 3.



Autores: Felipe Choclán Gámez, Hugo Sánchez Vicente

Fig 3. Organigrama de roles BIM. 2016. BIM implantación en España. Comisión BIM. Grupo 2.3  
 En España, los primeros pasos dados en estos temas comenzaron cuando el Ministerio de Fomento creó en 2015 la Comisión Nacional es.BIM, que hasta hoy sigue analizando cómo implementar BIM en el Sector y cómo introducirlo en las licitaciones públicas.

Además, en el marco de la Asociación BuildingSMART *Spanish Chapter* se ha creado, por un lado, el Foro Académico BIM [es]FAB, que es una red española académica BIM, sin ánimo de lucro, cuya misión es la de desarrollar y promover la formación, el aprendizaje y la investigación sobre BIM a través de una estrecha colaboración y cooperación entre sus miembros y otras entidades y organismos, cuya finalidad incluya la mejora del modelo productivo de la construcción y, por otro, está intentando fomentar la estandarización de BIM, mediante el desarrollo de una serie de guías BIM denominadas uBIM, que pretenden facilitar la implantación de la metodología en el Sector de la Construcción español y promover la metodología *openBIM*, basada en el uso de flujos de trabajos y estándares abiertos, como el IFC (*Industry Foundation Classes*), que sirve como formato de intercambio de datos entre agentes, procesos y aplicaciones.

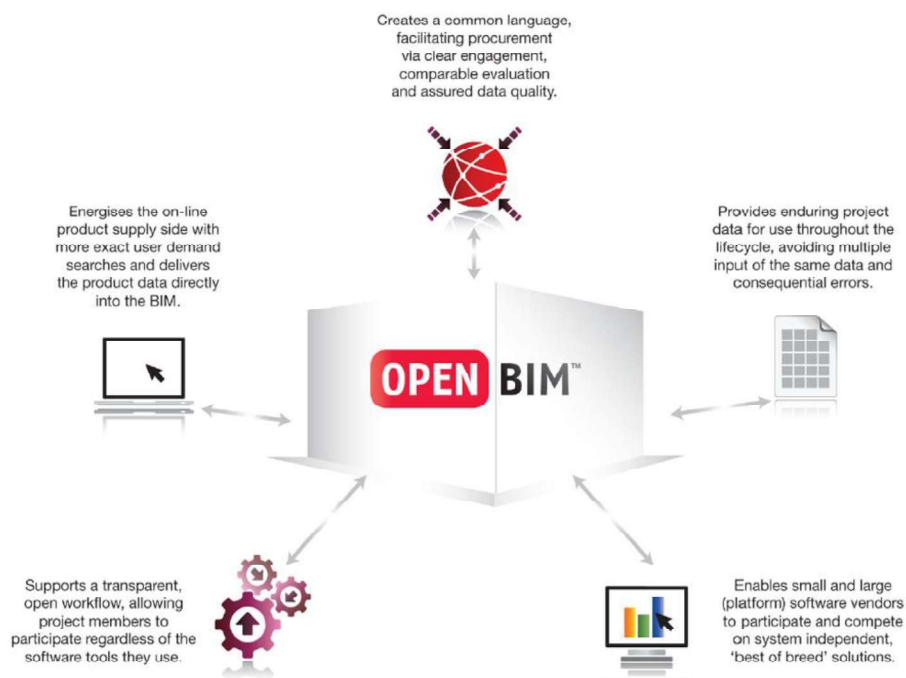


Fig 4. *openBIM*. 2017. [www.applecoredesigns.co.uk](http://www.applecoredesigns.co.uk)

Cierto es que el *openBIM* es importante porque permite la participación de todos los agentes de un proyecto, independientemente del software que usen -lo cual revierte en beneficio del usuario, por posibilitar la competitividad entre ellos- creando un lenguaje común que genere proyectos transparentes en cuanto a su evaluación comparativa de servicios y con una calidad de datos garantizada, que ofrece datos utilizables durante toda la vida útil del edificio para su mantenimiento e incluso su derribo, como se aprecia en la Figura 4.

Pero no basta con estas medidas, sino que todos los implicados en la Educación Superior, desde Claustros de Gobierno de las Universidades, Gobiernos Autonómicos y Estatal, hasta profesorado y estudiantes, debemos tomar conciencia de las nuevas necesidades formativas que está generando esta situación y realizar un esfuerzo sinérgico para cubrirlas,

poniendo para ello, cada uno, desde sus distintos ámbitos de actuación, los medios necesarios.

