

01-012

## **ANALYSIS OF THE MAIN CONTRIBUTIONS AND TRENDS IN THE IMPLEMENTATION OF BIM TECHNOLOGIES IN INDUSTRIAL PROJECTS.**

Araújo-Rey, Carlos; Sebastián, Miguel A.

Dpto. Ingeniería de Construcción y Fabricación. ETS de Ingenieros Industriales. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)

Innovation and technological evolution, with exponential growth in recent years, have for some time led to an important technical, economic and social transformation of different sectors and industries and, at the same time, are triggering changes in production, management and control systems.

The increasingly widespread use of new technologies is pointing to a more efficient adaptation to current industrial, productive and constructive needs, to a better assignment of resources, and to an optimization of processes and management. Although progress in this regard is taking hold, there is still a long way to go.

The present deployment towards the visual and 3D concepts in many of these technologies seems evident, often providing a great advantage when it comes to sharing information more easily.

Therefore, its use is being enhanced in numerous tools, some already existing and others completely new. It is at this point where we can include BIM (Building Information Modeling), whose current status and trends within industrial projects are being reviewed in this paper.

**Keywords:** *Industrial project; BIM; new technologies; trends; EPC*

## **ANÁLISIS DE LAS PRINCIPALES APORTACIONES Y TENDENCIAS EN LA APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS BIM A PROYECTOS INDUSTRIALES.**

La innovación y la evolución tecnológica, cuyo crecimiento es exponencial en los últimos años, llevan ya tiempo motivando una importante transformación técnica, económica y social de los diversos sectores e industrias y provocando a su vez cambios en sus sistemas de producción, gestión y control.

La cada vez más extendida utilización de las nuevas tecnologías apunta, entre otros propósitos, a una más eficiente adaptación a las necesidades industriales, productivas y constructivas actuales, a una mejor asignación de los recursos, y a una optimización de los procesos y de la gestión. Aunque el avance se antoja claro en estos aspectos, aún falta mucho camino por recorrer.

Parece no obstante evidente la presente tendencia hacia lo visual y lo tridimensional en muchas de esas tecnologías, proporcionando en muchos casos una gran ventaja a la hora de compartir cierta información con mayor facilidad.

Por ello, su uso está siendo potenciado en múltiples herramientas, algunas ya existentes y otras completamente nuevas. Es en este punto donde podemos englobar la tecnología de modelado de información de construcción BIM (Building Information Modeling), cuyo estado actual y expectativas dentro de los proyectos industriales son objeto de estudio en el presente artículo.

**Palabras clave:** *Proyecto industrial; BIM; nuevas tecnologías; tendencias; EPC*

Correspondencia: Carlos Araújo-Rey caraujo6@alumno.uned.es

Acknowledgements/Agradecimientos: Escuela Internacional de Doctorado de la UNED (EIDUNED)



©2019 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1. Introducción

### 1.1. Objeto de estudio

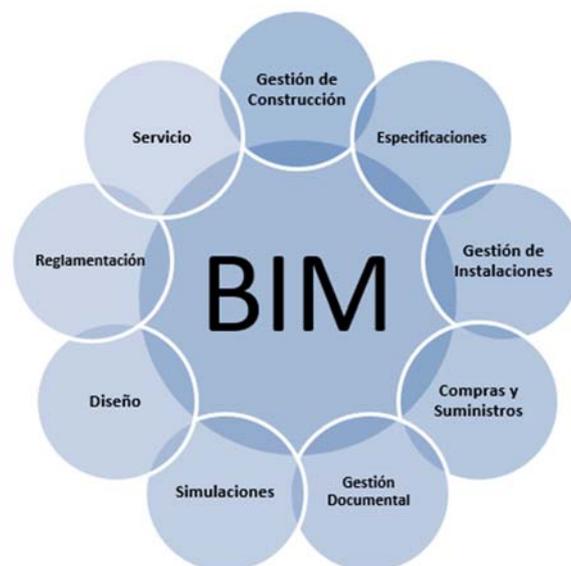
El presente artículo pretende ofrecer una visión del estado actual y las tendencias de uso de la tecnología de modelado de información de construcción, BIM, y su utilización en proyectos de construcción industriales.

Si bien el empleo de BIM se ha extendido principalmente dentro del ámbito de la edificación y las infraestructuras, se procurará en este estudio indagar acerca de su aplicación en proyectos industriales y averiguar si la implementación de la metodología BIM es una opción en proyectos EPC.

### 1.2. BIM

De acuerdo a es.BIM (n.d., párr. 1), iniciativa promovida por el Ministerio de Fomento de España, “BIM (Building Information Modeling) es una metodología de trabajo colaborativa para la gestión de proyectos de edificación u obra civil a través de una maqueta digital”, la cual “conforma una gran base de datos que permite gestionar los elementos que forman parte de la infraestructura durante todo el ciclo de vida de la misma”.

**Figura 1 - Aspectos integrados en el entorno BIM (Fuente: Reizgevičius et al., 2018, p. 2)**



BIM no es una herramienta digital, sino que “es una forma de trabajar: modelado de información y gestión de la información” en un ambiente colaborativo (es.BIM, n.d., párr. 3).

Sin embargo, esta definición se centra en el ámbito de la arquitectura y la obra civil, donde está más extendido su uso, pero existen otros ámbitos donde esta metodología y sus herramientas pueden ser aplicadas.

### 1.3. Proyectos industriales llave en mano, EPC y EPCM

Se puede definir un contrato EPC (Engineering, Procurement, Construction), como aquel proyecto que engloba las actividades, trabajos, obras e instalaciones mediante los cuales un

contratista general se compromete a completarlo en un plazo y con un precio pactados tras licitación, asumiendo los distintos procesos y tareas necesarios para llevarlo a buen término.

