



Universidad de Valladolid



ETSAVA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

Universidad de Valladolid
Escuela Técnica Superior de Arquitectura
Máster en Investigación en Arquitectura

Trabajo Fin de Máster

**La universidad, el eslabón olvidado para la
implantación BIM en España.**

Presentado por Fabricio Almeida Quilez
Dirigido por Dra. Marta Alonso Rodríguez

Valladolid, España Julio 2018

Agradecimientos

A la Universidad de Valladolid y al Banco Santander, por otorgarme a través del programa Iberoamérica + Asia, la oportunidad de conocer un gran país y descubrir nuevas experiencias.

A los profesores del MIA y personal administrativo, por todo los conocimientos impartidos y ayudas recibidas

A mi directora del TFM, por el tiempo brindado y su ayuda con el trabajo

A mis compañeros del máster, que me demostraron que, a pesar de nuestros orígenes, podemos ser muy parecidos.

A mis padres y hermanos por su apoyo desde la distancia

A mi esposa por ser mi compañera de viaje y aliento hasta el final

A todos ustedes muchas gracias

Índice

Agradecimientos	4
Introducción	7
Objetivos	9
Justificación	11
Metodología	13
Medios y recursos	16
Capítulo I: Conceptos	17
1.1 ¿Qué es BIM?	18
1.1.1 BIM vs CAD	19
1.2 Trabajo colaborativo	20
1.2.1 Estándares y protocolos	20
1.3 Estado del Arte	22
1.3.1 Investigación BIM en la actualidad.....	22
1.3.2 Vinculación del tema	23
Capítulo II: Contexto BIM en España	25
1.1 Análisis cronológico.....	26
1.2 Hitos BIM Siglo XX - XXI	28
1.2.1 Acontecimientos predecesores.....	28
1.2.2 Origen de la metodología.....	29
1.2.3 BIM en Europa.....	31
1.3 Hitos España Siglo XX – XXI	34
1.3.1 Proyectos siglo XXI en España	34
1.3.1.1 Contexto.....	35
1.3.1.2 Selección de proyectos.....	36
1.3.1.3 Característica de los proyectos emblemáticos de inicios del siglo XXI en España	37
1.3.1.4 Traspaso al BIM	39
1.3.1.5 Nuevas direcciones de la arquitectura digital.....	41
1.3.1.6 Reflexión y relación con la implantación BIM.....	42
1.3.2 Sector de la construcción español posterior a la burbuja inmobiliaria	44
1.3.2.1 Contexto.....	44
1.3.2.2 Reflexión y relación con la implantación BIM.....	47
1.3.3 La universidad española y el proceso Bolonia	49
1.3.3.1 Contexto.....	50
1.3.3.2 Reflexión y relación con la implantación BIM.....	56
1.4 Hitos BIM en España siglo XXI	58
1.4.1 Evolución	58
1.4.2 Para qué y por quién se utiliza	61
1.4.3 Iniciativas del sector público	63
1.4.3.1 Instituciones de gobierno (es.BIM)	63
1.4.4 Iniciativas del sector privado.....	65
1.4.4.1 Organización BuildingSMART Spanish Chapter (BSSCH)	65

Capítulo III: Formación BIM.....	67	Capítulo IV: Conclusiones.....	113
2.1 Análisis de la situación actual española	69	3.1 Sobre la importancia	114
2.1.1 Demanda laboral	69	3.2 Sobre la situación actual.....	115
2.1.1.1 Nuevos perfiles profesionales BIM.....	74	3.3 Sobre las claves	116
2.1.2 Competencias requeridas.....	85	3.4 Futuras líneas de investigación	118
2.1.2.1 Dinámicas de trabajo: del CAD al BIM.....	87	Capítulo V: Bibliografía.....	119
2.1.3 Instituciones de formación BIM públicas y privadas.....	89	4.1 Bibliografía en texto	120
2.1.3.1 Investigación científica BIM en España	91	4.2 Bibliografía en figuras	127
2.1.3.2 Publicaciones BIM en España	93	4.3 Bibliografía consultada.....	134
2.2 Casos de estudios en formación BIM	94	4.3.1 Libros.....	134
2.2.1 Casos de estudios nacionales	95	4.3.2 Guías y reporte.....	135
2.2.1.1 Análisis colectivo	96	4.3.3 Artículos en revistas científicas y profesionales.....	135
2.2.1.2 Factores por considerar en la formación BIM dentro de la universidad española.....	96		
2.2.1.3 Repaso de la formación BIM en España	99		
2.2.1.4 La formación BIM en los grados AEC españoles.....	102		
2.2.2 Casos de estudios internacionales	103		
2.2.2.1 Reino Unido	103		
2.2.2.2 Pasos alcanzados – Situación actual.....	103		
2.2.2.3 La formación BIM en Reino Unido.....	105		
2.2.3 Análisis comparativo entre los casos de estudios internacionales y nacionales.	108		
2.2.4 Resultados del análisis comparativo	111		

Introducción

En ocasiones nos encontramos frente a cambios que superan nuestro entendimiento y ponen en duda una parte importante de lo que creíamos. Esto como es normal nos atemoriza e inconscientemente, tratamos de evitarlo para no lidiar con ello. Si a esta situación le añadimos un inicio tormentoso seguramente nos alejaremos aún más.

¿Pero a que puede deberse un mal inicio? Pues por una simple razón, no saber cómo empezar. Es una situación que nos encontramos repetidamente y que ha generado una resistencia al proceso inminente de transformación, que se da como respuesta a varios problemas que se producen en nuestro campo profesional.

Quizás no sea el mejor método, pero sin duda es el principal que existe en la actualidad y al menos lo será durante las próximas décadas, por la simple razón de haber tomado lo mejor de cada generación desde su inicio para desarrollarse. Hablamos del “*Building Information Modeling - BIM*”, la metodología de trabajo que ha sido adoptada por los países más influyentes del mundo.

Varios de ellos han implementado BIM en su sistema tradicional de gestión del sector *AECO*¹, con la finalidad de mejorar sus procesos, logrando una mayor eficiencia económica y ecológica. Que, de paso les permite ubicarse a la vanguardia mundial, situación que ha motivado a varios países a desarrollar estrategias que les permita acercarse a estos nuevos conceptos más velozmente. Una de ellas la formación e investigación (1).

España actualmente se está adentrando en este proceso, con ciertos altibajos producto de la crisis inmobiliaria que se sigue superando. También se han alineado una serie de sucesos que facilitan su incorporación, siendo el año 2018 un gran momento para consolidar la implantación BIM, pero para lo que se necesita una mano de bisturí, que opere conociendo y considerando todos los aspectos a tener en cuenta.

¹ AECO siglas en inglés de architectural, engineering, construction and facility operations

Para entender el fondo en el que se desarrolla la implantación BIM se analizan acontecimientos que son considerados transversales, por su repercusión positiva o negativa dentro de la estructura del país y que tienen una relación directa con el proceso. Los tres principales son:

Como elemento negativo nos encontramos con la crisis económica, producto de la explosión de la **burbuja inmobiliaria**, que no ha permitido la recuperación del sector de la construcción, sobre todo para las PYMES; muchos profesionales comparten el criterio de que el BIM va a dificultar más que ayudar a su recuperación, por los altos costos de implementación y preparación académica que requiere (2), de aquí la resistencia en implementarlo.

En cuanto a un valor positivo los **proyectos arquitectónicos emblemáticos del siglo XXI** desarrollados en España, son un aliciente que favorece la capacidad creativa y que, apoyado en las nuevas herramientas digitales y técnicas constructivas empleadas, facilitan nuevas formas de expresión que satisfacen la necesidad humana de plasmar su huella en el tiempo correspondiente a través de un mecanismo contemporáneo característico.

También el **Proceso Bolonia** del que las universidades españolas forman parte y que promulga la libertad de cátedra. Entendida esta como la postura personal para poder expresar la opinión y elección del método de enseñanza que mejor represente los ideales de las nuevas generaciones y que además satisfaga las necesidades del sector al que pertenecen (3), es otra excusa que facilita la inserción del BIM en los planes de estudios tanto de los grados como de los posgrados.

Estos tres eventos mencionados someramente, como parte de la realidad española, son temas de conversación que se repiten y salen a la luz, cada vez que se profundiza en el porqué de la tardanza de la implantación BIM. Sin embargo, creemos que falta un eslabón muy poco estudiado, pero con gran potencial, el rol de la universidad como gestora, productora y transmisora del conocimiento; hemos considerado oportuno incluir esta serie de conexiones entre sucesos, campos y realidades para clarificar las ideas y las acciones a dilucidar.

Para finalizar, desde la administración pública, está previsto el traspaso al BIM para el año 2018, a través de las licitaciones de edificación inicialmente, siendo este un momento clave para la implantación del BIM en España. Por ello la pertinencia de investigar y aportar al conocimiento oportuno, que conlleva este trabajo.

El Punto de vista expuesto del presente documento proviene del análisis de información de cerca de diez meses de investigación, conociendo e interactuando con profesionales BIM y no BIM, siendo por lo tanto una visión enriquecida y neutral que se sostiene de las propias experiencias que provee el entorno.

Al ser un trabajo realizado desde el desconocimiento inicial de un país pueden aparecer omisiones involuntarias de sucesos menores, sin embargo, se ha tomado en consideración toda la información relevante proporcionada y enfatizada por los propios profesionales del sector. En contraposición se presenta un trabajo libre de subjetivismo, afinidades u otra situación que pudiera influenciar en él.

Objetivos

Cuando se habla de implantación BIM son numerosos y complejos los posibles enfoques que se pueden proponer. Generalmente son entendidos desde puntos de vistas aislado sin mayores interacciones con otras ramas, por la dificultad que representa interconectarlas. De hacerlo deben encontrarse nexos no necesariamente BIM y especializarse en nuevos campos que la mayoría de las veces no son de interés, sin embargo, este no es el caso del presente trabajo, que aduce a los recursos necesarios para soportar el discurso final.

- El presente trabajo tiene por objeto, primeramente, **establecer la relación entre la universidad y el proceso de implantación BIM en España**, a través del estudio del contexto con sus hitos más destacables. Seguidamente analizaremos casos de estudios en el ámbito académico entre España y Reino Unido, mencionando el caso castellanoleonés, con la intención de reflejar la situación de una comunidad autónoma que representa a la mayoría y que nos es más próxima, aportando datos particularizados y reales. Finalmente compararemos las realidades y decisiones escogidas que faciliten el entendimiento global que conlleva el proceso.

- La investigación está direccionada a **organizar sistemáticamente los sucesos-hitos en el contexto BIM español**, en base a la recopilación de información de los sectores involucrados, la asistencia al mayor número de eventos sobre el tema y la cooperación con las principales organizaciones público-privadas inmersas en BIM, con la finalidad de aportar datos oportunos y veraces que faciliten su entendimiento; se toma como referencia los ejercicios investigativos realizados en otros países.
- La estructura de los contenidos profundiza en apartados que analizan diferentes campos con la intención de **aportar una visión global**, que relacione las interacciones y enfatice los puntos clave a reforzar para conseguir el objetivo principal. Este trabajo de investigación va dirigido especialmente a los organismos que están al frente del proceso de implantación a escala regional y que estén empezando a conocer su potencialidad.
- A partir del análisis de casos, la recopilación de información y la visión global, procederemos a **interpretar los motivos que dificultan la implantación BIM**, evidenciando y sugiriendo posibles soluciones sustentadas en hechos reales y veraces estudiados en profundidad, que pudiesen ser considerados como guías de los diferentes aspectos a reflexionar al momento de proponer una implantación a escala nacional, aportando suficientes datos que favorezcan la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes.
- Con este trabajo se pretende **conseguir la puesta en valor de la metodología BIM**, en base a la defensa de sus virtudes y potencialidades, mediante la difusión de los resultados de la investigación en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid, favoreciendo la disminución actual de recelo por profesionales que lo desconocen o han tenido primeras malas experiencias.
- Para finalizar se pretende **valorar el real estado de la situación del hito 2018**, año en que se pretende incorporar el uso de BIM en licitaciones públicas, resaltando la situación en el campo académico, que se considera neurálgico para un verdadero proceso de implantación.
Es de recalcar la importancia de compartir los mismos ideales por parte de todos los agentes de cambio a escala nacional, lo que conlleva a profundizar en las relaciones que deben generarse previamente para poder asegurar un traspaso de procesos armónico y acertado.

Justificación

Los proyectos del sector AECO, desde el siglo pasado no presentan una evolución sustanciosa en ninguna de sus etapas, se sigue lidiando con los mismos problemas y de la misma manera que se pudieran haber suscitado cien años atrás, es actualmente una de las industrias más atrasadas en todos sus procesos(4), a diferencia de otras como la aeronáutica o automoción.

Se hace referencia a estas industrias por compartir procesos similares en diseño y construcción, todas ellas conocieron al CAD como herramienta de dibujo digital en sus inicios, siendo un avance revolucionario indudablemente y utilizado durante algunos años, sin embargo, estas industrias siguieron desarrollando herramientas digitales más potentes que les permitiera un mayor control(5), a diferencia de nuestro sector que ha mantenido el uso del CAD hasta los actuales momentos.

Este pequeño pero sugerente cambio ha potenciado una evolución y separación abismal entre estas industrias, que han seguido desarrollándose e incorporando nuevas tecnologías hasta un punto que vuelve paradójica la existencia de dos realidades tan diferentes y que se acrecienta con el paso de los años.

Muchos profesionales de nuestro sector se justifican en la visión tradicional de cómo hacer arquitectura, en seguir enfocando la creatividad en la dirección establecida y en no cuestionar lo aprendido como sagrado, sin realmente escuchar los clamores sociales que cada cierto tiempo ebulen y generan la irrupción de lo establecido como sucedió por ejemplo durante el movimiento moderno.

La arquitectura de aquel entonces surgió como una respuesta a las realidades del contexto, que reinterpretó lo establecido y se adelantó lo suficiente para diferenciarse y ser reconocida como un cambio irruptor, con su propia imagen y cualidades.

Anecdóticamente Le Corbusier, considerado padre de la arquitectura moderna para demostrar lo avanzando de sus diseños utilizaba vehículos de la época para resaltar sus proyectos (Fig. 1-Fig. 2), que evidentemente contrastaban con su entorno, percibiéndose como algo fuera de tiempo; si este ejercicio fuera recreado en la actualidad con proyectos promedios el resultado sería totalmente opuesto.



Fig. 1 Vehículo clásico frente a edificio de Le Corbusier 1928/Fuente: <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/casa-doble-en-la-weissenhofsiedlung/>



Fig. 2 Vehículo moderno frente a edificio de Le Corbusier /Fuente: http://www.automotoportal.com/photos/smart_forfour_BRABUS_SBR_at_Geneva/7

Hoy en día, nos enfrentamos a un nuevo momento que requiere respuestas más audaces y acordes a las preocupaciones de la sociedad actual. No se debería seguir haciendo arquitectura desde la propia visión profesional, negando los desarrollos tecnológicos que están presente por una razón y que se han ido incorporando sustancialmente en todos los campos de la vida.

Las herramientas digitales desarrolladas para la construcción han sido diseñadas con la finalidad de mejorar los procesos constructivos en todas sus etapas, reduciendo los errores, pérdidas de tiempo, consumo de energías, generación de desperdicios, confusión o pérdida de información, entre otros problemas recurrentes, comunes en la mayoría de proyectos.

Sin embargo, aunque se cuenta con estas poderosas herramientas desde hace ya varios años, existe cierta resistencia a su implementación, debido a varios factores que serán profundizados durante el desarrollo del presente trabajo, pero que tiene como raíz el factor humano ideológico y sobre todo el miedo al desconocimiento y la reformulación de las competencias en el campo de la nueva arquitectura.

Ante este panorama, justificar la presente investigación centrada en aproximar el uso de las nuevas tecnologías y metodologías en el sector AECO a través de la universidad, como mecanismo para responder a las nuevas exigencias de la sociedad, y encontrar en ella el medio para diferenciarse, hace evidente la aportación que va más allá de la generación de conocimiento.

Como lo ha hecho cada arquitectura en su momento irruptor, debemos valernos de todos los recursos que tengamos a disposición. Nos centramos en el estudio del *Building Information Modeling*, por ser el sistema con mayor y mejor respuesta tecnológica, que considera toda una estructura de trabajo a partir de ella, con un desarrollo constante, que muy posiblemente si se llegase a consolidar permitiría al sector AECO igualar a las industrias más avanzadas de la actualidad.

Se pretende a través del análisis de la formación BIM actual y mediante una propuesta de intervención encontrar el eslabón faltante que favorezca el proceso de implantación a escala nacional, siendo este un medio argumentable de éxito, por ser la universidad quien dirige históricamente los conocimientos alcanzados y que actualmente es una opción con insuficientes partidarios.

Adicionalmente el año 2018, es un momento clave para la implementación BIM en España puesto que, el Ministerio de Fomento exigirá su uso a partir de julio en licitaciones públicas de edificaciones. Este trabajo busca justificadamente ser un aporte real y pertinente en el tiempo que nos encontramos.

De igual manera la investigación BIM en España es reconocida y apoyada por organismos públicos y privados, por su alto interés nacional, por lo tanto, cualquier aportación realizada en este campo se vuelve factible; estudiar su relación con la formación, y su contexto, interpretando sus interacciones en conjunto, aporta una visión anticipada de los posibles escenarios que pudiesen presentarse una vez implementada la metodología, minimizando los efectos colaterales y la repercusión en los grupos inmersos.

El rasgo sociológico que aporta el presente trabajo es otro aliciente interesante, dejando de lado los enfoques mercantiles para visionar el proceso como un mecanismo de cambio, que utilizado sabiamente puede repercutir positivamente en muchos aspectos inherentes a la sociedad y su calidad de vida.

Por último, tenemos que al ser este un tema trascendental, con un alto grado de repercusión en la sociedad, los grupos inmersos se encuentran en constante aprendizaje, y desarrollo de investigaciones afines, con lo que existe una plataforma en constante crecimiento sobre el tema, facilitando con ello la difusión y la presentación de resultados.

Metodología

El proceso de implantación BIM en España al igual que en la mayoría de países hispanohablantes está suponiendo un esfuerzo mayor de adaptación en relación con los países que ya lo han implementado. En una situación similar encontramos a un número cada vez mayor de países que empieza con este proceso de cambio.

¿Pero por qué cuesta con el pasar de los años adaptarse a un sistema que por el contrario madura y se perfecciona y se supondría debería ser más accesible? El interés global que ha despertado la metodología BIM ha generado una incesante generación de información desorganizada, que más allá de facilitar el conocimiento, lo complica.

Actualmente la cantidad de información es abrumadora en contraposición con los primeros años del siglo-XXI, en donde el concepto BIM alcanza una madurez reconocible pero no desorbitante, haciéndola manejable, entendible y proveniente principalmente por fuentes primarias.

Hoy por hoy se escribe mucho de BIM por quien quiera hacerlo, con poco o mucho conocimiento del tema, sin control de su veracidad o filtrada al menos por una discusión profundizada, generando contradicciones, ruido investigativo y falsos direccionamientos, que empieza a mostrar sus primeros síntomas de incongruencias dentro de los campos profesionales.

Esto aducimos a la pérdida del hilo conductor que ha estado presente desde sus inicios y que vincula a las universidades norteamericanas como desarrolladoras y portavoces de los conceptos. Actualmente estas competencias han pasado a nuevos protagonistas ajenos a la investigación universitaria.

En el caso de España entrando por el sector de la construcción inicialmente, despertando el interés por parte de la administración pública. Desligado de estos cambios se encuentra la mayoría de universidades españolas que conservan sus estructuras habituales, inmutables con estos sucesos.

La conjetura expuesta anteriormente desarrolla la hipótesis de que, si la universidad ejerciera su rol de gestor y desarrollador de conocimiento recuperando la dirección del proceso, a través de su rol formador, el proceso de implantación resultaría viable y con la suficiente organización para su éxito.

Para ello previamente es necesario definir a través de un análisis de varios factores, los aspectos más relevantes que deben considerarse al momento de plantear un programa de formación BIM, que no esté condicionado a las posibilidades institucionales y si a las necesidades sociales, ante esta situación se propone la metodología a continuación expuesta (Fig. 3):

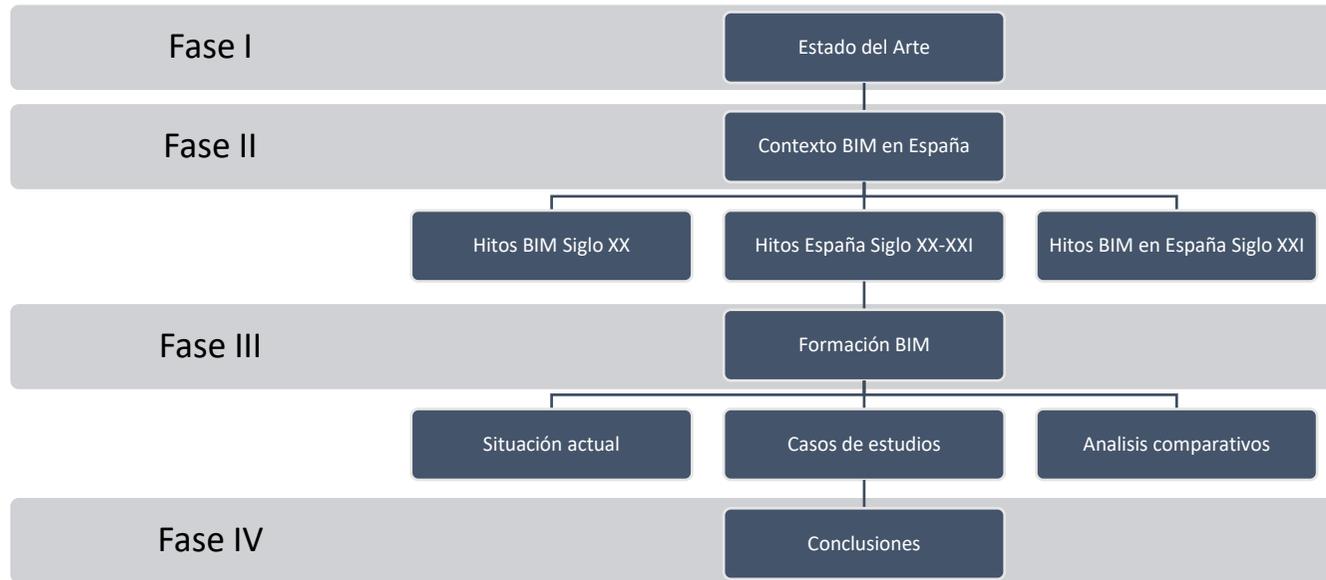


Fig. 3 Esquema metodológico/Fuente: Elaboración propia

Como se esquematiza en la gráfica anterior, en el desarrollo del presente trabajo se analizan diferentes temas que se relacionan y argumentan al tema principal. La metodología propuesta desarrollada en 4 fases aborda diferentes temáticas, pero interconectables entre sí para el alcance de los objetivos y resultados.

La primera parte estará compuesta por la recopilación bibliográfica entorno a BIM y la realidad española, en los campos que se consideren pertinentes y que permitan aclarar el estado del arte y la situación en la que se encuentra la investigación actual.

Seguidamente en la segunda parte se contextualizarán los hitos más sobresalientes que guardan relación con el tema, dentro de los recursos de esta segunda parte se desarrollará un análisis cronológico

de sucesos paralelos que se dieron en el mundo y España entorno a BIM y el medio en que se desarrollaron, para entender y explicar ordenadamente los fenómenos sociales actuales.

Ambas secciones se entienden como el preámbulo o el fondo necesario que acompaña las ideas desarrolladas posteriormente, y que serán retomadas al final para su interacción con los demás apartados, en las respectivas conclusiones.

Continuando con el esquema propuesto, la tercera fase se centrará en recopilar información entorno a la formación BIM en España y Reino Unido, para generar entre ellas un análisis comparativo, que se reforzará con datos estadísticos, con el objeto de entablar el estado real de formación BIM en las universidades españolas y los posibles direccionamientos.

Para finalizar en el cuarto y último capítulo se procederá al diagnóstico en base a los datos generados a partir de las diferentes fuentes, obteniendo resultados que será analizados en las respectivas conclusiones, se aportará una visión sustentada en los hechos estudiados, sobre las acciones necesarias a desarrollar para garantizar la implantación BIM a través de la formación académica.

Medios y recursos

La redacción del presente trabajo en sus tres primeras partes se centra en recabar información sobre BIM, España, formación y subtemas afines. En ella se realizará un levantamiento de información por diferentes medios, los principales: Revistas científicas, revistas profesionales, libro de actas de congresos, manuales, informes, notas de foros, páginas web, blogs, cursos, entrevistas.

La finalidad de recabar toda esta información es contextualizar la situación actual del BIM y su proceso evolutivo, realizar una comparativa con otros países y referir casos de éxito.

Es de recalcar que se cuenta además con los recursos propios de la Universidad de Valladolid, Escuela de Arquitectura, Bibliotecas Universitarias, que son el primer medio para la obtención de información, tanto del tema específico, como de los temas preparatorios para la ejecución del trabajo.

Se ha considerado oportuno definir los conceptos básicos sobre los que gira la investigación para aclarar nociones fundamentales de una manera muy resumida, con la intención de dotar de los criterios iniciales que facilite la comprensión en las áreas de interés. Para ampliar ideas existe un considerable número de recursos de aprendizajes en internet de libre acceso que deben ser manejados con cautela; para mayor veracidad se recomienda seguir el hilo conductor de la presente investigación.

1.1 ¿Qué es BIM?

Existen muchos criterios acerca de lo que BIM significa. En si es un concepto que se encuentra en constante madurez y al que se le va adicionando cada cierto tiempo mayores cualidades, sin embargo, su definición más difundida y aceptada lo describe como una **metodología de trabajo colaborativo** (6) que se sustenta en herramientas digitales, para la comunicación y documentación de la información durante todo el ciclo de vida de la edificación.

El *Building Information Modeling* (BIM), basado en el modelado virtual parametrizado², permite la interoperabilidad de las diferentes disciplinas al trabajar sobre un mismo modelo vinculado y en red, facilitando la gestión de la información asociada al proyecto en las diferentes etapas del ciclo de vida del edificio (diseño, construcción, operación y desmantelamiento).

Su uso principal, se centra en resolver a través de la tecnología los problemas comunes que se presentan en la mayoría de proyectos. Sin embargo, actualmente las posibilidades que ofrece sumada a la reinterpretación de los usuarios y los avances tecnológicos en otras áreas han permitido desarrollar nuevos usos que son igual de sorprendentes. Por clarificar aportamos un par de ejemplos: la impresión 3D a partir de modelos BIM, o el levantamiento virtual mediante escáner laser que puede ser exportado y trabajado en estos softwares; las posibilidades son infinitas.

² Por parametrización se entiende en BIM a la información asociada a cada elemento u objeto, lo que permite conocer su composición y extraer datos para análisis de diferentes usos, como pueden ser estructurales, de fabricación, de aislamiento, ambientales, entre otros. Existen parámetros básicos por defecto, pero se puede ir agregando o personalizando en relación con los requerimientos del proyecto.

BIM son las siglas de *Building Information Modeling*, que reinterpretado al español significa modelado con información para la construcción, es decir, la representación virtual del modelo a construir con toda la información necesaria para su ejecución, que puede seguir siendo actualizada en etapas posteriores, dotándole de utilidad durante todo su ciclo de vida (Fig. 4).

Las siglas BIM que son actualmente reconocidas mundialmente, tuvieron un periodo para su definición importante, debido a que son diversas las características que acompañan a la metodología BIM sobre todo comparándola con el CAD³.

1.1.1 BIM vs CAD

Actualmente existe una cierta confusión entre los profesionales de varios países que se encuentran en vías de implantación BIM, que asumen erróneamente el proceso, como un traspaso de una herramienta digital a otra. Se difunde con ello un criterio desacertado e infundado, que ralentiza su implantación.

Primeramente, hay que diferenciar que CAD es una herramienta digital para dibujar, siendo la evolución del dibujo a mano, mientras que BIM es todo un proceso complejo de interacciones que se mantiene en el tiempo y que conlleva serias modificaciones en los flujos de trabajo tradicionales del proyecto (7), alterando el sistema prestablecido para mejorar su eficiencia (Fig. 5).

Un pensamiento muy común es asumir que el BIM es una herramienta digital al igual que el CAD con un mayor número de opciones, si esto fuera así su implantación sería igual de sencilla, pero no lo es, debido primeramente a que incorpora una serie de herramientas digitales, diferentes para cada proceso, etapa o especialidad siendo varios los softwares a utilizar que pueden interoperarse entre fabricantes y que además incluye un método particular de interacción entre ellos, que les permite comunicarse (IFC)⁴.

Ante estos cambios aparece un nuevo flujo de trabajo que involucra a todo el proceso, y que ha conllevado a la teorización del cómo se debe realizar estas nuevas relaciones.



Fig. 4 Fases del proyecto durante el ciclo de vida/Fuente: <http://mbim.blogs.upv.es/files/2015/07/ciclo-de-vida-bim.jpg>

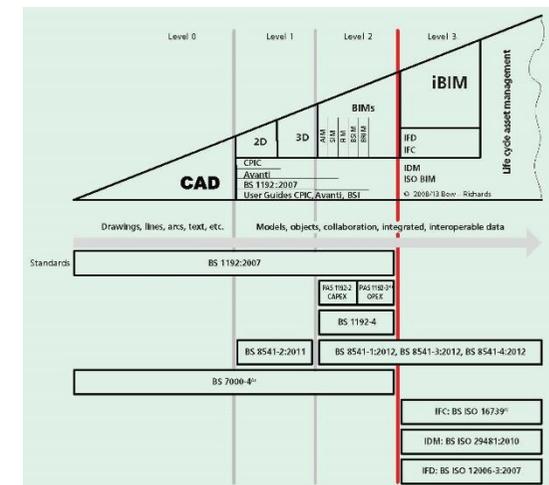


Fig. 5 Niveles de madurez BIM/Fuente: BSI_PAS_1192_2_2013. (2013, marzo). © The British Standards Institution 2013. Published by BSI Standards Limited 2013.

³ CAD son las siglas inglesas de Computer Aided Design, que traducido al español significa diseño asistido por computadora.

⁴ El formato de archivo IFC (Industry Foundation Classes) lo mantiene BuildingSMART®. IFC proporciona una solución de interoperabilidad entre diferentes aplicaciones. El formato establece estándares internacionales de importación y exportación de objetos de construcción y sus propiedades.

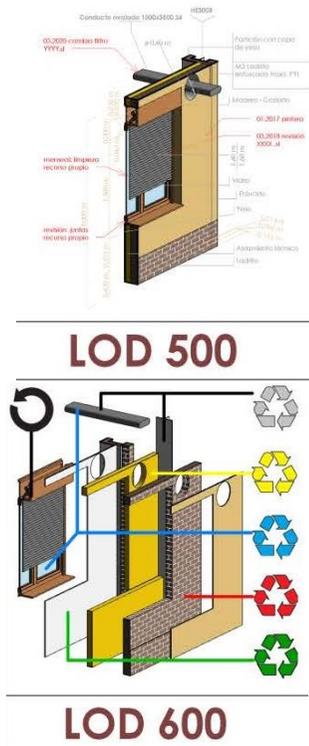


Fig. 6 Esquema gráfico de niveles de desarrollo LOD 500 y 600/ Fuente: Madrid, J. (2015). Nivel de desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptación a España. *Spanish journal of BIM*, 15(1), 40-56.

1.2 Trabajo colaborativo

Una de las principales características del BIM es el concepto de colaboración, se fundamenta en permitir el trabajo en paralelo de los diferentes especialistas, partiendo normalmente de un modelo arquitectónico base que se vincula y actualiza acorde a los cambios, a su vez estos son comunicados por diferentes opciones, permitiendo a los diseñadores reducir o eliminar inconsistencias. Para el trabajo colaborativo se necesita de una red local o servidor en la nube que conecte a los diferentes equipos de trabajo, y un esquema de organización altamente desarrollado que minimice los errores humanos por desconocimiento del flujo de trabajo u omisiones de la propia empresa.

La mecánica del trabajo se acerca a los procesos industriales, lo que se traduce en mayores controles de calidad, comunicación e intercambio de información.

1.2.1 Estándares y protocolos

A partir de estos cambios que acompaña a la metodología BIM, ha sido necesario incorporar estrategias de perfeccionamiento que garanticen una mayor calidad. entre las principales y más afines a la investigación:

Level of development (LOD), Nivel de desarrollo, entendiéndose como las diferentes escalas a las que puede llegar un modelo en cuanto a su información y modelado (Fig. 6), concepto desarrollado en UK, para cualificar los proyectos en licitaciones.

Employer's Information Requirements (EIR), Requisito de información del organismo, documento redactado por el promotor describiendo las exigencias para la entrega de información que debe cumplir el licitante.

BIM Execution Plan (BEP), Plan de ejecución BIM en palabras del autor del concepto "Documento que define de forma global los detalles de implementación de la metodología BIM a través de todo el proyecto, definiendo el alcance de la implementación, los procesos y tareas BIM, intercambios de información, infraestructura necesaria, roles y responsabilidades, etc..."(8)

Common Data Environment (CDE), Entorno de datos común, espacio virtual donde se recoge toda la información concerniente al proyecto, que debe estar estructurada y gestionada por un administrador.

British Standard Institución (BSI), Autoridad de Normalización de Gran Bretaña, la más antigua institución de normalización en el mundo, actualmente proporciona la mayor variedad de estándares BIM que son adoptados por los países en proceso de implantación. Así mismo existen estándares, protocolos y guías españolas que están siendo desarrolladas o adaptadas a la casuística nacional.

Como podemos observar se han desarrollado numerosas aportaciones a la metodología BIM que van evolucionando en paralelo a las necesidades de los proyectos, lo que implica una formación continua.

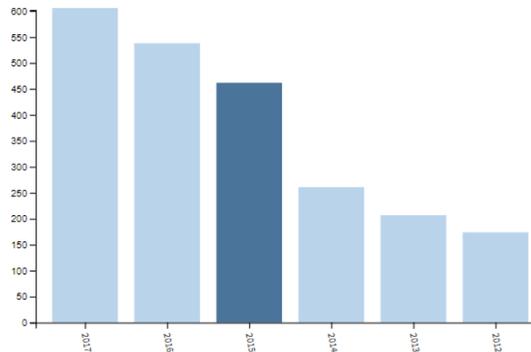


Fig. 7 Publicaciones BIM por año WOS 04/1/Fuente: <https://wcs.webofknowledge.com/RA/analyze.do>

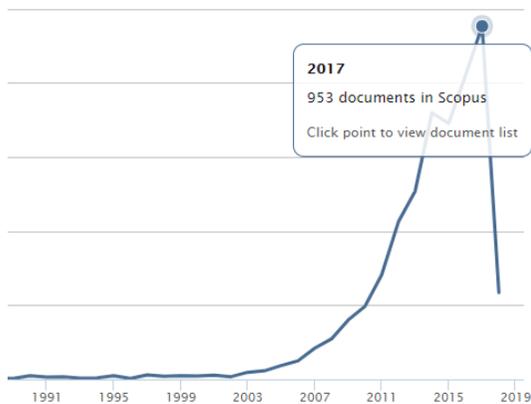


Fig. 8 Publicaciones BIM por año SCOPUS/Fuente: <https://www.scopus.com/term/analyzer.uri?sid=4698b1a5feb55731508b1ad189d5bbbd&origin=result&list&src=s&s=TITLE-ABS-KEY%28bim%29&sort=plf-f&sdt=cl&sot=b&sl=18&count=5426&analyzeResult=s=Analyze+results&cluster=scosu>

1.3 Estado del Arte

1.3.1 Investigación BIM en la actualidad

En los últimos años a nivel mundial se ha producido una explosión e interés en difundir y desarrollar investigaciones sobre BIM y obtener de ellas los máximos beneficios en los diferentes campos que pueda aportar. Las administraciones públicas de varios países se encuentran en un proceso de entendimiento de la metodología, que vuelcan sus esfuerzos en desarrollar estrategias de implantación efectivas.

Motivando la investigación desde diferentes sectores profesionales y académicos, actualmente el BIM ha desarrollado un nivel de madurez importante, que permite desarrollar casi cualquier tipo de proyecto supeditándose al dominio de las herramientas digitales, lo que conlleva a la investigación especializada que permita conocer y explotar de mejor manera las posibilidades que ofrece esta tecnología.

La comunidad científica que ha desarrollado temas BIM, es relativamente joven. Los primeros trabajos investigativos continuos vienen realizándose desde el año 2007, pero es a partir del año 2012 en los que hay un aumento considerable del número de publicaciones, siendo la cúspide actual entre los años 2016 y 2017 (Fig. 7-Fig. 8).

Es decir, nos encontramos en una etapa de explosión, experimentación y perfeccionamiento sobre el tema, en la que no se podría catalogar las publicaciones más influyentes que han originado un cambio trascendental, sobre todo porque que en su mayoría son estudios particularizados que no se han interconectados para su mejoramiento y puesta en valor.

La investigación BIM ha sido dirigida prácticamente a cada palabra que la define y en todas las fases que se involucra (Fig. 9), generalmente analizada por profesionales afines al sector de la construcción, lo que condiciona el enfoque y los resultados alcanzados.

Las investigaciones transversales son limitadas, raramente el enfoque difiere del técnico y casi siempre son de carácter universal, salvo los casos de estudios por su naturaleza. Los mayores productores de documentos científicos afines al tema son procedentes de universidades norteamericanas y chinas (Fig. 10) y están en lengua inglesa(9).

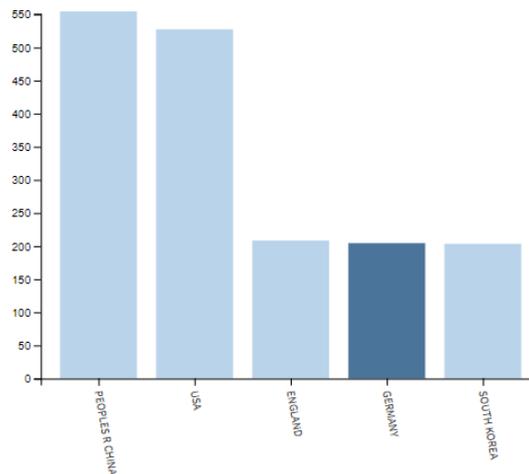


Fig. 11 Publicaciones BIM por países WOS/Fuente: <https://wcs.webofknowledge.com/RA/analyze.do>

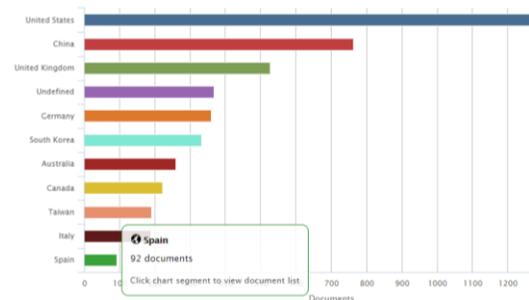


Fig. 12 Publicaciones BIM por países Scopus/Fuente: <https://www.scopus.com/term/analyzer.uri?sid=4698b1a5feb55731508b1ad189d5bbbd&origin=result&list&src=s&s=TITLE-ABS-KEY%28bim%29&sort=plf-f&sdt=cl&sot=b&sl=18&count=5426&analyzeResult=s=Analyze+results&cluster=s>

En España la investigación BIM es relativamente nueva. Tradicionalmente las líneas de investigación difieren con el tema dificultando su interacción y los recursos bibliográficos de autores españoles o en español son limitados, por lo que pasan a ser reinterpretaciones más que investigaciones.

