

02-016

## **A KNOWLEDGE MANAGEMENT METHOD FOR PROJECTS DEVELOPED UNDER BIM ENVIRONMENTS**

*Lucena González, Carlos*<sup>(1)</sup>; *Villena Manzanares, Francisco*<sup>(2)</sup>; *Reyes Rodríguez, Antonio Manuel*<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidad Católica de Murcia. Ucam, <sup>(2)</sup> Universidad de Sevilla, <sup>(3)</sup> Universidad de Extremadura

In the Big Data era, the economic growth of technology-based-companies is conditioned upon their knowledge management, learning skills and their R&D&i. Particularly, a company's knowledge is key to improve the way it is managed and its competitiveness. Nowadays, companies in the construction industry are making a significant effort to implement BIM. This implementation requires embracing collaborative work among the different stakeholders involved in the construction process. Indeed, knowledge management in BIM projects is related to the creation, storage, transference and implementation of such knowledge in a virtual 3D construction model. The project size can also condition the optimum management approach. The major problems derived from poor knowledge management are lack of coordination among stakeholders, information losses, the incorrect interpretation of information. The aim of this study is to propose a method for a better knowledge management of projects developed in BIM environments. It is expected that this model will help overcoming some of the potential problems described previously.

*Keywords: BIM; collaborative work; knowledge management; construction industry*

### **MÉTODO PARA LA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN EN PROYECTOS DESARROLLADOS EN ENTORNOS BIM**

Las empresas del sector de la construcción necesitan una gestión eficaz de la información. En particular, la transmisión de información dentro de una empresa es clave para mejorar su gestión y competitividad. Actualmente, muchas empresas del sector de la construcción están realizando un gran esfuerzo para implementar la metodología BIM. Dicha implementación requiere trabajo colaborativo a través de la nube entre los diferentes agentes del proceso de construcción de cualquier proyecto. De hecho, la gestión de la información en proyectos BIM está relacionada con la creación, almacenamiento, transferencia y aplicación eficaz de la información dentro de un modelo virtual 3D del proyecto. El tamaño del proyecto también condiciona el enfoque óptimo de gestión. Los principales problemas derivados de una mala gestión de la información pueden ser la falta de coordinación entre agentes, la pérdida de información, o la interpretación errónea de la información. El objetivo de este trabajo es proponer un método para la adecuada gestión de la información en proyectos desarrollados en entornos BIM que ayude a evitar los potenciales problemas descritos previamente, en concreto mostrando una aplicación práctica basada en Kanban sobre los flujos de intercambio de información según la UNE-EN-ISO-19650.

*Palabras clave: BIM; trabajo colaborativo; gestión del conocimiento; sector de la construcción*

Correspondencia: Francisco Villena Manzanares [fvillena@us.es](mailto:fvillena@us.es)



©2020 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

Los proyectos en las últimas décadas han vivido una evolución constante tanto metodológicamente como tecnológicamente en el sector AEC (Architecture, Engineering & Construction). Ya fuera el dibujo a rotring o tiralíneas como elemento de expresión principal antes de los años 80, el CAD en los 90, y el reto del BIM en las dos primeras décadas del siglo XXI. El dibujo de planos y la construcción de maquetas virtuales han servido para comunicar el proyecto al cliente con resultados más óptimos, mejorando la comunicación entre cliente y proyectista; y para construir el proyecto en fase de ejecución (Obra, UNE-EN-ISO-19650) con menos errores al lograrse una coherencia documental durante la Fase de Diseño. BIM es el acrónimo de “Building Information Modeling”. El NIBS (National Institute of Building Science) lo define como la “representación digital de características físicas y funcionales de un objeto”:

Como se define en el documento original de NBIMS (según National Bim Standard) "Un BIM es una representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación. Como tal, sirve como un recurso de conocimiento compartido para obtener información sobre una instalación que constituye una base confiable para tomar decisiones durante su ciclo de vida desde el inicio en adelante"

Antes que nada, conviene aclarar que BIM es una metodología operativa y no una herramienta. Puede imaginarse como un proceso continuo y presente en todas las fases del proyecto: diseño, construcción y mantenimiento. Este proceso utiliza un modelo de información, es decir, un modelo virtual 3D que contiene todos los datos de su ciclo de vida, desde el diseño hasta la construcción y hasta su demolición y reciclaje.