Por todo expuesto hasta ahora cabría preguntarse, en el caso de España, en la que su gobierno ha optado por la inminente implantación por ley de BIM en proyectos de licitaciones públicas de edificación, a partir de 2018 y civiles en 2019 [7], muchas cuestiones como por ejemplo:

- ¿Necesita nuestra legislación sobre de competencias profesionales una revisión para regular las titulaciones y atribuciones de los nuevos perfiles laborales que demanda el uso de esta metodología?
- ¿Los agentes implicados en los procesos edificatorios, están preparados tanto a nivel formativo como para el cambio de mentalidad que supone la puesta en práctica de este marco de trabajo?
- ¿Cómo pretenden articularse las nuevas necesidades docentes que genera a nivel de Educación Superior dicha implantación?

Y es sobre la última de estas preguntas sobre la que versa el contenido de esta comunicación.

## **2 CONTENIDO**

Actualmente, en nuestro país, existe gran demanda de formación BIM debido, en gran medida, a la inminente exigencia de aplicación de dicha metodología a las licitaciones públicas, además de por todas las ventajas que reporta en sí misma. Dicha demanda está siendo satisfecha, sobre todo, por centros privados, colectivos profesionales, etc.

Sin embargo, los contenidos y competencias relacionados con la metodología BIM, apenas se encuentran implementados en los Programas de Grado de las Universidades Públicas, aunque, lo que sí empieza a existir, es bastante oferta de Enseñanzas Propias de Posgrado (Másteres Propios Universitarios, Diplomas de Especialización, Experto Universitario, Cursos de Formación Superior). Esta descompensación se debe, en parte, a que un elevado número de profesores de Educación Superior no poseen aún el nivel de formación BIM necesario, como para adaptar su docencia a este nuevo marco, por lo que en aquellas Enseñanzas en las que se intenta implantar, es necesario recurrir a ese tipo de fórmulas, que permiten la impartición de clases por personal externo especializado en la materia.

Son ejemplos de Universidades pioneras en iniciativas BIM, la *Universitat Politècnica de Catalunya* (UPC), la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) [8], la *Universitat Politècnica de València* (UPV), la *Universidade da Coruña* (UDC), la Universidad de Alicante (UA), la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) o la Escuela Politécnica de Cuenca (EPC).

En algunas de ellas, se está tomado como referente Universidades de países como Dinamarca o Reino Unido, que ya contemplan en sus programas la implantación de BIM como metodología docente y en varios de los Grados en Arquitectura de estas

Universidades españolas, se está trabajando en adecuar las competencias universales tradicionales asociadas con el ejercicio profesional del Libro Blanco de Grado en Arquitectura, a las competencias relacionadas en la Orden ECI/3856/2007, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto.

Parece evidente que para poder articular, gestionar e implantar nueva metodologías en la estructura docente de Grados, Máster y Ciclos Formativos de Grado Superior, relacionados con titulaciones del Sector AEC es necesario, primero, tener claro qué competencias deben adquirir los estudiantes de cada Enseñanza Superior para que, una vez titulados o egresados, se correspondan con las atribuciones BIM que vayan a poder ejercer en el mercado laboral.

Por lo que, respecto al Grado en Arquitectura, del apartado 3, de la Orden ECI/3856/17, sobre Objetivos-Competencias que los estudiantes de Grado en Arquitectura deben adquirir, resaltaría como especialmente importantes para la implementación de BIM las siguientes:

1. Aptitud para **crear proyectos arquitectónicos que satisfagan** a su vez las **exigencias estéticas y las técnicas**.
6. Capacidad de **comprender la profesión de arquitecto** y su función en la sociedad, en particular elaborando proyectos que tengan en cuenta los factores sociales.
7. **Conocimiento de** los métodos de investigación y preparación de **proyectos de construcción**.
8. **Comprensión de los problemas de la concepción estructural, de construcción y de ingeniería** vinculados con los proyectos de edificios.
9. **Conocimiento adecuado de los problemas físicos y de las distintas tecnologías**, así como de la función de los edificios, de forma que se dote a éstos de condiciones internas de comodidad y de protección de los factores climáticos.
10. **Capacidad de** concepción para **satisfacer los requisitos de los usuarios** del edificio respetando **los límites impuestos por los factores presupuestarios y la normativa** sobre construcción.
11. **Conocimiento adecuado de** las industrias, organizaciones, normativas y **procedimientos para plasmar los proyectos en edificios y para integrar los planos en la planificación**.