Por tal motivo se considera oportuno empezar a proponer trabajos investigativos BIM que abarquen varias categorías, una mayor escala y un contexto específico, como es el caso del presente trabajo que pretende ser el siguiente paso en la consolidación del conocimiento aplicado.

La aportación de documentos científicos BIM es muy reducida como se evidencia en las gráficas (Fig. 11- Fig. 12). Por ello se hace necesario recurrir a la información producida por las organizaciones líderes en el país y utilizar a modo de guía los trabajos investigativos desarrollados en otros países.

Ante este panorama un poco inesperado, por el hecho de ser España uno de los primeros países hispanohablantes que tiene una política clara de intención de adopción del BIM desde la administración pública, y que por ende debería ser un objetivo compartido con todos los involucrados, incluidas las universidades como fuente de formadores, se considera que el tema propuesto es oportuno y transversal al estado de la cuestión y a la realidad española.

Actualmente el proceso de implantación BIM en España avanza desordenadamente, no hay un órgano rector del conocimiento. La involucración de la universidad no ha ido a la par y velocidad que está exigiendo el proceso, se vuelve una necesidad empezar a documentar y registrar científicamente los cambios y los logros alcanzados, para que estos no desaparezcan en el tiempo y puedan ser compartidos dentro de la comunidad científica. Es el momento oportuno y la participación de ellas es vital para el cumplimiento del objetivo.

Hay un alto grado de interés por investigadores españoles en compartir sus experiencias profesionales en el método de implementación BIM que han utilizado, un gran número de los artículos encontrados, están enfocados en describir estos procesos en diferentes niveles, ya sean académicos, empresariales o institucionales.

Capítulo II: Contexto BIM en España

“The best way to predict the future is create it.”

Abraham Lincoln

La mejor manera de predecir el futuro es creándolo



La metodología BIM es el resultado de continuas investigaciones que se han gestado en varios campos a lo largo del siglo pasado y actual; buscar sus orígenes se vuelve una labor compleja y complicada de esquematizar por sus diferentes vertientes.

Ante esta situación se desarrolla una introducción cronológica y gráfica con los hitos más representativos del contexto BIM y español (Fig. 13).

1.1 Análisis cronológico

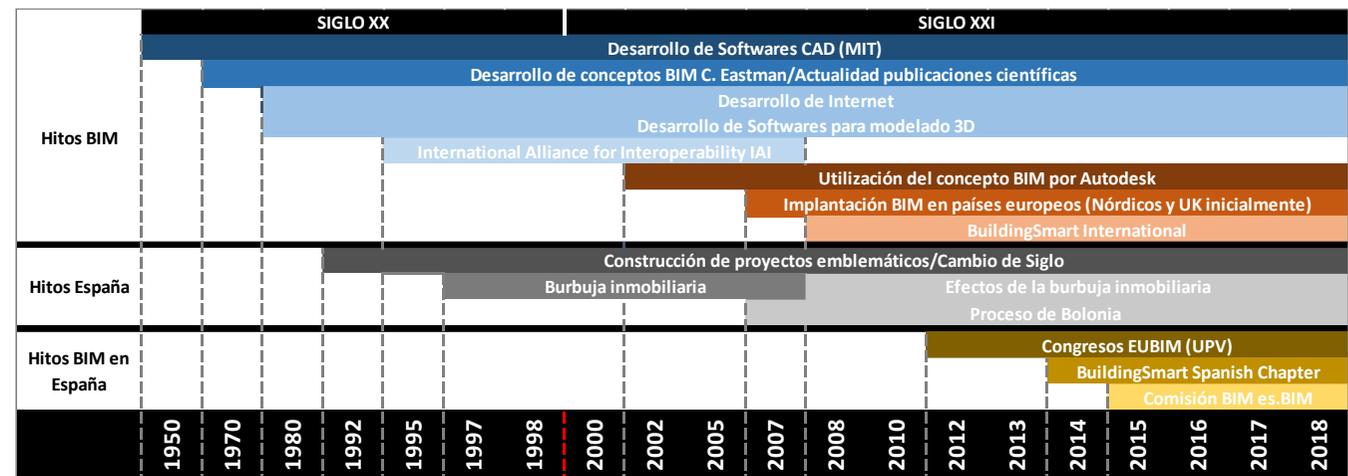


Fig. 13 Cronología entre sucesos BIM y españoles/Fuente: elaboración propia

Los sucesos resaltados en la gráfica anterior resumen los acontecimientos más influyentes para el desarrollo de BIM, y su implantación en España, del que se pueden obtener las siguientes observaciones:

- Todos los procesos, que, interconectados han dado forma a la metodología BIM se siguen desarrollando hoy en día.
- Las iniciativas de implantación BIM en España y en el mundo han aumentado su velocidad en los últimos años, pasando de avances trascendentales cada cierto periodo de tiempo, a constantes y diversos.
- La implantación BIM en España se ha visto ralentizada por el efecto de la burbuja inmobiliaria, siendo el factor retardante, mayormente reconocido.
- Los proyectos emblemáticos desarrollados a inicios del siglo XXI, que incorporan avances en la técnica como en el medio de expresión gráfica han sido sin intención el medio de enganche para la utilización de herramientas digitales avanzadas, que ha desembocado en el interés de utilizar BIM.
- El Proceso de Bolonia del que es parte la España, es un aliciente que favorece la entrada del BIM en las universidades españolas, y con ello parece factible el posible aceleramiento de su implantación.
- Aunque no se encuentre considerado de manera directa, la participación de profesionales españoles en proyectos internacionales ha motivado la necesidad de desarrollar competencias BIM.
- Los avances más significativos se han conseguido a través de las investigaciones universitarias, desde el desarrollo del primer software 2D por el MIT⁵, la evolución de los conceptos BIM por Charles Eastman⁶ hasta su implementación en diferentes escalas. En España los congresos EUBIM⁷ organizados por la Universitat Politècnica de València han sido los primeros de su clase aportando conocimiento BIM y planteando necesidades del sector, entre ellas el desarrollo de una guía BIM en español en el congreso del 2013, desarrollándose un año después a través de BSSCH⁸.

A continuación, se profundizará e interconectará los hitos anteriormente mencionados, agrupados acorde a las necesidades expositivas.

⁵ MIT iniciales de Massachusetts Institute of Technology.

⁶ Profesor del Georgia Institute of Technology. Especialista y pionero BIM

⁷ Desde 2012 los congresos EUBIM se han desarrollado ininterrumpidamente, siendo una de las primeras organizaciones exitosas en la difusión del BIM

⁸ BSSCH siglas en inglés de BuildingSMART Spanish chapter, el capítulo en español de la organización internacional.

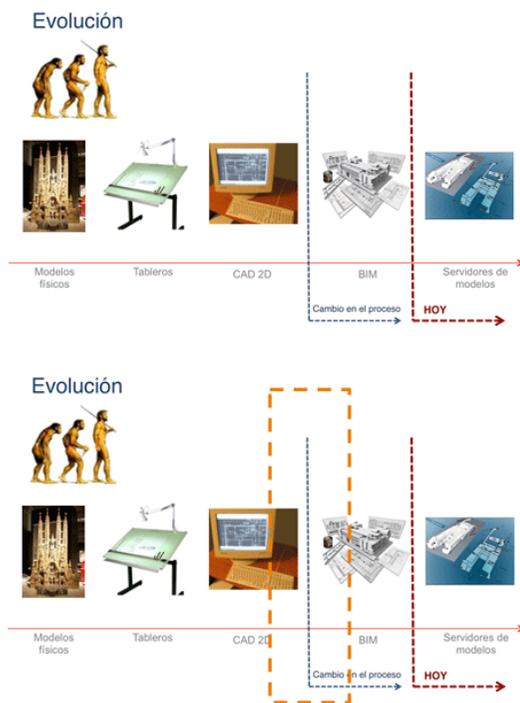


Fig. 14 Evolución de las nuevas tecnologías y estado de situación actual/Fuente: <https://www.esbim.es/blog/bim-intentando-tocar-la-realidad-en-espana/>

1.2 Hitos BIM Siglo XX - XXI

1.2.1 Acontecimientos predecesores

El BIM es el resultado del avance científico tecnológico que se viene desarrollando desde el siglo XX. Podríamos retroceder en el tiempo a sucesos muy lejanos pero relacionados, sin embargo nos centraremos desde el desarrollo del primer programa CAD (Fig. 14), cuyos orígenes se remontan a mediados del siglo pasado con la introducción del dibujo asistido por computadora, desarrollado inicialmente en el Lincoln Laboratory del Massachusetts Institute of Technology (MIT), y que años más tarde dio pie para el programa Sketchpad desarrollado por el programador informático Ivan Sutherland en su tesis doctoral.

Sketchpad fue la base para el desarrollo paralelo de otros softwares CAD, que, con la aparición del primer plotter, se abrió paso en el sector automovilístico y aeroespacial.

Con el éxito alcanzando, empresas como Autodesk™ o Bentley System se expandieron a nuevos mercados, entre ellos el de la construcción; viendo su potencial los arquitectos lo incorporaron en la elaboración de planos por su mayor exactitud, calidad y eficacia. Pocos años después de la introducción del CAD con el afán de seguir mejorando en la representación gráfica se desarrollan softwares 3D, que da origen a la **M** de **BIM**, es decir al modelado. Inicialmente estos programas generaban modelos sin información útil para las diferentes etapas del proyecto, por lo que no cumplían con una de las principales características del BIM, la información.

Paralelo al desarrollo de estos programas, los ordenadores venían adquiriendo mayor capacidad y se consolidaba el uso del internet, que sumado a las nuevas teorías de gestión de proyectos iban generando el terreno adecuado para cimentar la base tecnológica y filosófica que sostiene el concepto BIM.

Otro evento decisivo que dio origen a *BuildingSMART* la principal organización privada difusora del BIM internacionalmente, fue la alianza privada que Autodesk™ formó en el año 1995 con 12 empresas desarrolladoras de softwares del sector de la construcción entre ellas: Archibus, AT&T, Carrier Corporation, HOK Architects, Honeywell, Jaros Baum & Bolles, Lawrence Berkeley Laboratory, Primavera Software, Softdesk Software, Timberline Software, Tishman Construction que consiguieron desarrollar

un formato estándar común denominado IFC (Industry Foundation Classes) que permitía la interoperabilidad entre softwares, base del trabajo colaborativo y de la metodología BIM.

Un año después se forma la *International Alliance for Interoperability (IAI)* un encuentro entre representantes de Norteamérica, Europa y Asia, en donde se establece que por países, regiones o idiomas debían crearse los “Chapters” entendiéndose estos como los organismos de representación de la IAI para la estandarización internacional, en 2008 deciden cambiar el nombre a BuildingSMART por representar mejor los ideales de la organización.

1.2.2 Origen de la metodología

Aunque existe una disputa entre quien desarrolló inicialmente el concepto de la metodología BIM, revisando variada documentación científica, se podría dilucidar que inequívocamente es un concepto que adquiere forma a partir de las diferentes aportaciones. En 1984 la empresa Graphisoft, incorpora una herramienta denominada *Virtual Building* (Edificio Virtual) en su programa Archicad (10), que le permite crear dibujos 2D como modelos 3D y generar reportes, recibiendo el reconocimiento como el primer programa de esta línea. Sin embargo, las ideas asociadas al concepto venían siendo desarrolladas por Charles M. Eastman profesor del Georgia Tech Institute of Technology en la década de los 70(11).

Actualmente las aportaciones al concepto se siguen produciendo y en algunos casos ramificando acordes a la diversidad de posturas filosóficas; es decir existe diferentes vertientes que alimentan el concepto, y que por el momento sigue absorbiendo conocimiento.

Autodesk™ el mayor fabricante de Software BIM en la actualidad, empezó a utilizar el concepto BIM en el año 2002, una vez que compró los derechos sobre la compañía Revit Technology Corporation y Jerry Laiserin (10) fue quien lo popularizó. Hoy en día este es el termino mundialmente aceptado.

Todos los sucesos narrados en las líneas anteriores, desde el inicio del CAD hasta el surgimiento del concepto BIM, muestran un proceso continuo de evolución y madurez, que se alimenta de diferentes aportaciones tanto tecnológicas como intelectuales, que son a su vez respuestas a necesidades sociales

legítimas que surgen en mayor o menor medida en ciertas poblaciones; el concepto BIM nace del sector de la construcción, que no encontraba como superar las dolencias típicas del sector, como pueden ser:

- Los incrementos presupuestarios asociados a los imprevistos por falta de documentación coherente.
- El retraso de la industria en relación con otras por la incapacidad de dominar su producto.
- La imposibilidad de ser competentes en calidad-precio sin arriesgar la rentabilidad (12).
- La mala gestión de la información durante las diferentes etapas del ciclo de vida del edificio.
- La incapacidad de incorporar procesos industriales por las dificultades comunicativas y organizativas que representan.
- La escasa posibilidad de programación de obra, por no contar ni con los planos ni cantidades correctas en edificaciones complejas.
- El impacto ambiental asociado a los desperdicios generados en obras artesanales
- La imposibilidad de conocer los consumos energéticos de las edificaciones.
- La incongruencia de la información para las etapas posteriores de operación y desmantelamiento, dificultando su puesta en marcha, remodelación o destrucción (12).
- Dificultad en la gestión y mantenimiento del edificio por falta de información real que lo facilite.

Son justamente los problemas descritos los que han producido que muchos países entre ellos Alemania, Reino Unido o los Nórdicos se adelanten en la implantación BIM al encontrarse en proyectos con situaciones similares que han sido objeto de críticas por las respectivas prensas de cada país, encontrando en BIM un mecanismo para hacer frente a estas deficiencias.

Estos y otros muchos escenarios han hecho que algunos países mayoritariamente europeos, se sientan atraído por las ventajas que aporta la metodología BIM y actualmente van encabezando el proceso, desarrollando nuevas inquietudes y soluciones, adaptándose a su realidad y a los problemas que desean hacer frente.

1.2.3 BIM en Europa

Los países nórdicos y Reino Unido fueron los primeros en adoptar la metodología BIM (Fig. 15). La mayoría de ellos a través de sus respectivos gobiernos, impulsaron investigaciones, desarrollo de guías, mandatos entre otras acciones que facilitaron su proceso de implantación(13). Posteriormente se han ido incorporando los demás países entre ellos España(14). Es tal el interés que la Unión Europea publica en la Directiva sobre contratación Pública 2014/24/UE artículo 22 “Para contratos públicos de obra y concurso de proyectos se podrá exigir **herramientas de diseño electrónico de edificios**”(15)

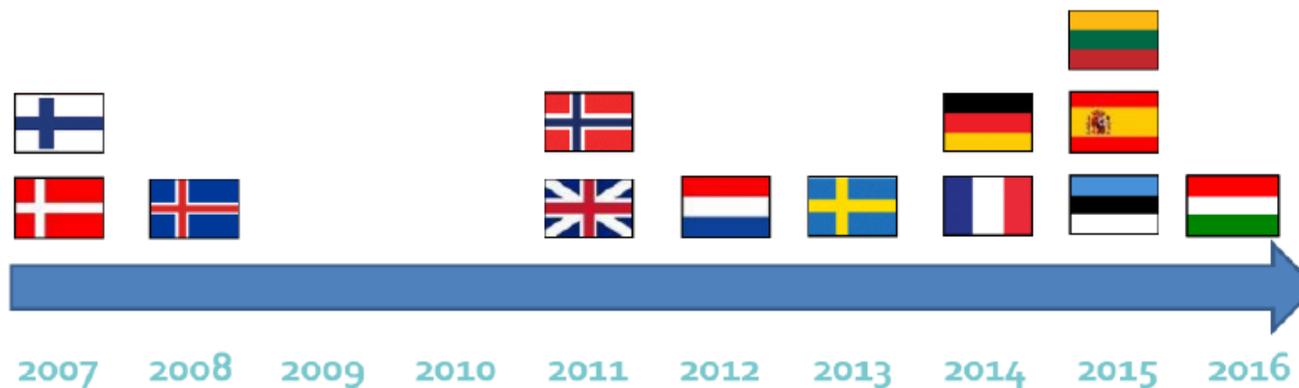


Fig. 15 Cronología de implantación BIM en países europeos/Fuente: Muñoz, S. (2016). BuildingSMART introducción al BIM. Recuperado a partir de <https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2016/06/esBIM-Sergio-Munoz-BuildingSmart-Introduccion-al-BIM.pdf>

Dos años más tarde la Comisión Europea desarrolla en colaboración con 21 países el “**Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector**”, contextualizando el razonamiento de su participación de la siguiente manera (Fig. 16):



Fig. 16 Asamblea General, Bruselas, 20 de enero de 2017 y países participantes Fuente: es.BIM. (2017, mayo). Quinta reunión comisión. España. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/06/esBIM_Quinta_reunion_v06.pdf

El valor de la producción del sector de la construcción europeo asciende a 1,3 billones EUR, lo que representa aproximadamente un 9 % del PIB de la región. Además, en este sector trabajan más de 18 millones de personas, un 95 % de ellas en pequeñas y medianas empresas (PYMEs). Pese a ello, es uno de los sectores con menor grado de digitalización, y presenta unos índices de productividad estancados o descendentes. El índice de productividad anual del sector ha aumentado tan solo un 1 % en los últimos veinte años. Varios informes industriales identifican una serie de problemas sistémicos en el proceso de construcción relacionados con sus niveles de colaboración, la escasa inversión en tecnología e I+D y una deficiente gestión de la información.

*Diversos informes estiman la oportunidad financiera que ofrece la digitalización de los procesos de ingeniería, construcción y explotación en torno a un 10 %–20 % del gasto en construcción de los proyectos de construcción vertical (edificación) y de infraestructura. Incluso si se utiliza el umbral inferior, una **mejora de productividad del 10 % en el sector de la construcción europeo generaría un ahorro de 130 000 millones EUR**. Una posibilidad que sin duda merece la inversión europea y requiere un enfoque común y coordinado.*

La digitalización del sector de la construcción representa una oportunidad única para hacer frente a estos desafíos estructurales, aprovechando la disponibilidad general de mejores prácticas desarrolladas en otros sectores industriales y los métodos y herramientas de ingeniería, los flujos de trabajo digital y las competencias tecnológicas para alcanzar un nivel más elevado de exigencia y crear un sector de la construcción digitalizado (16).

Como podemos observar el interés sobre el BIM por parte de la comisión europea, redundando sobre todo en reducir los gastos en los procesos constructivos de los proyectos públicos, tanto de edificaciones como de infraestructura y en el desarrollo tecnológico del sector de la construcción como mecanismo para igualar a otras industrias.

Coherentes con esta situación muchos países europeos, han empezado a desarrollar programas nacionales de implantación (Fig. 17), compartiendo similitudes en el proceso, pero que no necesariamente dan los mismos resultados. Si analizamos con detenimiento esta situación, encontraremos que las realidades sociales varían, conllevando a respuestas muy diversas.

En posteriores apartados se propone el análisis comparativo entre Reino Unido que ha logrado implementar con mayor acierto el BIM, y España que se encuentra en proceso, partiendo de la revisión de sucesos paralelos que puedan explicar la situación. Se ha escogido de referencia Reino Unido por la involucración desde su gobierno, con la creación de guías, estándares y procedimientos, que son referentes internacionales y que han formalizado de alguna manera un campo de estudio algo disperso.

Es interesante observar como profesionales del sector privado también han desarrollado iniciativas particulares para fomentar su uso. Ya se habló en el apartado anterior sobre BuildingSMART la organización privada que lidera la adopción del BIM en el sector, y que en Europa ha establecido algunos "Chapters" originando algunas organizaciones (Fig. 18), en el caso de España es BuildingSMART Spanish Chapter (BSSCH), caracterizándolas en su mayoría por trabajar mancomunadamente con los gobiernos de sus respectivos países. Es de resaltar que el proceso de implantación BIM en sus inicios surgía generalmente del sector privado y que posteriormente trascendía al sector público, una vez se comprendían y compartían sus potencialidades; los países de reciente incorporación tienen ambas posibilidades de inserción.

En un elevado porcentaje los países incluidos dentro de los "Chapters" en Europa, son los mismos que se encuentran desarrollando guías o estándares y forman parte del listado de países que en colaboración con la Comisión Europea han desarrollado trabajos mancomunados, demostrando el interés compartido, tanto del sector público como privado.

Germany		Norway	
Finland		Spain	
France		UK	
Netherlands		Denmark	

Fig. 17 Programas Nacionales de Implantación en rápida evolución/Fuente: López, J. (2017, noviembre). Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del Sector Público Europeo. Madrid. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/12/171130_esBIM_8_Manual-EUBIM.pdf

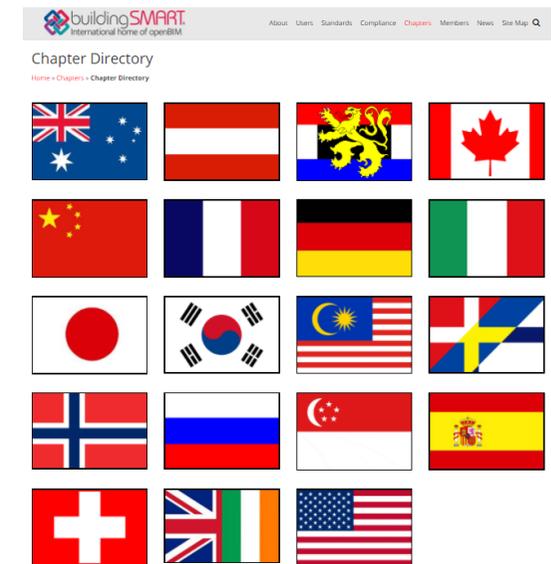


Fig. 18 Directorio de Capítulos BuildingSMART, revisado por última vez abril 2018/Fuente <https://www.buildingsmart.org/chapters/chapter-directory/>

1.3 Hitos España Siglo XX – XXI

A continuación, profundizaremos en los sucesos paralelos que se suscitaban en España durante los primeros años de la llegada del BIM a Europa con directa o indirecta repercusión positiva o negativa sobre el proceso de implantación BIM en el país. Siguiendo un orden cronológico y que a criterio de los especialistas son los más destacables por analizar, entre ellos: Los proyectos del siglo XXI, la explosión de la burbuja inmobiliaria y el proceso de Bolonia.

1.3.1 Proyectos siglo XXI en España

En España la arquitectura de finales del siglo XX e inicios del siglo XXI al igual que en gran parte del mundo ha desarrollado nuevas formas de expresión plástica con tendencia a la complejidad, conllevando a la exploración de medios más potentes para la representación gráfica y encontrando en el uso de herramientas digitales el sistema más idóneo (17),(18). Indiferente de los criterios arquitectónicos empleados, estas herramientas se han posicionado y a su vez han ido evolucionando vertiginosamente durante los últimos años, permitiendo mayores posibilidades tridimensionales, que las vuelve más atractivas.

Actualmente se está en la búsqueda de una identidad propia-simbólica. Peter Eisenman lo supo expresar en una entrevista: “Rem Koolhaas, Jacques Herzog, Zaha Hadid y yo hemos adquirido el prestigio de ser capaces de producir obras simbólicas. En Europa, los políticos no nos preguntan qué estamos haciendo, sólo nos dicen "háganlo". Quieren un símbolo”⁹.

Los proyectos representativos realizados en España en la primera década del siglo XXI son un claro ejemplo de ello. Sus autores conscientes del potencial de estas herramientas digitales han sabido sacar su máximo provecho y han evolucionado en paralelo a las posibilidades que prestan estas nuevas tecnologías. Actualmente la madurez alcanzada ha permitido desarrollar el concepto BIM, resultado de estos años de reinención.

⁹ Eisenman, P. (2005, agosto 13). Eisenman, teórico y práctico. Recuperado de <http://hemeroteca.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/madrid/cultural/2005/08/13/037.html>

Creemos firmemente que los proyectos que pasarán a la historia serán desarrollados con herramientas digitales avanzadas, es una realidad que se percibe en la selección de los proyectos de los primeros diez años de este nuevo siglo, en los que más allá de los diferentes discursos de sus autores, se han utilizado a su máxima capacidad, como mecanismo para concebir sus obras maestras.

Actualmente los arquitectos estudiados son un claro adelanto de la dirección que tomará la arquitectura en los próximos años. Pero por qué será lo veremos a continuación.

1.3.1.1 Contexto

Analizando el contexto predecesor al actual, nos encontramos con un periodo de creatividad estancado durante los últimos cien años. Es asombroso observar como la Villa Savoye de Le Corbusier¹⁰ podría pasar desapercibida un siglo después y ajustarse a nuestro presente, esto debido claro está a lo avanzado del concepto en su tiempo, pero también a que se necesita una cierta conjugación de situaciones que produzcan un ambiente adecuado para que se dé un cambio sustancial.

El siglo XX ha sido un tiempo de desarrollo e investigación, durante el cual la industria de la construcción alcanzó avances significativos en la técnica, pero que dejó una deuda importante en la gestión de los procesos constructivos (4). De igual manera se desarrollaron programas informáticos de representación ortogonal (2D) inicialmente y al poco tiempo de modelado virtual (3D) que permitieron a ciertos arquitectos pioneros sacar la mayor ventaja de estas dos realidades: Avances técnicos + Avances tecnológicos.

Sumado a esta situación tenemos el cambio de siglo como detonante o excusa para desarrollar varios nuevos discursos expresados a través de obras arquitectónicas, que entre la variabilidad de opiniones tienen en común la utilización de la técnica y la representación gráfica desarrolladas en el siglo pasado.

¹⁰ Arquitecto moderno reconocido internacionalmente, considerado por muchos el padre de la arquitectura moderna, diseñó la Villa Savoye en el año 1929.

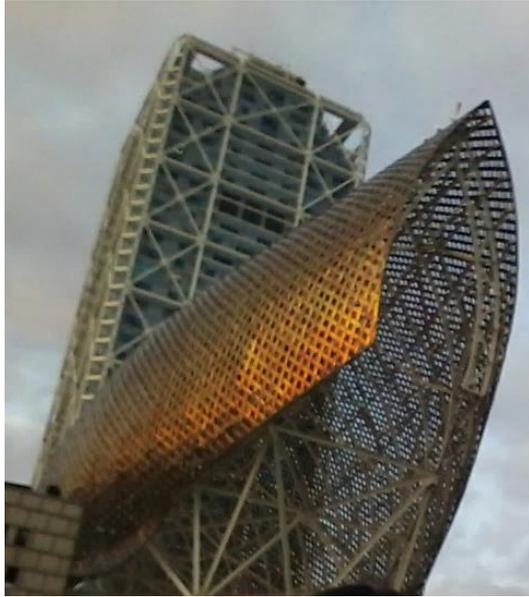


Fig. 19 Escultura Pez Dorado de Frank Gehry, diseñado a través de ordenador/Fuente: fotografía del autor

Es sin duda Frank Gehry el primer exponente en España que utilizó estas nuevas técnicas y medios de representación gráfica; ya en el año 1992 con el diseño del Pez Dorado (Fig. 19) para los Juegos Olímpicos de Barcelona marcó un camino a seguir que se irá repitiendo en proyectos emblemáticos posteriores durante el primer decenio del nuevo siglo.

La obra de Gehry se adelanta en su tiempo y se consolida tempranamente, desarrolla una forma de proyectar diferente, vanguardista que difiere notablemente de los conceptos modernistas y que por ello le da autenticidad. Pero este discurso de líneas ondulantes, orgánicas no podría ser expresado exitosamente sin el uso adecuado de la técnica y la representación que naturalmente es el resultado de años de desarrollo previo y que seguramente si hubiera sucedido con anterioridad el discurso de los arquitectos modernistas sería diferente.

Se hace énfasis en la obra de Gehry, por ser el primer exponente que ha sabido sacar provecho a los avances alcanzados del siglo pasado, a continuación, revisaremos otros ejemplos.

1.3.1.2 Selección de proyectos

Para el análisis del presente trabajo, se han seleccionado 10 proyectos ejecutados en España entre los años 1995 y 2010, todos ellos pertenecen a una selección previa recogida en el libro *100 obras maestras de la arquitectura moderna española* (19). Se ha realizado de esta manera para obviar la subjetividad y la direccionalidad de los resultados. El tiempo estudiado que finaliza en 2010, es intencionado, es un espacio de tiempo necesario para validar a los proyectos y que demuestren que son verdaderas “obras maestras” reconocidas, imitadas y referentes. Además, por encontrarse en el límite predecesor de la introducción del BIM en Europa. De esta primera clasificación se describirán las particularidades generales detectables en conjunto

Posteriormente de los proyectos escogidos se realizará un nuevo filtrado centrándonos en los diseñados por arquitectos europeos, y a través de documentación gráfica recuperada de sus portafolios, demostrar como en proyectos posteriores han implementado BIM, adecuándose a las exigencias internacionales, pero entendiendo a la vez sus mayores ventajas.

Se tratará de probar que más allá de los conceptos o discursos de la nueva arquitectura, el proceso creativo se ve fortalecido por las posibilidades que acompañan a estos programas informáticos, y que los arquitectos aquí estudiados, en su gran mayoría ya las están utilizando metódicamente, para desarrollar una arquitectura un tanto diferente.

Los proyectos estudiados son los siguientes: (1) Guggenheim Bilbao, (2) Barajas T4, (3) Torre Agbar, (4) Ciudad de la Cultura de Galicia, (5) Caixa Forum Madrid, (6) Torres Porta Fira, (7) Torre de Cristal, (8) Torre Cepsa, (9) Torre PwC, (10) Torre Espacio.

1.3.1.3 Característica de los proyectos emblemáticos de inicios del siglo XXI en España

Primeramente, pasaremos a enumerar algunas características comunes de estos proyectos algo imperceptibles en solitario, pero presentes estudiadas en conjunto.

1. Existe una fuerte relación entre la tipología arquitectónica y los proyectos seleccionados (Fig. 20), observamos que son edificios públicos y en su mayoría de carácter cultural. Casi se podría asegurar que existió una iniciativa que buscaba expresar a través de edificios emblemáticos alguna postura particular.
2. Los proyectos que no son culturales, responden predominantemente a torres, que se encuentran ubicados estratégicamente dentro de sus respectivas ciudades, volviéndose hitos y esculturas urbanas. Un claro ejemplo de ello es la Torre Agbar (Fig. 22) en Barcelona, o las Cuatro Torres de Madrid (Fig. 21), en ambos casos estos edificios son protagonistas indiscutibles y considerados parte del turismo.

OBRAS	Tipología	
	Cultural	Torre
Guggenheim Bilbao	1	
Barajas T4	1	
Ciudad de la cultura de Galicia	1	
Caixa Forum Madrid	1	
Torre Agbar		1
Torres Porta Fira		1
Torre de Cristal		1
Torre Cepsa		1
Torre PwC		1
Torre Espacio		1
	4	6
	4	6
	10	

Fig. 20 Obras seleccionados relación por tipológica/Fuente: elaboración propia



Fig. 22 Vista desde parque Guell en Barcelona hacia la ciudad, al fondo torre Agbar, referente de la ciudad/Fuente: fotografía del autor



Fig. 21 Torres Business Area de Madrid/Fuente: <http://madrid.ociogo.com/fotos/cuatro-torres-business-area-madrid/>

OBRAS		Guggenheim Bilbao	Barajas T4	Ciudad de la cultura de Galicia	Caixa Forum Madrid	Torre Agbar	Torres Porta Fira	Torre de Cristal	Torre Cepsa	Torre PwC	Torre Espacio	Totales
Arquitectos internacionales	Frank Gehry	1										1
	Jean Nouvel					1						1
	Herzog & de Meuron			1								1
	Richard Rogers		1									1
	Peter Eisenman			1								1
	Toyo Ito						1					1
	César Pelli							1				1
	Foster and Partners								1			1
	Pei Cobb Freed &										1	1
Carlos Rubio Carvajal + Enrique Álvarez-Sala Walter									1		1	
Tipo	Cultural	1	1	1	1							4
	Torre					1	1	1	1	1	1	6
Colaboración	B720 Arquitectos					1	1					2
	Estudio Lamela		1									1
											9	
											10	
											10	
											3	

Fig. 23 Obras seleccionados relación por autores y en colaboración/Fuente: elaboración propia

3. En todos ellos se percibe un alto interés de individualidad y reconocimiento, manifestado a través de un expresionismo plástico poco habitual. Son todos proyectos de inicio del siglo XXI a excepción de Guggenheim de Bilbao.

4. Otro común denominador de los proyectos estudiado son su elevado precio de construcción, sus grandes dimensiones y que son en su mayoría realizados por arquitectos foráneos (Fig. 23). De los 10 proyectos estudiados solo 1 es diseñado por arquitectos españoles, en colaboración hay otros 3 siendo en 2 de ellos participe la misma empresa.

Es un factor interesante porque permite plasmar la hipótesis de que las propuestas locales no venían acompañada con la suficiente expresión plástica que caracteriza a los proyectos si elegidos, que a su vez se habrían valido de un conocimiento más profundo de las herramientas digitales aumentando su capacidad compositiva. Hay que recordar también la repercusión de la crisis inmobiliaria sobre el sector de la construcción que por esos años empezaba a experimentarse y con lo que también existe una relación.

5. En la mayoría de los casos se ha optado por contratar arquitectos con una gran presencia internacional, que se caracterizan por un innovador manejo de la técnica y un avanzado uso de herramientas digitales.

Es necesario recalcar que las herramientas digitales con las que se contaban en ese momento no son las mismas con las que contamos hoy en día. Se necesitaba utilizar artilugios para de alguna manera igualar las posibilidades informáticas con las que contamos hoy, sin embargo, todos estos retos compositivos son los que han permitido el desarrollo de estos programas, como también la gestión de la información de la construcción.

6. Los arquitectos internacionales, provienen de todas las latitudes, con una leve inclinación hacia Europa, entendible por la cercanía y ventajas de estar en un mismo continente. Sin embargo, aunque entre estos arquitectos existan miles de kilómetros de separación y haya una educación muy variada, los medios gráficos utilizados son casi iguales como se evidencian a continuación.



Fig. 25 Museo Internacional del Espía – Modelo Virtual BIM – Arquitecto: Richard Rogers/ Fuente: <https://www.rsh-p.com/projects/international-spy-museum/>



Fig. 26 Nueva Sede de Lombard Odier – Modelo Virtual BIM – Arquitecto: Herzog & de Meuron/ Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works/476-500/480-lombard-odier.html>



Fig. 27 Mercado de los encantos – Modelo Virtual BIM – Arquitecto: B720/ Fuente: <http://b720.com/es/portfolio/mercat-dels-encants/>

pero que por el contrario está relacionado con proyectos emblemáticos en otros países, que en la mayoría de casos exigen desde hace algunos años presentaciones en BIM. De todos los arquitectos revisados el 100% ha desarrollado proyectos BIM, lo que demuestra la direccionalidad que está tomando la representación de los proyectos (21).

Los exponentes estudiados son de diferentes nacionalidades, pero por ser un trabajo introductorio del BIM en Europa nos centraremos en los proyectos realizados por arquitectos europeos.

El primero de ellos Richard Rogers y su proyecto para el Museo del Espía en Washington-USA (Fig. 25), país pionero en el uso del BIM (22) y en su exigencia para proyectos públicos.

Seguidamente encontramos el proyecto desarrollado por Herzog & de Meuron para la Nueva Sede de Lombard Odier en Ginebra – Suiza (Fig. 26), que son arquitectos con un nivel elevado en el uso y reinterpretación de herramientas digitales.

España también tiene su representante a través de la oficina B720, siendo la principal colaboradora de los arquitectos internacionales con obras nacionales, y que desde el 2013 a través del proyecto Mercado de los Encantos en Barcelona (Fig. 27) han incursionado en el mundo BIM, adelantándose a la implantación oficial del año 2014.

Siguiendo con la lista encontramos uno de los proyectos BIM más importantes de la actualidad, el nuevo Aeropuerto Internacional de México (Fig. 28) diseñado por la oficina Foster + Partners con oficinas en varios países entre ellos España, cuenta con una larga trayectoria en producción de proyectos con las tecnologías más avanzadas.

Para finalizar encontramos el proyecto BIM de la Torre Universidad en Arabia Saudita (Fig. 29) realizado por los arquitectos españoles: Carlos Rubio Carvajal, Enrique Alvarez-Sala Walter, no llegado a construir, pero que confirma la direccionalidad en la presentación de los proyectos internacionales.

El lenguaje de la arquitectura y arquitectos contemporáneos reconocidos mundialmente ha tomado una clara postura frente a las herramientas digitales (17). De aquí lo relativamente sencillo de demostrar a través de imágenes el cómo se están desarrollando los proyectos del segundo decenio del siglo XXI.

1.3.1.5 Nuevas direcciones de la arquitectura digital

Un cambio sustancial e inesperado para muchos pero que ya es una realidad, es la capacidad de los arquitectos de programar informáticamente flujos de diseño a partir de ideas previas (23). En muchos casos conociendo el resultado final de antemano y en otros por descubrir; esto significa que se podrán plasmar las ideas que surge del subconsciente y que se materializan a través de una herramienta digital.

Por dar un ejemplo y ser más claro, el Estadio de Bilbao (Fig. 30) está compuesto de un objeto, repetido en secuencia, alrededor del perímetro del estadio, en todos sus niveles. Este es un elemento que lo podemos imaginar en solitario, pero difícilmente en composición. Mediante la programación permitimos que sea el programa quien reúna las partes y reproduzca la idea que nos cuesta expresar.

Es una de las posibilidades que nos permite la programación de un sin número que podemos imaginar y que, de dominarlo, podría dirigir la atención creativa en generar estos flujos.

Es decir, cambiaría sustancialmente al menos en el aspecto formal las posibilidades de obtención de fachadas por dar un ejemplo, en donde se descubriría lo que se busca, a diferencia del proceso actual que acostumbra en todo momento a tener el control.

Otro avance significativo que ya está siendo utilizado consiste en el levantamiento arquitectónico existente a través de escáneres 3D o Fotogrametría realizada con drones. En cualquiera de los dos casos es un recurso informático muy exacto, utilizado principalmente en obras de intervención en el patrimonio. Del modelo del levantamiento y de la propuesta combinados, podemos obtener una aproximación muy cercana del impacto visual de nuestras ideas antes de cualquier decisión final.