En la literatura encontramos diversas y muy variadas definiciones de BIM, en este trabajo vamos a destacar la definición de Oesterreich y Teuteberg (2016), que dice (BIM es): “Clave facilitadora de la transformación digital que brinda oportunidades para armonizar el sector de la construcción con paradigmas emergentes en el entorno como Internet de las cosas (IoT), sensores inteligentes, conectividad y Big Data”. En adición destacamos también la definición de BIM aportada por Villena, García-Segura y Pellicer (2019), que dice (BIM es): “Un proceso integrado y participativo que mejora la representación digital de los proyectos y optimiza el análisis de la construcción (tiempos, costes y procedimientos), para garantizar el éxito en la ejecución del proyecto”. En general se acepta que BIM es una herramienta tecnológica y necesaria para mejorar la competitividad a la vez que confiere valor a la compañía (Eastman et al., 2011). Algunos autores consideran ya BIM como una innovación sin límites, o innovación sistemática (Harty, 2008; Ahmed y Kassem, 2018) pero desde el punto de vista de este trabajo, el BIM se considera como una tecnología que requiere también la aplicación de un cambio de paradigma metodológico: el trabajo colaborativo (Barrett, y Sexton, 1998; Elmualim y Gilder, 2014; Dainty et al., 2017). Como se puede apreciar una premisa básica es la colaboración entre los diferentes agentes involucrados en las fases del ciclo de vida de una construcción, con el fin de agregar, extraer, actualizar o modificar los datos, aquí es donde es importante gestionar adecuadamente la información del proyecto.

Es reconocido que la implementación BIM en la fase de diseño del proyecto, permite eliminar posibles errores de diseño, reduciendo el coste del proyecto y el tiempo empleado en el diseño, originando beneficios para el proyectista, el cliente y el constructor (Sudarsan et al., 2005; Sacks y Barak, 2008; Alwisy, Al-Hussein y Al-Jibouri, 2012). En la literatura BIM, desde el enfoque como sistema de información de alta tecnología, se utiliza el término "dimensión" para indicar las capacidades de procesamiento de información de dicha tecnología (Koutamanis, 2020). BIM demostró la superioridad sobre el CAD al permitir incorporar propiedades físicas a los elementos del modelo virtual, por este motivo se denominó tercera dimensión BIM 3D al modelo virtual de la construcción. BIM4D agrego el tiempo como su cuarta dimensión para

realizar estudios de planificación, y BIM5D agrega el precio como la quinta dimensión para realizar estudios de costes del proyecto (Ding Zhou y Akinci, 2014; Mayouf, Gerges, y Cox, 2019; Mesároš, Smetanková y Mandičák, 2019). Otras capacidades se refieren a los análisis de sostenibilidad donde aparece la sexta dimensión BIM 6D, donde en el modelo se permite realizar estudios de simulación energética y sostenible del proyecto (Oti, Tizani, Abanda y Jaly-Zada, 2016). Más tarde se incorporó la séptima dimensión, BIM7D para integrar toda la información y documentación necesaria para la adecuada gestión de las instalaciones (GhaffarianHoseini et al., 2017). Por último, la octava dimensión BIM 8D se incorpora para realizar estudios de prevención de accidentes en el modelo en la fase de diseño (Kamardeen, 2010).

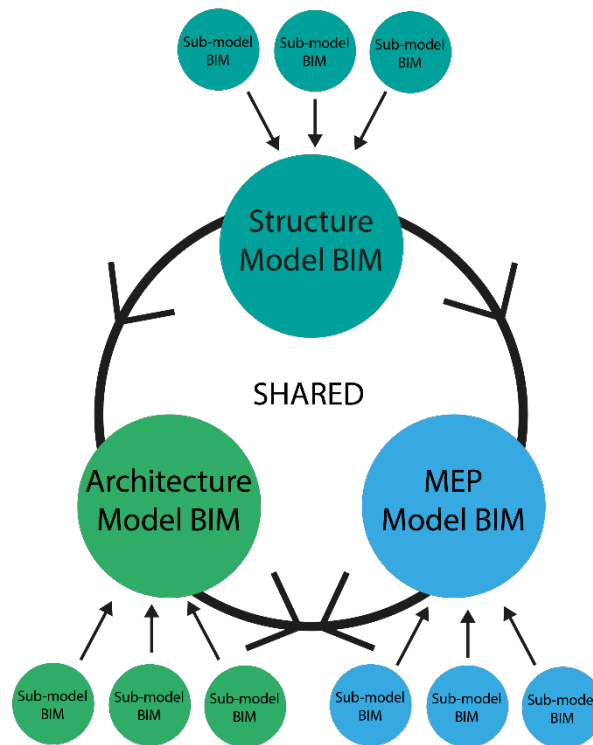
Los sistemas de gestión de la información hacen uso de técnicas y tecnologías disponibles para hacer efectiva la gestión de un proyecto complejo como la planificación (BIM4D) y la gestión del coste (BIM5D) en la fase de construcción. Teniendo en cuenta la necesidad de alinear el negocio con el uso de las tecnologías de la información, se requiere optimizar la tecnología, en cualquiera de los niveles de la organización, a fin de mantener procesos eficientes y de esta manera crecer a costes razonables, cuantificables, medibles y predecibles.