Los proyectos EPC son generalmente grandes y complejos y su formato está extendido en muchos sectores de la industria (Wagner 2018), que incluyen unidades de proceso en refinerías, tratamiento de hidrocarburos y plantas de regasificación en el sector de petróleo y gas, plantas de energía convencional y renovable en distintas tecnologías o minería y grandes infraestructuras.

Suelen considerarse comúnmente como proyectos de construcción llave en mano, aunque existen diversas acepciones considerando el alcance de los trabajos por parte del contratista, la ingeniería básica preliminar y la puesta en marcha.

Dependiendo de las responsabilidades que asumen los distintos agentes de un proyecto de este tipo, existen variantes que delimitan dicho alcance a asumir por cada uno. En el caso de los contratos EPCM (EPC Management) el contratista no se encarga de la construcción, sino que participa en el diseño y gestiona y coordina el proyecto (Riquelme, 2017).

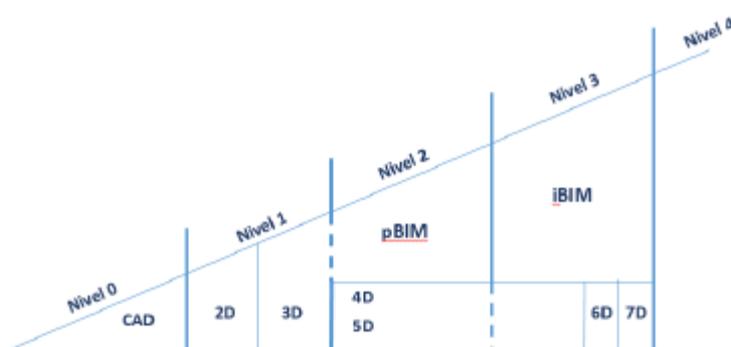
## 2. Fundamentos y situación de BIM

### 2.1. Características y definición

Se pueden encontrar múltiples definiciones acerca de BIM y sus características principales (EU BIM Task Group [EUBTG] 2017; Asociación Española de Normalización [UNE], n.d.), que en mayor o menor medida indican que se trata de una metodología de trabajo colaborativo para la gestión de proyectos y obras de construcción a través de un modelo digital compartido.

Permite la metodología BIM tanto gestionar información geométrica a través del modelo 3D digital (EUBTG, 2017) como simular, programar secuencias y actividades, optimizar recursos (UNE, n.d.) o ayudar a una más eficiente gestión de datos y costes. Además, facilita el intercambio de información gracias a las potentes herramientas que emplea y a un lenguaje común exportable (UNE, n.d.), suponiendo un paso más en la evolución de lo analógico hacia lo digital en la construcción desde los sistemas de diseño tradicionales basados en el plano.

Figura 2 - Niveles de maduración y dimensiones BIM (Fuente: Díaz, N., 2017, p. 17)



La transformación de dicha gestión tradicional hacia la implantación de la metodología BIM pasaría por los niveles indicados en la figura 2, los cuales a su vez se corresponderían con las distintas dimensiones de BIM: la gestión de la información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costes (5D), ambiental (6D) y de mantenimiento y gestión de instalaciones (7D) (Díaz 2017; IDP 2017).

El nivel 4 está aún en desarrollo, pero debido a la gran cantidad de información disponible y de metadatos del modelo digital en 3D, se prevé una tendencia hacia el diseño en base a la aplicación de Big Data y minería de datos (Díaz 2017).

El número de dimensiones de la metodología BIM es objeto de discusión aún y admite agregar conceptos, como el relativo a la seguridad y la salud, que algunos autores consideran la 8D (Pérez-Arnal 2017), u otras tales como construcción sin pérdidas (Lean Construction), As Built (Hassan 2017) o Gestión del Ciclo de Vida (Reizgevičius et al. 2018)

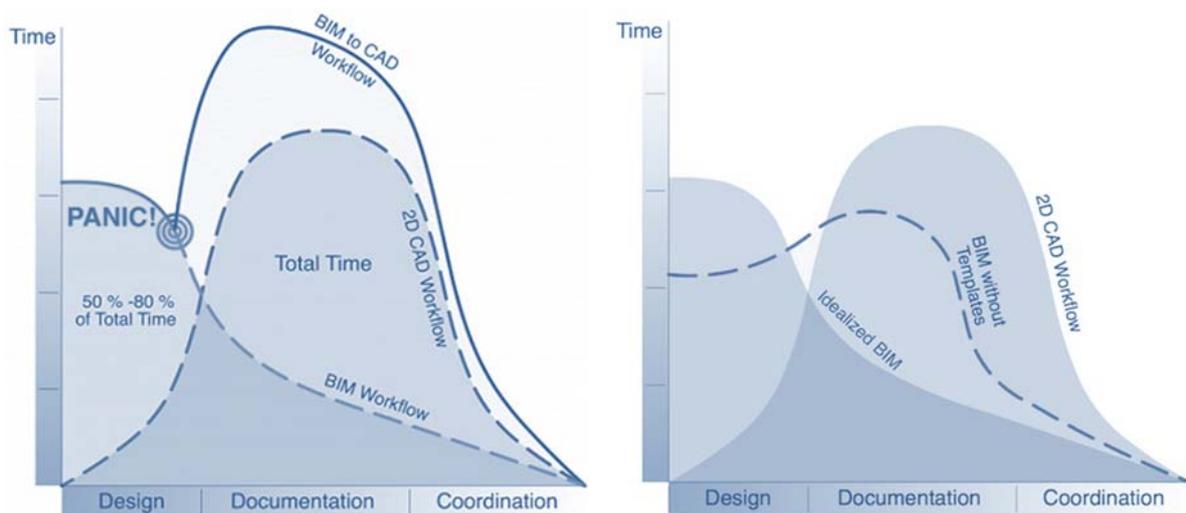
## 2.2. BIM vs. CAD

En cierto modo, la evolución y el impacto del BIM se podría comparar con la revolución de los procesos tecnológicos y digitales en los años ochenta y noventa del siglo XX y con la implementación de sistemas de diseño asistido por ordenador CAD (EUBTG 2017).