Cada vez son más las especialidades afines a la construcción que desarrollan ideas para obtener del modelo virtual, nuevos usos que pueden ir desde la impresión 3D hasta el desarrollo del plan de



Fig. 28 Nuevo Aeropuerto Internacional de México – Modelo Virtual BIM – Arquitecto: Foster and Partners/ Fuente: <https://www.fosterandpartners.com/es/projects/new-international-airport-mexico-city/#gallery>

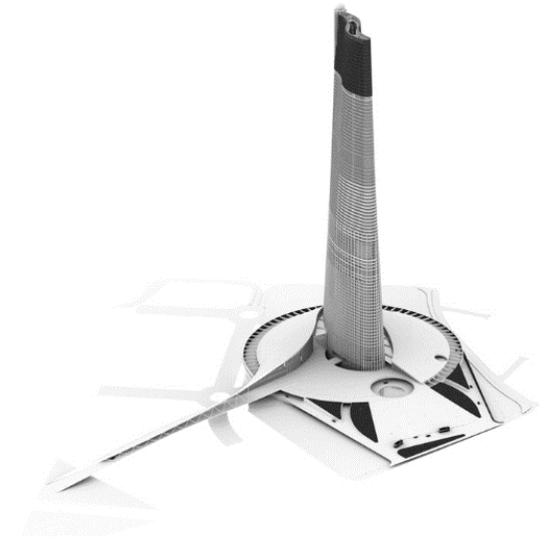


Fig. 29 Torre universidad – Modelo Virtual BIM – Arquitecto: Carlos Rubio Carvajal/ Fuente: <http://rubioarquitectura.com/es/portfolio/university-tower/>



Fig. 30 Estadio de Bilbao, creado a partir de programación/ Fuente: fotografía del autor.

seguridad industrial. En pocos años la digitalización se fusionará con una importante parte de nuestra profesión.

1.3.1.6 Reflexión y relación con la implantación BIM

Es evidente que a lo largo de este nuevo siglo se van a consolidar muchas técnicas y tecnologías que van a propiciar el escenario adecuado para que la arquitectura pueda seguir proponiendo la imagen innovadora que hoy la caracteriza, respondiendo en todo momento a su contexto que es quien dirige subjetivamente los cambios de hoy en día.

Como se puede apreciar los avances tecnológicos entre los programas informáticos utilizados por Frank Gehry, Richard Rogers, Herzog & de Meuron, Jean Nouvel, B720, Foster and Partners, o Carlos Rubio Carvajal, en su momento y los actuales con apenas 10 años de diferencia demuestran el vertiginoso proceso evolutivo, que de mantenerse alterará significativamente los procesos de diseño que estamos acostumbrados.

Sin duda los cambios que se aproximan son de calado profundo, los profesionales de ramas técnicas tendrán que desarrollar las destrezas necesarias para compaginar con esta realidad impostergable y es por ello por lo que acercarnos voluntariamente a estos procesos repercutirá en tiempo aprovechado.

Las herramientas digitales, como su nombre indica son instrumentos que se pueden utilizar para diferentes propósitos. Nos hemos enfocado a su capacidad de aportar al diseño plástico principalmente, sobre todo en las envolventes, a través de recursos como la programación digital para obtener prototipos a partir de la combinación de ecuaciones o el levantamiento virtual para contextualizar mejores propuestas, sin embargo son infinitas las variables que se pueden desarrollar a través de su conocimiento, como ya lo hicieron en su momento los arquitectos estudiados, que sin ser los avances tecnológicos tan potente como los actuales pudieron reinterpretar las posibilidades ocultas de los programas informáticos. Como lo hizo Ghery al utilizar CATIA un programa para la industria aeronáutica o Jean Nouvel con la yuxtaposición de capas o Herzog & Meuron con la representación de ornamento obtenido de imágenes pixeladas, generando todos ellos creatividad a partir de procesos proyectuales inusuales.

Sin embargo, la perspectiva presentada solo tiene por finalidad ser el enganche hacia estas nuevas tecnologías, demostrando dos aspectos fundamentales: Primero, el dominio avanzado de estos programas no limita las posibilidades compositivas, más bien las amplifica hasta niveles que mejoran la visión espacial humana, siendo un recurso extraordinariamente potente por la posibilidad de madurar ideas que superan nuestra comprensión. Segundo los procesos de diseño encuentran en la informática otros medios para ser combinados con los tradicionales como pueden ser los bocetos o las maquetas físicas, que sabiéndolos interactuar favorecen a la estilización de las ideas.

En ningún caso la tecnología actual está en capacidad de remplazar la humana, sino que trabaja en función de las órdenes recibidas, permitiéndonos desarrollar el papel de creadores, que dependiendo de nuestra postura profesional puede ser controlada o espontánea¹¹.

Para finalizar es importante enfatizar que las herramientas digitales son un recurso que ha madurado sustancialmente a partir del siglo XXI, queda mucho camino por recorrer, lo que nos depara el futuro es incierto, pero nada hace pensar que tomará una dirección diferente.

En este apartado solo se ha estudiado de manera somera las posibilidades plásticas que facilitan los programas informáticos, sin embargo, son muchas más las posibilidades que ofrecen en las diferentes etapas de diseño, construcción y operación, y a los diferentes involucrados dentro de las mismas. Desde el promotor hasta el usuario final, es un tema apasionante, que, combinado con los avances técnicos, las nuevas soluciones constructivas, los requerimientos medio ambientales y las posturas arquitectónicas actuales, generarán cambios radicales en los edificios y por ende en las ciudades.

En palabra de Dee Hock “Pequeños cambios pueden causar grandes cambios.”¹², resume el proceso que hemos analizado, desde los cambios desarrollados en el siglo XX, hasta los avances tecnológicos que nos acompañan hoy en día, y que asentaran las bases para los cambios venideros.

¹¹ En este contexto “espontaneo”, significa la capacidad de obtener un resultado de un proceso que no dominamos con claridad, pero que la era digital nos permite experimentar y controlar.

¹² Dee Wark Hock (1929) Empresario estadounidense fundador de VISA Credit Card Association y responsable de la formulación de la Teoría del Caos aplicada a las organizaciones empresariales.

1.3.2 Sector de la construcción español posterior a la burbuja inmobiliaria

Si analizamos en paralelo las realidades que se desarrollaban entre los países europeos pioneros en la implantación BIM y España, dilucidamos como factor clave para el proceso, una economía estable como dinamizadora de proyectos; sin la construcción de edificaciones e infraestructuras, difícilmente se podría llevar a la práctica ejercicios reales de implantación BIM.

En los primeros años del siglo XXI, el proceso de recesión que atravesó España producto de la burbuja inmobiliaria afectó considerablemente a muchos sectores, entre ellos el de la construcción, que pasó a estar prácticamente paralizado (24). Coincidiendo con la llegada del BIM a Europa, este hecho se tradujo en retraso y discordancia entre los factores claves para su implantación, “había que resolver problemas más urgentes”.

Si tan solo este eclipse de acontecimientos no hubiera coincidido, atrasándose la recesión y permitiendo la entrada y práctica del BIM, en los años del boom de la construcción, seguramente España hubiera encontrado nuevas formas de colaboración remota como mecanismo para la superación de la crisis, y como actualmente se plantea luego de superarla parcialmente.

Esta suposición se reafirma sobre todo con los profesionales que han logrado sobrellevar esta situación, y que hoy en día han encontrado en BIM el medio para enfrentarla, beneficiándose de nuevas experiencias nacionales e internacionales.

1.3.2.1 Contexto

El sector de la construcción español ha tenido que enfrentarse durante los últimos diez años a una recesión sostenida que ha repercutido enormemente en el gran número de profesionales que se dedican a esta actividad. Sobre todo, ha afectado a las PYMEs del sector que representan cerca del 95%, situación producto de varios sucesos aislados que se podrían justificar desde la explosión de la burbuja inmobiliaria.

Siendo coherentes con todo el proceso que conllevó a este escenario, no podemos afirmar que esto sea totalmente cierto. Detrás de la formación de la burbuja inmobiliaria existen malas decisiones de los

diferentes participantes en todas las escalas de intervención, empezando por un sector financiero representado por los bancos y cajas de ahorros que arriesgaron más de la cuenta con préstamos irresponsables. A esto se sume un sector inmobiliario especulador y falta de ética, una administración pública despreocupada o desconocedora del efecto vicioso que se estaba produciendo, pero también de un sector de la construcción, que no supo hacer frente al boom inmobiliario durante los primeros años de la burbuja (25) por su falta de organización y su carencia de un sistema eficiente de gestión, que indirectamente favorecía la especulación (4), al no tener suficiente capacidad de respuesta.

Podemos añadir y afirmar que esta necesidad sobre la demanda de vivienda atrajo mano de obra internacional, que a su vez se estableció ante el aparente estado de bonanza económico y que se tradujo en la compra de nuevas viviendas por parte de estos trabajadores, continuando el círculo vicioso hasta la explosión de la burbuja inmobiliario, que obligó al paro del sector y el despido masivo de trabajadores, imposibilitados de pagar las hipotecas adquiridas.

El considerable número de prestamistas sin liquidez que perdieron sus hipotecas descubrió el fallido modelo que se había desatado, el alto costo que habían alcanzado las viviendas producto de la especulación y el aumento de la oferta producto de estas hipotecas embargadas, se contrapusieron en perjuicio de las instituciones prestadoras, que debían bajar el costo de las viviendas para volverlas atractivas hacia los compradores incluso perdiendo dinero o esperar a que se reactivara el mercado a mediano plazo, una posibilidad poco probable con el inconveniente de necesitar liquidez (Fig. 31).

Este panorama que se mantiene hoy en día, aunque en menor escala, con un elevado número de edificaciones sin ocupantes, ha sido un impedimento para la reactivación del sector de la construcción, y sobre todo para las empresas de autónomos que en muchos casos han tenido que optar por nuevos campos o la reconversión de sus servicios.

Si analizamos las situaciones expuestas y su incidencia meditada en el momento oportuno la realidad actual sería totalmente diferente. Desde el sector de la construcción ya existía con anterioridad voces de reclamo, que pedían la reconversión del sector hacia una mayor competitividad, productividad, innovación técnica y tecnológica al igual que lo había realizado otros sectores de la producción (4).



Fig. 31 Viviendas de segunda residencia inacabadas, cerca de Valencia. Muchos proyectos se abandonaron ante la imposibilidad de financiarlos o venderlos/Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Crisis_inmobiliaria_española_de_2008-2014

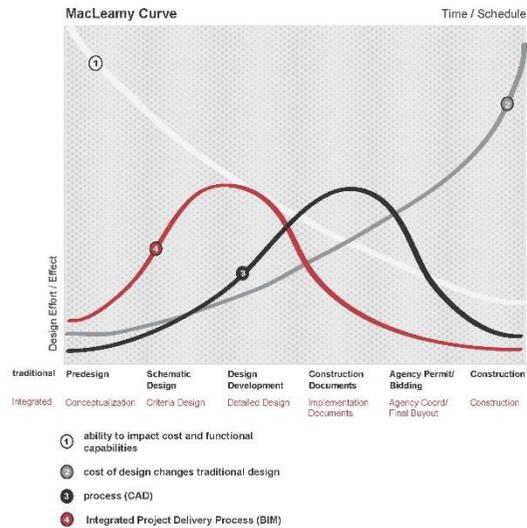


Fig. 32 Ventajas del modelo de contratación IPD frente a modelo tradicional/ Fuente: MacLeamy, P. (2004, agosto). MacleamyCurve. Recuperado a partir de <http://www.msa-ipd.com/MacleamyCurve.pdf>

Sin embargo, esta reconversión representa grandes retos por lo heterogéneo del sector y lo complejo de todo el sistema, que para bien o para mal ha encontrado un orden mayoritariamente artesanal difícil de cambiar, y que, si en el momento de mayor dinamismo de la construcción no supo hacerlo, menos probable resultaría en la actualidad.

En los años en auge de la construcción, la reconversión resultaba inviable por el tiempo que implicaba cambiar de modelo y por encontrarse en un momento que recién comenzaban a reinterpretarse, consolidarse o difundirse nuevas metodologías de trabajo provenientes de diferentes estudios como pueden ser el Project Management clásico, Lean Construction, Plm, IPD (4) inclusive BIM entre otros, el factor tiempo traducido en madurez frenaba el cumplimiento de este objetivo.

Por el contrario, actualmente nos encontramos un panorama opuesto al anterior en el que se han consolidado y madurado los métodos desarrollados y existe una mayor disponibilidad de tiempo, pero en un momento recesivo de muy poca actividad, que se traduce en bajos ingresos que dificulta el acceso a formación, que tiende a requerir altos costes de implantación; y una limitada demanda donde poder practicar lo aprendido.

Ante esta realidad compleja y ciclista se plantea como estrategia la incorporación de la formación universitaria pública como mecanismo de acceso a estas nuevas metodologías, enfatizando el uso del BIM por sus virtudes generalizadas durante todo el proyecto; y porque además representa el mayor reto a conseguir por cuenta propia.

Si por un lado es cierto que la obligatoriedad de la implantación BIM prevista para este año no llega en el mejor momento, pudiendo afectar a un alto número de profesionales que no se encuentran preparados, por las razones expuestas anteriormente, también es evidente que durante los próximos años no se vislumbra un nuevo ciclo de recuperación y que por lo tanto debe optarse por acciones potentes y que tomen nuevas direcciones.

En contraposición existen dos posibles escenarios, no hacer nada y esperar un milagro, o empezar a desarrollar estrategias inteligentes. Actualmente la internacionalización de servicios de la construcción

se presenta como el futuro más probable, y es la dirección que ya han tomado las grandes constructoras nacionales (26) y los primeros profesionales BIM, que de manera remota en muchos casos, colaboran con proyectos multinacionales (Fig. 33).

Otro interesante pero limitado campo de actuación lo encontramos en la recuperación del patrimonio, apoyados y gestionados con herramientas digitales, escáneres laser, fotogrametría y varios otros recursos que permiten entender de otra forma la composición de los restos históricos para su recuperación o rehabilitación, además de ser un medio interesante de difusión de la investigación o turística cultural (Fig. 34).

Las posibilidades que nos provee la tecnología para hacer frente a la crisis sectorial, es evidente, lo realmente limitado es la comprensión humana del cómo obtener de ella el máximo rendimiento y su reinterpretación como mecanismo para hacerle frente. De aquí la importación de la universidad como generadora de ideas.

1.3.2.2 Reflexión y relación con la implantación BIM

Luego de describir brevemente la situación negativa del sector de la construcción a partir de los sucesos producto de la burbuja inmobiliaria y algunas posibles estrategias en contraposición, basadas en la tecnología, entendemos que este se encuentre en una encrucijada entre las medidas que se deberían optar pero que al mismo tiempo pueden afectar, o seguir en la inercia actual.

Este último pensamiento del que existen muchos partidarios y justificadamente, por los riesgos asociados al proceso de implantación, que de no ser exitoso conllevaría un duro revés, a la lenta pero sostenida recuperación del sector limita la participación de los profesionales. Situación que se agudiza por la insuficiente profundización de los efectos colaterales por parte de las autoridades. Una característica muy común inclusive en las implantaciones de otros países.

Es muy evidenciable como en los foros, congresos y demás, esta temática es poco abordada y analizada desde los exponentes o los profesionales que ya han alcanzado cierto grado de especialización BIM, en contraposición de los más nuevos, para los que lógicamente es el tema que mayor preocupación genera.



Fig. 33 Ampliación del canal de Panamá a cargo del consorcio GUPC conformado por las empresas Sacyr Vallehermoso (España), Impregilo (Italia), Jan de Nul (Bélgica) y Constructora Urbana S.A. (Panamá)/ Fuente: http://www.sacyr.com/es_es/images/AF_FolletoWeb_Espanol_

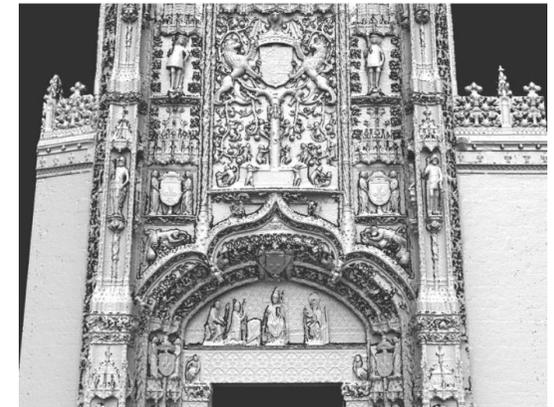


Fig. 34 Levantamiento mediante escáner laser del museo colegio de San Gregorio/Fuente: www.uva.es/davap

No se puede seguir hablando de implantación BIM en España si no se parte de resolver el problema fundamental, que en nuestra opinión se focaliza en facilitar el acceso de los profesionales inmersos en el sector de la construcción a estas nuevas tecnologías, que vaya desde la formación siguiendo un rigor preciso, no desde estrategias individuales como cursos formativos variopintos; hasta garantizar el libre acceso de los softwares, que conllevaría a convenios macros con sus principales fabricantes.

Estas pequeñas pero sugerentes estrategias que responden a la realidad de un sector golpeado, y que no copia a modelos extranjeros, a criterio de la investigación deberían ser los primeros pasos por seguirse por las autoridades competentes, con la finalidad de acercar a un mayor número de profesionales que no se encuentra en posición de asumir por cuenta propia los nuevos modelos de trabajo.

Solo así se puede garantizar un proceso armonioso de implantación BIM con la suficiente agilidad que reclama la situación sectorial, que debe apoyarse en las universidades públicas por su rol formador y gestor del conocimiento.

Las universidades por su parte deben entender la delicada situación del sector y crear estrategias de enseñanzas efectivas, que responda a las necesidades más inmediatas y que dote a los profesionales de las herramientas necesarias para poder seguir desarrollando aptitudes.

Conjuntamente se considera oportuno una implicación desde estos centros generando propuestas que acompañen a todos los cambios venideros, desde un enfoque multidisciplinar, garantizando tempranamente un correcto proceso, que difiera de las malas prácticas suscitadas durante la burbuja inmobiliaria.

Las experiencias adquiridas de un amargo capítulo pueden ser el detonante para una mayor sabiduría. A través de la historia hemos observado los efectos de una revolución industrial descontrolada, ahora nos enfrentamos a una revolución tecnológica con igual o mayor repercusión, que si no son estudiados sus efectos en profundidad repercutirá negativamente, estamos ante un momento histórico que puede ser el inicio para hacer las cosas bien.

1.3.3 La universidad española y el proceso Bolonia

Siguiendo con el análisis de sucesos paralelos con incidencia positiva o negativa para la implantación BIM, revisaremos la situación de la universidad española en los años que coinciden con la llegada del BIM a Europa.

Primeramente, hay que mencionar que el sector de la educación se encuentra atravesando sus propias dificultades. La anexión de España al proceso Bolonia ha significado cambios importantes en la estructura tradicional de enseñanza superior, que se encuentra desarrollando estrategias para cumplir los objetivos comunes del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES)¹³.

Entre ellos, redirigir los esfuerzos en adecuar los niveles de enseñanza establecidos para los grados, másteres y doctorados, traducidos en créditos ECTS (Fig. 35), y estos a su vez en tiempo, limitando la calidad y profundidad de los contenidos que pueden revisarse (existiendo excepciones en los casos de medicina, arquitectura o ingeniería, que tienen una mayor duración).

En el caso de la arquitectura que de por si es una carrera compleja y que requiere de mucha mayor preparación que el promedio, incorporar competencias BIM se vuelve contraproducente, ya que enmarca una gran cumulo de conocimientos que por su profundidad pudieran ser estudiados por separado, siendo esta una situación por resolver.

Por el contrario, la teórica visión social con apertura a las masas, la alineación con las necesidades sectoriales empresariales, y el uso de las TICs como herramientas de enseñanza que incluye la formación online, hace pensar que existe una base para que se pueda desarrollar nuevas estrategias de formación, más afines a la era contemporánea y a los tiempos disponible, que se pueden apoyar además en la libertad de cátedra que promulga el proceso, siendo estos aspectos positivos por reseñar.

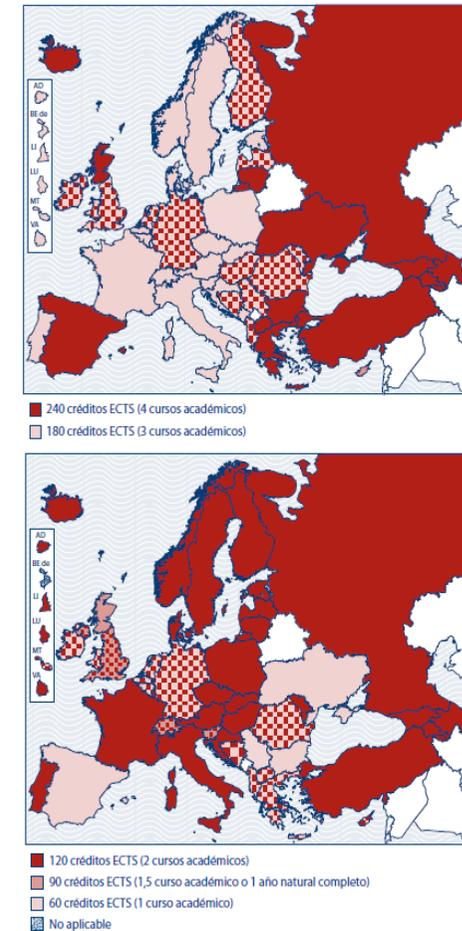


Fig. 35 Carga de trabajo/duración de los programas de grados (arriba) y másteres (abajo) más frecuentes en los países de Bolonia, 2009/10. Fuente: EURYDICE (Organización). (2011). La educación superior en Europa 2010: el impacto del proceso de Bolonia. Madrid: Ministerio de Educación, Secretaría General Técnica.

¹³ El "Espacio Europeo de Educación Superior" es un ambicioso y complejo plan que han puesto en marcha los países del viejo continente para favorecer en materia de educación la convergencia europea. Fuente: <http://www.eees.es/es/home>



Mietskasernen um 1900.

Fig. 36 Hacinamiento consecuencia de la revolución industrial en Alemania (Mietskaserne)/Fuente: <https://i.pinimg.com/originals/4b/8e/f1/4b8ef1407cd65d91608ccbcf8433daad.jpg>

Como analizamos introductoriamente existen pros y contras a rescatar del proceso Bolonia que debemos conocer y aprovechar al momento de proponer cualquier programa de formación para que este sea efectivo y replicable en el resto del continente.

1.3.3.1 Contexto

Es oportuno amenizar con unas breves reflexiones que sirvan para intensificar las ideas posteriores. Cuando se inicia el proceso de industrialización mundial, sus efectos no fueron analizados hasta varios años después, situación que originó una degradación de las ciudades (Fig. 36) y con ello los primeros pensamientos de que algo se estaba haciendo mal o algo se podría hacer mejor, repitiendo la triste y típica historia humana de hacer y luego pensar. Hoy por hoy, luego de atravesar estos desvíos innecesarios, se supondría que debería estar aprendida la lección, sin embargo, no sucede, la historia se repite y frente a cada nueva revolución los problemas se estudian una vez atravesados.

Ante esta nueva revolución tecnológica tenemos la oportunidad como sociedad de hacer algo diferente, y anticiparnos a los acontecimientos y es a través de la universidad el medio más efectivo para desarrollar el pensamiento y tomar las medidas de los sucesos que se aproximan.

La universidad actual como el “Templo del saber”, colocado a extramuros de las desigualdades y conflictos sociales, sin distinciones de clase, género o raza(27), que superó su condición elitista de siglos pasado, permitiendo el acceso a las masas (27–29), es el justificante de por qué debe ser ella quien dirija el proceso. En tal virtud pensar que se debe seguir promoviendo el modelo clasista en donde el conocimiento es manejado por unos pocos, no tiene cabida en este nuevo siglo.

El proceso Bolonia presente en las universidades españolas puede ser entendido como el medio para lograr el objetivo de la implantación BIM, pero este proceso debe ser estudiado desde la doble perspectiva positiva y negativa intrínseca y que ha generado incontables debates, que por un lado se presenta con una visión social desde un punto de vista capital, que entiende a la universidad como un medio de producción en gran medida autosuficiente y que se sustenta en este modelo para hacer frente a las debilidades presupuestarias que no permitían el acceso a las clases sociales menos adineradas.

Es decir, se ha encontrado una solución cuestionable por combinar intereses contradictorios pero que resuelven parcialmente las necesidades más prioritarias, a modo de pensamiento “se podría hablar de la universidad ideal pero primeramente habría que garantizar que exista alguna”

Retomando el hilo de la investigación, el proceso de Bolonia ha sido una iniciativa que se centra en tres aspectos fundamentales (30):

- Reconocimiento de títulos
- Movilidad
- Armonización estructural de la educación superior;

Para ello se ha generado una serie de estrategias (Fig. 37) que vienen desarrollándose desde la Declaración de Sorbona en 1998 hasta el Comunicado de Bucarest el más reciente (2012).

Este proceso ha generado simpatizantes y detractores por la visión y la posición en la que sitúa a los países participantes, que en muchos casos deben realizar grandes cambios para lograr la adaptación impuesta.

Movilidad de estudiantes y profesorado	Movilidad de estudiantes, docentes, investigadores y personal de administración	Dimensión social de la movilidad	Portabilidad de préstamos y becas. Mejora de los datos sobre movilidad	Atención a los visados y permisos de trabajo	El reto de los visados y permisos de trabajo, del sistema de pensiones y de los reconocimientos	Objetivo para el 2020: 20% de movilidad estudiantil	Explorar vías para lograr el reconocimiento automático de los títulos académicos
Sistema común de titulaciones en dos ciclos	Titulaciones fácilmente comprensibles y comparables	Reconocimiento equiparable Desarrollo de titulaciones conjuntas reconocidas	Inclusión del nivel de doctorado en el tercer ciclo	Adopción del MEC y del EEES Puesta en marcha de los Marcos Nacionales de Cualificaciones	Marcos Nacionales de Cualificaciones para 2010	Marcos Nacionales de Cualificaciones para 2012	Nueva hoja de ruta para los países que no han establecido un marco nacional de cualificaciones
		Dimensión social	Igualdad de acceso	Refuerzo de la dimensión social	Compromiso de elaborar planes nacionales de acción con un seguimiento eficaz	Objetivos nacionales sobre la dimensión social medidos para el 2020	Reforzar las políticas para ampliar el acceso y mejorar las tasas de finalización
		Aprendizaje permanente (AP)	Coordinar las políticas nacionales sobre AP Reconocimiento del aprendizaje previo	Itinerarios formativos flexibles en la educación superior	El papel de la educación superior en el aprendizaje permanente Acuerdos de colaboración para mejorar la empleabilidad	El aprendizaje permanente como responsabilidad pública que exige acuerdos de colaboración sólidos Llamamiento para trabajar en favor de la empleabilidad	Mejorar la empleabilidad, el aprendizaje permanente y las destrezas de emprendimiento mejorando la cooperación con las empresas
Uso de los créditos	Sistema de créditos (ECTS)	ECTS y Suplemento al Título (ST)	ECTS para la acumulación de créditos		Necesidad de un uso coherente de las herramientas y las prácticas de reconocimiento	Continuar con la implantación de las herramientas de Bolonia	Garantizar que las herramientas de Bolonia se basan en los resultados del aprendizaje
	Cooperación europea en materia de garantía de calidad	Cooperación entre los profesionales de la garantía de calidad y del reconocimiento	Garantía de calidad a nivel institucional, nacional y europeo	Adopción de los Estándares y Directrices Europeos de Garantía de Calidad	Creación del Registro Europeo de Garantía de Calidad (EQAR)	La calidad como principio vertebrador del EEES	registradas en el EQAR desarrollar su actividad en la totalidad del EEES
La Europa del Conocimiento	La dimensión europea de la educación superior	El Espacio Europeo de Educación Superior como un espacio atractivo	Vínculos entre la educación superior y la investigación	Cooperación internacional basada en los valores y el desarrollo sostenible	Adopción de una estrategia para mejorar la dimensión social del Proceso de Bolonia	Fomentar el diálogo sobre política global a través de los Foros sobre Política de Bolonia	Evaluar la implementación de la estrategia 2007 sobre dimensión global, para establecer directrices sobre acciones futuras
1998	1999	2001	2003	2005	2007	2009	2012
Declaración de la Sorbona	Declaración de Bolonia	Comunicado de Praga	Comunicado de Berlín	Comunicado de Bergen	Comunicado de Londres	Comunicado de Lovaina la Nueva	Comunicado de Bucarest

Fig. 37 El Proceso de Bolonia: de La Sorbona a Bucarest, 1998-2012/Fuente: Europäische Kommission (Ed.). (2015). The European higher education area in 2015: Bologna process implementation report. Brussels: Education, Audiovisual and Culture Executive Agency [u.a.].

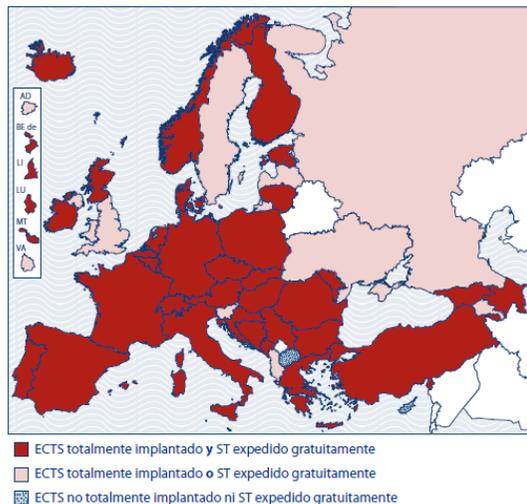


Fig. 38 Implantación del sistema ECTS y del Suplemento al Título, 2009/10 Fuente: EURYDICE (Organización). (2011). La educación superior en Europa 2010: el impacto del proceso de Bolonia. Madrid: Ministerio de Educación, Secretaría General Técnica.

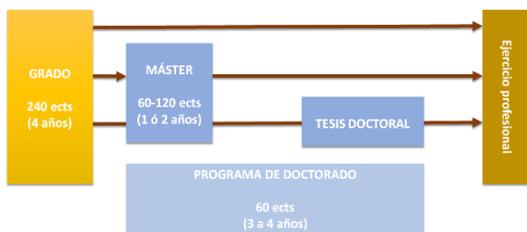


Fig. 39 Estructura de estudios universitarios en España/Fuente: <http://www.eees.es/es/eees>

De este proceso podríamos revisar cada uno de sus objetivos básicos, pero no es competencia de la presente investigación. Nos centraremos en las estrategias desarrolladas para garantizar la armonización estructural de la educación superior, que, a criterio de la presente investigación, guarda mayor relación con el proceso de implantación BIM.

Primeramente, con el fin de conocer las limitantes de tiempo, partiremos explicando la estructura de los estudios universitarios actual, comprendida en tres niveles: grado, máster y doctorado. El grado representa el mayor número de años y ECTS del que se obtienen competencias generales que permiten ejercer profesionalmente, seguidamente encontramos el máster que comprende la especialización en un determinado campo siendo el punto intermedio para acceder al doctorado que es el máximo reconocimiento académico.

La unidad de medida estándar en el EEES para el reconocimiento de créditos es el *European Credit Transfer System* (ECTS), que equivalen a 25-30 horas de trabajo por crédito, entre clases presenciales, trabajos y prácticas. Un año académico equivale a 60 ECTS es decir entre 1500 y 1800 horas. Este sistema de medición es aplicado en la mayoría de los países que conforman parte del proceso Bolonia (Fig. 38).

Partiendo de estas particularidades cada país perteneciente al EEES, ha desarrollado sus propios programas de estudios alineándose a ellos. En el caso español el modelo escogido se ajusta al expuesto en la (Fig. 39), en donde se detalla 240 ECTS para el grado, entre 60 y 120 ECTS para el máster, y mínimo un año académico para el doctorado, en este nivel no regularizado por ECTS.

Las ventajas y desventajas de esta estructura son evidentes, empezando por el limitado número de años para los grados, beneficiando a carreras cortas de carácter operativo, pero concentrando y resumiendo contenidos en las carreras más complejas, que deben seleccionar los contenidos más sobresalientes.

Y que además estarán condicionadas por la propia visión del profesorado, que en gran medida reflejará su propia experiencia no necesariamente orientada al ejercicio profesional. Por otro lado, el acercamiento a las empresas que promulga el proceso Bolonia puede direccionar los contenidos a las necesidades sectoriales. En ambos casos debe mantenerse un equilibrio.

El programa de homologación de las universidades europeas a través del proceso Bolonia, se encuentra vinculado a las transformaciones económicas mundiales, siguiendo los modelos de las universidades inglesas y norteamericanas que empezaron al menos en los años 80 (27) y que en los años 30 del siglo pasado ya empezaban a generar convenios con corporaciones para subvencionar investigaciones profesionales con un objetivo mercantil (27).

Además de la investigación y formación especializada, la innovación tecnológica se convierte en uno de los principales pilares del capitalismo avanzando, que encuentra en ella el motor para el impulso económico. El pensamiento del rector de la universidad de Berkley en 1963, Clark Kerr lo supo expresar y corroborar de la siguiente manera:

La realidad básica en lo que concierne a la Universidad es reconocer sin ambages que el conocimiento nuevo es el factor más importante en el crecimiento económico y social. Ahora mismo nos estamos dando cuenta de que el producto invisible de la Universidad, el conocimiento, puede ser el elemento singular más poderoso de nuestra cultura, que afecta al alza y caída de las profesiones, incluso de las clases sociales, las regiones e inclusive los Estados (Aronowitz, 2000, p. 30).

Hay que entender que esta visión y postura viene acompañada de su propia historia, que se remonta a los años de crisis económica en los EEUU a mediados del siglo XX y que generó la disminución del apoyo gubernamental hacia las universidades, encontrando en las corporaciones empresariales el apoyo para su mantenimiento (27). Este modelo que se ha mantenido y reconocido tanto privada como públicamente e internacionalmente, formando los complejos universidad-empresa, es el que caracterizan a las universidades norteamericanas.

Este modelo de funcionamiento que fue la solución en su momento para la continuación de las universidades, pero que condujo a una clara direccionalidad de los perfiles profesionales y a una condicionada innovación científica y tecnológica en función del mercado, imponiendo una visión capitalista sobre un entorno de conocimiento; es criticable por la dependencia que origina, limitando el desarrollo del pensamiento y direccionándolo.

Por el contrario, los modelos anteriores de gobierno universitario no quedan del todo exento de subjetivismo y direccionalidad. Aunque el proceso Bolonia realza la postura de libertad de cátedra, esta estará condicionada a varios factores.

Analizando el caso español, que se enfrenta a las vicisitudes expuestas anteriormente nos encontramos con ciertas condicionantes que deben ser estudiadas entre sí:

- La doble limitación que por un lado trata de homologar los estudios en el EEES y por el otro de crear perfiles profesionales acorde a las necesidades sectoriales, encontrando en la generalización de los contenidos de grados el mecanismo para contar con una base que permita desarrollar satisfactoriamente una actividad, y que posteriormente a través del autoaprendizaje y la experiencia adquirida obtener competencias más específicas.
Otras opciones serían: La especialización por medio de un máster o cursos de corta duración. El carácter de estos cursos tiene por finalidad cubrir los vacíos pendientes en las formaciones de grados y especializar en una pequeña medida, sin embargo, en la gran mayoría de ellos existe un interés económico por obtener mayores réditos que en un curso de grado normal. Lo que no soluciona el problema de la formación y solo permite obtener unas pocas destrezas, en el mejor de los casos.
- Por otro lado, para la implantación de este sistema se debe contar con una estructura empresarial fuerte que sea capaz de financiar la investigación y formación universitaria que en el caso de España y muchos países europeos es limitada, y que a su vez estaría condicionada a los ciclos alcistas y recesivos de la economía del país.
- La figura de los empleados universitarios, también se vería afectada al ser públicos, pero con una fuerte relación al sector privado, contraponiéndose la visión del investigador y catedrático tradicional direccionado por sus propias motivaciones. De igual forma las juntas de la escuela encargada de los programas de estudios tendría a desaparecer y ser remplazada por un grupo reducido o unipersonal que se encargaría de la toma de decisiones enfocadas en los intereses de estas corporaciones.

Ante esos criterios expuestos y recogidos, la universidad europea actual está siendo criticada por acercarse a estos modelos de enseñanzas enfocados en servir a las empresas y producir profesionales a su medida frente al modelo tradicional europeo como productor de conocimiento y de la cultura a través de ella(27,29).

Es de aclarar que este proceso de acercamiento a las empresas no ha calado profundamente en la estructura universitaria española (29) y europea en general, siendo menos presente en la mayoría de carreras afines a la construcción, que producto de la crisis inmobiliaria, ha debilitado al sector de la construcción para invertir.

Esta situación podría explicar el motivo del divorcio del BIM con la universidad al momento de entrar en Europa, especialmente a través de las escuelas de arquitectura que mantienen el modelo clásico de enseñanza y que despierta por ello menor interés, al entenderse este como un tema asociable a la industria de la construcción, alejada de la visión humanística de la profesión.

Sin embargo, como ha sido expuesto en las líneas iniciales del presente apartado, el análisis propuesto va más allá de la simple formación en unas cuantas herramientas, se amplía al entendimiento del trasfondo que implica un cambio tan sustancial, y que solo la universidad está en capacidad de hacerlo y compartirlo.

Por finalizar, los cambios sugeridos en el proceso Bolonia con respecto a los métodos de enseñanza del profesorado universitario utilizables en sus diferentes modelos de contratación, es otro tópico con fuerte relación para el proceso de implantación BIM.

La actualización del sistema de enseñanza enfocado en el proceso y desarrollo del autoaprendizaje fomentando la autoformación, el dimensionamiento adecuado de los grupos de estudios que a efecto de un correcto aprendizaje deben ser reducidos, el uso de las TICs como medios de enseñanza, y la movilidad internacional, se presentan como importantes aportaciones, que facilitan el desarrollo de competencias BIM.

1.3.3.2 Reflexión y relación con la implantación BIM

Son rescatables los diferentes aspectos positivos del proceso Bolonia que pueden ser aplicables para la formación e investigación BIM y con ello favorecer a la implantación nacional. Por un lado, encontramos un sector público y privado interesados en lograr este cometido y que actualmente se encuentran desarrollando estrategias de implantación que podrían ser canalizadas a través de la universidad.

Las escuelas técnicas relacionadas con el sector de la construcción pueden favorecerse de inversiones mixtas por el interés despertado en los últimos años, e incorporar competencias paulatinas en formación BIM como también desarrollar investigaciones que aporten al estado de la cuestión, este trabajo por ejemplificar surge de la necesidad de innovación en el sector de la construcción.