En España los sistemas de gestión de la información que apoyan el desarrollo de los proyectos han pasado por el uso de tecnologías tradicionales, software clásico. En el presente y gracias a los avances en las tecnologías de la información y la comunicación, la transformación digital de las empresas, y la forma de enfrentar un proyecto se ha llegado a un nivel de complejidad, donde la participación de expertos en diferentes disciplinas puede conjugarse simultáneamente en el desarrollo de un proyecto de una forma mucho más transversal, con una perspectiva de 360 grados.

Tradicionalmente esta participación se lleva a cabo a partir de reuniones de consultoría. Hoy es posible la participación simultánea de varios especialistas en el diseño de un proyecto. Los ingenieros diseñan y planifican sobre un mismo archivo o fichero donde el proyecto constructivo va modelándose virtualmente, es el llamado BIM 3D. Dicho proyecto se encuentra en un CDE (Common Data Environment), es decir, no está físicamente en el servidor de ninguna de las empresas involucradas en el proyecto, está en la llamada Nube. En esto se basa el sistema de gestión para proyectos de construcción a partir de BIM (Building Information Modeling).

Este tipo de sistemas se están implementando paulatinamente en España. Las ventajas competitivas del BIM sobre el CAD demuestran la disminución de las desviaciones presupuestarias de los proyectos en fase de obra. Se trata de realizar un cambio de paradigma. Para implantar adecuadamente BIM a nivel nacional, tanto en fase de diseño como en fase de ejecución, los agentes que intervienen en el ciclo de vida del proyecto deben conocer y gestionar adecuadamente la información proyectual para evitar posibles errores o duplicidades.

**Figura 1. Trabajo Colaborativo en BIM (Worksharing). Nivel 2 de madurez del BIM según el BIM Protocol de UK.**



## 2. Qué es BIM

La metodología BIM no es simplemente la evolución del CAD. Se trata de un enfoque completamente nuevo de diseño y de realización de un proyecto. El potencial de la aplicación BIM se produce a lo largo de todas las fases del ciclo de vida de la edificación, y es fundamental para el equipo de diseño de proyectos gestionar adecuadamente la información por fases, para ello es necesario disponer de la experiencia suficiente para saber cómo manipular, gestionar y hacer un buen uso del modelo. Por lo tanto, se hace vital la percepción del aprendizaje tecnológico y la experiencia para poder utilizar BIM con destreza (Mahamadu et al., 2017).

El modelo virtual BIM, no es una simple representación tridimensional, sino que es un modelo dinámico que contiene una serie de datos sobre: geometría, materiales constructivos, estructura, características térmicas y prestaciones energéticas, instalaciones, costes de obra, seguridad en obra, prevención de riesgos laborales, mantenimiento y explotación de los activos, demolición, gestión de los residuos. Gracias al BIM, es posible “construir” virtualmente antes de su ejecución en obra desde el BIM 3D, BIM 4D, BIM 5D, BIM 6D, BIM 8D; y a través de la colaboración y la contribución de todos los agentes involucrados en el proyecto. BIM no es una práctica habitual en la industria de la construcción en España, a pesar de que existe un crecimiento lento y gradual en la adopción de dicha tecnología, todavía no se han superado las barreras tecnológicas para muchas empresas del sector AEC (Muñoz y Roig, 2018). Por tanto, existen empresas que utilizan aún el CAD para la representación de los proyectos, dibujan manualmente una cantidad ingente de líneas y polilíneas para representar los objetos en los planos. Probablemente aún no conocen las ventajas ofrecidas por esta nueva tecnología, la literatura reconoce las siguientes:

- ✓ Ahorro de tiempo y costes en fase de diseño ya que se tiende a insertar objetos facilitados por los fabricantes y dotados de propiedades específicas e información completa.
- ✓ La reducción de los errores en obra gracias a la coherencia documental: las plantas, los alzados y las secciones son vistas dadas por posiciones de cámara diferentes de un mismo modelo virtual BIM 3D.
- ✓ Modificación al modelo BIM se repercute en todas las vistas y planos generados en tiempo real.