Las aplicaciones CAD imitan el proceso tradicional, dado que los dibujos electrónicos se crean a partir de elementos gráficos 2D. Los cambios de diseño deben seguirse e implementarse manualmente en cada dibujo. Las aplicaciones BIM por su parte, imitan el proceso de construcción real mediante el modelado virtual y los cambios de diseño se siguen automáticamente (Graphisoft n.d.). El modelado paramétrico añade dinamismo y flexibilidad al proceso y aunque la creación de elementos es un poco más compleja, facilitan su modificación, codificación y medición (Albornoz 2018).

En comparación con CAD, en BIM teóricamente la mayor parte del tiempo se consume en la fase de diseño para ir decreciendo conforme se avanza (fig. 3), aunque la curva representada difiere con lo que realmente sucede durante el transcurso del proyecto (fig. 4).

**Figuras 3 y 4 –CAD vs BIM y punto de pánico / Curva real (Fuente: Banks 2015)**



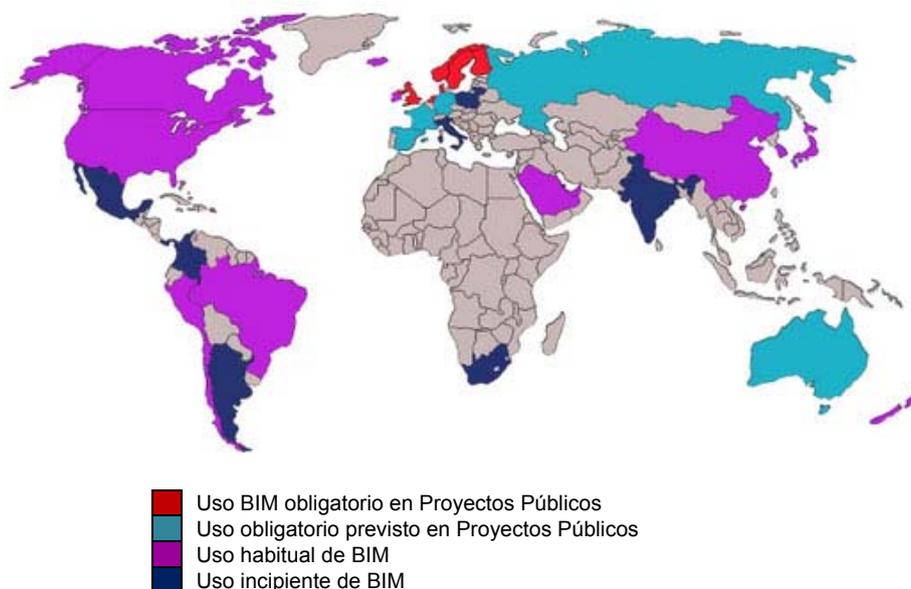
Dado el estado actual de madurez de la metodología BIM, muchas empresas al entrar en dificultades se plantean volver a CAD, aumentando la inversión en tiempo (Banks 2015). Todo esto se debe a la confianza en CAD por parte de los usuarios para solventar eventuales problemas en caso de errores (arquiPARADOS, n.d).

A pesar de las diferencias conceptuales entre CAD y BIM y del retroceso en el uso de CAD, dada la popularidad de ambos enfoques hace que todavía puedan coexistir en proyectos (Grabowski 2010). BIM, de todas formas, parece más prometedor para proyectos grandes por las ventajas en visualización y eficiencia.

### 2.3. Implantación de la metodología BIM en España y en el mundo

No hay duda de la creciente relevancia de BIM para la comunidad internacional de la construcción (McAuley, et al., 2017) y de cómo se ha ido incrementando su implantación y presencia a lo largo de la última década.

Figura 5 - Mapa de implantación BIM 2016 (Fuente: buildingSMART n.d.)



De acuerdo al estudio del Dublin Institute of Technology (McAuley et al. 2017), más del 50% de los veintisiete países de todo el mundo revisados en el informe tenían un requisito regulatorio para BIM o planeaban implementar uno en un futuro cercano, y más del 60% de los países revisados habían producido una Guía o Manual BIM para ayudar en la promoción de BIM localmente.

En Norteamérica, aumentó drásticamente el uso de BIM del 28% al 71% entre 2007 y 2012. En Australia y Nueva Zelanda, el 74% de las empresas encuestadas preveían el uso de BIM en más del 30% de sus proyectos en 2016. En cuanto a China, pronosticaba un aumento del 200% de arquitectos en un nivel de implementación BIM mayor en los dos años siguientes.

Según datos de la Asociación Española de Normalización (UNE, n.d.), más del 50% de los clientes internacionales de las constructoras exigen o tienen interés en el uso de BIM, especialmente en Asia. Se estima que el BIM podría ajustar las mediciones del proyecto en un 37% y reducir en un 20% los costes y la huella de carbono en las etapas de construcción.

Respecto a la implantación a nivel europeo, hay que destacar la iniciativa del EU BIM Task Group, co-financiado por la Unión Europea, que cuenta como objetivo representar los intereses de las Administraciones Públicas de Estados Miembro de la UE relacionadas con BIM y el patrimonio público ante organismos de estándares nacionales e internacionales, como ISO, CEN y buildingSmart, así como reunir y alinear los distintos esfuerzos nacionales bajo un enfoque común europeo (EUBTG 2017).