Aunque la crítica al proceso Bolonia desde el factor de la mercantilización es un tema susceptible de debate, por la posible repercusión en el proceso de implantación BIM si llegase a prevalecer el interés particular sobre el bien común, la universidad en su concepto clásico y actual puede ser el medio más neutral para equilibrar ambos intereses.

Actualmente muchas empresas privadas ofrecen formación BIM, que desde luego parten de una visión de negocio, y que no profundiza en los temas sociales que pretende abordar el presente trabajo. Razón por la cual se hace urgente plantear soluciones que sean la contrapropuesta a estos sistemas que lucran a partir de un medio para salir de la crisis coyuntural.

Además, debe desarrollarse cierto consenso de los contenidos y la forma de transmitirlos, actualmente los métodos de enseñanza sugeridos en el proceso Bolonia apoyados en las TICs, en el *e-learning* y otros recursos digitales, son mecanismo de acercamiento para llegar a los sectores profesionales más condicionados de tiempo, dinero o locación.

Son varias las características que podemos aprovechar del proceso Bolonia, inclusive la movilidad entre países para realizar prácticas profesionales en ciudades con un mayor dinamismo en la construcción o donde se estén desarrollando proyectos BIM, aunque esta opción es algo lejana, mientras no se implante primeramente la formación especializada.

Por el contrario, la limitación de tiempo para revisar contenidos BIM en los grados, se presenta como un gran reto por superar. La estructura universitaria actual condicionada en tiempo obliga a ser creativos para introducir los primeros contenidos, que necesariamente deben ser enseñados.

Por otro lado, la libertad de cátedra podría incentivar el uso de metodología BIM dentro de las materias establecidas para su perfeccionamiento. Otra alternativa ya implementada en algunas universidades españolas consiste en la especialización a través de un máster, siendo una opción viable, que sobre todo responde a la premura de profesionales BIM por parte del sector de la construcción. Pero con la necesidad de generar una estructura de contenido general a todos los estudios.

La doble limitante que se evidencia de esta opción: en el caso del máster, se da por el escaso perfeccionamiento a través de la práctica por el menor número de créditos, mientras que en el grado de no incluirse competencias BIM, los graduados no obtendrían las habilidades deseadas para incorporarse en el mundo profesional del mercado actual.

Antes de proseguir con el último escalafón académico, debe desarrollarse el mejor sistema, que considere todas las variables analizadas, que permita formar profesionales BIM con un doble entendimiento social y técnico, capaces de formular investigaciones que aporten a la implantación BIM nacional.

Los resultados alcanzados de estos trabajos son los que se deben compartir públicamente con todos los sectores involucrados, que sirvan además para dejar de ser vista la necesidad de formación como un negocio lucrativo, solo así se podrá hablar de una implantación BIM justa con la realidad social y sectorial que se está superando (Burbuja inmobiliaria).

Para finalizar, a través del breve análisis de los hitos españoles del siglo XX-XXI con relación al tema, hemos encontrado características que no son tomadas en cuenta al momento de formular soluciones en las diferentes escalas de intervención, que con el análisis posterior de los sucesos BIM en España del siglo XXI y el análisis del sector de la formación actual, dotaran del suficiente conocimiento para proponer unos resultados pormenorizados.

1.4 Hitos BIM en España siglo XXI

1.4.1 Evolución

Después de revisar y entablar los nexos que han propiciado los acontecimientos necesarios para la adopción del BIM en algunos países europeos y los hitos del contexto español relacionables y con repercusión en el proceso nos centraremos en la interacción entre ambos.

Habíamos mencionado que a partir del año 2002 Autodesk™ empieza a utilizar el concepto BIM, siendo los países nórdicos en Europa los primeros en implementarlo (2005-2008). Mientras en España, en ese lapsus apenas se conocían las herramientas BIM, coincidiendo con la crisis de la burbuja inmobiliaria, que ha sido reconocido como uno de los factores que más ha repercutido en la implantación BIM.

Las primeras intenciones maduras para su implementación, se dan aproximadamente en el año 2010 y nacen del sector privado, pero son en toda España intenciones aisladas, situación que se mantuvo así durante algunos años, mientras se consolidaban y difundían; empiezan aparecer Congresos como EUBIM y se consolida El Capitulo Español de BuildingSMART BSSCH en noviembre del 2014 (31), a raíz de estas iniciativas y el interés que demostraba el sector, sumado a que ya existía una intención por implementar BIM de parte de la Comisión Europea, el Ministerio de Fomento decide crear la Comisión es.BIM en julio del 2015 (6).

Dicha comisión es la encargada de gestionar y planificar la hoja de ruta para que el BIM en España sea una realidad y desde ese momento a la actualidad se han producido diferentes nuevas intenciones que han surgido desde los diferentes sectores involucrados afines a la construcción que van desde usuarios, pasando por profesores universitarios hasta altos cargos gubernamentales.

Ante este abanico de grupos inmersos, que han aportado nuevos conocimientos, pero que son numerosos, hemos tenido que limitarnos a describir las acciones de los grupos oficiales, por el sector público es.BIM y por el privado BSSCH.

Es una realidad también que, para junio del 2018, existe un desconocimiento considerable del tema por un gran número de profesionales de la construcción, aunque actualmente no existen datos exactos(4)

para corroborarlo, si hay cierto escepticismo en el ambiente percibido en los congresos y entrevistas en los que se ha participado. Es esto a su vez un claro síntoma de las dificultades que está teniendo la metodología BIM al implantarse en España, que repercutirá a largo plazo en las posibilidades de ciertos profesionales en incorporarse a estos nuevos escenarios.

Se debe añadir que la situación actual no es homogénea a todo el territorio nacional, hay una predisposición evidente por parte de ciertas comunidades autónomas a licitar en metodología BIM (Fig. 40) y de los profesionales en prepararse, que coincide con los lugares donde se han o están desarrollando los proyectos más emblemáticos de España, y que a excepción de Madrid se encuentran generalmente en las Comunidades Autónomas perimetrales (Fig. 41).

Reforzada esta situación por la formación profesional que se concentra principalmente en las ciudades de Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla, La Coruña, siendo las universidades de ellas la que mayor aportación científica han producido durante los últimos años.

La formación profesional BIM en España en la actualidad no está estandarizada o al menos consensuada y se remonta a unos pocos años, sin embargo y contradictoriamente ya se empieza a exigir ciertos perfiles profesionales dentro de las ofertas públicas, demostrando una vez más que no hay la suficiente interacción entre los involucrados y todo el sistema carece de organización, ocasionando un constante estado de prueba error.

Ante esta situación aparentemente inofensiva, pero que está generando un ambiente desconcertante en el sentido que, a diferencia de otras áreas de investigación donde existe una estructura consolidada y cada nueva aportación es un paso hacia adelante, las investigaciones realizadas en el campo BIM, no poseen la misma mecánica, y muchas aportaciones carecen de carácter investigativo, por ser un tema hasta ahora estudiado desde una óptica profesional sin intención de seguir generando nuevo conocimiento.



Fig. 40 Distribución porcentual del número de licitaciones según Comunidades Autónomas/Fuente: Palmero, C. (2017, noviembre). *Presentación Observatorio de Licitaciones*. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/12/171130_esBIM_6_Observatorio.pdf

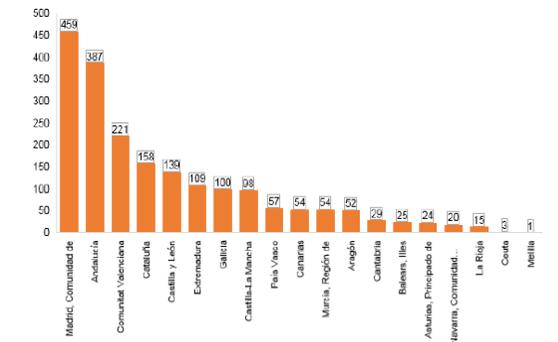


Fig. 41 Participación por comunidad-ciudad autónoma/Fuente: es.BIM. (2017, mayo). *Quinta reunión comisión. España*. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/06/esBIM_Quinta_reunion_v06.pdf

Table 5
Use BIM tools - Stages of the project lifecycle

Stages of the Project Lifecycle	Never		Only when commissioned by a client		Occasionally		Often		Always	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Conceptual Design	12	3,1%	11	7,2%	68	16,9%	36	13,8%	74	12,7%
Preliminary Design	9	2,4%	19	12,4%	66	16,4%	37	14,2%	51	15,6%
Detailed Design	15	3,9%	14	9,2%	53	13,2%	35	13,5%	64	14,4%
Quality Control Plan	36	9,4%	10	6,5%	20	5,0%	13	5,0%	29	5,0%
Take-off and Budget Estimate	25	6,6%	11	7,2%	37	9,2%	28	10,8%	64	11,0%
Scheduling	34	8,9%	7	4,6%	25	6,2%	14	5,4%	24	5,8%
Clash detection and virtual construction	20	5,2%	14	9,2%	33	8,2%	21	8,1%	51	8,7%
Cost monitoring and control	40	10,5%	11	7,2%	16	4,0%	17	6,5%	36	6,2%
Scheduling monitoring and control	38	10,0%	14	9,2%	14	3,5%	16	6,2%	27	4,6%
Quality assurance and quality control	39	10,2%	10	6,5%	17	4,2%	11	4,2%	19	3,3%
Completion of "as built" drawings	25	6,6%	13	8,5%	23	5,7%	18	6,9%	49	8,4%
Commissioning and occupation	45	11,8%	9	5,9%	15	3,7%	6	2,3%	12	2,1%
Operation and maintenance	43	11,3%	10	6,5%	16	4,0%	8	3,1%	13	2,2%

Fig. 42 Uso de herramientas BIM – Etapas del ciclo de vida del proyecto/Fuente: Tabla 5 - Solar, P., Andrés, S., Vivas, M. D., Peña, A., & Liébana, Ó. (2016). *Uso BIM en proyectos de construcción en España. Spanish journal of BIM*, 16(1), 4-12.



Fig. 43 Fases de los trabajos que se utiliza BIM/Fuente: Gómez, G., Dueñas, C., Bravo, C., Martín, N., & Molins, M. (2017, mayo). *Encuesta de Situación Actual. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/05/GT1_Estrategia-SG1_3_Encuesta_de_Situacion.pdf*

por otro lado, como ya fue mencionado no existe una dirección consensuada de los contenidos en las universidades, combinando ambos factores obtenemos una ramificación injustificada de las líneas de investigación en una etapa muy temprana, causando con ello los primeros problemas, por nombrar tres:

- 1) Los perfiles profesionales poseen aptitudes dispares dependiendo del centro de formación de forma evidente, haciendo creer a muchos técnicos que dominan el tema cuando en realidad no lo es, conllevando a la realización de proyectos de baja calidad y aun mayor escepticismo de la metodología por los bajos resultados(23).
- 2) Se genera ruido¹⁴ sobre el tema, dificultando la autoformación al existir tantas posibles direcciones, y muchas de ellas cerradas, desmotivando inclusive antes de empezar. Un dato rescatable es que los primeros especialistas BIM en España se autoformaron en una época donde no abundaba información repetida y la mayoría provenía de fuentes trascendentales, facilitando con ello su aprendizaje(23).
- 3) El proceso de implantación BIM en las empresas sean estas PYMEs o no, se percibe de riesgo al no existir la certeza de la calidad de los profesionales a contratar como de las consultorías que ofrecen el servicio de implantación; es un cambio que ya ha reportado pérdidas para algunas empresas que sus equipos no han logrado canalizar y digerir toda esta información(23).

Este último punto podríamos asumir como el resultado de los dos antecedentes, continuando así la cadena de resultados adversos, tanto en el ámbito profesional como académico; en capítulos posteriores se ahondará en el análisis de ambos y las repercusiones que actualmente están produciendo.

¹⁴ Por ruido en investigación se entiende al exceso de información que dificulta la focalización de un tema de interés.

1.4.2 Para qué y por quién se utiliza

Para finalizar esta breve introducción al contexto BIM en España, se aportará datos afines y oportunos generados en dos trabajos anteriores el primero de ellos “Implementación BIM en la industria española de la construcción (2015)”(32) y el segundo “Encuesta de Situación Actual (2016)”(33) interactuando y justificando sus resultados.

Ambos estudios por su naturaleza han sido dirigidos a un segmento en particular, por lo que algunas afirmaciones deben ser entendidas dentro de este contexto.

El primer estudio aporta datos interesantes de las dinámicas que se están produciendo. Entre ellas, que BIM se utiliza casi exclusivamente en la etapa de diseño (Fig. 42), excluyendo las etapas de construcción y gestión, el segundo estudio afirma que el mayor uso dentro de esta etapa es para el modelado 3D (Fig. 43). Si se comparan y analizan ambos resultados, se podría afirmar que el uso real no es BIM, sino que se lo sigue utilizando como una herramienta de modelado virtual clásico, como recurso para obtener imágenes fotorrealista a partir de las cuales se puede por las interfaces de los programas BIM reproducir planos no detallados, que en el mejor de los casos tendrán un nivel de desarrollo LOD¹⁵ 300(34).

Otro dato de interés es la edad de los usuarios BIM, coincidiendo en ambos estudios las edades comprendidas entre los 35 y 45 años (Fig. 44-Fig. 45), situación que se podría explicar de la siguiente manera: El BIM abarca muchas actitudes y aptitudes que van desde el dominio en el uso de herramientas digitales, como conocimientos avanzados de construcción y gestión de la información apoyados en el trabajo colaborativo, que implica desarrollar aptitudes organizativas individuales como de coordinación grupal, cualidades que necesitan de tiempo y practica para ser desarrolladas.

Suponemos que los profesionales comprendidos en este rango de edades por sus años de ejercicio profesional han alcanzado la experiencia suficiente, facilitándoles el acceso a estas nuevas

Age	User BIM		Don't user BIM	
	No.	%	No.	%
Under 30 years	41	14,0%	35	13,7%
30 to 35 years	57	19,5%	40	15,6%
35 to 39 years	41	14,0%	53	20,7%
40 to 44 years	65	22,3%	50	19,5%
45 to 49 years	42	14,4%	31	12,1%
50 to 54 years	31	10,6%	26	10,2%
55 to 59 years	7	2,4%	10	3,9%
Over 60 Years	8	2,7%	11	4,3%
Total	292		256	

Fig. 44 Uso del BIM por edades/Fuente: Tabla 1 - Solar, P., Andrés, S., Vivas, M. D., Peña, A., & Liébana, Ó. (2016). Uso BIM en proyectos de construcción en España. Spanish journal of BIM, 16(1), 4-12.

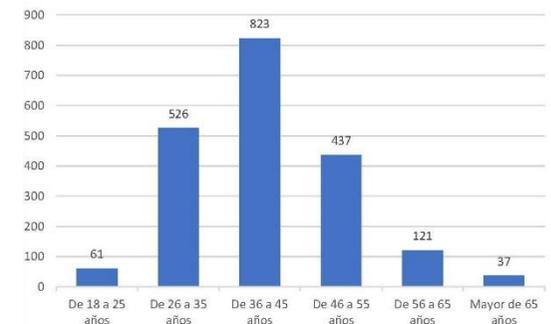


Fig. 45 Uso del BIM por edades/Fuente: Gómez, G., Dueñas, C., Bravo, C., Martín, N., & Molins, M. (2017, mayo). Encuesta de Situación Actual. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/05/GT1_Estrategia-SG1_3_Encuesta_de_Situacion.pdf

¹⁵ LOD Level Of Development son las siglas en inglés para “Nivel De Desarrollo”, refiriéndose esto, al grado de información asociada al modelo, entre mayor sea el número de identificación que lo acompaña, mayor será la información y detalles que contiene.

BIM training		
Option	No.	%
Self-learning	232	38,4%
Company internal training	72	11,9%
Colleges Courses	65	10,8%
Professional Associations	62	10,3%
Training center	47	7,8%
Software Industry led training	45	7,5%
BIM consultancy	45	7,5%
BIM groups / Chapters	24	4,0%
Other	12	2,0%

Fig. 46 Entrenamiento BIM/Fuente: Tabla 11 - Solar, P., Andrés, S., Vivas, M. D., Peña, A., & Liébana, Ó. (2016). *Uso BIM en proyectos de construcción en España. Spanish journal of BIM*, 16(1), 4-12.



Fig. 47 Formación BIM recibida + Tipo /Fuente: Gómez, G., Dueñas, C., Bravo, C., Martín, N., & Molins, M. (2017, mayo). *Encuesta de Situación Actual. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/05/GT1_Estrategia-SG1_3_Encuesta_de_Situacion.pdf*

metodologías. Adicionalmente su formación académica guarda relación con las actuales que están en mayor contacto con las nuevas tecnologías(35).

Una vez conocido el rango de edades más involucrado en el proceso de adopción BIM, es necesario aclarar que sin embargo el dominio real sobre las herramientas tecnológicas es limitado como se demuestra en los resultados obtenidos de ambas encuestas, que entrelazándolos permiten obtener nuevas conclusiones en la gráfica adjunta de la (Fig. 46).

Observamos que la mayoría de los encuestados se han visto en la necesidad de autoformarse, mientras que los que si la han recibido formación (Fig. 47) mayoritariamente es de nivel medio bajo, concluyendo que la cantidad de profesionales en pleno dominio y con un nivel alto de conocimientos sobre BIM es reducido, lo que a su vez repercute en todos los procesos posteriores. Es de enfatizar que ambos trabajos son dirigidos a un sector muy afín al BIM, y que la realidad es que los porcentajes mostrados son aún más bajos si incluimos a todos los técnicos.

No existen a la fecha datos oficiales de la situación BIM en toda España(5), pero como ya ha sido manifestado anteriormente, el desconocimiento es elevado, siendo aún mayor el grado de rechazo por los que lo conocen someramente.

Este pequeño inciso, que se ha creído oportuno incorporar en este subcapítulo, “el para qué y el por quien del uso del BIM” cumplen la finalidad de aportar particularidades del contexto como mecanismo de recreación más cercano, algo alejado de los contenidos tradicionales pero que entre líneas permite leer y suponer más interacciones. A lo largo del desarrollo del presente trabajo se irán enfatizando y explicando estas situaciones muy poco estudiadas, pero en donde posiblemente se encuentre las claves para entender y proponer las líneas de acción necesarias.

1.4.3 Iniciativas del sector público

1.4.3.1 Instituciones de gobierno (es.BIM)

Como se manifestó en el capítulo anterior, la máxima apuesta por parte del gobierno español ha sido a través del Ministerio de Fomento que constituyó el 14 de julio del 2015 la Comisión BIM(6); conformada por el **comité ejecutivo** encargado de la estrategia de implantación nacional y presidida por el subsecretario de fomento y el **comité técnico** encargado de coordinar entre sí las labores de los grupos de trabajo y garantizar la transversalidad de la información(36). En la Comisión están representados todos los agentes afectados en este proceso de implantación, pertenecientes tanto al sector público como al sector privado.

Entre los objetivos de la comisión encontramos:

- Impulsar un mandato que acelere los objetivos de implantación
- Definir la estrategia de implantación: plan de acción y hoja de ruta
- Fortalecer la capacidad del sector público en la aplicación BIM
- Fomentar la interoperabilidad entre herramientas como garante del libre acceso a la tecnología

Para ello se han creado cinco grupos de trabajos que estudian las siguientes temáticas: Estrategias, Personas, Procesos, Tecnología e Internacional, a su vez se subdividen en subgrupos que abordan temas puntuales [14]. Actualmente las investigaciones realizadas por los grupos de trabajo y las actividades llevadas a cabo por la Comisión han permitido reconocer en ella el ente organizador estatal, su trabajo mancomunado con el sector privado y el contar entre sus colaboradores con profesionales y académicos han direccionado y transmitido un mensaje coordinado.

Sin embargo, desde su conformación hasta la actualidad los avances alcanzados son insuficientes para acelerar el proceso de implantación BIM en España (Fig. 48), situación que vuelve poco factible licitar en metodología BIM como se tenía previsto, para julio del 2018, a escasos meses de la investigación actual. Esto en ningún caso significa que no se realizará, pero si podría repercutir negativamente en los procesos, sobre todo en eficiencia, el problema inicial que desencadenó el interés de las autoridades europeas.

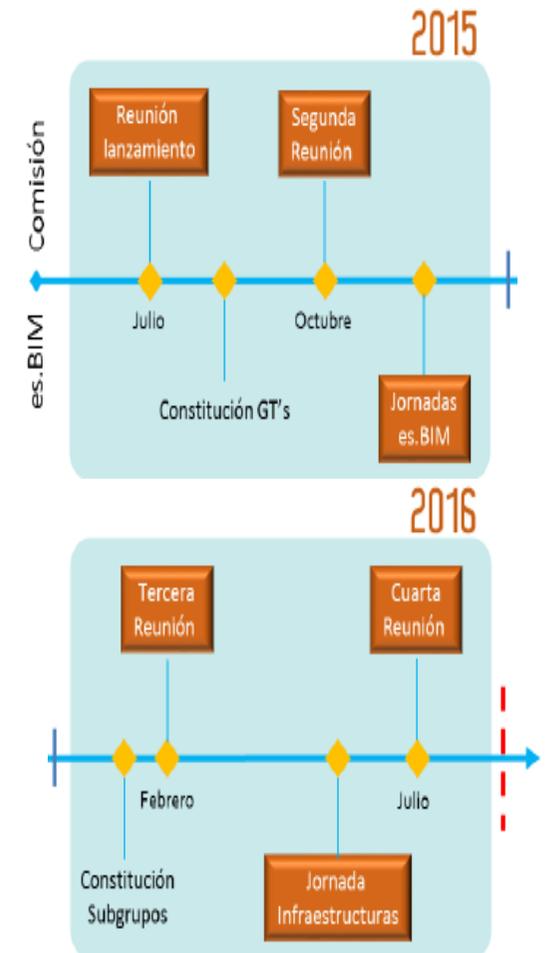


Fig. 48 Reuniones sostenidas por la Comisión BIM, ultima y quinta reunión mayo 2017/Fuente: es.BIM. (2017, mayo). Quinta reunión comisión. España. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/06/esBIM_Quinta_reunion_v06.pdf

A continuación, se facilita un esquema mostrando y ampliando lo previamente revisado (Fig. 49).

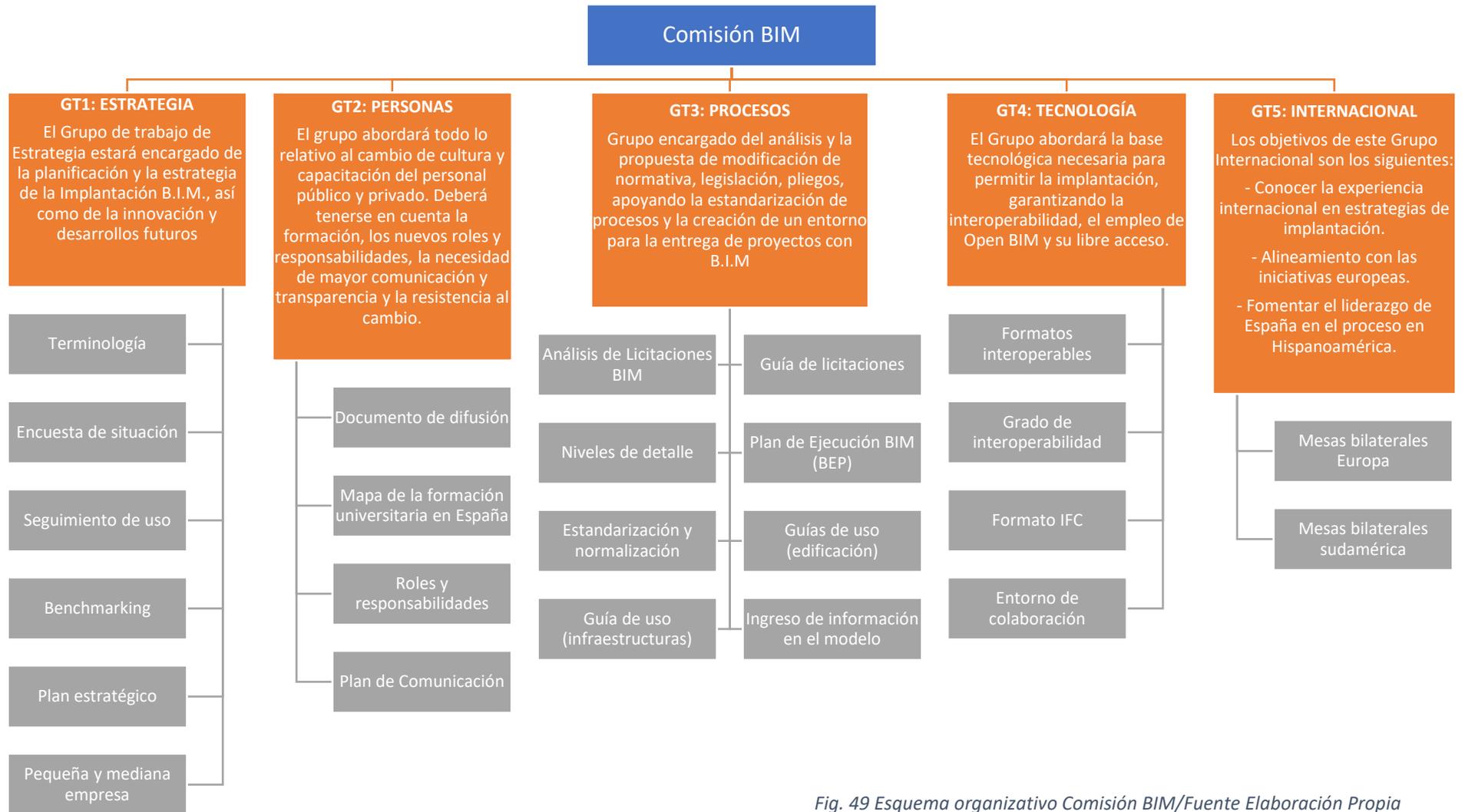


Fig. 49 Esquema organizativo Comisión BIM/Fuente Elaboración Propia

1.4.4 Iniciativas del sector privado

1.4.4.1 Organización BuildingSMART Spanish Chapter (BSSCH)

Como fue mencionado anteriormente, el sector privado español ha tenido una importante participación que ha propiciado la conformación de BuildingSMART Spanish Chapter en el año 2014 formando parte de los capítulos de BuildingSMART International, siendo el primero dentro de los países hispanohablantes.

Este hito trascendental marca un antes y un después del BIM en España, que, si bien venía madurando desde muchos años atrás, no conseguía alcanzar el desarrollo y organización suficiente para ser reconocido. Hoy por hoy, entre BSSCH y es.BIM se están gestando las intenciones más claras para la implantación BIM a escala nacional. Entre las primeras acciones, la redacción de la guía uBIM¹⁶ en 2014 que ha sido una iniciativa de estandarización en español para usuarios BIM y que BSSCH desarrolló en colaboración con profesionales del sector.

Actualmente esta guía es el único referente nacional de estandarización, sin embargo, no abarca todos los campos (Fig. 50), conllevando a que muchos profesionales del sector adopten estándares internacionales, para complementar estos vacíos, siendo Reino Unido uno de los principales referentes con el © *British Standards Institution*.

BSSCH además tiene un importante rol difusor a través de diferentes medios, entre ellos, revistas, eventos, conferencias, que han permitido acercar a un gran número de profesionales a la metodología BIM, y a los avances alcanzados en diferentes países, direccionando en unos pocos años las riendas del sector.



Fig. 50 Documentos que conforman la Guía uBIM
Fuente:
<https://www.buildingsmart.es/recursos/gu%C3%ADas-ubim/>

¹⁶ Esta guía es una adaptación del COBIM finlandés (Common BIM Requirements 2012) elaborado por el Building Smart Finland en el año 2012, el cual ha sido adaptado a la casuística de España, atendiendo a las normativas y estándares vigentes, mediante un equipo redactor multidisciplinar integrado por expertos en cada uno de los capítulos tratados. Fuente: <https://www.buildingsmart.es/>

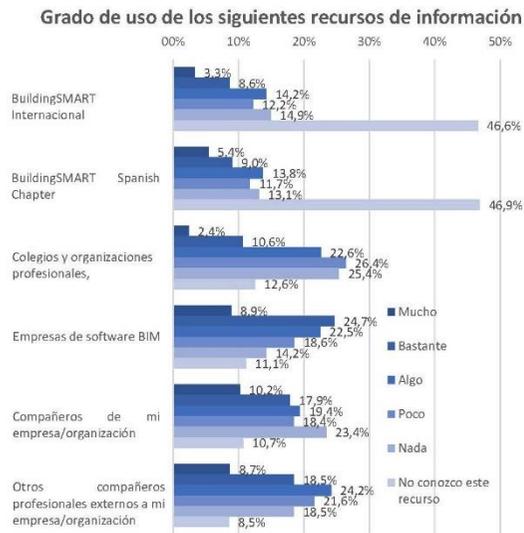


Fig. 51 Recursos de información sobre BIM en España, la universidad no es considerada/Fuente: Gómez, G., Dueñas, C., Bravo, C., Martín, N., & Molins, M. (2017, mayo). Encuesta de Situación Actual. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/05/GT1_Estrategia-SG1_3_Encuesta_de_Situacion.pdf

Cuando se habla de implantación BIM en España, se relaciona automáticamente con el sector de la construcción y las empresas directamente involucradas, porque han sido ellas las que mayor interés han demostrado por establecerlo, sin embargo, la limitada experiencia al momento de contener y transmitir conocimiento para consolidar su uso ha producido una dilatada implantación.

Ante esta situación las universidades españolas deberían ser el órgano rector del conocimiento BIM, no obstante, esto no sucede en la actualidad (Fig. 51). Esto suponemos es debido a las marcadas líneas de investigación tradicionales, donde difícilmente el BIM puede ser protagonista, reduciendo su estudio al uso aplicado de las herramientas tecnológicas a ellas (10).

Aun así, existen profesores y estudiantes que conociendo ambas realidades y motivadas por ellas, han decidido aportar con investigaciones aisladas, que son la fuente de conocimiento con las que contamos ahora.

No es de extrañarse que ante los escasos recursos científicos la dirección de los trabajos vaya entrelazado con áreas de conocimiento más profundizadas, como pueden ser la construcción o la gestión de proyectos, a diferencia de investigaciones realizadas en otros países centradas exclusivamente en BIM.

Esta realidad condiciona considerablemente todo el sistema, desde la posibilidad de implementar contenidos BIM en los grados o posgrados por falta de recurso humano especializado, tecnológico e informático, hasta una limitada investigación por las mismas razones.

Ante este panorama las propias universidades deberán desarrollar estrategias para contrarrestar estas limitaciones, como ya lo están haciendo las más vanguardistas; actualmente la libertad de cátedra que promulga el proceso Bolonia se presenta como una oportunidad para replantear los cambios pertinentes.

2.1 Análisis de la situación actual española

En la primera parte del siguiente apartado se estudiará de una manera sistematizada y ordenada los aspectos más relevantes que se están suscitando entorno a la formación BIM actual, empezando por los **nuevos roles** que exige el mercado y las **competencias** que deben desarrollarse, para culminar en el análisis de la **oferta en formación**.

De esta manera se consigue entender las dinámicas que se están produciendo, y la importancia de la formación BIM en el proceso de implantación.

2.1.1 Demanda laboral

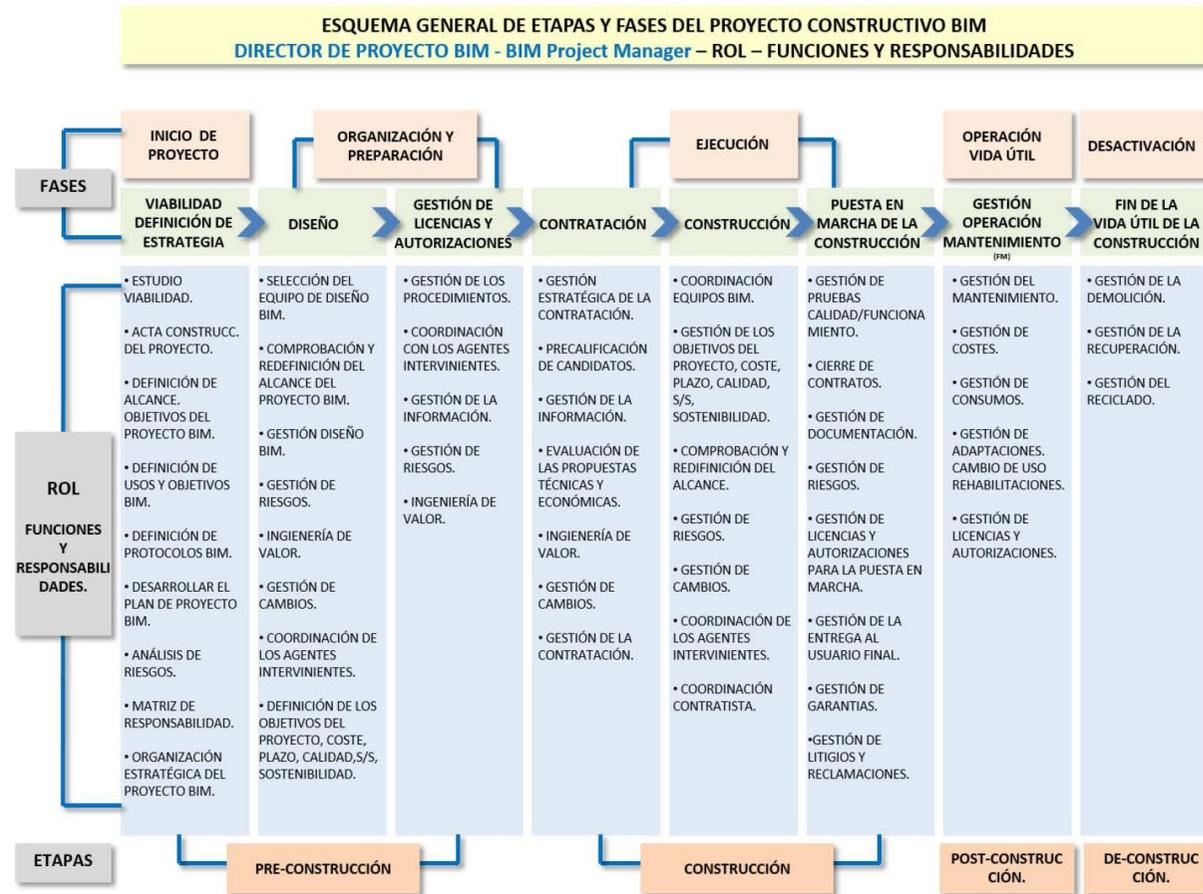
La introducción de una nueva metodología de trabajo en el sector de la construcción, que revoluciona todos los procesos inherentes implícitos, altera sustancialmente el orden de lo establecido y con ello genera nuevos requerimientos que hasta cierto punto son desconocidos.

Un nuevo orden más una nueva metodología de trabajo sustentada en la tecnología, implica desarrollar nuevos flujos de trabajo y roles que hasta hace poco no existían (37,38). Si a esta situación agregamos que no se encuentra plenamente desarrollada, obtendremos que la demanda laboral es emergente acomodada a las circunstancias.

Sin embargo, ya en la actualidad empieza aparecer en los pliegos de ciertas licitaciones públicas españolas perfiles profesionales BIM, que no profundizan en las aptitudes requeridas al no tener normativas estatales en que basarse, afectando la lógica de los procesos y limitando la participación del sector privado. Todo esto conlleva a un incipiente uso del BIM y limita el desarrollo organizado y sistematizado, que se pudiese lograr.

El gran interrogante de esta situación es: Si ya existe un mandato para el uso obligatorio de BIM en las licitaciones de edificación para mediados del 2018, cuando se formarán los profesionales acreditados que cumplan con los requisitos de personal contemplados en estos pliegos. La respuesta a este interrogante se abordará dentro de este capítulo.

Para entender los diferentes roles generados, primeramente hay que conocer la mecánica del proceso en todas las etapas y fases del proyecto BIM, nos basaremos en el trabajo desarrollada por es.BIM (39) que esquematiza y clarifica estas interacciones en el contexto actual (Fig. 52Fig. 47).



Autor: Adolfo García Ruiz-Espiga

Fig. 52 Esquema general de etapas y fases del proyecto constructivo BIM/Fuente: Choclán, F., Barco, D., Sánchez, V., Fuentes Giner, B., Collado, C., López, A., ... García, A. (2017). Definición de Roles en procesos BIM (p. 95). es.BIM. Recuperado a partir de <https://www.esbim.es/descargas/>

Al incorporar BIM en el flujo habitual de trabajo de cada fase del ciclo de vida de la edificación, cambia sustancialmente los roles tradicionales, que se reorientan principalmente al uso de las **nuevas tecnologías**. A su vez se ven alteradas las interacciones que se producen o en nuestro caso crea unas nuevas.

El uso de herramientas digitales por parte de los técnicos que participan en el desarrollo del proyecto es esencial dentro de la metodología BIM, siendo diferentes las herramientas a utilizar dependiendo de la fase y área técnica. Situación por la cual la formación debe ser específica, pero entendiendo la dinámica general del proceso.

Tradicionalmente los técnicos participantes en cada etapa del proyecto (y dentro de ellas) han trabajado aisladamente, provocando que en cada nuevo inicio de fase sea necesario regenerar información fidedigna, generando con ello un retroceso con las pérdidas de tiempo, calidad e información inherentes. Esta problemática se ve superada con la metodología BIM que recrea el modelo virtual desde el inicio, en donde se diseña y estudia a profundidad los detalles y se ejecuta y controla acorde a ella.

Sin embargo, esta interacción requiere de una coordinación global durante todo el proceso para su efectividad, y un nuevo **flujo de trabajo** con cambios importantes a los convencionales, que sugiere la presencia de los intervinientes al menos hasta la etapa de operación, coordinando información.

Ante estos cambios muchos autores concuerdan en que la mejor alternativa para el éxito de los proyectos BIM sea basado en el trabajo colaborativo [16], en modelos de contratación que compartan

esta afinidad como puede ser el IPD Integrated Project Delivery¹⁷ y en modelos de gestión de la construcción basados en procesos industriales como el LEAN Construction¹⁸.

Cambiar los modelos de contratación y los procesos de construcción en sus diferentes niveles por incorporar metodología BIM, significa con ello más variables y nuevas relaciones, que aún están en etapa de ser descubiertas, y que dependiendo del grado de complejidad de los proyectos irán apareciendo. Sin embargo, ya existe ciertos roles definidos, que son comunes a la mayoría de procesos y de los que hablaremos más adelante.

Otra particularidad del sector de la construcción tradicional, es su limitada **industrialización**, considerándose uno de los sectores productivos más artesanales y con menos tecnificación y digitalización (4). Esto es consecuencia de la incapacidad histórica de controlar todos los componentes que conforman la edificación, dado a su vez por la heterogeneidad de soluciones que se pueden plantear.

Con BIM, aunque el abanico de soluciones siga siendo igual de amplio, la capacidad de controlar cada elemento que compone el edificio a través de su información permite que al igual que en otras industrias como la espacial o automovilística, se domine sus partes y fases, generando la posibilidad de plantear procesos industriales completos (24).