Para que la comunicación o transmisión de información entre los diferentes softwares sea efectiva se utiliza el archivo IFC, que es un formato de datos que tiene como finalidad permitir el intercambio de un modelo informativo sin la pérdida o la distorsión de datos o informaciones del proyecto. En el trabajo colaborativo la información del proyecto se dispone en bloques o disciplinas arquitectura, estructura, e instalaciones (conocido como entorno MEP), y a su vez cada disciplina puede alimentarse de diferentes subdisciplinas.

### **3. El uso de un CDE: Common Data Environment, tecnología basada en la nube, pilar central del método-sistema BIM. Cómo el trabajo colaborativo y la compartimentación de la información en BIM (Worksharing) son un factor determinante en la innovación para el sector AEC**

Common Data Environment (CDE) es un concepto relevante dentro de la gestión de la información del proyecto y en BIM muy importante para que cualquier proyecto quede finalizado con éxito. Por tanto, elegir el CDE correcto constituye el primer paso hacia el éxito. Los requisitos de un CDE se definieron en las normas británicas publicadas por la BSI (British Standard Institution): PAS-1192 y BS-1192 en el pasado, y más recientemente, en la ISO-19650 (diciembre, 2018). Estos documentos describen lo que las organizaciones que trabajan en el sector AEC, es decir, deben llevar a cabo para alcanzar un cumplimiento BIM Nivel 2 en sus proyectos, nivel de madurez 2 del BIM en el que Reino Unido se encuentra inmerso desde enero 2016.

BIM implica el desarrollo de un proyecto en un entorno virtual. BIM es extremadamente beneficioso ya que las empresas involucradas en el proyecto reducen el número de conflictos durante la fase de diseño y reducir significativamente los costes en fase de obra. También puede llegar a tener un impacto bastante positivo en la reducción de los plazos de entrega de los proyectos. En la Figura 1, se representa un esquema de la información contenida en un CDE según la norma UNE-EN-ISO-19650.

**Figura 1. Tipos y niveles de información en los procesos de intercambio en el CDE (UNE- EN-ISO-19650)**



Un CDE proporciona una plataforma basada en la nube, un software basado en la nube, para que estos cambios en los proyectos, tanto durante la fase de diseño como durante la fase de obra, se registren, asignen, revisen, distribuyan, ordenen y resuelvan con éxito con la mayor organización y control posible. Esto da como resultado una forma más eficiente de entregar proyectos.

Por tanto, un CDE es un entorno de colaboración utilizado por todos los agentes durante el desarrollo del proyecto, siguiendo las pautas de la norma ISO-19650, ya también adaptada UNE-EN-ISO-19650, estableciendo una óptima comunicación y coordinación entre todos los miembros implicados en el proyecto. Por tanto, se puede definir un Common Data Environment (CDE) como la única fuente de información para el proyecto, utilizada para recopilar, gestionar y difundir documentación, el modelo gráfico y los datos no gráficos para todo el equipo del proyecto (es decir, toda la información del proyecto, ya sea creada en un entorno BIM o en un formato de datos convencional). La creación de esta única fuente de información facilita la colaboración entre los miembros del equipo del proyecto y ayuda a evitar duplicaciones y errores.

#### **4. BIM para mejorar la gestión de la información**

Uno de los factores a tener en cuenta para estudiar la viabilidad de un proyecto es lo referente a las fuentes de financiación. Esta dificultad se encuentra presente a cualquier nivel del proyecto. Y este tipo de inversiones tienen un impacto cuantioso en la economía de la propia empresa. Sirva de ejemplo: que, para una ingeniería, constructora con dificultades para obtener en la actualidad líneas de crédito por parte de las entidades bancarias, la inversión en un proyecto clave, principal, puede considerarse con consecuencias para su contabilidad durante los próximos dos o tres años. Al mismo tiempo para un organismo de la administración pública de tamaño medio, la ejecución de un proyecto de construcción puede significar una gran parte del presupuesto anual de gastos previstos. De manera que, por lo general, un proyecto requiere la necesidad de disponer de financiación durante un tiempo a largo plazo.