En España, por su parte, con fecha 28 de Diciembre de 2018 (España. Real Decreto 1515/2018) se creaba la Comisión interministerial para la incorporación de la metodología BIM en la contratación pública. Se ha previsto en la disposición adicional decimoquinta de la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014.

A día de hoy, sin embargo, los datos obtenidos sobre el nivel de aplicación de BIM en España muestran que es menor que en otros países y por ello las empresas y profesionales que quieran participar en proyectos terceros países tendrían que “implantar el modelo BIM y sus herramientas correspondientes para acceder a licitaciones, contratos y colaboraciones” (Torroglosa, J., 2016, párr. 3.4.3). En 2018, prácticamente en el 50% de las empresas-estudios encuestados no utilizaban BIM ni lo tenían implantado (Esarte 2018)

Para mitigar este déficit e impulsar la aplicación de soluciones BIM, en España han surgido diferentes organizaciones y asociaciones que buscan favorecer y estandarizar su uso, como la Spanish Journal of Building Information Modeling que nace en el seno de BuildingSmart Spanish Chapter o el grupo abierto es.Bim.

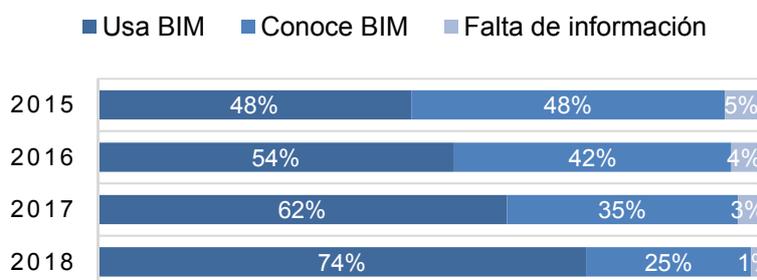
El Observatorio es.BIM se creó en Mayo del 2017 con el objetivo de analizar la inclusión de requisitos BIM en los pliegos de licitaciones públicas. Su sexto informe publicado señala que 2018 es el año en el que se empieza a consolidar el uso de BIM en la administración, en el que el establecimiento del uso obligatorio de BIM aumentó progresivamente y en el que fue incluido como uno de los criterios a valorar en la solvencia técnica (Observatorio es.BIM 2019).

#### 2.4. Apreciación de la transformación de la industria de la construcción con BIM

Si bien el apoyo institucional representa un respaldo importante para BIM, es fundamental conocer la percepción por parte de la industria y los profesionales sobre el papel que juega BIM y cómo se está transformando la industria de la construcción.

Como conclusiones de estudios obtenidos entre 2016 y 2018 (Dutt 2018; Malleson 2018), se puede apreciar la valoración del uso de BIM y de las soluciones colaborativas por parte de los agentes implicados respecto a la reducción de costes, retrabajos y tiempos del proyecto. El conocimiento y las aptitudes de uso de esta metodología van también en aumento, aunque el grado de madurez aún parece estar lejos de llegar a su máximo.

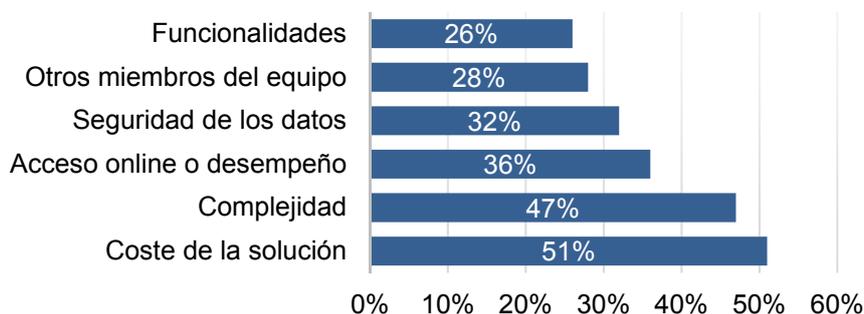
**Figura 6 – Evolución del uso de BIM (Fuente: Malleson 2018)**



La metodología BIM posibilita una mejor comprensión y la capacidad de crear diseños más razonados que contienen mayor cantidad de datos, y permite analizar las opciones de diseño para determinar la mejor solución y arrojar luz sobre el impacto de las soluciones específicas.

En lo que atañe a las desventajas, el coste y la complejidad de uso son las principales preocupaciones de los encuestados. Por su parte, la falta de experiencia interna es la principal barrera para la adopción de BIM, a la que se unen otros factores como la falta de capacitación, la falta de tiempo para ponerse al día e incluso la falta de demanda de los clientes.

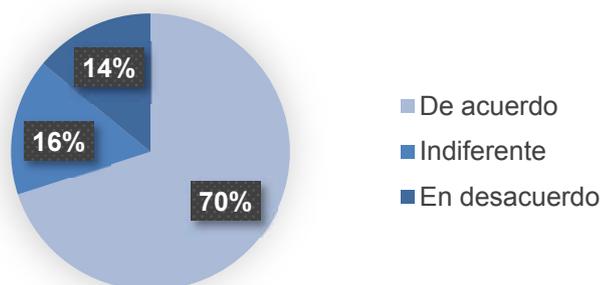
**Figura 7 – Confianza en el conocimiento y habilidades en BIM (Fuente: Dutt 2018)**



### 2.5. Estandarización y Normativa

Una de las cuestiones resaltables de los estudios descritos en el punto anterior es la preocupación por el grado de estandarización de BIM. La opinión generalizada, es que BIM no lo está suficientemente aún.

**Figura 8 – Falta de estandarización de BIM (Fuente: Malleson 2018)**



Para que la colaboración, uno de los pilares de BIM, sea efectiva, debe ser regida por formas de trabajo compartidas y acordadas, unos estándares que describan la forma en que se debe realizar (Malleson 2018).