En algunos años la idea de generar los componentes de un proyecto en grandes industrias que después sean ensambladas en sitio se vuelve una realidad factible, disminuyendo con ello la participación de operadores en obra, pero aumentando en industria.

¹⁷ En 2006, The AIA California Council definió Integrated Project Delivery (IPD), como: “IPD es un enfoque de gestión de proyectos que integra personas, sistemas, empresas y prácticas en un proceso que colaborativamente aprovecha los talentos y los puntos de vista de todos los participantes para optimizar los resultados del proyecto, aumentando el valor para el propietario, reduciendo el despilfarro y maximizando la eficiencia a través de todas las fases del diseño, fabricación y construcción”

¹⁸ El Lean Construction está basado en la gestión de proyectos de construcción siguiendo los principios de la mejora continua y el Lean Manufacturing.

En la actualidad ya se están realizando investigaciones y prototipos de edificaciones obtenidos a partir de impresiones 3D, que, si no son objeto de este estudio, si contextualiza y enfatiza la dirección que está tomando la construcción.

Las técnicas constructivas también se ven favorecidas por la incorporación del BIM. Su capacidad de representar y generar soluciones a partir de secuencias gráficas, permiten entender y profundizar espacialmente prototipos; la posibilidad de conectarse con la realidad virtual para comprender sus uniones, encontrar interacciones entre elementos es otro gran aporte de estas herramientas digitales.

Consideramos que los avances que propicia el BIM mediante la incorporación de nuevas tecnologías, flujos de trabajo, procesos industriales y técnicas constructivas en el sector de la construcción, y a su vez la interacciones que se producen marcarán las pautas para la formación profesional.

Actualmente la construcción es oficio de los profesionales de la edificación, pero al acercarse a los procesos industriales y tecnológicos, la lógica dictamina el desarrollo de competencias en campos hasta el momento ajenos a estos profesionales.

Estos cambios a su vez no solo afectan a los técnicos, indirectamente aseguradoras, financiadoras, inmobiliarias, usuarios entre otros, deberían desarrollar competencias para obtener del BIM sus propios beneficios, que no analizaremos en este momento por no ser afín a nuestro campo profesional, pero que es oportuno resaltar para entender la profundidad de los cambios que se aproximan.

Por ello la formación BIM debe ser orientada y especializada a cada agente involucrado para un óptimo resultado, entendiendo que es poco factible desarrollar las mismas competencias para puestos diferentes sobre todo por la amplitud del conocimiento.

Esto a su vez conlleva a plantearse la posibilidad de que a futuro sea necesario desarrollar centros BIM que engloben las diferentes formaciones afines como técnicas, industriales, informáticas, empresariales entre otras o que manteniendo la estructura actual de la formación académica se adicione formación BIM acorde a la especialidad. Por ser este último el sistema que mejor se está implantando lo estudiaremos de esta manera.

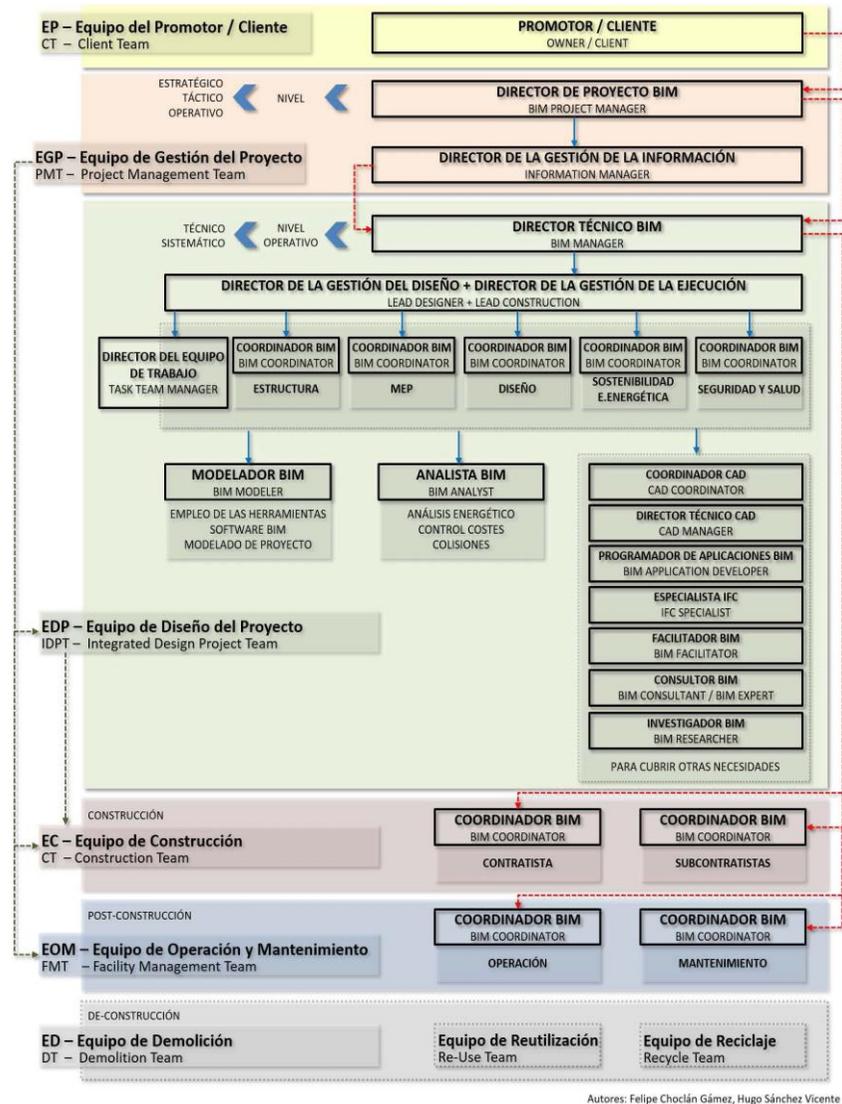


Fig. 53 Organigrama de roles BIM/Fuente: Choclán, F., Barco, D., Sánchez, V., Fuentes Giner, B., Collado, C., López, A., ... García, A. (2017). Definición de Roles en procesos BIM (p. 95). es.BIM. Recuperado a partir de <https://www.esbim.es/descargas/>

2.1.1.1 Nuevos perfiles profesionales BIM

Luego de haber realizado un breve repaso tratando de dilucidar la complejidad y variedad de escenarios en donde el BIM tiene repercusión, nos centraremos en los perfiles profesionales técnicos con directa vinculación al proyecto. Nos basaremos nuevamente en un esquema desarrollado por la comisión BIM, que ha estudiado el proceso de una manera detallada, como lo explica en el siguiente esquema (Fig. 53).

El esquema contiguo ejemplifica la dinámica más comúnmente aceptada y utilizada en la mayoría de países(40), donde las diferentes etapas son contratadas por separado (usualmente a través de licitaciones), pero gestionadas a través de un BIM Project Manager, que direcciona el proceso.

Este sistema guarda similitud con el proceso tradicional añadiendo la introducción del BIM que se adapta a él en las diferentes etapas. Es el método de trabajo que menor repercusión produce al ser el BIM quien se adecua al sistema y no el sistema quien se adapta al BIM. Lo ideal al igual que cualquier industria sería que el proceso se desarrolle íntegramente dentro de la misma empresa.

Sin embargo, la cantidad de componentes que puede llegar a formar parte de una edificación, y la atomización y especialización que caracteriza a las empresas del sector (4) hacen inviable esta opción, lo que condiciona al trabajo colaborativo eficiente, como mejor alternativa.

Así mismo observamos que el mayor grado de desarrollo para el uso del BIM se focaliza actualmente en la etapa de diseño, una característica que se ve reforzada en la encuesta de situación, mientras que en las demás etapas actualmente se limita a la gestión de esta información, siendo siempre posible ampliar los campos de intervención, pero que por el momento no ha sido profundizado.

Luego de revisar los rasgos generales, procederemos a detallar particularizadamente las características de las etapas y de los roles mencionados.

El **promotor/cliente** (Fig. 54) como máximo involucrado en todas las fases del proyecto, debería conocer las potencialidades del BIM y como obtener de él los máximos rendimientos, su dominio sobre el concepto y funcionamiento de esta metodología puede suponer el éxito o fracaso, entendiéndose este como resultado de entender para que se desarrolla el proyecto en BIM.

Una práctica que se está volviendo habitual en licitaciones públicas y privadas es requerir proyectos desarrollados con BIM, sin entender sus ventajas, lo que se traduce en el desarrollo de proyectos de calidad, pero que no son aprovechados en las fases posteriores, menos aun si los contratistas o administradores posteriores desconocen del tema y se limitan a la extracción de información tradicional.

Solicitar un proyecto en BIM y no aprovechar su información puede resultar contraproducente, al aumentarse el costo del diseño sin obtener de él los resultados que permiten disminuir en otras fases el coste o tiempo. Tradicionalmente los márgenes de costos por incertidumbres que se manejan en obra son elevados al no contar con planos lo suficientemente detallados que obligan a suponer posibles escenarios adversos.

De esta y otras muchas formas se compensa la inversión, siempre será posible contratar consultorías que orienten al equipo promotor, y con experiencias pilotos ir entendiendo y visualizando los beneficios que pueden ser extraídos, al menos para los profesionales de carrera, en los nuevos equipos deberían considerarse la formación BIM dentro de las aptitudes de sus integrantes.

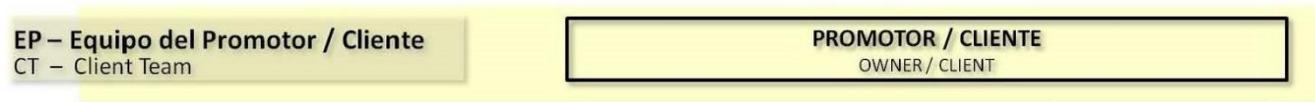


Fig. 54 Organigrama de roles BIM/Fuente: Choclán, F., Barco, D., Sánchez, V., Fuentes Giner, B., Collado, C., López, A., ... García, A. (2017). Definición de Roles en procesos BIM (p. 95). es.BIM. Recuperado a partir de <https://www.esbim.es/descargas/>

El **equipo de gestión del proyecto** (Fig. 55) ha sido tradicionalmente dirigido por el Project Manager, que cumple la función de intermediario entre el promotor/cliente y los diferentes equipos de trabajo, encargándose de la coherencia total del proyecto y velando por el cumplimiento de los objetivos.

Aunque el equipo de gestión del proyecto está considerado dentro del esquema, en la práctica es reducido el número de proyectos que cuentan con él, condicionado sobre todo por el tamaño del proyecto y modelo de contratación, es el único equipo dentro del proceso que no es constante.

Situación producto a la vez de la limitada capacidad de gestión y control, que no encuentra en ningún método tradicional la efectividad necesaria para responder positivamente a las exigencias del proyecto. Aunque se cuente con una experiencia profesional importante, la capacidad humana es limitada, y el procesamiento de información puede llegar a ser abrumador.

BIM es uno de los métodos más efectivos para gestionar los procesos en las diferentes etapas, comunicando y registrando las observancias, facilitando el acceso a la información, coordinando las interacciones entre disciplinas, entre otras actividades que han sido siempre de difícil cumplimiento.

Su capacidad resolutive y las posibles nuevas formas de interacción con avances como la realidad virtual aumentada, el escaneado 3D, la fotogrametría entre otras muchas opciones acerca al entendimiento temprano del proyecto, por todos los involucrados.

Al incorporar profesionales BIM en esta etapa, que dominen softwares de gestión y revisión de modelos, se facilita la coordinación de la información, haciendo clave al equipo de gestión de proyecto, al menos mientras se continúe aplicando el proceso tradicional, su rol en nuevos modelos de procesos de proyectos de construcción podrían cambiar sustancialmente si se llegase a industrializar.

El *BIM Project Manager* llamado así por adquirir competencias BIM, es uno de los roles que mayores beneficios obtiene dentro de las funciones que desempeña, al apoyarse en la información producida dentro de los modelos; dependiendo de la complejidad y tamaño del proyecto también puede aparecer la figura del *Information manager* (12) encargado como su nombre lo indica de la gestión de la información.

Este equipo que no lograba consolidarse dentro los esquemas tradicionales encuentra en BIM un aliado para desempeñar de mejor manera sus funciones, conectando efectivamente las etapas y el desarrollo armónico durante las diferentes fases del proyecto, volviéndose clave y coherente con todo el proceso.

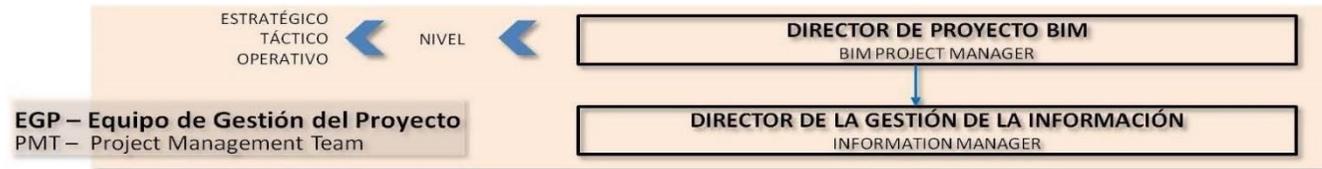


Fig. 55 Organigrama de roles BIM/Fuente: Choclán, F., Barco, D., Sánchez, V., Fuentes Giner, B., Collado, C., López, A., ... García, A. (2017). Definición de Roles en procesos BIM (p. 95). es.BIM. Recuperado a partir de <https://www.esbim.es/descargas/>

Equipo de diseño del proyecto (Fig. 56) conformado por los equipos de arquitectura, estructura e instalaciones, se organiza generalmente a partir de la propuesta arquitectónica que sirve de base para el diseño de las demás especialidades que en la mayoría de casos deben ser trabajadas en paralelo a partir de unas indicaciones generales (se ha procedido a replicar este modelo de trabajo en la mayoría de proyectos por los reducidos tiempos que los acompañan).

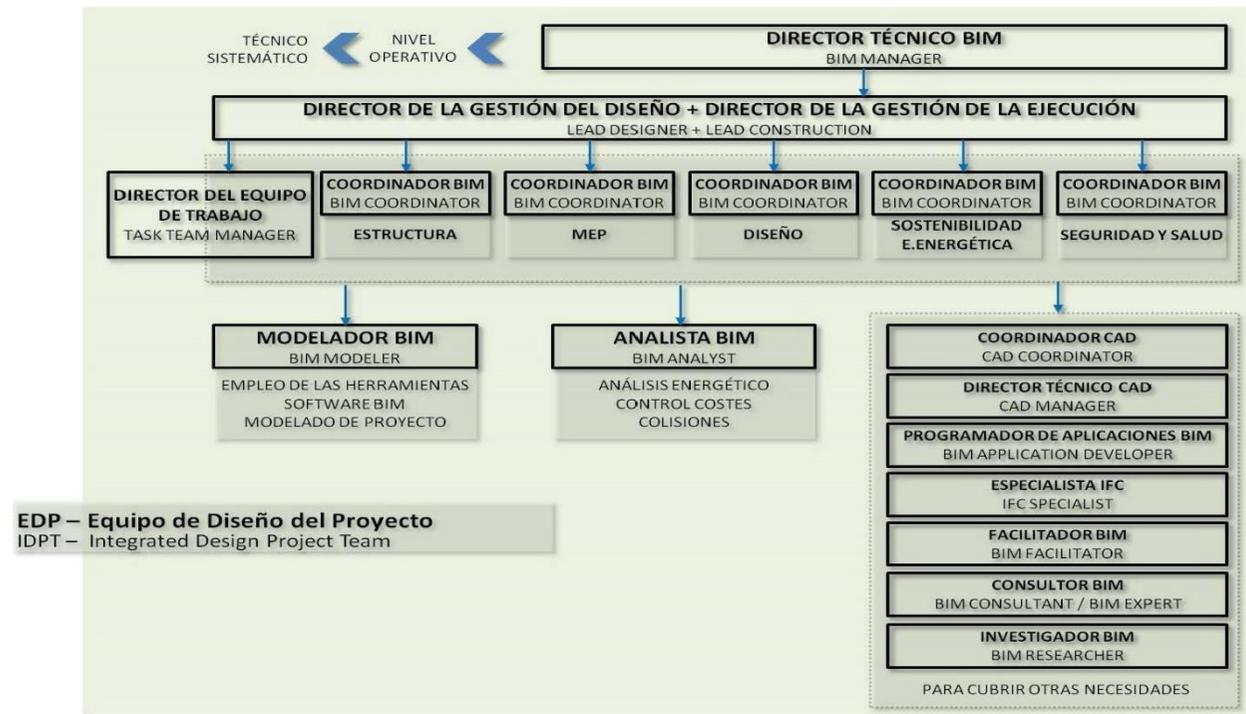
En la etapa de diseño se redacta el proyecto, se elaboran los planos y la documentación para la posterior etapa de construcción. Es parte fundamental del proceso proyectual, sin embargo, la limitada capacidad de transmisión de información a partir de la representación 2D, ha generado que muchas inconsistencias o falta de detalles sean resueltos en etapas posteriores.

Una de las grandes carencias presente en la mayoría de los proyectos tradicionales, es su insuficiente coordinación entre las especialidades, que se evidencia en las inconsistencias de los planos y documentos de obra, esta situación producto de la insuficiente comunicación, y de los cambios en simultaneo que no logran ser informados a todos los agentes, ha sido una constante en la calidad.

Esta situación más allá de la experiencia de los equipos redactores, se suscitaba porque no existía un método efectivo y aplicable a todos los casos que automatizara e informara sobre estos cambios, los que debían realizarse manualmente. Las únicas alternativas que minimizaban esta situación eran: que un único técnico se encargara de la redacción de todo el proyecto, siendo esto factible si la escala del

mismo era reducida, o que se creara estándares de comunicación entre los equipos, pero para ello debía existir una experiencia previa importante y una mejora continua.

Em ambos casos hay limitantes importantes que no satisfacen del todo. Con BIM al trabajar sobre un mismo modelo virtual vinculado y en red, que se actualiza y comunica automáticamente queda superada esta carencia, las ventajas indudablemente son mayores, pero la formación en el manejo de estas herramientas tecnológicas de gestión conlleva una preparación tediosa.



Hay cierta diferencia importante al incorporar BIM dentro de los equipos de diseño, aparecen nuevos roles de coordinación y gestión, que se encargan de la calidad y coherencia de la información apoyados en herramientas de revisión y gestión, los técnicos especialistas a su vez se apoyan en programas de modelado, cálculo y simulación, los delineadores tradicionales que no tengan competencias avanzadas en construcción, pasan a encargarse de la presentación y maquetación, y se añaden nuevos roles más afines a la informática como programadores o editores de objetos BIM que cumplen funciones de apoyo siendo sin duda el cambio más significativo en relación a los roles y organización tradicional.

Fig. 56 Organigrama de roles BIM/Fuente: Choclán, F., Barco, D., Sánchez, V., Fuentes Giner, B., Collado, C., López, A., ... García, A. (2017). Definición de Roles en procesos BIM (p. 95). es.BIM. Recuperado a partir de <https://www.esbim.es/descargas/>

Equipo de construcción (Fig. 57) conformado por el contratista a la cabeza, los subcontratistas, proveedores, personal obrero y administrativo, tienen una estructura que puede variar acorde a las necesidades, modelos de contratación, requerimientos de licitación, entre otros posibles factores, pero que en cualquiera caso se enfrenta a las mismas dificultades.

El proceso de construcción tradicional es mayoritariamente artesanal, siendo ejecutado en obra las partes que conforma la edificación. Todas ellas deben ser verificados en varias ocasiones, al no existir la certeza de que se maneja la misma información por todos los subcontratistas.

Esta situación obliga a preparar campamentos a pie de obra, con técnicos a cargo de verificar la consistencia de los requisitos previos que ellos necesitan para empezar su trabajo, encontrándose con problemas que en muchos casos deben absorber, una práctica muy común que mantiene el error hasta el final.

Muy pocas partes pueden ser ejecutadas industrialmente, y cuando se lo realiza los errores son más evidentes, situación similar sucede con los materiales en los que raramente coinciden las cantidades con las necesidades, todo esto producto de las inconsistencias e insuficiente información.

Adicionalmente la descoordinación en los tiempos de inicio de obras a cargo de los subcontratistas y proveedores a causa de la insuficiente planificación que se da a raíz del desconocimiento y del trabajo a ciegas, generan retrasos, pérdidas, baja calidad que afecta al proyecto en general y a posterior.

La planificación BIM que se caracteriza por incluir a todos los actores que van a participar en las diferentes etapas desde el inicio, facilita enormemente el proceso de coordinación, que apoyándose en softwares de simulación permiten visionar el proceso constructivo, al contar además con un modelo de construcción virtual que es único y del que se extrae toda la información para todos los agentes y que además puede ser cargado en la nube y revisado en sitio, permite entender los principios de diseño y deducir los criterios más sobresalientes, aunque estos no hayan sido expuestos con anterioridad.

Contar con una información detallada de las diferentes disciplinas, aunque no sean estas de la especialidad del subcontratista, facilita el entendimiento del diseño final; el rol del Coordinador BIM

presente en esta etapa, como conocedor del proceso constructivo, como de la capacidad del modelo BIM, se vuelve capaz de extraer y generar la documentación necesaria para cada actividad y explicar su interacción.

En esta etapa, a partir del modelo virtual se puede gestionar la simulación virtual de la construcción, incluyendo las actividades temporales que no son parte del proyecto final y considerando los recursos disponibles de los propios constructores, aunque sea esta una práctica comúnmente desarrollada por el equipo de diseño.

Es necesario además contar con coordinadores BIM para los subcontratistas, que entiendan y puedan hacer uso de la información del modelo, de igual manera para los proveedores, que además podrían aportar con las familias de sus objetos, facilitando el trabajo de instalación, logística y almacenaje para la obra.

A su vez beneficiando al control de producción y despacho para sus industrias, que, sin necesidad de solicitarles periódicamente un pedido de materiales, estarían al tanto en base a la planificación previamente consensuada y al acceso a la base de datos con información actualizada, traduciéndose en ahorro de tiempo y espacio al conocer el real stock de los elementos.

Como se puede observar en el campo de la construcción quedan muchos roles por perfeccionar más allá de los actuales, en donde la formación BIM puede jugar un papel importante.



Fig. 57 Organigrama de roles BIM/Fuente: Choclán, F., Barco, D., Sánchez, V., Fuentes Giner, B., Collado, C., López, A., ... García, A. (2017). Definición de Roles en procesos BIM (p. 95). es.BIM. Recuperado a partir de <https://www.esbim.es/descargas/>

El **Equipo de operación y mantenimiento** (Fig. 58) conformado por los operadores y técnicos encargados de la puesta en marcha y mantenimiento de la edificación, ha sido tradicionalmente contratada por separado y en otros términos con relación a las etapas antecesoras, funcionando aisladamente de ellas y siendo el promotor su único nexo.

Esta situación conlleva a una escasa transmisión de información procedente del proceso constructivo, que la hace irrelevante y obliga una vez más a levantar información en sitio, al menos de los detalles que necesitan una periódica revisión o remplazo.

Con esto se produce un estado de desconocimiento hasta el final de los días del proyecto, que frente a una remodelación conlleva un nuevo levantamiento para minimizar las afectaciones que luego no se registra, alterando mayormente la comprensión global de la edificación.

Es habitual encontrar en las edificaciones con varios años de antigüedad cambios sustanciales que no son recogidos en ningún documento, ni por el contratista de los cambios ni por el equipo de mantenimiento que se limita a mantener las áreas visibles y a esperar que no se produzcan patologías internas.

Aunque claro está que el levantamiento de la edificación, no debería ser tarea del equipo de operaciones y mantenimiento. Este se entiende, es parte del trabajo de los equipos antecesores, sin embargo, por las continuas remodelaciones que se realizan a pie de obra producto de las inconsistencias de los planos, los cambios ejecutados no llegan a ser actualizados en su totalidad, menos aún en cada disciplina que afecta, siendo al final una información poco fidedigna.

Con BIM al modelar virtualmente se reduce las inconsistencias y de existir remodelaciones se informan automáticamente de los cambios, para que cada especialidad pueda proceder a realizarlos si estos les afectara, automáticamente las cantidades de obra se regeneran, este modelo corregido puede seguir siendo modificado en la etapa de operaciones e inclusive crearse un registro histórico, permitiendo observar su evolución.

La posibilidad de seguir trabajando sobre un mismo modelo, coordinando hasta el final del proyecto sus cambios y la posibilidad de interconectar los modelos con los equipos para su control interno, cambia considerablemente el rol de los técnicos encargados del mantenimiento, que al adquirir competencias BIM se ven capacitados para ser parte esencial en el manejo del edificio.

Contar con Coordinadores BIM que sepan aprovechar las ventajas tecnológicas dentro la edificación, será un perfil ampliamente demandado y valorado, por las mejoras que presenta frente al puesto tradicional.



Fig. 58 Organigrama de roles BIM/Fuente: Choclán, F., Barco, D., Sánchez, V., Fuentes Giner, B., Collado, C., López, A., ... García, A. (2017). *Definición de Roles en procesos BIM* (p. 95). es.BIM. Recuperado a partir de <https://www.esbim.es/descargas/>

El **Equipo de demolición** (Fig. 59) en esta etapa del proyecto, normalmente se contrata a un empresa externa y desconocedora absoluta del funcionamiento constructivo del edificio, encargándose exclusivamente de su desaparición, no existiendo ningún nexo con las etapas anteriores.

Al no tener ninguna información documental que podría aportar en la toma de decisión para una explotación más sostenible, comúnmente se decide dar por perdido los componentes y no reciclar en absoluto.

El costo medio ambiental que conlleva este proceso es alto, mayor aun sabiendo que se podría gestionar de mejor manera los recursos y el reciclaje, sin embargo, esto se vuelve una situación poco viable si no se cuenta con la información necesaria de donde partir.

En el nuevo modelo del proceso constructivo del proyecto con BIM esta información sigue vigente mantenida por el equipo de operaciones, permitiendo con ello conocer exactamente las cantidades de objetos, materiales, y otros elementos rescatables antes de su demolición y sopesar la factibilidad de

realizar un desmantelamiento parcial previo o incluso en edificaciones ensambladas si el proceso constructivo lo permitiera un desmantelamiento total.

Con estas acciones podemos conseguir un menor impacto ambiental, y todo a partir de contar con la información suficiente almacenada en un solo modelo y lugar. Al igual que en etapas anteriores contar con un equipo de desmantelamiento que sepa aprovechar las herramientas BIM es un gran avance, aunque esta sea la etapa en la que menos se aprecia.



Fig. 59 Organigrama de roles BIM/Fuente: Choclán, F., Barco, D., Sánchez, V., Fuentes Giner, B., Collado, C., López, A., ... García, A. (2017). Definición de Roles en procesos BIM (p. 95). es.BIM. Recuperado a partir de <https://www.esbim.es/descargas/>

Como podemos observar y luego de analizar las posibilidades de aplicación BIM en las diferentes etapas y especialidades del proyecto, los beneficios son evidentes al solventar cada situación problemática que se producen dentro de ellas.

A cambio de la solución de estos problemas, se exige un dominio de la metodología BIM aplicada especialmente a cada caso, por lo que la formación de estos nuevos perfiles profesionales debe ser una combinación del conocimiento tradicional potenciado con BIM, cada puesto del proceso constructivo es capaz de encontrar en BIM una competencia que le permite desarrollar mejor su trabajo.

Aunque actualmente se utilice más enfáticamente para la etapa de diseño, dentro de las demás hay la posibilidad de seguir experimentando y ampliando sus ventajas.

A continuación, estudiaremos cuales son las competencias comunes requeridas por un especialista BIM en sintonía con las etapas del proyecto (Fig. 60).

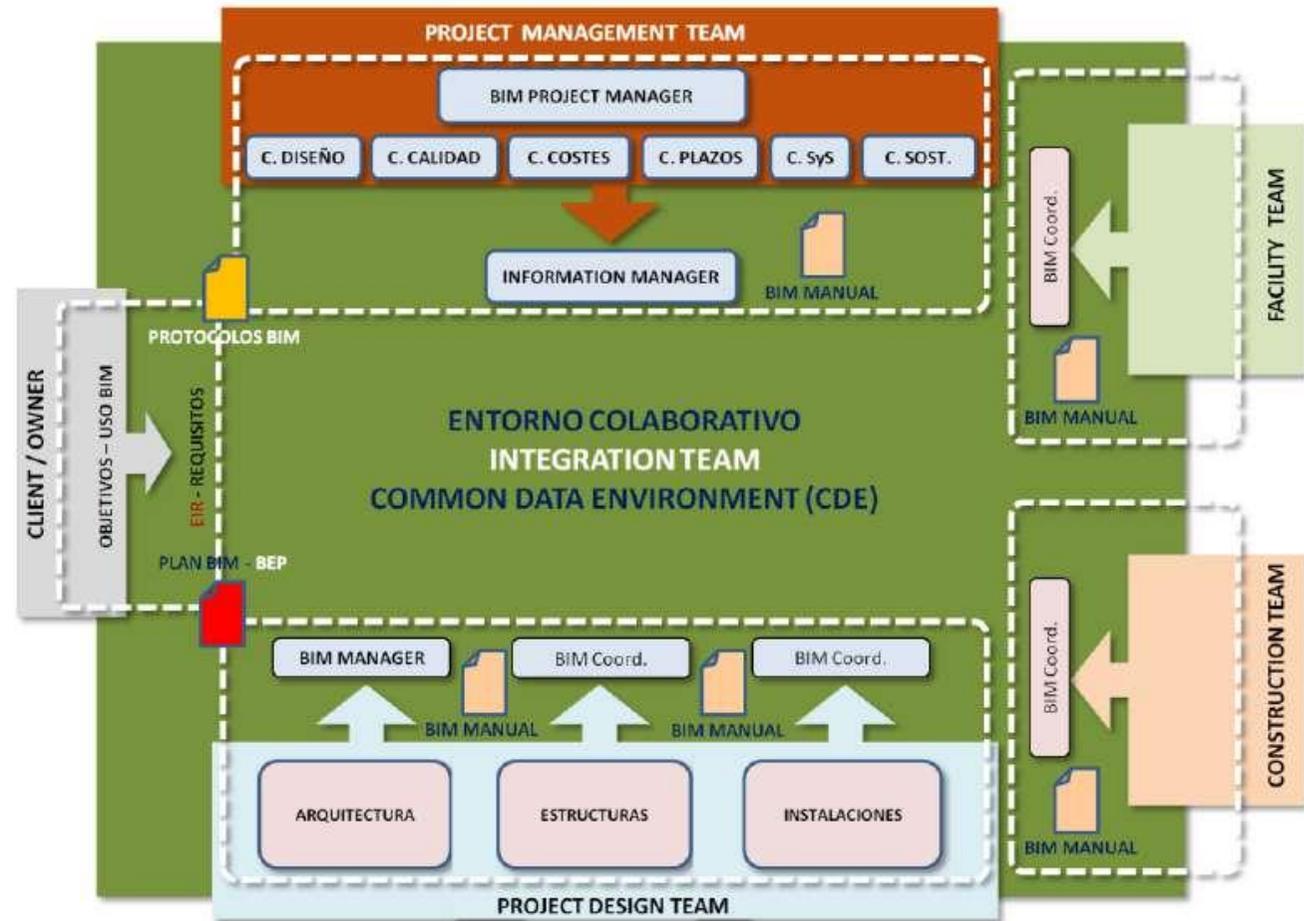


Fig. 60 Entorno de colaboración/Fuente Choclán, F., Barco, D., Sánchez, V., Fuentes Giner, B., Collado, C., López, A., ... García, A. (2017). Definición de Roles en procesos BIM (p. 95). es.BIM. Recuperado a partir de <https://www.esbim.es/descargas/>

2.1.2 Competencias requeridas

Una vez discernido los roles y funciones que cumplen los profesionales BIM dentro de cada etapa del proyecto y analizando los diferentes programas de formación BIM en España (41), podemos profundizar las competencias generales requeridas por todos los técnicos involucrados.

Actualmente se coincide en que estas sean subdivididas en dos áreas de conocimiento bien diferenciadas. La primera el conocimiento y dominio sobre las herramientas digitales más afines al área de especialidad, para después profundizar en la metodología de trabajo sustentada en el trabajo colaborativo, que se apoya a su vez en estándares, protocolos, y una serie de guías que facilita la información y comprensión del proceso seleccionado; nuevamente se utilizan herramientas digitales, pero enfocadas para la comunicación.

En esta segunda fase no existe unanimidad de criterios de cómo debe realizarse, por lo que continuamente evoluciona a partir de las experiencias. De aquí la complejidad real, que obliga para ser competente conocer todas las posibles alternativas de ambas fases para solventar una necesidad.

Una posible alternativa para reducir el campo de estudio sería homologando y estandarizando los procesos, pero para ello debe existir una comunicación y coordinación efectiva entre los centros de formación, lo que actualmente no es una posibilidad, por lo temprano del estado de implantación BIM en España. Ante este panorama se recomienda una formación generalizada de todas las herramientas digitales con los que se cuenta, y los posibles procesos, para luego pasar a una formación particularizada acorde a la especialidad.

Para ser competente en esta nueva era digital (42), al menos se debe conocer el funcionamiento global en el que se sustenta la metodología BIM y entender sus interacciones, a partir de ello se puede proponer roles o relaciones que, sin adentrar en él, pueda aportar adaptaciones que permitan aprovechar las competencias desarrolladas en otros campos. El desconocimiento absoluto sobre el proceso no es admisible en los nuevos proyectos que incorpore BIM (43).

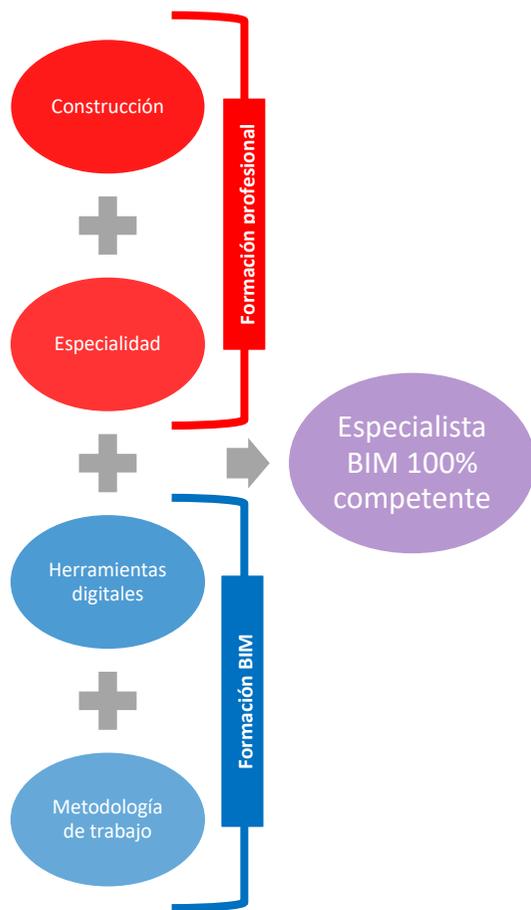


Fig. 61 Competencias para un profesional BIM/Fuente: elaboración propia

Esto se presenta como una desventaja evidente, al ser excluyente si no se posee los conocimientos mínimos, actualmente hay un alto número de profesionales con un limitado entendimiento del proceso, que, sumado a la situación actual de la construcción en España, dificulta considerablemente su inserción en estas nuevas metodologías de trabajo.

Otro aspecto importante por analizar es el grado de especialización que conlleva. No es suficiente el aprendizaje de unas pocas herramientas, si no también involucra conocimientos sólidos en construcción y la especialidad de la rama del profesional.

El nivel promedio de conocimiento para un especialista BIM competente en cualquier etapa del proceso de construcción sería (Fig. 61):

A esta formación podría aumentársele mayores competencias si se quisiera entrar en campos más específicos pero afines a la construcción como podrían ser la gestión de proyectos o la investigación, de donde surge las figuras del BIM Project Manager o el BIM Researcher, por dar un par de ejemplos.

Esta cantidad de competencias a desarrollar para obtener el máximo provecho de la metodología BIM, es lo que ha dificultado su inserción, por clarificar mejor:

- Profesionales de mayor experiencia dominan: **Construcción + Especialidad**
- Profesionales de experiencia media dominan: **Construcción + Especialidad+ Herramientas digitales**
- Profesionales sin experiencia dominan: **Herramientas digitales + Especialidad**

Es decir, existe un vacío, o un dominio incompleto de todas estas competencias, que limita la inserción y potencialidad del BIM.

2.1.2.1 Dinámicas de trabajo: del CAD al BIM

Aunque la implantación BIM ha sido pensada para adaptarse en lo posible a los procesos tradicionales para facilitar su integración, esto es un objetivo parcialmente conseguido, inclusive con poco éxito. Su incorporación es un tema de constante debate, debido a que en ningún escenario imaginado se consigue un traspaso armónico. Muchos negándose a dar el gran paso.

Esta situación se repite en todos los niveles en los que se involucra, no hay un consenso de cómo debería ser el proceso de adaptación sea este estatal, académico o profesional, cada uno encuentra sus propios retos a superar. Para nuestro análisis nos centraremos en el ámbito profesional para seguidamente estudiar su interacción con la universidad y sus propios retos.

Con la introducción del BIM las dinámicas de trabajo cambian en pro de corregir los errores típicos que se suscitan en las diferentes etapas del proyecto, lo que necesariamente significa la reestructuración de los procesos, que en mayor o menor medida afecta los esquemas establecidos, entre los cambios más sobresalientes encontramos:

A diferencia del CAD en BIM, no existen delineadores, en sí, la representación gráfica deja de existir y se empieza a modelar, no es posible como en el método tradicional “llegar con un boceto dibujado en una servilleta” y pretender que del mismo se genere toda la información propiamente dicha.

Los flujos de trabajo cambian, anteriormente en la medida que avanzaba el proyecto se incorporaba mayor información, y se definían los detalles, por el contrario y para su máximo aprovechamiento en BIM es recomendable definir inicialmente los objetivos del proyecto (El por qué se está haciendo BIM) ya que los límites son infinitos (44).

La comunicación y coordinación es un aspecto neurálgico dentro de todo el proceso, desde la incorporación de advertencias de cambios dentro de los propios softwares, hasta la actualización de modelos vinculados, apoyados en servidores en la nube que recogen e informan las novedades, todo un sistema impensable en los proyectos CAD y que hace de la comunicación un protocolo infaltable.