PMBOK (Project Management Body of Knowledge), indica que la gestión de proyectos es la aplicación de técnicas, habilidades, conocimientos y herramientas a las actividades de un proyecto para alcanzar sus requisitos. Es reconocido en la literatura que independientemente del tipo de proyecto a tratar, los cinco procesos que forman el ciclo de vida de la gestión de proyectos son: inicio, planificación, ejecución, seguimiento y entrega (Wysocki, 2014). En la Figura 2, se representa el ciclo de vida en la gestión del proyecto, ya que es importante esta conceptualización para la gestión BIM.

**Figura 2. El ciclo de vida en la gestión del proyecto.**



Como es sabido, es mucha la responsabilidad derivada del empleo de fondos públicos o privados que tienen las empresas responsables del desarrollo del proyecto. El éxito radicarán en la excelencia de gestionar adecuadamente la información, y en la capacidad de innovación, relaciones con el cliente y entre empresas colaboradoras. Todo ello implica que debe existir un sistema de gestión eficaz que permita tener información correcta y actualizada en tiempo real en todo momento para el aseguramiento de la calidad, y para la toma de decisiones para una adecuada resolución de conflictos. BIM lo permite si la gestión de la información se realiza de la manera correcta y eficiente tanto a nivel de proyecto como a nivel de ejecución realizándose la planificación y el control de costes (BIM4D, BIM5D).

El concepto es complejo, y se aplica a toda esa complejidad intrínseca existente en el sector de la construcción. La confluencia de diversos intereses para materializar objetivos, generales y específicos, que llevan a desarrollar y construir con éxito un proyecto responde a muchas variables, de las que podemos destacar: las económicas, las técnicas, las administrativas, las legales, las ambientales, las contractuales, etc.

Los niveles de exigencia, en los proyectos, van en aumento. En cuanto a especificaciones técnicas, normatividad y competitividad se han incrementado en los últimos cinco años en nuestro país, y es una curva que seguirá creciendo como demanda, por parte de clientes privados y también por parte de la Administración Pública en las Licitaciones que son publicadas periódicamente en la Plataforma de Contratación del Estado (nivel estatal, autonómico, provincial y local). Hacer uso de una eficaz gestión de la información durante el desarrollo de los proyectos realizados en BIM es una de las claves para obtener el éxito, y en ello el uso de un CDE se convierte en algo vital, como recogían desde hace años las normas británicas de la BSI (British Standard Institution) y así lo recoge también la UNE-EN-ISO-19650. Por tanto, la transformación digital como estrategia para asegurar la calidad en los proyectos de construcción implica la estructuración de la gestión de la información en cada una de las fases del proyecto. Los sistemas BIM están diseñados para gestionar toda la información en todas las etapas del ciclo de vida: proyecto de inversión, diseño constructivo, análisis y cálculos, verificación del cumplimiento de los requisitos contractuales, obra, pliegos, etc.

## **5. Ventajas del uso de un CDE para mejorar la gestión de la información en BIM**

BIM se ha convertido en una parte necesaria de los flujos de trabajo diarios para cualquier empresa del sector AEC que lo implemente. Los beneficios que BIM aporta son eminentes y probados. Sin embargo, muchas empresas todavía luchan con la implementación adecuada en sus proyectos y en su organización debido a los desafíos inherentes que BIM trae consigo. Algunos de estos desafíos son: alto coste de las licencias del software y el coste de renovación del hardware, falta de personal BIM capacitado en el seno de las empresas, clientes que no reconocen los beneficios y tienen plena dificultad para estandarizar sus procesos de trabajo. La National Building Specification (NBS) de Reino Unido ya los describió en 2014. Muchos de ellos persisten incluso en nuestros días, pero a medida que la tecnología ha evolucionado y se ha democratizado, hay una buena oportunidad para superar estos problemas con el uso de herramientas de gestión de la información en los proyectos realizados en entorno BIM. El concepto de utilizar un software para la gestión de procesos es relativamente nuevo

en la industria del sector AEC en España. Sin embargo, los modelos BIM 3D son solo una parte de la ecuación. Para que un proyecto sea exitoso, hay tres componentes integrales: "personas, procesos y tecnología". Para administrar toda esta gestión de la información de la manera más óptima, el uso de un CDE optimiza los procesos de intercambio de la información, principalmente por estas tres razones:

*1. Para asegurarse de que todos estén usando la misma información actualizada.*

La colaboración es clave para la implementación exitosa de BIM ya que existen varios procesos complejos involucrados, y profesionales de diferentes disciplinas interactuando entre sí. Además, no ayuda que existan tantos estándares diferentes y que a todos les guste aplicar el suyo interno como protocolo de empresa. Incluso la más mínima interpretación errónea puede ocasionar demoras excesivas, lo que le originará elevados costes a la empresa. Los planes de ejecución BIM (BEP, BIM Execution Plan) son muy importantes para definir el alcance del trabajo y otras normas, pero ya no es necesario que un BEP sea solo un documento de proyecto, sino también un documento contractual. Una empresa podría aprovechar el poder de la nube para crear documentos en tiempo real, documentos inteligentes que sigan el ritmo de los proyectos. Además, con formas intuitivas para definir la información del proyecto, el nivel de desarrollo (Level of Development "LOD") y otros aspectos clave de un BEP, el uso de un CDE ayuda a brindar claridad a todos los involucrados en un proyecto de construcción.

*2. Por organización y para mantener los estándares en los proyectos.*

Habitualmente las empresas viven situaciones de estrés cuando hay mucho "caos de información" en un proyecto. Hay demasiados datos, demasiados modelos, demasiados archivos y ninguno de ellos está estructurado adecuadamente. Incluso cuando se decide darle sentido, se vuelve muy difícil de racionalizar. Algunas empresas siguen sus propios estándares, mientras que otros ni siquiera los tienen. La definición de estilos de línea y grosores de línea en los dibujos, por ejemplo, se define en un documento PDF, pero es muy difícil verificar si se está siguiendo, y si hay alguna desviación, nadie se molesta en actualizar el documento solo por un pequeño cambio. Esto lleva a muchas brechas que se hacen más y más grandes a medida que avanza el proyecto. Incluso los componentes BIM se crean sobre la marcha, ya que se necesitan, y casi no hay documentación durante el curso de un proyecto, porque hay mejores cosas que hacer en el momento. Ahí es donde entran el papel del uso de un CDE como protagonista en la gestión de la información y del conocimiento en el desarrollo de un proyecto en BIM. Un CDE ayuda a estandarizar todo tipo de información. Tomando el caso de los componentes BIM, los usuarios no solo lo usan como una biblioteca en la nube, sino también rastrear qué componentes se están utilizando en qué proyectos, por quién y con qué frecuencia. Junto con herramientas para determinar el trabajo, el aumento de la productividad es evidente.

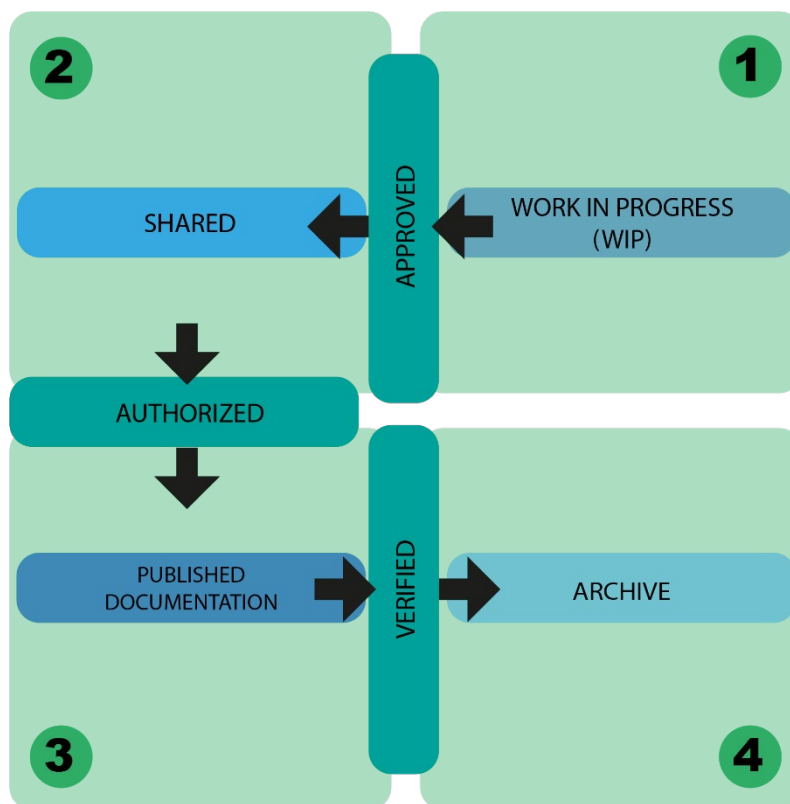
*3. Mejorar la calidad de los modelos BIM.*