Poniendo como ejemplo la aplicación de una metodología docente PBL (*Project Based Learning*), en el Grado en Arquitectura, los estudiantes de un mismo curso podrían integrar los conocimientos teóricos de todas aquellas materias relacionadas con BIM, aplicando dicha metodología a una práctica común coordinada en la que se fomentaría la adquisición de las competencias fundamentales anteriores.

De este modo y aprovechando la flexibilidad conceptual permitida en los Planes de Estudio en el contexto del EESS (Espacio Europeo de Educación Superior) derivados del Plan Bolonia, se podría incorporar BIM como herramienta docente para lograr los objetivos formativos legalmente establecidos [1].

La idea de aglutinar los conocimientos adquiridos en diversas asignaturas de un mismo curso, dentro en un modelo virtual común a las prácticas de todas ellas, resulta potencialmente enriquecedora, ya que favorece la comprensión procedimental de los conceptos teóricos adquiridos, además de posibilitar la adquisición de las competencias necesarias para la futura carrera profesional del alumno.

Más que una transversalidad, BIM puede vertebrar, desde etapas muy tempranas, las diversas disciplinas de estudio. El estudiante creará un modelo tridimensional, que desarrollará y actualizará progresivamente, gestionando de un modo completamente diferente la representación gráfica, ya que proyectará al mismo tiempo en planta, alzado, sección o 3D, según sus necesidades de diseño y extrayendo a posteriori las vistas necesarias para documentar gráficamente el proyecto.

Poniendo como ejemplo un estudiante de Arquitectura, para él dicho modelo crecerá al mismo ritmo que sus conocimientos en las diferentes Áreas, es decir, irá completando su proyecto en 3D, fruto de sus prácticas de Expresión Gráfica y Proyectos, mediante la introducción de información digital relativa a las características gráficas, físicas y económicas de los materiales, así como de los sistemas constructivos, que habrá ido aprendiendo en Construcción Arquitectónica y Fundamentos Físicos, lo que a su vez le ayudará a ir creando unas mediciones y presupuestos acordes al modelo, para así poder llegar a calcular, llegado el momento, los caudales de cálculo de instalaciones, al tener integrados los datos necesarios para ello.

Fundamentos Matemáticos aplicados a la Arquitectura incluirá en su temario aspectos como las fórmulas de programación básicas para la parametrización de familias y tablas de planificación o las coordenadas compartidas para georreferenciar y en la asignatura de Inglés de Oficina se introducirá el vocabulario propio de BIM y los términos correspondientes a acrónimos anglosajones, tan usuales en esta metodología.

En Estructura e Instalaciones se trabajará con modelos vinculados que aprenderá a exportar e importar para su cálculo al software de su elección y pondrá en práctica los aspectos propios de BIM STR (*Structures*) y BIM MEP (*Mechanical, Electrical and Plumbing*), a la vez que en los Talleres irá siendo capaz de manejar flujos de trabajo, *plugins* de utilidad, nubes de revisión, plantillas, libros de estilos, BEP y adquirirá los conocimientos necesarios para

incorporar las medidas necesarias que garanticen, tanto la eficiencia energética del edificio como la seguridad y salud en obra.

Progresivamente, y ya posiblemente en Postgrado, llegará a gestionar la información colaborativamente con sus compañeros a través de un servidor en la nube compartiendo un modelo central, de forma que los integrantes de un BTG (*BIM Task Group*) -que podrían pertenecer a distintas universidades o facultades de una misma universidad- llegarían a adquirir las competencias necesarias en materia de coordinación como para poder ejercer en un futuro como *BIM Manager* o *BIM Coordinator* de su especialidad. De forma que nuestro estudiante de Postgrado en Arquitectura podría trabajar en equipo con otro de Ingeniería, por ejemplo, para realizar colaborativamente sus TFM (Trabajo Fin de Máster).

Obviamente un esquema de aprendizaje práctico como éste, basado en el diseño integrado y la gestión de la información, debe seguir asentando sus bases en unos conocimientos teóricos sólidos y respetar otras metodologías de desarrollo creativo tradicionalmente efectivas. Además, asignaturas estructurales, de suma importancia para la formación integral del alumno y ajenas al universo BIM, como Historia de la Arquitectura, Urbanismo o Composición Arquitectónica, discurrirán en paralelo a este modelo.

Como ventajas del CODEBIM (*Collaborative Desing Edication using BIM*) cabe destacar que facilita tanto la comprensión visual de los elementos arquitectónicos y de sus procesos constructivos como del comportamiento estructural, energético y económico, entre otros, del modelo base, lo que redundará en un aprendizaje integral del futuro egresado, cuya empleabilidad estaríamos potenciando al máximo. Pero cabe destacar, como inconvenientes, la gran inversión necesaria en capital humano y tecnológico, así como las como las grandes dosis de esfuerzo intelectual y motivación imprescindibles tanto entre docentes como estudiantes y la dificultad de coordinación entre asignaturas y áreas de conocimiento, en aras de materializar con éxito lo que ahora parece una utopía a la vista de la Figura 6.