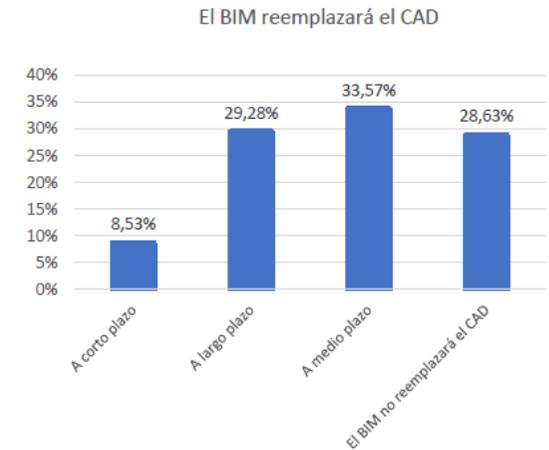


Fig. 62 Percepción sobre el cambio BIM vs CAD/Fuente: Gómez, G., Dueñas, C., Bravo, C., Martín, N., & Molins, M. (2017, mayo). Encuesta de Situación Actual. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/05/GT1_Estrategia-SG1_3_Encuesta_de_Situacion.pdf

Todo el sistema se apoya en las herramientas digitales más importantes del momento; el desarrollo de aplicaciones y soluciones tecnológicas ajustadas a las empresas y proyectos se vuelve habitual, justificando la incorporación dentro de los equipos de trabajo, profesionales de planta con estas competencias, o en su caso la especialización por parte de los técnicos(23).

El control, organización y mantenimiento de la información durante el ciclo de vida de la edificación es otro pilar fundamental de la metodología BIM que difiere del CAD; la información es utilizada durante todas las etapas, siendo gestionada y traspasada por un mismo agente, encargado de alimentar la información del modelo.

La intención de evidenciar estos pequeños grandes cambios en las dinámicas de trabajo es para enfatizar como ciertos roles se ven mayormente afectados, como puede ser el caso de los delineantes que no tienen cabida en el modelo actual, o la incorporación de nuevos roles impensables hace algunos años como programadores o investigadores en un estudio de arquitectura por dar un ejemplo.

Aunque la mayoría de roles no se ven afectados en sus funciones, si en el modo de realizarlas, siendo esto lo que más cuesta cambiar. Adicionalmente las actitudes necesarias frente al trabajo colaborativo lo complican todo un poco más. Bien lo describe un dicho popular de las comunidades BIM de USA y UK “BIM es 10 % tecnología y 90% sociología”.

Ante este panorama la formación BIM en general debe acercarse al conocimiento de todos los aspectos revisados en los apartados superiores y ser lo suficientemente sólido para facilitar el desarrollo independiente, sin olvidar la necesidad de inculcar las actitudes claves. Esto conllevará a expandir la formación a nuevos campos, y a enfocar las carreras universitarias para un mayor número de actitudes y aptitudes (41).

A continuación, estudiaremos el estado de la formación BIM pública y privada en España, y su alineación con los factores estudiados consecuentes a la realidad actual.

2.1.3 Instituciones de formación BIM públicas y privadas

Como hemos enfatizado al inicio de este capítulo, creemos que la formación encabezada por las universidades es el medio para conseguir la sólida implantación BIM en España, en contraposición de ciertas posturas expresadas en foros o congresos que promulgan una ideología más próxima al manejo por parte del sector de la construcción, sea desde el ámbito público o privado.

Situación que puede entenderse, claro está, por ser ellos quienes desde el inicio han liderado el proceso, alcanzando el nivel que hoy conocemos. Sin embargo, las organizaciones que han participado en la consolidación del BIM poco o nada se relaciona con la academia, por lo que su visión se limita al entendimiento de sus facultades y a las exigencias del sector.

La insuficiente predisposición de los centros universitarios en actualizarse a las nuevas metodologías de trabajo y avances tecnológicos, con la suficiente agilidad que requiere el sector, ha mermado su rol para ser considerado por la mayoría de especialistas BIM como el mecanismo más efectivo (3).

Ante este panorama se ha empezado a notar interacciones inusuales en donde organismos públicos o privados ajenos a la educación, han empezado a investigar o preparar cursos de formación para solventar las necesidades del sector, adentrándose en áreas donde no son competentes y en muchos casos sin el entendimiento necesario y sin tener temario común.

Las pocas universidades que, si cuentan con formación BIM dentro de sus programas de grado (45), cubren apenas las aptitudes básicas, ajustándolas a sus planes de estudio, mientras que los programas de posgrado son ofertados como títulos propios, a un precio elevado, dificultando el acceso a muchos profesionales y sin la garantía de alcanzar todas las competencias requeridas.

Ante la escasa respuesta de las universidades y viendo el nicho de mercado, han aparecido o se han especializado instituciones privadas en BIM, siendo actualmente el mecanismo de formación más utilizado(33), sobre todo por su capacidad de adaptarse a las exigencias del mercado (Fig. 63).

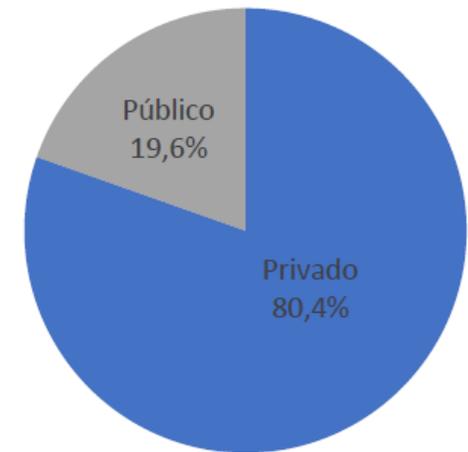


Fig. 63 Formación BIM por tipo de organismo/Fuente: Gómez, G., Dueñas, C., Bravo, C., Martín, N., & Molins, M. (2017, mayo). Encuesta de Situación Actual. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/05/GT1_Estrategia-SG1_3_Encuesta_de_Situacion.pdf1

Es de reseñar que España lidera en formación BIM dentro de los países hispanohablantes a través de estos centros de formación privado, que son el principal acceso al mundo BIM en español, aunque sus contenidos no se encuentran homologados por ningún organismo, lo que genera cierta incertidumbre de la veracidad y pertinencia de los mismos.

Esta situación ha empezado a generar los primeros desacuerdos sobre las competencias mínimas requeridas dentro de los perfiles BIM y a evidenciar las falencias y escizas aptitudes que se desarrollan en algunos de ellos, dando como resultado perfiles BIM falsos (45) que lo son inclusive hasta para los formados(23).

La principal garantía de la calidad y pertinencia de los contenidos impartidos por estos centros la podemos asociar a su nexos con BSSCH, que como fue mencionado anteriormente dirige el proceso de implantación BIM en España y a la cual pertenece la mayoría de ellos; con relación a la calidad en su enseñanza la podemos asociar a su reconocimiento por la ANECA¹⁹.

Un indicador interesante que fue estudiado para corroborar el estado de implantación BIM en la formación universitaria española, fue revisar la cantidad de documentos científicos y libros publicados, descubriendo un limitado número de recursos bibliográficos y carentes de estructura, con temas muy variados, pero sin profundizar.

Lo que conlleva a suponer una formación BIM actual muy subjetiva, que no se sustenta en ninguna base en común y que es resultado de las experiencias de los profesionales que no puede ser sopesada por no existir pruebas físicas que corroboren su dominio sobre el tema.

¹⁹ Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) es un Organismo Autónomo, adscrito al Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, que ha sido creado por el artículo 8 de la Ley 15/2014, de 16 de septiembre, de racionalización del Sector Público y otras medidas de reforma administrativa, procedente de la conversión de la Fundación Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación en organismo público, que tiene como objetivo contribuir a la mejora de la calidad del sistema de educación superior mediante la evaluación, certificación y acreditación de enseñanzas, profesorado e instituciones.

A continuación, revisaremos los documentos mencionados con la finalidad de enfatizar los resultados y ampliar el estado de formación BIM.

2.1.3.1 Investigación científica BIM en España

Para la elaboración del presente análisis se ha tomado como referencia la documentación disponible en las principales bases de datos mundiales de referencias bibliográficas WOS y SCOPUS.

También se ha rescatado la información recabada y producida por las dos principales organizaciones BIM que lideran el proceso de implementación en España: es.BIM y BSSCH. Todos los contenidos expuestos en ambas organizaciones son de especialización en BIM y un elevado número de artículos enfocados a la realidad española.

La metodología empleada consistió en generar un esquema de las interacciones que se están produciendo, para logra entender las dinámicas y las pertenencias de las principales fuentes de información, y sus patrones.

Primeramente, se procedió con la búsqueda de documentos científicos en ambas bases de datos en los campos correspondientes relacionados con “Building Information Modeling”, obteniendo como resultado 1857 documentos en WOS y 3715 en SCOPUS (junio 2018), entendiéndose este como el total de publicaciones en cada una de ellas, seguidamente se redefinió los criterios, limitando la búsqueda a países hispanohablantes, obteniendo 37 resultados en WOS y 75 en SCOPUS (junio 2018).

En ambas bases de datos del total de documentos científicos afines al tema, la aportación española no supera el 2% de los totales, sin embargo, y aun así es el país hispanohablante con mayor protagonismo, como se observa en la gráfica (Fig. 64), muy por encima del promedio.

Un dato interesante por rescatar es el aumento considerable de publicaciones BIM en España que se ha dado en los últimos años como se observa en la gráfica (Fig. 65), que según las proyecciones seguirán en aumento durante los próximos años.

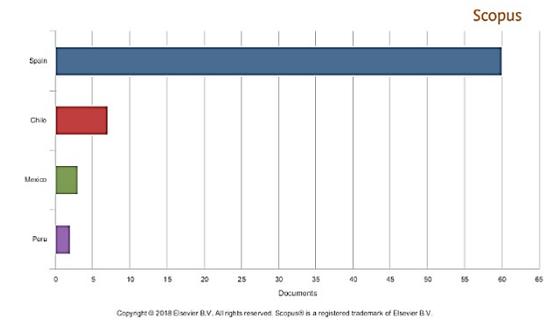


Fig. 64 Documentos sobre “Building Information Modeling” por países hispanohablantes 2017/ Fuente: SCOPUS junio 2018

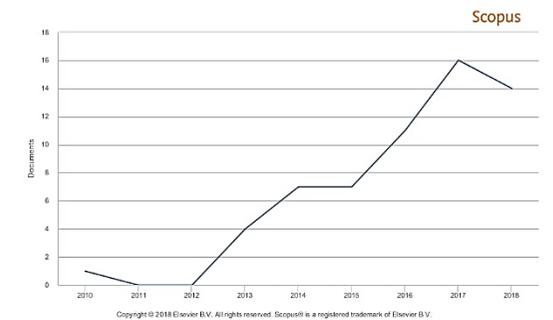


Fig. 65 Publicaciones BIM por años en España 2017/ Fuente: SCOPUS junio 2018

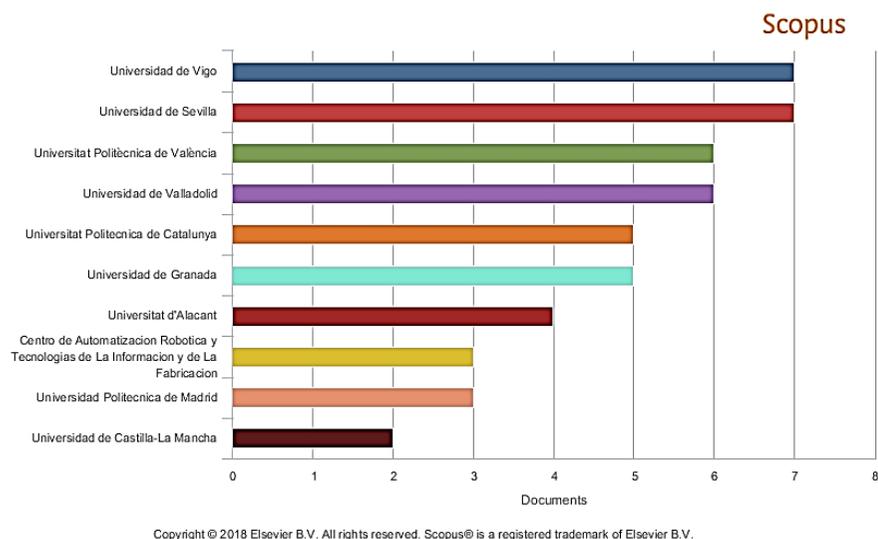


Fig. 66 Producción de documentos BIM por universidades españolas/Fuente: SCOPUS 06/2018

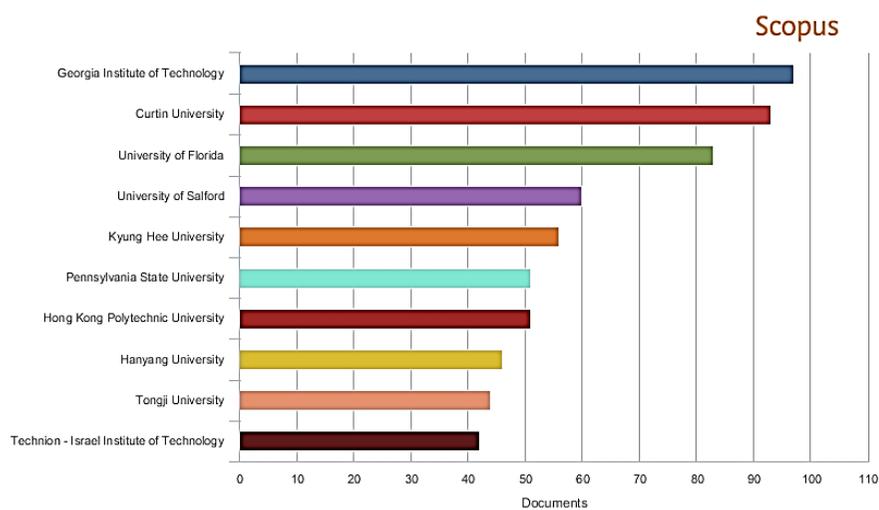


Fig. 67 Producción de documentos BIM por universidades en el mundo/Fuente: SCOPUS 06/2018

En esta selección también se rescata las universidades con mayor número de aportaciones, coincidiendo en gran medida con los centros de formación BIM universitarios (Fig. 66), siendo algo lógico y coherente, además de ser un mecanismo para entender la profundidad del conocimiento que se domina.

Por el contrario, también se evidencia la limitada aportación en comparación con los centros universitarios que han liderado su estudio siendo la diferencia abismal. Entre las principales instituciones que han publicado temas BIM desde sus inicios encontramos las siguientes (Fig. 67).

He de aquí concluir, que los principales trabajos y que además han tenido una secuencia generacional provienen en su mayoría de universidades estadounidenses, y que aproximadamente desde el año 2010 se han incorporados trabajos de universidades asiáticas y europeas, lo que es un referente al momento de seleccionar las fuentes; muchas de ellas realizan estudios comparativos entre sí para afianzar los resultados alcanzados.

La tendencia en investigación de los países que han alcanzado un elevado grado de madurez se enfoca en la investigación aplicada del BIM, mientras que, en los países en vía de adopción, se orienta en estrategias para alcanzar la plena implementación, que sería nuestro caso.

2.1.3.2 Publicaciones BIM en España

Al ser BIM uno de los temas más actuales del momento, ha empezado a tomar cierto protagonismo y aparecer artículos en revistas profesionales o periódicos que acercan a las primeras ideas, no obstante, como ya se revisó, la investigación científica BIM en España es relativamente nueva y escasa, por lo que los contenidos de este tipo de publicaciones son mayoritariamente de difusión.

La información en español más desarrollada la encontramos en la “Spanish Journal of BIM” de BSSCH (Fig. 71), los documentos elaborados por los grupos de trabajo de es.BIM (Fig. 69), ciertos libros BIM de autores españoles (Fig. 68), y en los libros de actas de algunos congresos como EUBIM (Fig. 70), que son las principales fuentes de información organizada, continua y sistematizada.



Fig. 68 Portadas de libros BIM autores españoles



Fig. 70 Portada libros de actas años 2016-017 EUBIM/Fuente: www.eubim.com



Fig. 69 Portada documento de difusión de es.BIM/Fuente www.esbim.es/descargas/



Fig. 71 Portadas de las revistas “Spanish Journal of BIM” de BSSCH desde su primer ejemplar/Fuente www.buildingsmart.es/journal-sjbim/historial/

Actualmente la mayor y mejor información de temas BIM proviene de países de habla inglesa a la que hay que recurrir continuamente (46). Países como Reino Unido inclusive empieza a generar sus propios estándares nacionales aportando con una información que va más allá de la formativa.

Es decir, los recursos con los que contamos para la formación BIM son insuficientes, siendo los tutoriales en internet el mecanismo más accesible para formarse, no se han encontrado textos que puedan considerarse claves, o que hayan logrado facilitar el proceso de implantación. Actualmente esta es una temática en desarrollo que en los últimos años ha aumentado su bibliografía, sin embargo, está en proceso de madurez.

Es oportuno empezar a generar información que sea útil, progresiva y consistente, las universidades se enfrentan a un campo de estudio amplio e interesante que puede ser un ejercicio para perfeccionar las técnicas investigativas y pedagógicas para la enseñanza del BIM.

A continuación, estudiaremos casos prácticos de formación BIM en España y Reino Unido, comparando los mecanismos empleados y su concordancia con todo lo expresado durante el desarrollo de esta primera parte del capítulo.

2.2 Casos de estudios en formación BIM

La formación al igual que en la implantación BIM, se ha caracterizado por la importación de estrategias de los países pioneros, siendo esto una práctica común que trata de homogenizar los sistemas empleados, sin entender las realidades sociales y culturales que caracterizan a cada país.

Hasta hace muy poco los primeros países que implantaron BIM se caracterizaron por compartir situaciones similares en diferentes aspectos, lo que propició un proceso más acelerado de implantación. Ahora existe una expansión de esta metodología a un segundo grupo de países entre ellos España que se enfrenta a otras realidades, para la que se necesita considerar otros factores.

En esta segunda parte del presente capítulo se propone estudiar las diferencias en formación BIM entre España y Reino Unido, explicando desde los aspectos menos evidentes el porqué de una situación u otra. El objetivo final de todo este capítulo es dotar del suficiente razonamiento para saber qué aspectos considerar al momento de proponer cualquier programa de formación una vez conocido el panorama en el que se desenvuelve.

2.2.1 Casos de estudios nacionales

Como fue mencionado en líneas anteriores, la incorporación de la formación BIM en la universidad española ha sido muy limitada. No obstante desde 2013 en unas pocas universidades se oferta oficialmente cursos de especialización BIM avalada por títulos propios (45), impartidas por diferentes escuelas ya sean estas de arquitectura, arquitectura técnica, ingeniería de la edificación u otras ingenierías.

Muchas de estas experiencias han sido recogidas en los libros de actas de los congresos EUBIM (47). Para el presente apartado se ha procedido con la revisión de estas actas desde 2013 hasta 2017, encontrando variedad de propuestas provenientes de diferentes universidades.

De esta recopilación previa y sistematizada se propone estudiar las características que las acompaña y analizarlas individualmente y colectivamente para comprender sus lineamientos. Es de enfatizar que este trabajo no busca desarrollar una nueva propuesta de plan de estudio para programas BIM dentro de las universidades, pero si evidenciar la gran mayoría de factores que por el momento se están dejando de profundizar.

Adicional se cuenta con el análisis de dos tesis doctorales desarrolladas en la UPM²⁰ y UPV²¹, que matizaran las ideas que se pretende transmitir. Los trabajos mencionados son: *Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación. Diseño de una propuesta* (47) y *Aprendizaje integrado en arquitectura con modelos virtuales: implementación de metodología BIM en la docencia universitaria* (48).

En base a la recopilación previa y al análisis de los capítulos anteriores, se obtendrán las primeras conclusiones, que serán comparadas con las iniciativas de formación BIM por parte de las universidades de Reino Unido y su realidad nacional.

²⁰ UPM Universidad Politécnica de Madrid

²¹ UPV Universitat Politècnica de València

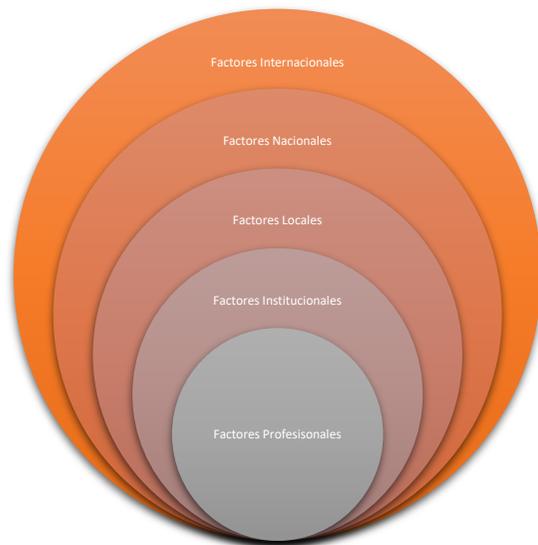


Fig. 72 Factores por considerar en la formación BIM dentro de la universidad española/Fuente: elaboración propia.

2.2.1.1 Análisis colectivo

Todos los casos estudiados se han tenido que enfrentar a las mismas inquietudes y limitantes, por un lado, la búsqueda del mejor método para la incorporación de formación BIM en sus planes de estudios y por otro lidiar con un sector BIM inmaduro en proceso de consolidación y una realidad nacional compleja.

Producto de esta situación, se ha coincidido mayoritariamente en imitar planes y estilos de estudios de otros países, e ir mejorando las deficiencias detectadas con el paso de cada curso. Sin embargo, producto de este proceso, el entendimiento final de lo que se debería enseñar varío acorde a las experiencias de cada centro de formación, lo que se convierte en opiniones muy diferenciadas, que a si mismo dicen haber encontrado el método más efectivo para su enseñanza.

¿Cómo se podría sopesar la veracidad de estas afirmaciones? Que han partido de una realidad ajena, enfocadas desde un solo punto de vista y limitada a cada centro de formación. Posiblemente no tenga respuesta. Lo que si se podría plantear es su grado de afinidad con los factores a los que debe responder y que han sido desarrollados a continuación.

2.2.1.2 Factores por considerar en la formación BIM dentro de la universidad española

Son variados y numerosos los factores que deberían ser considerados al momento de proponer un plan de estudio, para su mayor claridad se los ha agrupado en diferentes niveles como se observa en la (Fig. 72).

Partiendo desde su nivel más básico encontramos el factor profesional y sus diferentes casos. Encontramos profesionales BIM expertos, intermedios, principiantes, neófitos y por otro lado profesionales no BIM. Además de las diferentes titulaciones: arquitectos, arquitectos técnicos, ingenieros de la edificación, civiles, industriales, mecánicos entre otros. Que a su vez pueden especializarse en un campo y fase de la construcción (Diseño, construcción, operación, demolición) y los propios perfiles BIM: BIM Manager, BIM Coordinator, BIM modelador, etc. En esta clasificación no se incluye ramas no técnicas pero que forman parte del proceso constructivo (Ej. aseguradoras o inmobiliarias) en consecuencia con lo expuesto ¿Debería existir una única oferta de especialista BIM? Que de paso tendría que ser experto en todas las herramientas BIM utilizadas para cada labor.

La respuesta más evidente, es no, por lo que la especialización mediante un posgrado debería enfatizar la profesión a la que hace referencia (49), claro está provocando una reducción del nicho de mercado. En el caso de la carrera de arquitectura esta se encontraría con un programa más complejo por las diferentes competencias desarrolladas.

La enseñanza de BIM desde el grado es una opción que se ha implementado en los últimos años (41),(45),(47),(48),(50),(51),(52) a través de casos prácticos y cercanos a la realidad, que ha demostrado ser un mecanismo efectivo de introducción a las herramientas digitales BIM, que apoyados en una materia para su enseñanza puede ser un método efectivo.

Esta solución claro está aplicaría para los estudiantes que se encuentran cursando estudios de grado, pero inclusive para la mayoría de ellos el cambio no llegaría a tiempo, pasando a formar parte de la lista de profesionales sin ninguna o escasa formación BIM. Situación que conlleva al siguiente factor.

El factor institucional condicionado por mayores limitantes; por un lado, ajustar su oferta a los casos anteriormente expuesto: especialización, y en este primer momento transición, debiendo crear opciones para los diferentes perfiles. Que a su vez debe ajustarse y combinarse con las competencias propias de la profesión en un reducido tiempo de formación, sin olvidar la doble visión universitaria, la práctica y humanística (53).

Siendo al parecer este último un tema completamente descartado en los programas de formación BIM a nivel mundial; olvidando con ello los objetivos que motivaron su introducción en Europa. Dentro de este factor es importante rescatar la necesidad de desarrollar competencias para el autoaprendizaje (54) que en BIM han pasado al siguiente nivel de complejidad y por lo que se vuelve vital su orientación.

Los recursos técnicos, tecnológicos y humanos, este último tal vez la mayor limitante a la que se enfrentan las instituciones, que requieren de una reestructuración y una fuerte inversión en capacitaciones (42). Situación por la que los principales centros de formación están compuestos por profesores que iniciaron su camino BIM anterior al proceso de implantación nacional. Lo que permite contar con una base que no se encuentran en todas las universidades.

Adicionalmente la apertura al BIM por parte de los profesionales que conforman cada escuela, se hace vital para su inclusión en los programas (3),(48). Siendo un factor subjetivo que difícilmente se puede cambiar sin la suficiente reflexión.

Los factores locales y nacionales por ser similares, pero en diferentes escalas serán estudiados en conjunto. La principal contradicción para poder generar programas de estudios con cierta afinidad y coherencia se origina por el inexistente consenso en estándares, procedimientos a seguir, guías, manuales introductorios entre otros, incitando la desorganización.

Adelantándonos en el análisis comparativo; la principal diferencia BIM con relación a Reino Unido la encontramos en el ordenado proceso que han desarrollado para su implantación, que sirve tanto al sector de la construcción como al educacional, fomentando claras directrices de la dirección a seguir para los próximos años (55),(56).

A esta situación se puede agregar la insuficiente comunicación entre la administración pública y la universidad, que no ha fomentado el ambiente propicio para que surjan los cambios esperados. La propia crisis ha mermado la posibilidad de una implantación más acelerada, por lo que la intervención de todas las instituciones involucradas que puedan plantear opciones o soluciones se hace urgente.

En este nivel también es importante revisar las competencias profesionales descritas en las órdenes ministeriales para los diferentes perfiles de la construcción, que tendrían que considerar competencias BIM, permitiendo la modificación de los contenidos (57)-(58).

Por último, nos encontramos el factor internacional y la posible alineación con los demás factores. Ya Oliver Faubel, Inmaculada (47,57), adelantaba tres posibles escenarios: (1) Que sea la administración pública quien lidere el proceso de transformación (2) Que sea la propia universidad en base a su autonomía (3) Que sean las escuelas quienes dirijan el proceso introduciendo paulatinamente pequeños cambios. Actualmente imponiéndose este último escenario.

Siendo posible a largo plazo una cuarta opción que incluya el ámbito internacional, resultando lógico si la intención de implementar BIM sea el trabajo colaborativo a escala mundial.

La implantación BIM en Europa cuenta con el apoyo del Parlamento, que se beneficia también de la regularización de la educación superior a través del proceso Bolonia, presentándose como una oportunidad para que al menos a escala continental se pudieran desarrollar propuestas. Por otro lado, esto requiere de una extrema organización y contar previamente con unos estándares y protocolos, para los que no existe una institución que los desarrolle a este nivel.

Se corre el riesgo a futuro de que todos los planes aislados de implantación BIM, por su grado de avance dificulte la homogenización de procedimientos, debido lógicamente a que significaría renunciar a parte del proceso que cada país haya alcanzado, de igual forma sucedería en la escala más básica (Escuelas), por lo que se considera factible empezar a desarrollar directrices desde las escalas más generales.

Los factores anteriormente expuestos han sido algunas de las limitantes que deben resolver las universidades y que por la cantidad de implicaciones que representan, retrasan cualquier intención de adaptación de planes de estudios que incluya competencias BIM. No obstante, de encontrar el camino y responder a todas la condicionantes, el camino a seguir sería evidente.

2.2.1.3 Repaso de la formación BIM en España

Como punto inicial hay que aclarar la evolución de los objetivos de estos cursos, inicialmente enfocados al manejo de unas cuantas herramientas digitales y actualmente a todo el proceso metodológico. Esto ha dado paso a que mientras se consolidaba la metodología BIM, en paralelo se aprendiera el uso de herramientas digitales 3D con la intención de obtener infografías en un primer momento.

Los centros de formación privados de enseñanza fueron, junto con los propios proveedores de softwares, los pioneros en la formación de esta clase de herramientas para este tipo de propósito. De ahí se deduce el error de muchos profesionales que asocian BIM directamente con la infografía, e inclusive en algunas universidades que lo siguen enseñando con esta finalidad.

Posteriormente la consolidación del BIM y su llegada a Europa, dio paso a que estos mismos centros de formación evolucionaran en concordancia con la demanda, y empezaran a ofertar los primeros cursos BIM, enfocados ya no solamente en las herramientas digitales sino también en todo el proceso.

Universidades Publicas	
Centro	Título
Universidad Politécnica de Madrid http://www.upm.es	Gestión de Proyectos BIM en Arquitectura e Ingeniería Sostenibles MeBIMm (Máster BIM Management)
	Metodología y Gestión BIM de Proyectos, Construcción y Activos Inmobiliarios (Building Information Modeling Project, Construction & Facility Management)
	Curso de Especialización en Gestión BIM de Proyectos, Construcción y Activos Inmobiliarios (BIM Project, Construction & Facility Management)
	Curso Superior de Especialización en Metodología BIM
Universidade da Coruña http://www.udc.es	Máster en Gestión de Información de la Construcción BIM
	BIM Expert Curso de Especialización en BIM (Building Information Modeling)
Universitat Politècnica Catalunya http://www.upc.edu	Màster universitari en Arquitectura
	Màster universitari en Enginyeria d'Edificació
	BIM Management Steering. Building Information Modeling y Nuevos Modelos de Negocio
	BIM Management. Gestión Multiplataforma de Building Information Modeling
Universidad de Sevilla http://www.us.es	Máster Universitario en Innovación en Arquitectura: Tecnología y Diseño
	Proyecto de Ejecución de Arquitectura Mediante Tecnología BIM
	Proceso y Gestión del Edificio Virtual Aplicando el BIM de ArchiCAD (Building Information Modeling). Nivel I
UNED http://portal.uned.es	Diploma de Experto en Tecnologías BIM
Universitat Politècnica de València http://www.upv.es	Máster en Edificación. Especialidad Gestión
	Máster en Gestión de Información de la Construcción BIM

Fig. 73 Oferta de estudios de posgrado en BIM en la universidad pública española 2015 Fuente: Oliver Faubel, I. (2015). Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación. Diseño de una propuesta.

La demanda y especialización aumentaron, apareciendo las primeras consultorías de implantación BIM para empresas, que se gestionaban a través de la figura del *Consulting* BIM o BIM Manager, esto requería nuevamente de estos centros de formación, que debían ser los formadores de los formadores.

Toda esta posible respuesta desde el sector privado para proveer formación BIM, es dada por su autonomía, lo que no la encasilla, ni condiciona. Siendo su único objetivo responder a las demandas del mercado en el menor tiempo posible, manteniendo cierta similitud con los procesos que se desarrollan en universidades norteamericanas.

Por otro lado, la universidad pública y privada condicionada a mayores regulaciones, empieza a proponer tardíamente cursos de similares características. En un primer momento a través de cursos de posgrados que se fueron especializando hasta llegar al nivel de másteres oficiales, que en un término medio tiene menores regulaciones.

Los primeros centros universitarios en ofertar másteres oficiales BIM fueron la *Universitat Politècnica de Catalunya* y la *Universidade da Coruña* (47), en la actualidad se han incorporado algunos centros más, entre los que destacan los mencionados en la (Fig. 73) y (Fig. 74).

La situación de la formación BIM en las universidades de Castilla y León, es parecida a la del resto del país, con una limitada oferta, caracterizada por encontrarse en los primeros niveles de introducción. Las iniciativas más destacables son: el máster en construcción BIM propuesto por la universidad de Burgos en 2016, del que no consta a la fecha se haya ejecutado. Y la instalación de la empresa BIM área en el parque científico de la universidad de Salamanca. La universidad de Valladolid también consta entre las principales universidades españolas con artículos sobre BIM en la base de datos de SCOPUS.

En el resto de provincias el involucramiento todavía es menor, de lo investigado no se pudo constatar ninguna iniciativa actual que esté gestionando su implementación, situación agravada por la escasa dinámica del sector de la construcción.

Por otra parte, la recuperación del patrimonio incorporando metodología BIM se presenta como un campo disponible y en el que las universidades de esta comunidad podrían dirigir su atención.

Retomando la secuencia de la evolución de la formación BIM, encontramos que los posgrados han sido el sistema mayormente consolidado, con duraciones que varían entre los 30 ECTS para cursos de especialización hasta 90 ECTS para cursos de másteres propios.

Esto justificado, por las menores condicionantes institucionales, locales y nacionales (59). Ha permitido el amoldamiento de los contenidos, que solo debe ser aprobado por los consejos universitarios. Además, el hecho de ser títulos propios genera recursos económicos, adquiriendo ventajas parecidas a la de los centros de formación privados.

Por otro lado, al no ser másteres oficiales, el costo es mayor dificultando el acceso a muchos profesionales, sobre todo a los de reciente titulación. Al tener que cubrir un gran espectro de herramientas, metodologías y conocimientos, con usuarios que pueden empezar desde cero, ya sea por su dominio de tecnologías o técnicas de construcción, no termina siendo el mecanismo más efectivo.

Ante esta realidad, en los últimos años han empezado a incorporarse paulatinamente competencias BIM dentro de los diferentes grados de las profesiones AEC²² de algunas universidades, que, a mediano plazo, y siguiendo la dirección del proceso, será el primer medio para adquirir competencias BIM.

La investigación dirigida a proponer planes de estudios que incorporen asignaturas BIM o reformulación de cátedras con este contenido, es un tema que está siendo estudiado por varios autores, demostrando el interés que ha despertado en las universidades (41),(45),(47),(48),(50),(51),(52).

Por finalizar, a la par de las instituciones universitarias, encontramos a los colegios profesionales y a otros organismos como la fundación laboral de construcción, que se encuentra organizando cursos de corta dirección y se presentan como alternativa de formación BIM. Se alcanzan con ellos resultados interesantes y un nivel de organización reseñable.

Universidades Privadas	
Centro	Título
Universidad Europea de Madrid http://madrid.universidadeuropea.es	Máster Internacional en Arquitectura March II (València)
	Máster Universitario en Diseño y Construcción Avanzados de Estructuras Arquitectónicas - Integración S-BIM
	Máster Universitario en Gestión de la Edificación y Construcción – Construction Management MBA
Universidad San Jorge http://www.usj.es	Máster Universitario en Gestión de la Edificación y Construcción – Construction Management MBA
	Postgrado de Experto en Gestión de Proyectos, Metodología BIM
Universidad Pablo Olavide https://www.upo.es	Experto en Flujo de Trabajo BIM con Revit®
Universidad Rey Juan Carlos + RENDERSFACTORY https://www.urjc.es	Experto BIM (Building Information Modeling) y Arquitectura Sostenible, I Edición.
Universitat Internacional de Catalunya http://www.uic.es	BIM Specialist
	Máster Internacional en Procesos BIM
	Postgrado en BIM Manager
	Postgrado en Operador BIM

Fig. 74 Oferta de estudios de posgrado en BIM en la universidad privada española 2015 Fuente: Oliver Faubel, I. (2015). Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación. Diseño de una propuesta.

²² AEC siglas en ingles de Architecture, Engineering and Construction.

NIVELES DE DESARROLLO DE PROYECTO			PROCESO BIM		MODELO TRADICIONAL
AIA (EEUU)	PAS 1192-2 (RU)	BSSCH (ESPAÑA)	DIMENSIONES BIM		MODELO TRADICIONAL
LOD 100	Brief	Necesidades y Objetivos Estudio de Alternativas	3D BIM	6D BIM	Anteproyecto
LOD 200	Concept Definition	Diseño Inicial			Proyecto Básico
LOD 300	Design	Diseño Detallado (1)			Proyecto de Ejecución
LOD 400	Build and Comission (1)	Diseño Detallado (2)			
	Build and Comission (2)	Licitación y Contratación	4D BIM		
		Construcción	5D BIM		
LOD 500	Handover and Close-out Operation and In-use	Puesta en Funcionamiento	7D BIM		Libro del Edificio / Protocolo de Mantenimiento

Fig. 75 Relación LOD/D BIM/Modelo Tradicional 2015 Interpretación de la autora de la correspondencia entre fases/ Fuente: Oliver Faubel, I. (2015). Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación. Diseño de una

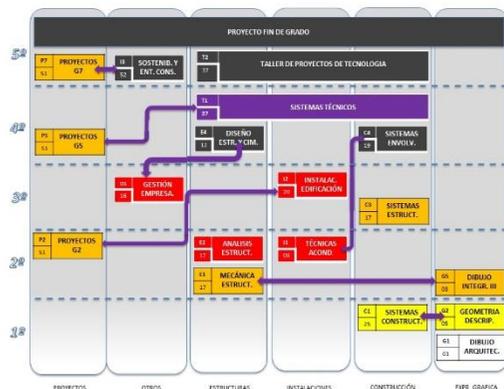


Fig. 76 Esquema de implantación BIM. Grado Fundamentos de la Arquitectura 2016/ Fuente: Agulló, J., Jurado, J., Liébana, Ó., & Inglés, B. (2016). MARCO DE IMPLANTACIÓN DE METODOLOGÍA BIM EN TITULACIÓN DE ARQUITECTURA. En EUBIM 2016 Congreso Internacional BIM / 5º Encuentro de Usuarios BIM (p. 11).

2.2.1.4 La formación BIM en los grados AEC españoles

Se ha considerado oportuno ampliar y recoger las opiniones sobre las dificultades y posibles soluciones que se presentan al querer integrar competencias BIM en los grados del sector AEC, relacionadas con diversos factores. Entre las principales:

(Cuando) No se llega a un consenso si se debería empezar a estudiar BIM desde el primer año de carrera por los conocimientos previos en construcción requeridos (42), pero que al mismo tiempo podrían ser aprendidos a través de la representación virtual. Existiendo posturas contrapuestas argumentando sus propias experiencias.

(Que) Así mismo la profundización de las competencias BIM discrepan considerablemente, encontrando diferentes niveles de enseñanza, que van desde el simple modelado virtual con intención meramente visual (52) hasta el conocimiento profundizado de las herramientas y metodología BIM (60) (Fig. 75-Fig. 76). Que se entiende es consecuencia de la importancia que le dan sus directivos, y que se encuentra ligado a los recursos de la propia institución.

(Como) Otro factor interesante de debate, trata sobre la mecánica más efectiva que garantice su aprendizaje, mayoritariamente se coincide que debería ser un contenido visto dentro de las asignaturas tradicionales pero enfocadas transversalmente con BIM. La discrepancia surge en la elección de las asignaturas que deberían enseñarlas. En el caso de arquitectura se reparte responsabilidad entre las asignaturas de proyecto, construcciones y expresión gráfica.