En el mundo actual, el aseguramiento de la calidad en los modelos virtuales es cada vez más importante, ya no basta con crear un modelo BIM 3D + 4D + 5D para un proyecto de construcción. La calidad del modelo BIM es igualmente importante y hay varios métodos para evaluar qué tan eficientemente se ha modelado un proyecto. De hecho, no es de extrañar que pronto existan verificadores de calidad BIM para la gestión de la información de un proyecto. Algunos de estos aspectos de calidad a controlar se relacionan con los componentes BIM individuales que se utilizan. Si los componentes tienen la cantidad correcta de información necesaria según el objetivo BIM es un factor importante. Además, el modelado insuficiente y excesivo, ambos son perjudiciales para el proyecto. Asegurarse de que el nivel de desarrollo requerido (LOD) en varias fases de un proyecto es crucial. Los CDE ayudan a definir estos requisitos de manera dinámica. Un CDE proporciona la capacidad de cargar y administrar componentes BIM en la nube, y también características para rastrear el estado y la calidad de los modelos



BIM. También, los manuales de calidad son cargados, subidos al CDE como documentos en la nube para que todos puedan consultarlos, en tiempo real.

**Figura 3. Gestión de la información según la PAS 1192-2 y la UNE-EN-ISO-19650.**



## 6. Aplicación práctica: adaptación del sistema Kanban al flujo de trabajo BIM.

Las herramientas que actualmente se aplican en la construcción con BIM, para controlar la producción y montaje en obra, provienen de técnicas Lean Management, procedente del ámbito industrial e incorporada con éxito a la planificación y gestión de proyectos en construcción, ya que añaden valor al cliente. Ejemplo de estas herramientas son el sistema del último planificador (Last Planner System, "LPS") que es un sistema de producción que incorpora metodología Lean a la construcción para conseguir reducciones de tiempos del 30%, reduciendo el coste y aumentando calidad y seguridad. La producción en obra es, en general, poco predecible y muy compleja. El LPS consigue simplificarlo y aumentar su fiabilidad. De forma que, trabaja estructurada y colaborativamente la producción para que las tareas sigan un proceso (se planifiquen, se preparen, se liberen para ser realizadas, se comprometan y se rinda cuentas sobre lo realizado).

Esta filosofía Lean es un sistema de gestión de proyectos de construcción que persigue la mejora continua y maximizar el valor del producto final definido por el cliente. Con el desarrollo de la gestión integrada del proyecto IPD (Integrated Project Delivery) se integran Lean y BIM, donde los protocolos de control de producción se establecen en el modelo virtual. Encontramos otra herramienta como son los mapas de flujo de valor (Value Stream Mapping "VSM") esta herramienta permite visualizar todo el proceso del flujo identificando de una manera ágil las actividades que no generan valor, para eliminar desperdicios. Las herramientas anteriores se aplican tanto en fase de diseño como de ejecución de los elementos constructivos, donde se realiza un control de tareas para gestionar la información contenida en el modelo BIM. Lean Construction es otra herramienta de gestión cada vez más conocida asociada a los procesos de producción

en construcción y ofrece la oportunidad de mejorar la construcción como proceso a través de la reducción de pérdidas, el aumento de la eficiencia, y la agregación de valor para el cliente. También se reconoce en la literatura que aplicar técnicas provenientes del Lean reducen desperdicios, errores y se consiguen menores accidentes.