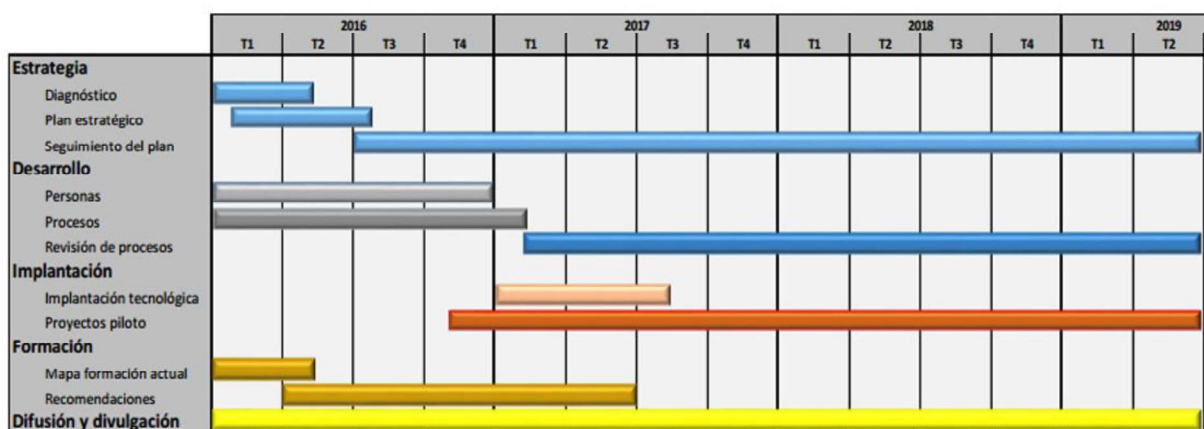


Fig 5. La situación del BIM en España. Presente y futuro de la Arquitectura Edificación y Construcción. 2016. <http://aulatematica.com/blog/notes/>

### **3 CONCLUSIONES**

A pesar de mi convicción sobre la posible operatividad de la idea propuesta, no hay que obviar las dificultades que entraña la puesta en práctica de un proyecto piloto como éste.

Por un lado necesita una planificación de conjunto, con un enfoque global, que trasciende a la coordinación dentro de un área de conocimiento e incluso a la transversalidad entre ellas. Y por otro, solo mediante un impulso de todo el colectivo de Educación Superior, unido al compromiso de colaboración de los Gobiernos que la regulan y sostienen, BIM podría ser implementado en las Enseñanzas que lo requieren, para que así puedan consolidarse las necesarias modificaciones de procesos y roles profesionales que conlleva su incorporación al ejercicio profesional de los futuros egresados del Sector AEC.

Ante esta perspectiva, veamos pues, como marcos de oportunidad transitoria de implementación de esta metodología los Másteres, Doctorados y Cursos de Extensión Universitaria BIM, que actualmente pueden ofrecer nuestras Universidades, mediante los cuales, se puede ir paliando temporalmente el retraso en su incorporación integral y efectiva a nuestros Planes de Estudio, al mismo tiempo, que se le da respuesta a la gran demanda de formación reglada existente en esta materia y a la especialización del profesorado.

### **4 REFERENCIAS**

- [1] Bryde, David et al. (2013). The project benefits of Building Information Modelling (BIM).
- [2] Gallardo Salazar, J.M. (2016). Los sistemas de Gestión Documental de Proyectos. Un análisis y optimización aplicada a los Proyectos de Ingeniería en Edificación.
- [3] Reijo, Miettinen y Paavola, Sami (2013). Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modelling.
- [4] Douglas, M. Brito; 2015; Strategies for representation and analyses of 4D modelling applied to construction project management.
- [5] Hernández Silva, N.D. (2011). Procedimiento para la coordinación de especialidades en proyectos con plataforma BIM.
- [6] Bergeron, Francois (2008). Project management information systems: An empirical study of their impact on project managers and project success.
- [7] Ministerio de Fomento, Gobierno de España (2015). Borrador de Anteproyecto de Ley de Contratos del Sector Público.
- [8] Jurado Egea, J. (2016). Aprendizaje integrado en Arquitectura con Modelos Virtuales. Implantación de la metodología BIM en la docencia universitaria.