A nivel internacional, la normalización de BIM recae en el Subcomité ISO/TC 59/SC 13, que persigue “permitir el intercambio de información de todo tipo, a lo largo de toda la vida del proyecto, y entre todas las entidades participantes” (UNE, n.d., p8).

En 2015 se constituyó el Comité Técnico CEN/TC 442, Building Information Modelling, encargado de la armonización BIM a nivel europeo y de la coordinación con el organismo internacional, ISO/TC 59/SC 13, que actualmente está acometiendo la revisión de la Norma ISO 16739:2013 (UNE n.d.).

En 2011 se creó en AENOR el Subcomité AEN/CTN 41/SC 13, que representa al sector español en Europa y a nivel internacional, y entre cuyos objetivos está la redacción de un informe sobre el estado de BIM que sirva de orientación a los profesionales (UNE n.d.).

### 3. Uso de BIM en ingeniería y en proyectos EPC

Vista la definición de proyectos EPC, uno de los puntos que diferencian a estos proyectos respecto a los de edificación es que necesitan de una mayor contribución de otras

especialidades de ingeniería más allá de la civil (i.e. mecánica, eléctrica, I&C) otorgándoles mayor participación e influencia dentro del proyecto. El fin último del proyecto no se limita a la edificación o construcción en sí, sino que es preciso que sea capaz de realizar su cometido cumpliendo con los parámetros especificados en el contrato, cualquiera que sea su propósito.

En un proyecto EPC se parte de unas condiciones técnicas de diseño preliminar, las cuales deben ser más ampliamente desarrolladas en una etapa posterior durante la ingeniería de detalle, lo que llevará a gestionar las diferentes compras y aprovisionamientos necesarios para completar la construcción, y que concluirá con la entrega y funcionamiento de las instalaciones objeto del contrato.

Es obvio que los recursos y necesidades durante el inicio del proyecto no son los mismos que cuando el mayor peso recae en actividades constructivas o de puesta en marcha de equipos e instalaciones.

Se puede afirmar que todo proyecto llave en mano precisa contar con múltiples recursos y un equipo multidisciplinar que abarque las diferentes tareas que se deben asumir durante la ejecución de las distintas fases del proyecto. Necesita de metodologías y el desarrollo de herramientas que permitan un mayor control y una más eficiente gestión y coordinación, más teniendo en cuenta la variedad de componentes, procesos y actividades involucrados y la amplia diversidad de geografías, sectores, clientes y especificaciones de estos proyectos. Dentro de esas metodologías se podría considerar BIM.

### **3.1. Implantación y beneficios del uso de BIM en EPC**

BIM está suponiendo una verdadera revolución tecnológica para la construcción mejorando la eficiencia, reduciendo costes y potenciando el trabajo colaborativo (es.BIM, n.d.). Si estos beneficios pueden ser trasladados a los proyectos EPC, supondrán un enorme avance y un cambio a la hora de gestionarlos.

#### **3.1.1. Visualización y virtualización**

Una de las características de la aplicación de BIM para proyectos de construcción es la virtualización de las plantas (3D), útil tanto para ayudar a las decisiones durante el diseño como para compartirlo con el resto de agentes implicados. Los modelos virtuales integran todos los datos constructivos y la información de las distintas disciplinas de ingeniería involucradas, permitiendo también realizar simulaciones con las características de la obra (Graphisoft n.d., Talluri n.d.).

#### **3.1.2. Planificación**

Las programaciones de actividades y trabajos poco realistas, la coexistencia de tareas simultáneas y la falta de priorización hacen que parte de los retrasos en los proyectos EPC sean debidos a problemas en la planificación (Long 2018).

Los cronogramas de construcción “a menudo se crean y analizan utilizando el Método del Camino Crítico (CPM)” o mediante otras metodologías, como “el Sistema de Gestión Basado en la Localización (LBMS)” (Krecz 2016) o el Método de la Cadena Crítica (CCPM).

Todas son analógicas, basadas en 2D y papel y tienen carencias, como la dificultad para visualizar el alcance y los riesgos del proyecto, no tener en cuenta los requisitos espaciales o los suministros y sus necesidades de emplazamiento (Krecz 2016).

Parte de estas limitaciones se pueden corregir con BIM 4D, “método que vincula los recursos del modelo 3D a un programa detallado de construcción”, que traslada los problemas del proyecto a un entorno virtual y ayuda a analizarlos en tiempo real (Krecz 2016).

La Tabla 1 resume la comparación entre los elementos que componen el enfoque tradicional frente al enfoque BIM 4D en la gestión de proyectos (Elgohari 2016).

**Tabla 1 – Comparativa BIM 4D vs. Enfoque tradicional**

<b>Descripción</b>	<b>Tradicional</b>	<b>BIM 4D</b>
<b>Modelo de planificación</b>	Cronograma y gráfico de barras	Vinculación de cronograma a modelo 3D
<b>Planificación a corto plazo</b>	Visión poco precisa de la secuencia de actividades	Clara presentación anticipada
<b>Análisis de línea base frente a real</b>	Comparación en gráficos de barras	Comparaciones visuales en vídeo
<b>Seguimiento y control de progreso</b>	Representación del progreso laboriosa y visualización compleja	Posibilidad de exportación del modelo 4D, actualización inmediata y compartida
<b>Reuniones de seguimiento</b>	Tiempo perdido explicando problemas o toma decisiones	Fácil resolución de incidencias y toma decisiones
<b>Análisis de reclamaciones y resolución de disputas</b>	Complicado definir responsable de la demora, aumento de coste y plazo	Facilidad para depurar responsabilidades y resultados esperados
<b>Metodología de la construcción, estudios y representación</b>	Representación de la metodología constructiva en gran cantidad de páginas	Representación de la metodología de construcción en vídeo
<b>Gestión y planificación de la seguridad</b>	Múltiples documentos y planes complicados	Representación visual de los riesgos y plan de seguridad
<b>Estudios de seguridad y localización</b>	Diseños ficticios	Vídeo con toda la información de seguridad de los equipos
<b>Planificación y gestión del diseño</b>	Gran cantidad de diseños y planos	Diseño dinámico
<b>Documentación</b>	Innumerables documentos, necesidad de almacenamiento	Programación, modelo 3D, notas, imágenes en un solo archivo
<b>Enfoque general de gestión de proyectos</b>	Gran cantidad de errores e ineficiencias	Un modelo compartido integrado

No obstante, hasta la fecha, BIM no parece ser tan adecuado para planificación como otras herramientas específicas para EPC. Conforme se va elevando el nivel de detalle y el número de actividades, se precisa de una mejor gestión y mayor control de los datos de origen.