(Por qué) Las posturas de los profesionales BIM y no BIM relacionados con la universidad, ha tenido una fuerte repercusión en su implantación. Las universidades que primeramente lo han conseguido es justamente por contar con un profesorado abierto al cambio frente a los profesionales que defiende la visión tradicional de la profesión (48).

(Quien) Por ultimo y gran preocupación es quien debería enseñarlo, sabiendo que la mayoría del profesorado actual no está capacitado en esta área, y que de empezar hacerlo conllevaría tiempo y recursos que no todos los afectados están dispuestos a asumir.

2.2.2 Casos de estudios internacionales

2.2.2.1 Reino Unido

Para el presente apartado se propone revisar la situación de la formación BIM universitaria en Reino Unido, principal referente en Europa sobre el tema. Por no ser un objetivo el conocimiento del estado de formación mundial, se excepciona los demás países vanguardistas (entre ellos Estados Unidos líder mundial en implantación BIM) más alejados de las características contextuales relacionables con el proceso español.

2.2.2.2 Pasos alcanzados – Situación actual

Los países vanguardistas en la adopción del BIM, se caracterizan por haber encontrado una combinación armoniosa de soluciones entre las partes que conforman el proceso, en el caso estudiado: La administración pública, las empresas del sector AEC y las instituciones de formación profesional.

En Reino Unido la secuencia de sucesos positivos para la implantación BIM, remontables desde los Juegos Olímpicos de Londres 2012, ha permitido madurar su introducción en el sector AEC. Las experiencias adquiridas de las construcciones previas han sido el detonante para motivar desde el *Cabinet Office*²³, políticas en favor de su uso.

Es así como se desarrolla primeramente la *UK Government Construction Strategy*²⁴ de mayo de 2011 que establece la obligatoriedad del uso del BIM para proyectos desarrollados para la administración británica a partir del año 2016 (12). Estableciendo un modelo informático 3D totalmente colaborativo, con un nivel mínimo de madurez LOD 200.

²³ Ministerio de la Presidencia

²⁴ Government Construction Strategy establece un nuevo plan para aumentar la productividad en la construcción del gobierno. La estrategia establece ambiciones para una adquisición más inteligente, un pago más justo, la mejora de las habilidades digitales, la reducción de las emisiones de carbono y el aumento de la capacidad del cliente. Building Information Modeling (BIM) y la Construcción digital es una parte importante de la estrategia y ayuda a aumentar la productividad y la colaboración a través de la tecnología. Extractos obtenidos a partir de: <https://www.gov.uk/government/publications/government-construction-strategy-2016-2020>.



Fig. 77 Instituciones miembros iniciales del BAF 2013/Fuente: *Embedding Building Information Modelling (BIM) within the taught curriculum*. (2013, junio). BIM Academic Forum.

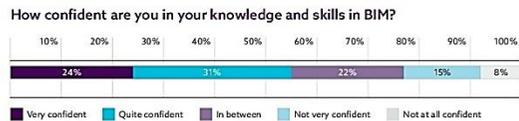


Fig. 78 Nivel de conocimientos y habilidades BIM en Reino Unido/ Fuente: *National BIM Report 2017*. (2017). Recuperado a partir de <https://www.thenbs.com/knowledge/nbs-national-bim-report-2017>

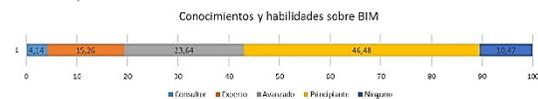


Fig. 79 Nivel de conocimientos y habilidades BIM en España/ Fuente: Casado, J. L. (2017, julio). *Análisis de la Encuesta de Situación Actual 2017*. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/07/esBIM_Encuesta.pdf

Las dos principales motivaciones para gestar este cambio se centraban en la reducción y control del gasto público, como también de las emisiones de dióxido de carbono durante las fases de construcción y operación a través de la modernización del sector (12),(47).

Producto de esta iniciativa aparece el **BIM Task Group (BTG)** encargado de dar apoyo y de la elaboración de estándares y guías nacionales (12), que ha colaborado incluso con el Parlamento Europeo para la elaboración del *Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector* (16). Situación que coloca a los avances alcanzados por este grupo de trabajo como referente europeo (47).

Dentro del BTG se formaron comisiones, que hoy en día siguen colaborando en diferentes ámbitos. En el campo de la formación BIM encontramos el **BIM Academic Forum (BAF)** formando en un inicio por 35 universidades y representantes del propio BTG. Que dieron paso a la creación de dos informes que son actualmente los documentos de referencia en Formación BIM, facilitando una hoja de ruta. El primero titulado *“Embedding Building Information Modeling (BIM) within the taught curriculum”*(61) (Fig. 77) y el segundo *“Current position and associated challenges of BIM education in UK Higher Education”*(62).

A estas iniciativas se suman la construcción del proyecto *Crossrail*²⁵, actualmente la obra más ambiciosa, en toda Europa, que ha sido desarrollada íntegramente en BIM y para la que se ha creado la institución *Bentley Learning Academy* de Londres, con el objetivo de dar soporte para el aprendizaje (12).

Como podemos apreciar, la sinergia de situaciones, han facilitado un escenario idóneo para el desarrollo de propuesta de implantación BIM en los grados y posgrados de Reino Unido, sin embargo, los factores internacionales previamente revisados, son una constante que condiciona y a la vez aporta nuevos parámetros. Lo que sí está claro es que la necesidad de desarrollar competencias BIM para poder ofertar en la administración pública ha favorecido el traspaso a esta nueva metodología como se observa en las gráficas siguientes: (Fig. 78-Fig. 79).

²⁵ Crossrail: Un nuevo ferrocarril para Londres y el sureste. Mejorando los tiempos de viaje en Londres y aliviando la congestión, ofreciendo mejores conexiones, la línea Elizabeth ofrecerá oportunidades de viaje más fáciles, rápidas y directas en toda la capital. Fuente: <http://www.crossrail.co.uk/>

2.2.2.3 La formación BIM en Reino Unido

Luego de repasar brevemente los sucesos BIM que guardan relación con la formación y competencias profesionales, pasaremos a describir los logros alcanzados y las falencias detectadas.

Del taller para el primer informe elaborado por el BAF en colaboración con las universidades adscrita, se rescata el tercer objetivo que buscaba definir los contenidos BIM que debían ser impartidos en las enseñanzas de grado y posgrado.

Se fija a partir de ese informe los niveles 4, 5 y 6 para las enseñanzas de grado y 7 para el posgrado. En el primer año de grado y nivel 4, se procedería con la introducción de conocimientos generales enfocadas en el contexto y desarrollo del BIM, para proseguir en el segundo año y nivel 5 con la introducción en las herramientas digitales (Fig. 80-Fig. 81) y la importancia del trabajo colaborativo.

Haciendo un paréntesis; estos dos niveles introductorios con una intención perceptible de transmitir conceptos filosóficos sobre técnicos, es una clara diferencia con el sistema de enseñanza español, que no se plantea en la gran mayoría de casos, conocimientos de estas características.

Retomando el hilo; en el tercer año de grado y nivel 6 se profundizan temas más específicos concernientes con la sostenibilidad y el análisis estructural, que se interrelacionan con las normas y estándares nacionales. Para el nivel 7 que se ve en posgrado, se profundiza en la práctica considerando situaciones reales, con el objetivo de entender la verdadera dimensión de las posibilidades que ofrece la metodología BIM y la cultura colaborativa que implica (47)-(61).

Del segundo informe se extrae el estado de situación de la formación BIM, tratando de dilucidar los inconvenientes que dificultaban la inserción de competencias BIM en los planes de estudios universitarios, para ello se desarrolló un cuestionario que fue enviado a 35 universidades, con el objetivo de obtener una mayor comprensión de la postura y limitantes de cada establecimiento.

Profundizando en cinco temas: (1) Definición de los perfiles participantes y del conjunto de la muestra, (2) Estado de BIM en las instituciones académicas de enseñanza superior, (3) Estrategia de adopción de BIM, (4) Conciencia BIM y asuntos relacionados, (5) Consecuencias generadas.

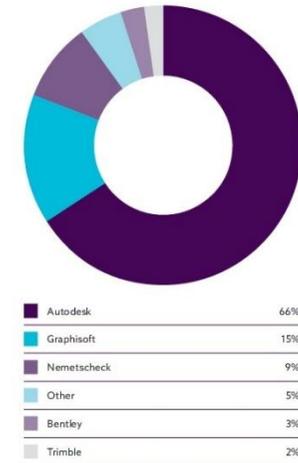


Fig. 80 Principales proveedores de herramientas BIM en Reino Unido/ Fuente: National BIM Report 2017. (2017). Recuperado a partir de <https://www.thenbs.com/knowledge/nbs-national-bim-report-2017>

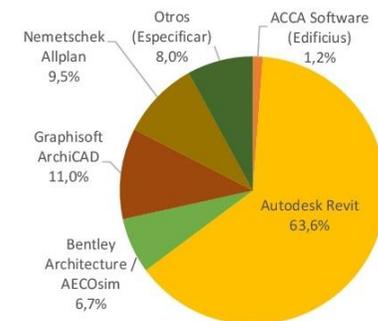


Fig. 81 Principales proveedores de herramientas BIM en España/ Fuente: Casado, J. L. (2017, julio). Análisis de la Encuesta de Situación Actual 2017. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/07/esBIM_Encuesta.pdf

El informe final detalla los resultados conseguidos y proporciona datos interesantes sobre los temas mencionados. Con respecto al segundo, el Estado de BIM en las instituciones académicas de enseñanza superior el más concerniente a nuestra investigación encontramos: Un nivel de madurez alto para los niveles 0 y 1, y medio para el nivel 2. Un bajo interés de incorporación de competencias BIM en estudios superiores, aumentando en algo en las carreras de arquitectura tecnológica.

Con respecto a la integración de competencias BIM en los programas de estudios los resultados indicaban: Que en un 24% de los programas no se habían incorporado en absoluto. Un 7% no se consideraba hacerlo. En una leve mayoría se había incorporado en asignaturas sueltas (57%) y bastantes menos los que habían creado asignaturas específicas en sus programas (20%). Solo el 7% manifestó que tienen BIM totalmente integrado. Siendo el tiempo empleado para su implantación de 3 años el 57%, 6 años el 12%, +6 años el 7% y + de 10 años el 3% (47)-(62).

Con respecto al tercer tema, estrategia de adopción de BIM, se rescatan dos resultados concernientes con la investigación: Primero, hay una baja percepción de implicación entre las instituciones de enseñanzas y el sector AEC. Que aumenta en algo en el caso de las universidades con mayor implantación BIM. Y segundo aunque Reino Unido es el país referente en Europa de implantación BIM en todos sus vertientes, existía un alto porcentaje de encuestados, 40%, que no se sentía lo suficientemente informado sobre BIM y las estrategias de implantación nacional (47)-(62).

Cabe señalar que estos resultados son algo antiguos (2015) y seguramente a la fecha se han logrado importantes avances, que todavía no han sido presentados. Si permite sin embargo evidenciar que, a pesar de no ser tan satisfactorios, ya hay una clara direccionalidad del proceso formativo y una organización que se origina desde el nivel gubernamental desarrollando las pautas a seguir.

De las universidades que han participado en los talleres para la elaboración de ambos informes, se trató de rescatar información sobre la integración de BIM en sus programas de grados y másteres, encontrando muy poca documentación, en todo caso de lo sí conseguido se evidencia una disparidad de ofertas entre ellas, que no termina de encajar con los lineamientos desarrollados previamente, y que Oliver Faubel (47) ya lo adelantaba. Para finalizar adelantaremos algunas claves sueltas del proceso.

A pesar de las estrategias gubernamentales por integrar BIM en los diferentes sectores involucrados, los logros alcanzados son variables, encontrando una transición acelerada por parte del sector AEC (Fig. 82-Fig. 83), pero retrasada desde las universidades.

Esta situación supondría que existen mayores limitantes que las descritas a lo largo del trabajo analizando el caso español, y que radicarían principalmente en la estructura de las propias universidades, no visibles sin el análisis del caso de Reino Unido.

Que además no son perceptibles por la limitada bibliografía sobre enseñanza en BIM, que a diferencia de España cuenta con varios artículos publicados, introduciendo al estado de situación, pero también al entendimiento particular de cada centro de formación. No obstante, en otras varias temáticas BIM, la aportación de Reino Unido es de las más importantes.

Por otro lado, la formación BIM en los grados de las escuelas que, si las han integrado, es una directriz clave, de la dirección que tomará el proceso en los próximos años y que por ello debería ser estudiada con la suficiente reflexión y anticipación (55).

Por último, entre los datos más destacables sobre los recursos formativos utilizados en varias universidades, encontramos la formación online que también se perfila como una importante opción para transmitir contenidos BIM, como se muestra en la (Fig. 84) (55).

University Name	Programme title	Duration / Mode of Study	Delivery format
Westminster	Building Information Management	1 Year (FT);	Campus only
Middlesex	BIM Management	1 Year (FT); 2 Years (PT)	Distance learning only
Salford	BIM and Integrated Design	1 Year (FT); 2.5 Years (PT)	Campus, Distance Learning and International Distance Learning
Liverpool (in London)	Building Information Modelling	1 Year (FT)	Campus only
West of England	BIM in Design, Const. & Operation	1 Year (FT); 2-3 Years (PT).	Campus only
Northumbria	Building Design Mgt. and BIM	3 Years	Distance learning only
South Wales	BIM and Sustainability	1 Year (FT); 3 Years (PT).	Campus only

FT = Full Time; PT = Part Time.

Fig. 84 Descripción general de los programas de maestría relacionados con BIM en universidades seleccionadas del Reino Unido y su formación Online Fuente: Adamu, Z. A. (2016). Adamu, Z. A. (2016). How universities are teaching BIM: a review and case study from the UK. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 21(8), 119–139.

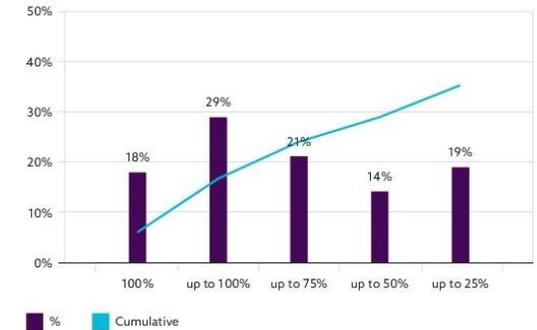


Fig. 82 Porcentaje de uso BIM en proyectos de Reino Unido 2017 /Fuente: National BIM Report 2017. (2017). Recuperado a partir de <https://www.thenbs.com/knowledge/nbs-national-bim-report-2017>

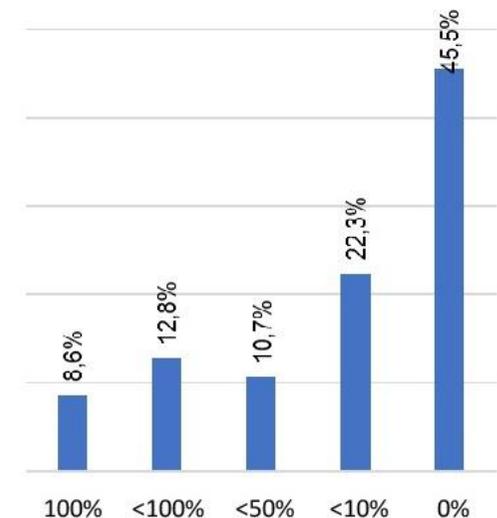


Fig. 83 Porcentaje de uso BIM en proyectos de España 2017 /Fuente: Casado, J. L. (2017, julio). Análisis de la Encuesta de Situación Actual 2017. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/07/esBIM_Encuesta.pdf

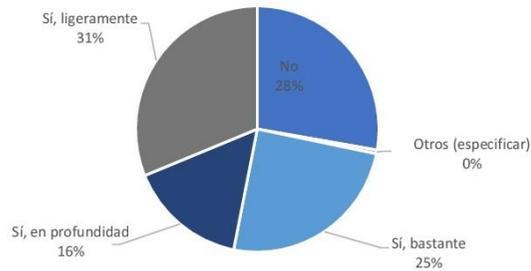


Fig. 85 Conocimiento BIM en España/ Fuente: Casado, J. L. (2017, julio). Análisis de la Encuesta de Situación Actual 2017. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/07/esBIM_Encuesta.pdf

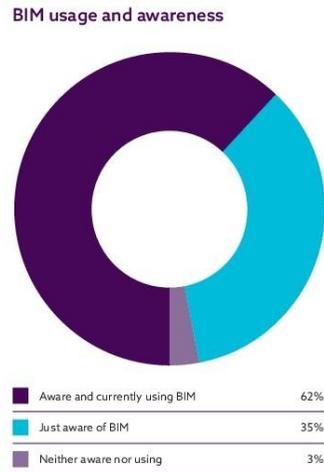


Fig. 86 Conocimiento BIM en Reino Unido/ Fuente: National BIM Report 2017. (2017). Recuperado a partir de <https://www.thenbs.com/knowledge/nbs-national-bim-report-2017>

2.2.3 Análisis comparativo entre los casos de estudios internacionales y nacionales.

Para esta última parte del capítulo, se propone realizar un repaso de los diferentes factores que han incidido positiva y negativamente para la integración de competencias BIM en la formación universitaria con sus respectivas observaciones.

Análisis comparativo de eventos en las diferentes escalas con repercusión en el proceso de implantación BIM en la universidad española					
Escala	Factores	Reino Unido	España	Análisis comparativo	
Administración Pública	Internac.	Políticas	Directiva sobre contratación Pública 2014/24/UE art 22	Ley que promueve la introducción del uso de herramientas tecnológicas	
		Guía	Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector 2016	Manual introductorio de escala regional	
	Nacional	Políticas de introducción BIM	Government Construction Strategy 05/2011	Ministerio de Fomento constituye la comisión BIM 07/2015	La ventaja en años y motivaciones, han aumentado la brecha
		Comisiones BIM	BIM Task Group	es.BIM	BTG enfocada en la organización de todo el proceso, mientras es.BIM en la recuperación de datos
		Grupos de trabajos de las comisiones en estandarización BIM	British Standards Institution	GT3: PROCESOS/Grupo encargado del análisis y la propuesta de modificación de normativa, legislación, pliegos, apoyando la estandarización de procesos...	BSI desarrollando estándares por profesionales del sector, no especialistas en estandarización.
		Estándares	- Digital Plan of Works (12) - BS 1192:2007 - PAS 1192-2:2013 - PAS 1192-3:2014 - UK CIC BIM Protocol 2013 - COBie UK 2012 - Government Soft Landings - Scope of services for information management	- Propuesta de Niveles de Detalle (GT3 2017) - Ley 38/1999, de Ley de Ordenación de la Edificación (Normativa vigente) (12)	Una gran diferencia, entre UK y España, es el desarrollado proceso de estandarización llevado en UK, siendo referente mundial. Mientras que en España no se ha modificado las leyes existentes. Se están desarrollando propuestas de mejoras que todavía no han sido aprobadas
		Reportes	NBS 2017	Encuesta de situación 2016	Ambos países han realizado encuesta de situación, obteniendo mejores resultados en integración UK.

Sector AEC	Internacional	Organización mundial	BuildingSMART International		Ambos países cuentan con la presencia de BuildingSMART International
	Nacional	Organizaciones privadas representantes	BuildingSMART UK and Ireland	BuildingSMART Spanish Chapter	La presencia de BSSCH en España ha sido mayor que la de UK. En ocasiones dirigiendo el proceso
		Guías BIM	-AEC (UK) BIM Technology Protocol -AEC (UK) Project BIM Execution Plan -AEC (UK) BIM Standard for Autodesk™ Revit	uBIM	Al igual que con los estándares, UK cuenta con un mayor número de guías. Favoreciendo el aprendizaje
		Año de implantación BIM	2011	2015	La dinámica de la construcción ha motivado o desmotivado los tiempos de implantación
		Megaproyectos BIM	Crossrail	Ninguno	Actualmente en España no se desarrolla ningún proyecto BIM que pueda involucrar a un considerable número de profesionales del sector
		Soporte de proyectos BIM	Crossrail Bentley Information Academy	Ninguno	Consecuente del punto anterior, no se ha encontrado proveedores de softwares que den soporte a los proyectos
		Arquitectos/Estudios BIM	Richard Roger Norman Foster	B720 Carlos Rubio Carvajal	España poco a poco a través de un grupo de profesionales (63) se está adentrando en el mundo BIM. UK va un poco más adelantado.
		Grupos de trabajos de las comisiones en estrategias BIM	Build UK	GT1: ESTRATEGIA/ El Grupo de trabajo de Estrategia estará encargado de la planificación y la estrategia de la Implantación BIM...	Ambas comisiones desarrollan a través de subgrupos de trabajo, estrategias de implantación. La de UK con mayor antigüedad y resultados

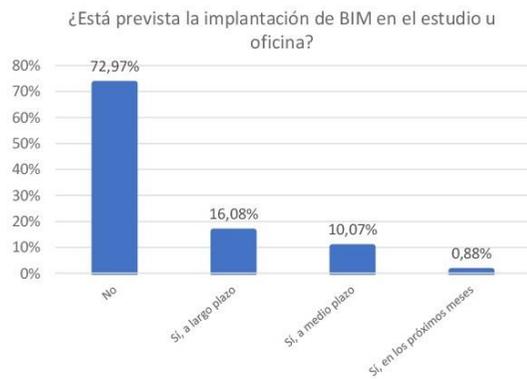


Fig. 87 Previsión implantación BIM en España/ Fuente: Casado, J. L. (2017, julio). Análisis de la Encuesta de Situación Actual 2017. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/07/esBIM_Encuesta.pdf

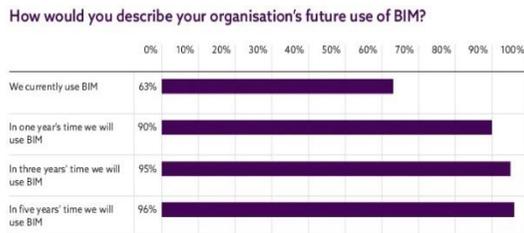


Fig. 88 Previsión implantación BIM en Reino Unido/ Fuente: National BIM Report 2017. (2017). Recuperado a partir de <https://www.thenbs.com/knowledge/nbs-national-bim-report-2017>

Sector universitario	Internacional	Documentos, informes de las comisiones para la implantación BIM	S/D	Informe de análisis del impacto de la implantación BIM en la pequeña y mediana empresa	Como fue mencionado inicialmente los informes de es.BIM actualmente están direccionados a conocer el estado de situación
		Situación actual del sector AEC	Estable	Crisis inmobiliaria	La crisis del sector inmobiliario frente a la estabilidad de UK, no ha favorecido al desarrollo de competencias BIM
	Porcentaje de PYMEs en el sector de la construcción	S/D	95% (4)	El % de PYMEs español es otro factor que dificulta la consolidación del BIM, por el doble limitante económico y colaborativo	
	Datos estadísticos (64),(65) - Uso al 100% en Proyectos. - Conocimiento en profundidad BIM - Previsión implantación BIM a largo plazo	18% (Fig. 82) 62% (Fig. 86) 96% (Fig. 88)	8,6% (Fig. 83) 16% (Fig. 85) 16.08 % (Fig. 87)	Los datos rescatados sobre la situación actual de traspaso a BIM por los profesionales del sector. Demuestra un avance mucho más significativo en el caso de UK	
Nacional	Políticas	Proceso Bolonia		El proceso Bolonia que rige en ambos países, se plantea como un posible freno para la integración BIM en las universidades. Por los escasos resultados en UK a pesar del ambiente favorable	
	Grupos de trabajos de las comisiones en formación BIM	BIM Academic Forum	GT2: PERSONAS/El grupo abordará todo lo relativo al cambio de cultura y capacitación del personal público y privado...	Ambas comisiones cuentan con grupos de trabajo enfocadas en la formación BIM. En UK hay una organización más efectiva	
Documentos, informes de las comisiones para la formación BIM	- Embedding Building Information Modelling (BIM) within the taught curriculum (2013) - Current position and associated challenges of BIM education in UK higher education (2015)	- Mapa de la formación BIM en la Universidad (2017)	Los informes de ambas comisiones reflejan la situación de la formación BIM. En el caso de UK profundiza en soluciones y organización de los contenidos		

Medios de difusión y enseñanza básica	S/D	-Fundación laboral de la construcción -Colegios profesionales	En España a falta de medios académicos para su difusión han aparecido los colegios profesionales. Como principal medio de comunicación
Iniciativas institucionales	S/D	Congresos EUBIM	De igual forma ciertas instituciones de educación superior han desarrollado congresos que proporcionan los contenidos más actualizados
Publicación de artículos científicos	Artículos científicos 325 (SCOPUS)	Artículos científicos 60 (SCOPUS)	La aportación científica de UK se quintuplica con relación a la española, aunque en ciertos temas como la educación en grado (55) es mayor la aportación española
Competencias profesionales	S/D	Orden ECI/3855/2007 Orden ECI/3856/2007 (58)	Las ordenes ECI para profesiones del sector AEC español, tienden a ser algo rígidas. Lo que dificulta la integración de competencias BIM

Fig. 89 Análisis comparativo entre Reino Unido - España y los factores con incidencia para la formación BIM/ Fuente: elaboración propia.

2.2.4 Resultados del análisis comparativo

En este breve resumen-esquema de la tabla anterior (Fig. 89), se ha tratado de facilitar el entendimiento de los factores claves en las diferentes escalas que propician el ambiente adecuado para el traspaso tecnológico del sector. A través del análisis comparativo entre dos países con ciertas similitudes, pero con visiones diferentes en ciertos aspectos, los resultados alcanzados pueden ser completamente distintos.

Las políticas, estrategias, estándares, dinámica del sector AEC entre otros temas, han incidido para un traspaso más acelerado de Reino Unido a estas nuevas tecnológicas, más evidentes en el sector profesional que académico, pero ¿Por qué ha sido esto así si las condiciones se presentan igual para ambos grupos?

En base al análisis preliminar la propia postura de los centros universitarios, y de sus directivos, está incidiendo negativamente para la integración de competencias BIM en los programas de educación superior (57). Los factores académicos y sobre todo culturales parecen encontrarse entre las principales limitaciones. Una realidad que en el contexto español actual es imperceptible por la inmadurez de la implantación, pero al compararla con otros países se hace visible.

Los resultados alcanzados, algo inesperados, demuestran que a nivel general el nivel de implantación BIM, no ha llegado alcanzar niveles óptimos de consolidación a pesar de las diferentes propuestas gubernamentales de ambos países. Y que la direccionalidad del proceso por lo tanto no va en ese sentido, infructuoso hasta el momento.

Razón por lo que se reafirma la hipótesis de que la universidad puede ser el medio más idóneo para su implantación. En el caso español previamente debe alcanzarse un nivel de madurez similar al de Reino Unido en cuanto a organización y ordenamiento, que le permita desarrollar planes de estudios más efectivos y reales.

Es decir, se propone un proceso sistematizado, en el que acorde a cada nivel alcanzado los agentes involucrados (administración pública, sector AEC, Universidades) aporten en la medida relacionable a sus facultades y en el tiempo oportuno. Es a final de cuentas un híbrido que debe ser construido a partir de la yuxtaposición oportuna de sus componentes.

Actualmente tanto en España como en Reino Unido estas aportaciones dispares y reducidas, sobre todo del sector universitario, han propiciado un efecto retardante para la implantación BIM efectiva.

3.1 Sobre la importancia “Pequeños cambios pueden causar grandes cambios”

Dee Hock

ESCUELA - A	ESCUELA - B
Decisión Inicio BIM ascendente (de abajo a arriba)	Decisión Inicio BIM descendente (de arriba a arriba)
Implementación liderada por un individuo	Implementación liderada por la dirección
Sin evidencias de estrategia global BIM	La estrategia global precedió la implantación
Sin comunicación interna sobre los avances	Comunicación interna del proceso BIM
Las normas se desarrollaron y extendieron sobre la marcha	Las normas se prepararon antes de la aplicación global
Resistencia al cambio	Entusiasmo generalizado
No hay evaluaciones del progreso	Seguimiento continuo del proceso BIM
Conclusión: La Escuela B tiene mayor grado de Madurez BIM que la Escuela A.	

Fig. 90 Comparación de dos Escuelas de Arquitectura en base a su grado de Madurez BIM/ Fuente: Aldeanueva, M., García, A., Barrios, J., & De la Torre, C. (s. f.). BIM: PAUTAS ESTRATÉGICAS PARA LA REGENERACIÓN DEL MÉTODO DOCENTE EN LAS ESCUELAS DE ARQUITECTURA. En EUBIM 2017 Congreso Internacional BIM / 6º Encuentro de Usuarios BIM (p. 10).

Desde el planteamiento inicial de la investigación, existía una postura clara sobre lo que debía ser sin llegar a expresarlo abiertamente. El presente trabajo estudia la formación BIM universitaria como mecanismo para superar una situación adversa presente en el sector AEC español y ser el pequeño paso, que promueva su recuperación.

Se propone involucrar a tres agentes claramente definidos que son: La administración pública, el sector AEC y las instituciones universitarias. El conocimiento profundizado de la postura y rol de cada una de ellas ha sido clave para entender las dinámicas que se producen, y obtener las primeras conclusiones.

Las más destacables el orden y organización del proceso. Actualmente en España se han perdido las directrices, las principales funciones asignables a cada agente se han solapado por faltas de propuestas oportunas. Nos encontramos un sector AEC ofertando formación BIM guiada por estándares internacionales, una administración pública sin cumplir su rol dirigente y con insuficiente comunicación con el sector universitario y una mayoría de universidades desinteresadas por sintonizarse con las demandas laborales y sociales actuales.

El proceso que idealmente debiera empezar desde los más altos estamentos nacionales, organizando y estandarizando procedimientos, con la finalidad de proporcionar una base común de conocimientos a todas las universidades, que hoy en día no se ha producido. Esta situación a su vez impide formular planes de estudios homogéneos y así transmitir competencias adecuadas a los profesionales del sector AEC (Fig. 90).

Las necesidades del sector han provocado iniciativas desde la escala más particular (10),(57), que si es bien intencionada no se encuentran armonizada, dificultando la integración de posturas, obstruyendo la cohesión nacional. Situación que se repite en la universidad y resulta preocupante por su efecto multiplicador.

La universidad entendida como el “templo del saber”, no debería perder su posición frente a la tecnología. Hemos visto como las estrategias desarrolladas por el gobierno de Reino Unido para la integración de BIM en la universidad, no ha conseguido los resultados esperados. Se ha mostrado como un punto débil por resolver, pero que sobre todo está condicionado por la insuficiente apertura de la universidad europea frente a estos nuevos conocimientos mal encasillados como mercancía.

Si bien es cierto que su uso es ampliamente extendido con fines constructivos-comerciales, las mejoras que propone en eficiencia, control, reducción de gastos, trabajo colaborativo (a escala mundial), desarrollo de buenas prácticas de trabajo, aprendizaje virtual, entre otras virtudes, son las razones que motivan el trabajo de esta investigación.

Por ello manifestamos con suficiente antelación que, de seguir promoviendo el modelo actual, los efectos colaterales requerirán de complejas soluciones, con mayores esfuerzos de reordenamiento, que actualmente se podrían evitar.

3.2 Sobe la situación actual

“La mejor manera de predecir el futuro es creándolo”

Abraham Lincoln

La implantación BIM en el mundo y en España es un proceso inevitable. Con ciertas dificultades y limitantes se está logrando, y aunque queda mucho camino por recorrer, la direccionalidad está establecida, oponernos sería nadar a contracorriente.

Con el presente trabajo de investigación se pretende ser un eslabón más, en la creación del estado del arte español. Los resultados aquí mostrados dan incipientes luces de dónde venimos, cómo estamos, hacia dónde nos dirigimos y qué podemos esperar en los próximos años.

Venimos de atravesar una recesión sostenida en el sector de la construcción, una importante reestructuración de la formación superior consecuente del proceso Bolonia y la puesta en marcha de algunos proyectos emblemáticos a inicios de siglo. Que bien pueden ser entendidos como factores positivos o negativos dependiendo de las circunstancias.

Actualmente nos encontramos en un proceso de adaptación, con cierto grado de resistencia por una parte del sector frente al cambio abrumador que representa la metodología BIM. A nivel de organizaciones públicas y privadas, existen iniciativas que de a poco se van consolidando y madurando.

En España no existe un consenso claro de lo que se quiere lograr con BIM, las guías actuales están limitadas a la reinterpretación de los contextos cercanos que sirven de referencia, sin proponer objetivos propios como lo ha hecho Reino Unido. Que en nuestra apreciación debería incluir entre sus principales, la superación de la crisis sectorial a través del trabajo colaborativo.

Podríamos concluir que estamos en un proceso de aprendizaje, de prueba y error, y de mucho más involucramiento que años predecesores.

Nos dirigimos hacia una reestructuración completa de los sectores involucrados, incluyendo las universidades, que deberán incorporar nuevos perfiles profesionales adaptados a los cambios tecnológicos. Así mismo se tendrán que redactar los primeros estándares, que recoja los principales principios para el manejo de Información en la construcción y un paulatino traspaso de los profesionales hacia esta dirección.

Son muchos los cambios que se avecinan y para los cuales hay que estar preparados. Esperamos que, con el análisis descrito, los efectos colaterales a los sectores más vulnerables sean minimizados y que haya una transición sobrellevable, sin repercusiones que lamentar.

3.3 Sobre las claves

“En una época de cambio radical, el futuro pertenece a los que siguen aprendiendo. Los que ya aprendieron se encuentran equipados para vivir en un mundo que ya no existe.”

Eric Hoffer

Las competencias que exige el mercado actual, los nuevos roles, el acercamiento al mundo tecnológico, son realidades que exigen una reinterpretación y profundización de los profesionales. A lo largo del trabajo se han desarrollado una serie de conclusiones afines a la formación BIM provenientes de la lectura de diferentes documentos. Siendo las ideas rescatadas las siguientes:

- (Directriz) La universidad no debe dejar de reconocer los avances alcanzados en investigación por el sector público y privado y debe alinearse a los objetivos propuestos.
- (Limitante) Todo el contenido BIM es demasiado amplio para ser enseñado dentro del grado o de un posgrado. Se deben combinar ambas posibilidades e ir adelantando conocimientos introductorios desde los primeros años (57),(61).
- (Problema) Hay un considerable número de catedráticos que no están familiarizados en absoluto con el tema. Su postura y desconocimiento, repercute negativamente. Siendo algo crítico si se desea integrar BIM en las universidades
- (Crítica) Se están copiando las estrategias de implantación BIM aplicadas en otros países, sin considerar la realidad social, económica y cultural nacional. No existe una ponderación de resultados, clasificados por orden de urgencia.
- (Razonamiento) Al no ser la universidad la organizadora del conocimiento existe mucha publicación repetida y desordenada del tema, que no permite a la industria avanzar secuencialmente. La dificultad de implantar BIM actualmente radica en no saber por dónde empezar. Hay mucho ruido investigativo.
- (Propuesta) Es necesario que el BIM sea analizado desde otro sector diferente al de la construcción. Por ejemplificar, se habla mucho de la cultura colaborativa que implica la interoperabilidad, un flujo de trabajo opuesto al tradicional, sin embargo, no se realiza ningún estudio sociológico adentrándose en el tema, todos los estudios son de agentes involucrados directos en la construcción.
- (Ventaja) El BIM va a provocar que la industria de la construcción pase de ser de las más atrasadas a una de las más innovadoras, de lograr consolidarse.
- (Expectativa) Los resultados de la implantación BIM en España, son prometedores para el sector AEC y su internacionalización. Considerada la salida actual ante la crisis del sector, y que es un camino ya recorrido por las empresas españolas más importantes. La formación BIM superior, permitirá a las PYMEs ofertar servicios de trabajo colaborativo, formación, consultoría, recuperación digital del patrimonio, entre otras posibles direcciones profesionales, no posibles en la actualidad.

Para finalizar, resultado de este proceso de investigación se ha podido esbozar un esquema con las claves que deben ser abarcadas al momento de proponer iniciativas para la integración BIM en la formación universitaria, que favorezcan también a la implantación BIM nacional.

El trabajo mancomunado de los diferentes agentes, en el orden lógico del proceso, es la principal conclusión que se obtiene de todo el trabajo, que lastimosamente se encuentra condicionada por el camino recorrido anteriormente. La reorientación del proceso dependerá de la velocidad con la que se tome nota y se agilicen soluciones.

Un camino alternativo, aunque posible, sería caminar en falso y la ruta más larga, que ya ha conducido a las primeras pérdidas. Aunque muchas posturas defenderían a diferentes agentes como ideales para dirigir el proceso, modestamente se recomienda mantener el orden jerárquico, exigiendo un mayor involucramiento y velocidad desde la administración pública y universitaria.

3.4 Futuras líneas de investigación

El presente trabajo es fruto de la profundización de diferentes contenidos relacionables con la implantación BIM, y la universidad, que salen de su contexto habitual permitiendo plasmar nuevos enfoques.

Para futuros trabajos se recomendaría una mayor transversalidad con otras profesiones, que amplificarán la visión global. También sería interesante conocer la postura de los profesionales No BIM con entendimiento sobre la materia, e ir descubriendo las falencias del sistema.

Por último, la especialización de cada subtema estudiado y su profundización, son posibles direcciones para tomar. Este trabajo recoge y ordena información dispersa de manera somera, recabando las principales fuentes de referencia. La estructuración más especializada a partir de la bibliografía puede ser otra alternativa a trabajar.