### **3.1.3. Gestión de proyecto y control de costes**

Los proyectos EPC están limitados por los recursos y por los plazos y a menudo en plena ejecución se buscan soluciones que no siempre se ajustan a los parámetros contractuales, llegando incluso a tener que ser modificado el alcance inicial. Poder disponer de herramientas que evalúen y analicen la solución óptima para la ejecución de los proyectos, que minimicen los riesgos y que faciliten cumplir con los objetivos marcados de coste, plazo y alcance, se antojan indispensables (Yang & Wenhua 2014; IDP 2017).

A través de la aplicación de la tecnología BIM, las empresas pueden mejorar la rentabilidad de un proyecto mediante el control de costes y la estimación de gastos y tiempos (5D). Además, el proceso de licitación en los proyectos EPC tradicionales lleva mucho tiempo, por lo que el empleo de BIM ayudaría a reducirlo al permitir valorar diferentes propuestas de diseño y sus ajustes (IDP 2017).

A medida que el proyecto evoluciona, serviría para gestionar y monitorizar los costes de manera mucho más ágil y rápida que mediante la metodología tradicional 2D, posibilitando recalcular conforme se vaya avanzando y obtener reportes continuos con las posibles variantes y correcciones, eliminando gastos inesperados (IDP 2017). La dirección de proyecto puede, a su vez, lograr una buena gestión de la obra de acuerdo con la información del modelo, pues BIM favorece la integración del diseño y la construcción.

#### **3.1.4. Integración de diseño, aprovisionamiento y construcción**

Aparte de aumentar la visualización del proyecto, BIM ayuda a la detección anticipada de problemas o interferencias en el diseño, evaluadas a través de una construcción digital.

La virtualización y creación de animaciones in situ de maquinaria y equipos y la simulación de la ejecución del proyecto favorecerá también la eficiencia y el trabajo colaborativo durante la fase de obra, reduciendo a su vez la cantidad de materiales y facilitando la creación de documentación As Built (Almonacid, Navarro & Rodas 2015).

Al utilizar la tecnología BIM, esta integración (Qin 2017) se torna beneficiosa para los suministros de materiales y equipos, pues ayuda a coordinar el diseño y la construcción y porque permite unificar el modelo definiendo los parámetros físicos y la ubicación espacial.

#### **3.1.5. Gestión de datos y actualización**

Puesto que los datos se almacenan en el modelo BIM, cualquier modificación del diseño se replicará automáticamente en cada vista y estará accesible a todo el mundo. Esto no sólo ayuda a la creación de la documentación de forma más rápida, sino que también proporciona una garantía de calidad rigurosa en la coordinación automática de los cambios.

BIM contiene información que no se ve representada en los planos. Los contratistas EPC utilizan herramientas de software paramétricas basadas en objetos para las disciplinas de ingeniería con modelos 3D asociados, lo que es útil para intercambiar información con otros departamentos (Bottari et al. 2016). Este intercambio de datos, sin embargo, es en gran medida unidireccional y las comunicaciones continúan siendo asíncronas e inconexas (González 2018).

El uso de BIM puede completar esta relación interdepartamental y eliminar barreras para intercambiar información a nivel cliente-contratista, a la vez que contribuir a la reducción de la documentación (Almonacid, Navarro & Rodas 2015), limitando una de las principales causas de retraso y sobrecostes en proyectos EPC (Long 2018), la inadecuada gestión documental.

#### **3.1.6. Sostenibilidad, operación y mantenimiento**

Desde un punto de vista puramente constructivo, se introduce con BIM el análisis energético (6D), pudiendo estimar el consumo en el proceso de diseño y medirlo durante su ciclo de vida. Respecto a la gestión de instalaciones (7D), tener un acceso rápido y claro a la información de funcionamiento de las instalaciones optimiza tiempos y mejora la verificación, la gestión de riesgos y la coordinación de las labores a realizar (Díaz 2017).

Los datos en el modelo BIM son útiles no sólo durante las fases de diseño y construcción, sino durante todo el ciclo de vida, favoreciendo la reducción del coste de operación y mantenimiento (Bottari et al. 2016). Los modelos as built permiten realizar modificaciones o ampliaciones futuras con toda la información in situ (Almonacid, Navarro & Rodas 2015).

En proyectos EPC llave en mano sería una gran mejora en BIM que la información de consumo energético, y sobre todo, la gestión de instalaciones, pudieran evolucionar e incluir también el control y el análisis de los parámetros de generación o producción a garantizar.

#### **3.1.7. Prevención de riesgos laborales**

Uno de los medios más efectivos para revolver un peligro es eliminarlo en la fuente. Dado que

uno de los propósitos de BIM es optimizar la etapa de diseño, parece evidente que BIM posee potencial para realizar análisis de riesgos laborales (8D) (Kamardeen 2010) y a raíz de ello, poder hacer una revisión del diseño teniendo en cuenta los elementos calificados como críticos o efectuar indicaciones para el control en obra de los calificados como moderados. En el caso de elementos críticos cuyos peligros no pudieran eliminarse mediante revisiones de diseño, actuaría como mecanismo de control.

#### **4. Expectativas de futuro de BIM y su aplicación en proyectos industriales**

Además del propio desarrollo de BIM, hay nuevas tecnologías cuya implantación en el ámbito de la construcción puede ser susceptible de utilización conjuntamente con esta metodología. La realidad aumentada y el uso de dispositivos móviles para comparar y actualizar modelos con sus planos in situ, o la fabricación aditiva, para crear elementos imprimibles en 3D en obra en lugar de unidades prefabricadas, son algunos ejemplos.

Con el avance actual de la tecnología, la computación en la nube o el Big Data, la construcción de plantas industriales inteligentes son una tendencia futura (Su 2017) más teniendo en cuenta que durante el diseño y ejecución de un proyecto EPC y en su fase de operación, se genera una gran cantidad de datos. BIM aborda cambios en los procesos del mundo analógico al digital (EUBTB 2017), el cual puede gestionar ese volumen sin precedentes de datos e información digitales, aportando valor y facilitando la toma de decisiones. Aún así, la digitalización e informatización están logrando buenos resultados en la parte relativa a su aplicación a la obra, pero en el resto del ciclo de vida adolece de un menor desarrollo.

La implementación representa uno de las principales barreras de BIM para propietarios y proyectistas EPC. Para este tipo de proyectos, BIM es una metodología relativamente nueva en comparación con sus aplicaciones en la edificación y las infraestructuras, lo que, unido a la inversión y riesgos iniciales, los escasos márgenes en el sector y la necesidad de capacitación del personal, harían que optar por BIM actualmente pudiera no ser considerado por muchas empresas.

Por otro lado, la amplia gama de software utilizado en todo el mundo por los contratistas EPC representa una de las principales barreras para la explotación de BIM (Bottari et al. 2016). La creación de una base de datos estándar, independiente de las soluciones de software, representaría un posible instrumento de integración y mejora del rendimiento en la gestión de la información y un primer paso para una mejora del rendimiento orientada a BIM.

Las brechas en las tecnologías, las incompatibilidades y limitaciones de software a lo largo del ciclo de vida (Bottari et al. 2016) y la falta de plantillas, modelos y librerías de elementos de un proyecto EPC, son otras de las principales barreras para la implementación de BIM.

#### **5. Conclusiones**

El empleo de metodología BIM supondría una importante aportación a los proyectos industriales y contratos EPC, pues favorece el trabajo colaborativo entre integrantes, mejorando la coordinación interdisciplinar e interdepartamental y fomenta el uso de información compartida y accesible, mejorando la calidad, la eficiencia y la gestión de la documentación y la optimización de procesos y espacios de obra.

Mejora la toma de decisiones y la gestión de costes, así como la explotación de activos en todas las fases del proyecto. A su vez, aumenta la eficiencia y la rentabilidad del proyecto, posibilitando una más adecuada definición del alcance y monitorización del progreso.

Todo ello apoyándose en herramientas útiles que permiten simulaciones y una mejor visualización y comunicación entre partes, merced a modelos 3D actualizables y disponibles para todos los agentes.

El hecho de que se esté potenciando su uso en sector público o que forme parte de los requerimientos de los clientes privados, contribuye a que pueda convertirse en breve en la metodología principal en la construcción y que muchas empresas y profesionales opten por la adopción de la metodología BIM, incluyendo el sector EPC.

El provecho adicional de compartir información de ingeniería crítica a través de un entorno de datos conectados ayudará a reducir el tiempo de diseño y los costes de la construcción.

Por contra, la metodología BIM y el software asociado aún arrojan dudas en cuanto a la planificación y programación de proyectos y por ello la necesidad todavía del uso de herramientas específicas para la creación de cronogramas de actividades. Al tratarse de una metodología nueva existen muchos condicionantes y barreras a superar para su implantación, no sólo técnicos, de estandarización o de capacitación, sino también en cuanto a cambios estructurales y organizativos que deberían afrontar contratistas y clientes EPC.