4.1 Bibliografía en texto

1. Martínez JL. BIM... LUCES Y SOMBRAS, DOS AÑOS DESPUÉS. En: EUBIM 2013 Congreso Internacional BIM / 1º Encuentro de Usuarios BIM. 2013.
2. Solar P, Andrés S, Vivas MD, Peña A, Liébana Ó. Uso BIM en proyectos de construcción en España. Spanish journal of BIM. 2016;16(1):4-12.
3. Coloma E. CÓMO CURAR LA ENAJENACIÓN UNIVERSITARIA. En: EUBIM 2013 Congreso Internacional BIM / 1º Encuentro de Usuarios BIM [Internet]. 2013. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/29127>
4. Fuentes Giner B, Zaragoza Angulo JM. Impacto del BIM en el proceso constructivo español. [Internet]. Valencia: Servicios y Comunicación LGV, 2014; 2016. (Cuadernos EUBIM). Disponible en: <http://ponton.uva.es/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat03603a&AN=UVa.b1783143&lang=es&site=eds-live>
5. Prieto A, Reyes A. BIM como paradigma de la modernización del flujo de trabajo en el sector de la construcción. Spanish journal of BIM. 2015;15(2):36-45.
6. López J, Mateu M. BIM EN 8 PUNTOS [Internet]. es.BIM; 2016. Disponible en: https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/01/Documento_difusion_BIM.pdf
7. Fernández T. BIM IS NOT ENOUGH - Entornos Convergentes. En: EUBIM 2013 Congreso Internacional BIM / 1º Encuentro de Usuarios BIM [Internet]. 2013. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/29127>
8. Computer Integrated Construction Research Program. (2011). "BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.1." May, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA.
9. Badrinath AC, Chang Y-T, Hsieh S-H. An Overview of Global Research Trends in BIM from Analysis of BIM Publications. En: proceedings of 16th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE 2016), July. 2016.
10. Fernández Á, Ferreiro G. DESARROLLO DE ESTRATEGIAS BOTTOM-UP EN LA IMPLANTACIÓN DE BIM EN LA UNIVERSIDAD: EL MODELO BIM CAMPUS. En: EUBIM 2014 Congreso Internacional BIM / 2º Encuentro de Usuarios BIM [Internet]. 2014. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/37634>

11. Eastman CM. Building product models: computer environments supporting design and construction. Boca Raton, Fla: CRC Press; 1999. 411 p.
12. Alberola R, Arce C, Martín B, Martínez J, Molina I. El IM DEL BIM. BUILDING INFORMATION MANAGER. En: EUBIM 2014 Congreso Internacional BIM / 2º Encuentro de Usuarios BIM [Internet]. 2014. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/37634>
13. Di Giuda GM, Villa V. Técnica BIM: Análisis comparativo sobre su estado en diversos países europeos y extracomunitarios. Desarrollo y difusión en el ámbito internacional. En: Congreso Internacional BIM. Valencia: Universitat Politècnica de València; 2015. p. 168-79.
14. Putz C, Cuba Segura J, Heins C, Helmus M, Meins A, Kelm A, et al. The BIM Game: De las políticas de integración de BIM a la formación de los futuros profesionales de la construcción. EUBIM 2017 Congreso Internacional BIM / 6º Encuentro de Usuarios BIM [Internet]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/51323>
15. Parlamento Europeo 2014. DIRECTIVA 2014/24/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 26 de febrero de 2014 sobre contratación pública y por la que se deroga la Directiva 2004/18/CE [Internet]. 2014. Disponible en: <http://boe.es/doue/2014/094/L00065-00242.pdf>
16. EUBIM Task Group. Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo [Internet]. Disponible en: https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2018/02/manual_esp.pdf
17. Puppo Martínez ME, Fernández Villalobos N. Direcciones de la Arquitectura Doméstica Contemporánea. Morfología, Fenomenología e Ideología [Internet]. 2014 [citado 27 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat03603a&AN=UVa.b1713017&site=eds-live>
18. Bruscato Portella U. De lo digital en arquitectura. [Internet] [Dissertation/Thesis]. Universitat Politècnica de Catalunya, 2006.; 2006. Disponible en: <http://ponton.uva.es/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edstdx&AN=edsdx.10803.6560&lang=es&site=eds-live>

19. Domínguez Uceta E. 100 obras maestras de la arquitectura española [Internet]. 2013 [citado 27 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat03603a&AN=UVa.b1667225&site=eds-live>
20. Muñoz S. BuildingSMART introducción al BIM [Internet]. 2016. Disponible en: <https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2016/06/esBIM-Sergio-Munoz-BuildingSmart-Introduccion-al-BIM.pdf>
21. Val Fiel M, Beteta M. INTEGRACIÓN DEL DISEÑO PARAMÉTRICO VINCULADO A LA FABRICACIÓN DIGITAL EN LOS MODELOS BIM. En: EUBIM 2014 Congreso Internacional BIM / 2º Encuentro de Usuarios BIM [Internet]. 2014. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/37634>
22. SmartMarket Report. The Business Value of BIM in North America mutli year trean analysis and user ratings (2007-2012) [Internet]. 2012. Disponible en: http://download.autodesk.com/us/offercenter/smartmarket2012/SmartMarket_2012_Prelim.pdf
23. Santamaría Gallardo L, Hernández Guadalupe J. Salto al BIM: estrategias BIM de calidad para empresas punteras del sector AEC. [Internet]. Madrid: JHGuadalupe, 2017; 2017. Disponible en: <http://ponton.uva.es/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat03603a&AN=UVa.b1762862&lang=es&site=eds-live>
24. Perea R, Pérez I, Cocco F. BIM EN LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN. En: EUBIM 2014 Congreso Internacional BIM / 2º Encuentro de Usuarios BIM. 2014.
25. Domínguez GB. CREACIÓN Y DESTRUCCIÓN DE LA BURBUJA INMOBILIARIA EN ESPAÑA. 1998;18.
26. Magriñá Amat A. Evolución del sector de la construcción [Internet] [masterThesis]. Universitat Politècnica de Catalunya; Disponible en: <http://ponton.uva.es/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsrec&AN=edsrec.2072.211876&lang=es&site=eds-live>
27. Galceran Huguet M. Entre la academia y el mercado. Las Universidades en el contexto del capitalismo basado en el conocimiento: Between academy and market. Universities in the capitalism context based in knowledge. Athenea Digital: revista de pensamiento e investigación social [Internet]. 2013;(1):155. Disponible en:

<http://ponton.uva.es/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsdnp&AN=edsdnp.4165335ART&lang=es&site=eds-live>

28. Eco U. Cómo se hace una tesis: técnicas y procedimientos de estudio, investigación y escritura. [Internet]. Barcelona: Gedisa, 2006; 2006. (Biblioteca de educación (Gedisa). Herramientas universitarias: 7). Disponible en: <http://ponton.uva.es/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat03603a&AN=UVa.b1509150&lang=es&site=eds-live>
29. Gustavo TL. La Universidad Española y el Proceso de Bolonia: Consideraciones para su análisis / The Spanish University and Bologna Process: Considerations for this analysis. Actualidades Investigativas en Educación [Internet]. 2015;(2):64. Disponible en: <http://ponton.uva.es/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edssci&AN=edssci.S1409.47032015000200008&lang=es&site=eds-live>
30. EURYDICE (Organización). La educación superior en Europa 2010: el impacto del proceso de Bolonia. Madrid: Ministerio de Educación, Secretaría General Técnica; 2011.
31. Global standards for open BIM - Annual Report 2014 [Internet]. buildingSMART; 2015 jun p. 24. Disponible en: www.buildingsmart.org
32. Andrés S, Solar P del, Peña A de la, Vivas MD. Implementation of BIM in Spanish construction industry = Implementación BIM en la industria española de la construcción. Building & Management [Internet]. 30 de abril de 2017 [citado 24 de marzo de 2018];1(1):1. Disponible en: http://polired.upm.es/index.php/building_management/article/view/3519
33. Gómez G, Dueñas C, Bravo C, Martín N, Molins M. Encuesta de Situación Actual [Internet]. 2017 may. Disponible en: https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/05/GT1_Estrategia-SG1_3_Encuesta_de_Situacion.pdf
34. Madrid J. Nivel de desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptación a España. Spanish journal of BIM. 2015;15(1):40-56.

35. Gea M. La eficacia del BIM: Primer premio del concurso del I Congreso Internacional BIM. Valladolid 2014: "DEL BIM AL BIG DATA. Spanish journal of BIM. 2015;15(1):66-74.
36. es.BIM. Segunda reunión comisión [Internet]. 2015 oct 6; España. Disponible en: <https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2016/09/2-Reunion-Comision-BIM.pdf>
37. Davies K, Wilkinson S, McMeel D. A review of specialist role definitions in BIM guides and standards. Journal of Information Technology in Construction (ITcon). 2017;22(10):185–203.
38. Uhm M, Lee G, Jeon B. An analysis of BIM jobs and competencies based on the use of terms in the industry. Automation in Construction [Internet]. septiembre de 2017 [citado 11 de enero de 2018];81:67-98. Disponible en: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S092658051630259X>
39. Gámez FC. Definición de roles en procesos BIM [Internet]. Disponible en: https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/06/GT2_Personas-SG2_3_Roles-ilovepdf-compressed.pdf
40. Calcagno F. 50 Sombras del BIM - Coordinación de Ingenierías BIM [Internet]. Miller&CO; Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=hpekzrpX3Ec&feature=youtu.be>
41. Maldonado E. Estrategias de implantación de enseñanza BIM en estudios de postgrado. Experiencia en la Universidad Politécnica de Madrid. Spanish journal of BIM. 2016;16(1):30-9.
42. Mora A. EL BIM EN LA FORMACIÓN PROFESIONAL. INTEGRACIÓN EN LOS ESTUDIOS DE TÉCNICO SUPERIOR DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN. En: EUBIM 2013 Congreso Internacional BIM / 1º Encuentro de Usuarios BIM [Internet]. 2013. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/29127>
43. Cos F, López G. Implantación de metodología BIM en asignatura del Máster Universitario de Edificación de la Universidad Politécnica de Valencia. Spanish journal of BIM. 2016;16(1):48-54.
44. Cortés E. BIM: ¿Por qué?, ¿Para qué?, ¿Para quién? Spanish journal of BIM. 2015;15(1):64-5.
45. Maldonado E, Valderrama F. ESTUDIOS DE POSTGRADO BIM: FORMACIÓN ESPECIALIZADA PARA UNA METODOLOGÍA EN ALZA. EUBIM 2015 Congreso Internacional BIM / 3º Encuentro de Usuarios BIM.

46. Beteta M, Val Fiel M. PROTOCOLOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN BIM EN EL DISEÑO DEL PROYECTO. En: EUBIM 2014 Congreso Internacional BIM / 2º Encuentro de Usuarios BIM [Internet]. 2014. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/37634>
47. Oliver Faubel I. Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación. Diseño de una propuesta. 2015.
48. Jurado Egea J. Aprendizaje integrado en arquitectura con modelos virtuales: implementación de metodología BIM en la docencia universitaria [Internet] [Dissertation/Thesis]. E.T.S. Arquitectura (UPM).; Disponible en: <http://ponton.uva.es/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edstdx&AN=eds tdx.10803.454054&lang=es&site=eds-live>
49. Liébana Ó, Agulló J. INTEGRACIÓN DE METODOLOGÍA S-BIM EN MÁSTER UNIVERSITARIO OFICIAL DE ESTRUCTURAS EN EDIFICACIÓN. En: EUBIM 2013 Congreso Internacional BIM / 1º Encuentro de Usuarios BIM. 2013.
50. Reyes A, Candelario A, Méndez F, Cortés J, Prieto A. ADOPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA BIM EN LA ASIGNATURA “PROYECTOS” DE LOS GRADOS DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES. En: EUBIM 2014 Congreso Internacional BIM / 2º Encuentro de Usuarios BIM [Internet]. 2014. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/37634>
51. Piedecausa-García B, Pérez-Sánchez VR, Mora-García RT, Pérez-Sánchez JC. EMPLEO DE METODOLOGÍAS BIM EN ASIGNATURAS DE CONSTRUCCIÓN DEL GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA. En: EUBIM 2017 Congreso Internacional BIM / 6º Encuentro de Usuarios BIM [Internet]. p. 11. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/81903>
52. Nieto JE, Quiñones R, Llorens S, Cortés I. EXPERIENCIA INTEGRADORA DE LA TECNOLOGÍA BIM EN LA ETSIE DE SEVILLA. En: EUBIM 2014 Congreso Internacional BIM / 2º Encuentro de Usuarios BIM [Internet]. 2014. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/37634>
53. Aldeanueva M, García A, Barrios J, De la Torre C. BIM: PAUTAS ESTRATÉGICAS PARA LA REGENERACIÓN DEL MÉTODO DOCENTE EN LAS ESCUELAS DE ARQUITECTURA. En: EUBIM 2017 Congreso Internacional BIM / 6º Encuentro de Usuarios BIM [Internet]. p. 10. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/81903>

54. López C-G. EXPERIENCIA DE IMPLANTACIÓN DE METODOLOGÍA BIM EN PLAN DE ESTUDIOS DEL MÁSTER UNIVERSITARIO DE EDIFICACIÓN DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. En: EUBIM 2016 Congreso Internacional BIM / 5º Encuentro de Usuarios BIM [Internet]. 2016. p. 10. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/64633>
55. Adamu ZA. How universities are teaching BIM: a review and case study from the UK. Journal of Information Technology in Construction (ITcon). 2016;21(8):119–139.
56. McGough D, Ahmed A, Austin S. INTEGRATION OF BIM IN HIGHER EDUCATION: CASE STUDY OF THE ADOPTION OF BIM INTO COVENTRY UNIVERSITY'S DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND BUILDING. :11.
57. Oliver Faubel I. ANÁLISIS PRELIMINAR AL DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LOS PROGRAMAS DOCENTES DE LOS ESTUDIOS DE GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA. En: EUBIM 2016 Congreso Internacional BIM / 5º Encuentro de Usuarios BIM [Internet]. 2016. p. 11. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/64633>
58. Latorre A, Sanz C, Sánchez B, Vidaurre M. INTEGRACIÓN DE BIM EN ARQUITECTURA Y ARQUITECTURA TÉCNICA. ANÁLISIS DE LAS ÓRDENES ECI. En: EUBIM 2016 Congreso Internacional BIM / 5º Encuentro de Usuarios BIM [Internet]. 2016. p. 9. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/64633>
59. Gallego Navarro T, Huedo Dorda P. INTRODUCCIÓN DEL CONCEPTO BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) EN EL GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA DE LA UNIVERSITAT JAUME I. EUBIM 2015 Congreso Internacional BIM / 3º Encuentro de Usuarios BIM [Internet]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/51323>
60. Agulló J, Jurado J, Liébana Ó, Inglés B. MARCO DE IMPLANTACIÓN DE METODOLOGÍA BIM EN TITULACIÓN DE ARQUITECTURA. En: EUBIM 2016 Congreso Internacional BIM / 5º Encuentro de Usuarios BIM [Internet]. 2016. p. 11. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/64633>
61. Embedding Building Information Modelling (BIM) within the taught curriculum. BIM Academic Forum; 2013.

62. Underwood J, Ayoade OA, Khosrowshahi F, Greenwood D, Pittard S, Garvey R. Current position and associated challenges of BIM education in UK higher education [Internet]. 2015. Disponible en: <http://usir.salford.ac.uk/35164/>
63. Aramburu A, Gómez JL, Martínez N. ÁRGOLA ARQUITECTOS. CASO DE ÉXITO DE IMPLANTACIÓN BIM. En: EUBIM 2014 Congreso Internacional BIM / 2º Encuentro de Usuarios BIM [Internet]. 2014. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/37634>
64. National BIM Report 2017 [Internet]. 2017. Disponible en: <https://www.thenbs.com/knowledge/nbs-national-bim-report-2017>
65. Casado JL. Análisis de la Encuesta de Situación Actual 2017 [Internet]. 2017 jul. Disponible en: https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/07/esBIM_Encuesta.pdf

4.2 Bibliografía en figuras

Fig. 1 Vehículo clasico frente a edificio de Le Corbusier 1928/Fuente: https://es.wikiarquitectura.com/edificio/casa-doble-en-la-weissenhofsiedlung/	11
Fig. 2 Vehículo moderno frente a edificio de Le Corbusier /Fuente: http://www.automotoportal.com/photos/smart_forfour_BRABUS_SBR_at_Geneva/7	11
Fig. 3 Esquema metodológico/Fuente: Elaboración propia	15
Fig. 4 Fases del proyecto durante el ciclo de vida/Fuente: http://mbim.blogs.upv.es/files/2015/07/ciclo-de-vida-bim.jpg	19
Fig. 5 Niveles de madurez BIM/Fuente: BSI_PAS_1192_2_2013. (2013, marzo). © The British Standards Institution 2013. Published by BSI Standards Limited 2013.....	19
Fig. 6 Esquema gráfico de niveles de desarrollo LOD 500 y 600/ Fuente: Madrid, J. (2015). Nivel de desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptación a España. Spanish journal of BIM, 15(1), 40-56.	20
Fig. 7 Publicaciones BIM por año WOS/Fuente: https://wcs.webofknowledge.com/RA/analyze.do	22
Fig. 8 Publicaciones BIM por año SCOPUS/Fuente: https://www.scopus.com/term/analyzer.uri?sid=4698b1a5feb55731508b1ad189d5bbbd&origin=resultslist&src=s&s=TITLE-ABS-KEY%28bim%29&sort=plf-f&sdt=cl&sot=b&sl=18&count=5426&analyzeResults=Analyze+results&cluster=scosu	22

Fig. 9 Publicaciones BIM por Campos/Fuente: Badrinath, A. C., Chang, Y.-T., & Hsieh, S.-H. (2016). An Overview of Global Research Trends in BIM from Analysis of BIM Publications. En proceedings of 16th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE 2016), July.	23
Fig. 10 Publicaciones BIM por países/Fuente: Badrinath, A. C., Chang, Y.-T., & Hsieh, S.-H. (2016). An Overview of Global Research Trends in BIM from Analysis of BIM Publications. En proceedings of 16th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE 2016), July.	23
Fig. 11 Publicaciones BIM por países WOS/Fuente: https://wcs.webofknowledge.com/RA/analyze.do	24
Fig. 12 Publicaciones BIM por países Scopus/Fuente: https://www.scopus.com/term/analyzer.uri?sid=4698b1a5feb55731508b1ad189d5bbbd&origin=resultslist&src=s&s=TITLE-ABS-KEY%28bim%29&sort=plf-f&sdt=cl&sot=b&sl=18&count=5426&analyzeResults=Analyze+results&cluster=s	24
Fig. 13 Cronología entre sucesos BIM y españoles/Fuente: elaboración propia	26
Fig. 14 Evolución de las nuevas tecnologías y estado de situación actual/Fuente: https://www.esbim.es/blog/bim-intentando-tocar-la-realidad-en-espana/	28
Fig. 15 Cronología de implantación BIM en países europeos/Fuente: Muñoz, S. (2016). BuildingSMART introducción al BIM. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2016/06/esBIM-Sergio-Munoz-BuildingSmart-Introduccion-al-BIM.pdf	31
Fig. 16 Asamblea General, Bruselas, 20 de enero de 2017 y países participantes Fuente: es.BIM. (2017, mayo). Quinta reunión comisión. España. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/06/esBIM_Quinta_reunion_v06.pdf	32
Fig. 17 Programas Nacionales de Implantación en rápida evolución/Fuente: López, J. (2017, noviembre). Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del Sector Público Europeo. Madrid. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/12/171130_esBIM_8_Manual-EUBIM.pdf	33
Fig. 18 Directorio de Capítulos BuildingSMART, revisado por última vez abril 2018/Fuente https://www.buildingsmart.org/chapters/chapter-directory/	33
Fig. 19 Escultura Pez Dorado de Frank Ghery, diseñado a través de ordenador/Fuente: fotografía del autor.....	36
Fig. 20 Obras seleccionados relación por tipológica/Fuente: elaboración propia	37
Fig. 21 Torres Business Area de Madrid/Fuente: http://madrid.ociogo.com/fotos/cuatro-torres-business-area-madrid/	37

Fig. 22 Vista desde parque Guell en Barcelona hacia la ciudad, al fondo torre Agbar, referente de la ciudad/Fuente: fotografía del autor.....	37
Fig. 23 Obras seleccionados relación por autores y en colaboración/Fuente: elaboración propia.....	38
Fig. 24 Análisis del traspaso al BIM por parte de los arquitectos de los proyectos estudiados/Fuente: elaboración propia.	39
Fig. 25 Museo Internacional del Espía – Modelo Virtual BIM – Arquitecto: Richard Rogers/ Fuente: https://www.rsh-p.com/projects/international-spy-museum/	40
Fig. 26 Nueva Sede de Lombard Odier – Modelo Virtual BIM – Arquitecto: Herzog & de Meuron/ Fuente: https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works/476-500/480-lombard-odier.html	40
Fig. 27 Mercado de los encantos – Modelo Virtual BIM – Arquitecto: B720/ Fuente: http://b720.com/es/portfolio/mercat-dels-encants/	40
Fig. 28 Nuevo Aeropuerto Internacional de México – Modelo Virtual BIM – Arquitecto: Foster and Partners/ Fuente: https://www.fosterandpartners.com/es/projects/new-international-airport-mexico-city/#gallery	41
Fig. 29 Torre universidad – Modelo Virtual BIM – Arquitecto: Carlos Rubio Carvajal/ Fuente: http://rubioarquitectura.com/es/portfolio/university-tower/	41
Fig. 30 Estadio de Bilbao, creado a partir de programación/ Fuente: fotografía del autor.....	42
Fig. 31 Viviendas de segunda residencia inacabadas, cerca de Valencia. Muchos proyectos se abandonaron ante la imposibilidad de financiarlos o venderlos/Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Crisis_inmobiliaria_espa%C3%B1ola_de_2008-2014	45
Fig. 32 Ventajas del modelo de contratacion IPD frente a modelo tradicional/ Fuente: MacLeamy, P. (2004, agosto). MacleamyCurve. Recuperado a partir de http://www.msa-ipd.com/MacleamyCurve.pdf	46
Fig. 33 Ampliación del canal de Panamá a cargo del consorcio GUPC conformado por las empresas Sacyr Vallehermoso (España), Impregilo (Italia), Jan de Nul (Bélgica) y Constructora Urbana S.A. (Panamá)/ Fuente: http://www.sacyr.com/es_es/images/AF_FolletoWeb_Espanol_	47
Fig. 34 Levantamiento mediante escáner laser del museo colegio de San Gregorio/Fuente: www.uva.es/davap47	
Fig. 35 Carga de trabajo/duración de los programas de grados (arriba) y másteres (abajo) más frecuentes en los países de Bolonia, 2009/10. Fuente: EURYDICE (Organización). (2011). La educación superior en Europa 2010: el impacto del proceso de Bolonia. Madrid: Ministerio de Educación, Secretaría General Técnica.	49
Fig. 36 Hacinamiento consecuencia de la revolución industrial en Alemania (Mietskaserne)/Fuente: https://i.pinimg.com/originals/4b/8e/f1/4b8ef1407cd65d91608ccbcf8433daad.jpg	50

Fig. 37 El Proceso de Bolonia: de La Sorbona a Bucarest, 1998-2012/Fuente: Europäische Kommission (Ed.). (2015). The European higher education area in 2015: Bologna process implementation report. Brussels: Education, Audiovisual and Culture Executive Agency [u.a.].....	51
Fig. 38 Implantación del sistema ECTS y del Suplemento al Título, 2009/10 Fuente: EURYDICE (Organización). (2011). La educación superior en Europa 2010: el impacto del proceso de Bolonia. Madrid: Ministerio de Educación, Secretaría General Técnica.	52
Fig. 39 Estructura de estudios universitarios en España/Fuente: http://www.eees.es/es/eees	52
Fig. 40 Distribución porcentual del número de licitaciones según Comunidades Autónomas/Fuente: Palmero, C. (2017, noviembre). Presentación Observatorio de Licitaciones. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/12/171130_esBIM_6_Observatorio.pdf	59
Fig. 41 Participación por comunidad-ciudad autónoma/Fuente: es.BIM. (2017, mayo). Quinta reunión comisión. España. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/06/esBIM_Quinta_reunion_v06.pdf	59
Fig. 42 Uso de herramientas BIM – Etapas del ciclo de vida del proyecto/Fuente: Tabla 5 - Solar, P., Andrés, S., Vivas, M. D., Peña, A., & Liébana, Ó. (2016). Uso BIM en proyectos de construcción en España. Spanish journal of BIM, 16(1), 4-12.....	60
Fig. 43 Fases de los trabajos que se utiliza BIM/Fuente: Gómez, G., Dueñas, C., Bravo, C., Martín, N., & Molins, M. (2017, mayo). Encuesta de Situación Actual. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/05/GT1_Estrategia-SG1_3_Encuesta_de_Situacion.pdf	60
Fig. 44 Uso del BIM por edades/Fuente: Tabla 1 - Solar, P., Andrés, S., Vivas, M. D., Peña, A., & Liébana, Ó. (2016). Uso BIM en proyectos de construcción en España. Spanish journal of BIM, 16(1), 4-12.....	61
Fig. 45 Uso del BIM por edades/Fuente: Gómez, G., Dueñas, C., Bravo, C., Martín, N., & Molins, M. (2017, mayo). Encuesta de Situación Actual. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/05/GT1_Estrategia-SG1_3_Encuesta_de_Situacion.pdf	61
Fig. 46 Entrenamiento BIM/Fuente: Tabla 11 - Solar, P., Andrés, S., Vivas, M. D., Peña, A., & Liébana, Ó. (2016). Uso BIM en proyectos de construcción en España. Spanish journal of BIM, 16(1), 4-12.	62
Fig. 47 Formación BIM recibida + Tipo /Fuente: Gómez, G., Dueñas, C., Bravo, C., Martín, N., & Molins, M. (2017, mayo). Encuesta de Situación Actual. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/05/GT1_Estrategia-SG1_3_Encuesta_de_Situacion.pdf	62

Fig. 48 Reuniones sostenidas por la Comisión BIM, última y quinta reunión mayo 2017/Fuente: es.BIM. (2017, mayo). Quinta reunión comisión. España. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/06/esBIM_Quinta_reunion_v06.pdf 63

Fig. 49 Esquema organizativo Comisión BIM/Fuente Elaboración Propia 64

Fig. 50 Documentos que conforman la Guía uBIM Fuente:
<https://www.buildingsmart.es/recursos/gu%C3%ADas-ubim/> 65

Fig. 51 Recursos de información sobre BIM en España, la universidad no es considerada/Fuente: Gómez, G., Dueñas, C., Bravo, C., Martín, N., & Molins, M. (2017, mayo). Encuesta de Situación Actual. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/05/GT1_Estrategia-SG1_3_Encuesta_de_Situacion.pdf .. 68

Fig. 52 Esquema general de etapas y fases del proyecto constructivo BIM/Fuente: Choclán, F., Barco, D., Sánchez, V., Fuentes Giner, B., Collado, C., López, A., ... García, A. (2017). Definición de Roles en procesos BIM (p. 95). es.BIM. Recuperado a partir de <https://www.esbim.es/descargas/> 70

Fig. 53 Organigrama de roles BIM/Fuente: Choclán, F., Barco, D., Sánchez, V., Fuentes Giner, B., Collado, C., López, A., ... García, A. (2017). Definición de Roles en procesos BIM (p. 95). es.BIM. Recuperado a partir de <https://www.esbim.es/descargas/> 74

Fig. 54 Organigrama de roles BIM/Fuente: Choclán, F., Barco, D., Sánchez, V., Fuentes Giner, B., Collado, C., López, A., ... García, A. (2017). Definición de Roles en procesos BIM (p. 95). es.BIM. Recuperado a partir de <https://www.esbim.es/descargas/> 75

Fig. 55 Organigrama de roles BIM/Fuente: Choclán, F., Barco, D., Sánchez, V., Fuentes Giner, B., Collado, C., López, A., ... García, A. (2017). Definición de Roles en procesos BIM (p. 95). es.BIM. Recuperado a partir de <https://www.esbim.es/descargas/> 77

Fig. 56 Organigrama de roles BIM/Fuente: Choclán, F., Barco, D., Sánchez, V., Fuentes Giner, B., Collado, C., López, A., ... García, A. (2017). Definición de Roles en procesos BIM (p. 95). es.BIM. Recuperado a partir de <https://www.esbim.es/descargas/> 78

Fig. 57 Organigrama de roles BIM/Fuente: Choclán, F., Barco, D., Sánchez, V., Fuentes Giner, B., Collado, C., López, A., ... García, A. (2017). Definición de Roles en procesos BIM (p. 95). es.BIM. Recuperado a partir de <https://www.esbim.es/descargas/> 80

Fig. 58 Organigrama de roles BIM/Fuente: Choclán, F., Barco, D., Sánchez, V., Fuentes Giner, B., Collado, C., López, A., ... García, A. (2017). Definición de Roles en procesos BIM (p. 95). es.BIM. Recuperado a partir de <https://www.esbim.es/descargas/> 82

Fig. 59 Organigrama de roles BIM/Fuente: Choclán, F., Barco, D., Sánchez, V., Fuentes Giner, B., Collado, C., López, A., ... García, A. (2017). Definición de Roles en procesos BIM (p. 95). es.BIM. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/descargas/	83
Fig. 60 Entorno de colaboración/Fuente Choclán, F., Barco, D., Sánchez, V., Fuentes Giner, B., Collado, C., López, A., ... García, A. (2017). Definición de Roles en procesos BIM (p. 95). es.BIM. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/descargas/	84
Fig. 61 Competencias para un profesional BIM/Fuente: elaboración propia	86
Fig. 62 Percepción sobre el cambio BIM vs CAD/Fuente: Gómez, G., Dueñas, C., Bravo, C., Martín, N., & Molins, M. (2017, mayo). Encuesta de Situación Actual. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/05/GT1_Estrategia-SG1_3_Encuesta_de_Situacion.pdf	87
Fig. 63 Formación BIM por tipo de organismo/Fuente: Gómez, G., Dueñas, C., Bravo, C., Martín, N., & Molins, M. (2017, mayo). Encuesta de Situación Actual. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/05/GT1_Estrategia-SG1_3_Encuesta_de_Situacion.pdf1	89
Fig. 64 Documentos sobre “Building Information Modeling” por países hispanohablantes 2017/ Fuente: SCOPUS junio 2018.....	91
Fig. 65 Publicaciones BIM por años en España 2017/ Fuente: SCOPUS junio 2018.....	91
Fig. 66 Producción de documentos BIM por universidades españolas/Fuente: SCOPUS 06/2018	92
Fig. 67 Producción de documentos BIM por universidades en el mundo/Fuente: SCOPUS 06/2018	92
Fig. 68 Portadas de libros BIM autores españoles	93
Fig. 69 Portada documento de difusión de es.BIM/Fuente www.esbim.es/descargas/	93
Fig. 70 Portada libros de actas años 2016-017 EUBIM/Fuente: www.eubim.com	93
Fig. 71 Portadas de las revistas “Spanish Journal of BIM” de BSSCH desde su primer ejemplar/Fuente www.buildingsmart.es/journal-sjbim/historial/	93
Fig. 72 Factores por considerar en la formación BIM dentro de la universidad española/Fuente: elaboración propia.	96
Fig. 73 Oferta de estudios de posgrado en BIM en la universidad pública española 2015 Fuente: Oliver Faubel, I. (2015). Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación. Diseño de una propuesta.....	100

Fig. 74 Oferta de estudios de posgrado en BIM en la universidad privada española 2015 Fuente: Oliver Faubel, I. (2015). Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación. Diseño de una propuesta.....101

Fig. 75 Relación LOD/D BIM/Modelo Tradicional 2015 Interpretación de la autora de la correspondencia entre fases/ Fuente: Oliver Faubel, I. (2015). Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación. Diseño de una propuesta.102

Fig. 76 Esquema de implantación BIM. Grado Fundamentos de la Arquitectura 2016/ Fuente: Agulló, J., Jurado, J., Liébana, Ó., & Inglés, B. (2016). MARCO DE IMPLANTACIÓN DE METODOLOGÍA BIM EN TITULACIÓN DE ARQUITECTURA. En EUBIM 2016 Congreso Internacional BIM / 5º Encuentro de Usuarios BIM (p. 11).102

Fig. 77 Instituciones miembros iniciales del BAF 2013/Fuente: Embedding Building Information Modelling (BIM) within the taught curriculum. (2013, junio). BIM Academic Forum.104

Fig. 78 Nivel de conocimientos y habilidades BIM en Reino Unido/ Fuente: National BIM Report 2017. (2017). Recuperado a partir de <https://www.thenbs.com/knowledge/nbs-national-bim-report-2017>104

Fig. 79 Nivel de conocimientos y habilidades BIM en España/ Fuente: Casado, J. L. (2017, julio). Análisis de la Encuesta de Situación Actual 2017. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/07/esBIM_Encuesta.pdf104

Fig. 80 Principales proveedores de herramientas BIM en Reino Unido/ Fuente: National BIM Report 2017. (2017). Recuperado a partir de <https://www.thenbs.com/knowledge/nbs-national-bim-report-2017>105

Fig. 81 Principales proveedores de herramientas BIM en España/ Fuente: Casado, J. L. (2017, julio). Análisis de la Encuesta de Situación Actual 2017. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/07/esBIM_Encuesta.pdf105

Fig. 82 Porcentaje de uso BIM en proyectos de Reino Unido 2017 /Fuente: National BIM Report 2017. (2017). Recuperado a partir de <https://www.thenbs.com/knowledge/nbs-national-bim-report-2017>107

Fig. 83 Porcentaje de uso BIM en proyectos de España 2017 /Fuente:Casado, J. L. (2017, julio). Análisis de la Encuesta de Situación Actual 2017. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/07/esBIM_Encuesta.pdf107

Fig. 84 Descripción general de los programas de maestría relacionados con BIM en universidades seleccionadas del Reino Unido y su formación Online Fuente: Adamu, Z. A. (2016). Adamu, Z. A. (2016). How universities are teaching BIM: a review and case study from the UK. Journal of Information Technology in Construction (ITcon), 21(8), 119–139.107

Fig. 85 Conocimiento BIM en España/ Fuente: Casado, J. L. (2017, julio). Análisis de la Encuesta de Situación Actual 2017. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/07/esBIM_Encuesta.pdf	108
Fig. 86 Conocimiento BIM en Reino Unido/ Fuente: National BIM Report 2017. (2017). Recuperado a partir de https://www.thenbs.com/knowledge/nbs-national-bim-report-2017	108
Fig. 87 Previsión implantación BIM en España/ Fuente: Casado, J. L. (2017, julio). Análisis de la Encuesta de Situación Actual 2017. Recuperado a partir de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/07/esBIM_Encuesta.pdf	110
Fig. 88 Previsión implantación BIM en Reino Unido/ Fuente: National BIM Report 2017. (2017). Recuperado a partir de https://www.thenbs.com/knowledge/nbs-national-bim-report-2017	110
Fig. 89 Análisis comparativo entre Reino Unido - España y los factores con incidencia para la formación BIM/ Fuente: elaboración propia.	111
Fig. 90 Comparación de dos Escuelas de Arquitectura en base a su grado de Madurez BIM/ Fuente: Aldeanueva, M., García, A., Barrios, J., & De la Torre, C. (s. f.). BIM: PAUTAS ESTRATÉGICAS PARA LA REGENERACIÓN DEL MÉTODO DOCENTE EN LAS ESCUELAS DE ARQUITECTURA. En EUBIM 2017 Congreso Internacional BIM / 6º Encuentro de Usuarios BIM (p. 10).	114

4.3 Bibliografía consultada

4.3.1 Libros

- Eastman, C. M. (Ed.). (2008). BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. Hoboken, N.J: Wiley.
- Eco, U. (2006). Cómo se hace una tesis: técnicas y procedimientos de estudio, investigación y escritura. Barcelona: Gedisa, 2006. Recuperado de <http://ponton.uva.es/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat03603a&AN=U Va.b1509150&lang=es&site=eds-live>
- Reyes Rodríguez, A. M., Cordero Torres, P., & Candelario Garrido, A. (2016). BIM: diseño y gestión de la construcción. Madrid: Anaya Multimedia, 2016. Recuperado de <http://ponton.uva.es/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat03603a&AN=U Va.b1734666&lang=es&site=eds-live>

4.3.2 Guías y reporte

- BSI. (2013). BSI_PAS_1192_2_2013.
- BSI. (2015). BSI_PAS_1192_5_2015.
- BSI. (2016). BS_1192_2007_A2_2016.
- BSI. (2018). BSI_PAS_1192_6_2018.
- BSSCH. (2014). GUIA DE USUARIOS BIM ubim-01-v1_parte_general.
- SmartMarket Report. (2012). The Business Value of BIM in North America mutli year trean analysis and user ratings (2007-2012). Recuperado de http://download.autodesk.com/us/offercenter/smartmarket2012/SmartMarket_2012_Prelim.pdf

4.3.3 Artículos en revistas científicas y profesionales

- Azhar, S. (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and management in engineering*, 11(3), 241–252.
- Bui, N., Merschbrock, C., & Munkvold, B. E. (2016). A Review of Building Information Modelling for Construction in Developing Countries. *Procedia Engineering*, 164, 487-494. doi:10.1016/j.proeng.2016.11.649
- Cortés, E. (2015). BIM: ¿Por qué?, ¿Para qué?, ¿Para quién? *Spanish journal of BIM*, 15(1), 64-65.
- Di Giuda, G. M., & Villa, V. (2015). Técnica BIM: Análisis comparativo sobre su estado en diversos países europeos y extracomunitarios. Desarrollo y difusión en el ámbito internacional. En Congreso Internacional BIM (pp. 168-179). Valencia: Universitat Politècnica de València. doi:<http://ocs.editorial.upv.es/index.php/EUBIM/EUBIM2015/paper/view/1538>
- Gu, N., & London, K. (2010). Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. *Automation in Construction*, 19(8), 988-999. doi:10.1016/j.autcon.2010.09.002
- Jardim-Goncalves, R., & Grilo, A. (2010). SOA4BIM: Putting the building and construction industry in the Single European Information Space. *Automation in Construction*, 19(4), 388-397. doi:10.1016/j.autcon.2009.11.009
- Kassem, M., & Succar, B. (2017). Macro BIM adoption: Comparative market analysis. *Automation in Construction*, 81, 286-299. doi:10.1016/j.autcon.2017.04.005
- Jung, Y., & Joo, M. (2011). Building information modelling (BIM) framework for practical implementation. *Automation in Construction*, 20(2), 126-133. doi:10.1016/j.autcon.2010.09.010

- Laakso, M., & Nyman, L. (2016). Exploring the Relationship between Research and BIM Standardization: A Systematic Mapping of Early Studies on the IFC Standard (1997–2007). *Buildings*, 6(1), 7. doi:10.3390/buildings6010007
- Miettinen, R., & Paavola, S. (2014). Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling. *Automation in Construction*, 43, 84-91. doi:10.1016/j.autcon.2014.03.009
- Migilinskas, D., Popov, V., Juocevicius, V., & Ustinovichius, L. (2013). The Benefits, Obstacles and Problems of Practical Bim Implementation. *Procedia Engineering*, 57, 767-774. doi:10.1016/j.proeng.2013.04.097
- Rezgui, Y., Zarli, A., & Hopfe, C. J. (2009). Building Information Modeling Applications, Challenges and Future Directions. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 14(39), 613–616.
- Smith, P. (2014). BIM Implementation – Global Strategies. *Procedia Engineering*, 85, 482-492. doi:10.1016/j.proeng.2014.10.575
- Son, H., Lee, S., & Kim, C. (2015). What drives the adoption of building information modeling in design organizations? An empirical investigation of the antecedents affecting architects’ behavioral intentions. *Automation in Construction*, 49, 92-99. doi:10.1016/j.autcon.2014.10.012
- Succar, B., Sher, W., & Williams, A. (2013). An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application. *Automation in Construction*, 35, 174-189. doi:10.1016/j.autcon.2013.05.016
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357-375. doi:10.1016/j.autcon.2008.10.003