## 6. Referencias

- Albornoz, D. (2018). *¿Qué es y para qué sirve el modelado paramétrico en la tecnología Bim?* Publicado en Web Deusto Formación: <https://www.deustoformacion.com/blog/bim-autocad-revit/que-es-para-que-sirve-modelado-parametrico-tecnologia-bim>.
- Almonacid, K., Navarro, J., & Rodas, I., 2015. Propuesta de metodología de tecnología BIM en la empresa constructora e inmobiliaria "IJ Proyecta". Tesis para optar el grado de Magister en Dirección de la Construcción, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- arquIPARADOS CAD vs BIM ¿Quién ganará esta guerra? (n.d.). Publicado en Web arquIParados: <https://www.arquiparados.com/t583-cad-vs-bim-quien-ganara-esta-guerra>
- Asociación Española de Normalización (n.d.). *Estándares en apoyo del BIM. Informes de Normalización*. Obtenido desde UNE - Asociación Española de Normalización: <https://www.une.org/normalizacion/la-normalizacion-une/digitalizacion>.
- Banks, J. (2015). *Why BIM is still bankrupting your firm*. Publicado en Web Shoegnome Architects: <http://www.shoegnome.com/2015/12/09/bim-still-bankrupting-firm>.
- Bottari, A., loudioux, G., Mancini, M., Travaglini, A. (2016). Guidelines for Building Information Modeling (BIM) performance improvement in the EPC industry. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM) 2016*.
- buildingSMART BIM (n.d.). Publicado en Web buildingSMART: [www.buildingsmart.es/bim](http://www.buildingsmart.es/bim).
- Díaz, N. (2017). Estudio del uso de la metodología de trabajo BIM como plataforma para la implementación de un Sistema de Gestión de los Activos de la Ciudad basado en las normas UNE178303 e ISO55000/1/2. TFM en Smart Cities, Universitat de Girona.
- Dutt, V., (2018). *BIM is disrupting design and engineering*. Publicado en Web Autodesk: <https://projectdelivery.autodesk.com/blog/aec-industry-trends-bim-dodge-analytics>.
- Elgohari, T. (2016). Visual Comparison between the Traditional and the 4D BIM approach in project management. Publicado en LinkedIn: <https://www.linkedin.com/pulse/visual-comparison-between-traditional-4d-bim-approach-tamer-elgohari>.
- es.BIM FAQs (n.d.). Publicado en Web es.BIM: <https://www.esbim.es/faqs>.
- Esarte, A. (2018). Software BIM más utilizado en España. Autodesk Revit. Publicado en Web Espacio BIM: [www.espaciobim.com/software-bim-mas-utilizado-espana-autodesk-revit](http://www.espaciobim.com/software-bim-mas-utilizado-espana-autodesk-revit)
- España. Real Decreto 1515/2018, de 28 de diciembre, por el que se crea la Comisión Interministerial para la incorporación de la metodología BIM en la contratación pública. Boletín Oficial del Estado, 2 de febrero de 2019, núm. 29, pp. 9463-9468.
- EU BIM Task Group (2017). *Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo*. Obtenido desde EU BIM Task Group: <http://www.eubim.eu/handbook-selection/handbook-spanish>.
- González, J. (2018). Análisis y evaluación de la tecnología (BIM) Building Information Modeling. PFC Ingeniero Industrial. E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid.

- Grabowski, R. (2010). *CAD & BIM: Is There A Free Pass? A Report on GRAPHISOFT ArchiCAD's DWG Workflow*. Trabajo de investigación de upFront.reSearch de Graphisoft. ISBN: 978-1-926897-15-8
- Hassan, A., (2017). *BIM 10 Dimensions*. Publicado en: <https://www.linkedin.com/pulse/bim-10-dimensions-prof-akram-hassan-phd-mba-opm3-pmp>.
- Graphisoft Acerca de BIM (n.d.) Publicado en Web Graphisoft: [www.graphisoft.es/archicad/open\\_bim/about\\_bim](http://www.graphisoft.es/archicad/open_bim/about_bim).
- IDP (2017). *5D BIM para la gestión de costes*. Publicado en Blog IDP: <http://www.blog.idp.es/2017/01/bim-5d-la-gestion-los-costes>.
- Kamardeen, I. (2010) 8D BIM modelling tool for accident prevention through design. *In: Egbu, C. (Ed) Procs 26th Annual ARCOM Conference*, 6-8 September 2010, Leeds, UK, Association of Researchers in Construction Management, 281-289.
- Krecz, P. (2016). *Week 3: Synchro software as a 4D planning solution*. Publicado en Web Synchro Software: <http://blog.synchro ltd.com/your-blog-post-title-here>.
- Long, R., (2018). *Typical Problems Leading to Delays, Costs Overruns, and Claims on Process Plant and Offshore Oil & Gas Projects*. Obtenido desde Long International: <http://www.long-intl.com/articles.php>
- Malleson, A. (2018). National BIM survey: summary of findings. En NBS (RIBA Enterprises Ltd), *National BIM Report*, 2018, pp 16-37. Obtenido de Web NBS: <https://www.thenbs.com/knowledge/the-national-bim-report-2018>
- McAuley, B., Hore, A. and West, R. (2017) BICP Global BIM Study - Lessons for Ireland's BIM Programme Published by *Construction IT Alliance (CitA) Limited*, 2017. doi:10.21427/D7M049
- Observatorio es.BIM (2019). *Sexto Informe*. Obtenido desde es.BIM: [www.esbim.es/observatorio](http://www.esbim.es/observatorio)
- Pérez-Arnal, I. (2017). *Safety and health become the 8th dimension of BIM*. Publicado en European BIM Summit: <http://europeanbimsummit.com/2017/safety-and-health-become-the-8th-dimension-of-bim>
- Qin, H. (2017). The advantages of BIM application in EPC mode. MATEC Web of Conferences 100, 05058 (2017). doi: 10.1051/ mateconf/201710005058
- Reizgevičius, M., Ustinovičius, L., Cibulskienė, D. Vladislavas Kutut, V., & Nazarko, L. (2018). Promoting Sustainability through investment in Building Information Modeling (BIM) Technologies: A Design Company Perspective. *Sustainability* 2018, 10, 600; doi:10.3390/su10030600.
- Riquelme, M. (2017). *Diferencias entre contratos EPC y EPCM*. Publicado en Web y Empresas: <https://www.webyempresas.com/diferencias-entre-contratos-epc-y-epcm>.
- Su, L. (2017). Digitalization and application research of BIM-Based Power Plants lifecycle information [Abstract]. *International Symposium for Intelligent Transportation and Smart City*. doi: 10.1007/978-981-10-3575-3\_22
- Talluri, A. (n.d.). Leveraging 3D Virtualization skills in EPC. Publicado en Web Wipro: <https://www.wipro.com/product-engineering/leveraging-3d-virtualization-skills-in-epc>.
- Torroglosa, J. (2016). Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura. Un proyecto con Revit. TFG, E.T.S. de Arquitectura, Universitat Politècnica de València.
- Wagner, R. (2018). *EPC-Projects, a class of its own*. Publicado en International Project Management Association (IPMA): <https://www.ipma.world/epc-projects-class>.
- Yang, Z. & Wenhua, L. (2014). The research and application of BIM technology in overseas EPC project. *Sixth International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation* 2014. doi 10.1109/ICMTMA.2014.180.