A diferencia de estas técnicas que se implementan en la actualidad que están bien acogidas, en este trabajo exponemos un nuevo método basado también en la gestión fabril para control de la información y conocimiento de tareas como es la aplicación del Kanban para minimizar los errores posibles en la creación, gestión y manipulación, actualización y control de la información BIM. Kanban, es un concepto que puede traducirse cómo sistema visual. Nació en la industria japonesa de la posguerra Y hoy día, se sigue utilizando en muchos equipos de producción No solamente de producción de activos sino también de producción de software. Kanban lo presentamos como un método eficaz para la gestión de la información en proyectos desarrollados en entornos BIM que puede complementarse perfectamente con otras técnicas en la gestión de la información durante el desarrollo de los proyectos. Sí analizamos los principios de ambos sistemas podemos encontrar numerosas similitudes que nos permiten relacionarlos entre sí con el objetivo de aplicar Kanban a los flujos de trabajo de BIM. Podríamos decir que el sistema Kanban se basa en tres objetivos básicos:

- Visibilizar el trabajo que hace cada unidad de producción (línea de producción).
- Delimitar el trabajo en curso en función de la capacidad de cada unidad de producción.
- Maximizar la eficiencia de los flujos de trabajo, para lo que ayuda mucho saber qué está haciendo cada uno y cuánto puede llegar a hacer.

Para conseguir estos tres objetivos anteriormente citados del sistema Kanban, contamos con los siguientes componentes (Anderson, 2009):

1. *Señales visuales* (tarjetas): Cada tarea de cada unidad de producción se dispone en una tarjeta, ya sea real o virtual. Las reales suelen ser a modo de Post-it® o esas pequeñas hojas adhesivas de distintos tamaños y colores; y en un tablero del proyecto o bien en una cartulina alojada en un casillero. Las virtuales son elementos creados con cualquier software al uso. A diferencia con la metodología Agile, la duración de esta tarea no tiene que estar dividida en unidades de producción, sino que el tiempo que lleve en esa tarea estará predefinido, pero puede ser cualquiera.
2. *Flujos de trabajo* (columnas): Las tarjetas de un tablero Kanban se agrupan en columnas, que simbolizan las distintas etapas por las que una determinada actividad (tarjeta visual) debe ir transitando para terminar un proyecto o una parte compleja de él. Son habituales tener columnas del tipo “Por hacer”, “En curso”, “Terminado”.
3. *Límites del trabajo en curso*: Son el número máximo de tarjetas que puede haber en una determinada columna en un momento determinado. Se trata dimensionar y organizar bien el trabajo para no crear cuellos de botellas en la producción. Este valor del límite de trabajo en curso nos indica el grado de aprovechamiento, pero también de saturación, del proceso productivo.
4. *Punto de compromiso*: Es lo que se denomina kick-off del proyecto, el inicio del mismo.
5. *Punto de entrega*: Es el momento en el que se entrega el proyecto, o una parte importante de él, en definitiva, el dead-line de un entregable del proyecto.

Por su parte, el flujo de trabajo BIM, una vez organizado, se basa en el aporte de cada modelador en su disciplina, encomendándoles el modelado de la disciplina que sea en una parte o en todo el proyecto. Estas entregas puntuales bien podrían asemejarse a las Kanban, es decir, a las tarjetas visuales. No obstante, en un proceso BIM, también

serían unidades de actividad las actuaciones del coordinador BIM, del BIM Manager, del Director del Proyecto, de las distintas ingenierías y, en definitiva, de todos los agentes de dicho proyecto. Donde encontramos un paralelismo claro es entre las columnas de un tablero Kanban y el flujo de información que debe ir realizándose entre los distintos documentos de un proyecto de construcción (PAS 1192-2. Son: WIP, Work in Progress, Shared, Published y Archive).

Una de las problemáticas principales que se encuentran en la gestión de la información de un proyecto en BIM es la incorporación entre las diferentes disciplinas MEP al BIM a través del IFC (Industry Foundation Classes for Data Sharing in the Construction and Facility Management Industries, definido en la ISO-16739 de 2013, ratificada posteriormente en 2016 y 2018). Por ejemplo, interferencias entre instalaciones, no cumplimiento en especificaciones de materiales o equipos referentes al pliego, no comunicada la información de una disciplina en otra para su correcto funcionamiento en fase de ejecución y operación. Para resolver esto se representa en la Figura 3 la aplicación de Kanban para controlar el flujo de trabajo entre el entorno MEP (Mechanical, Electrical & Plumbing) y el entorno BIM.

De manera general existen problemáticas en la gestión de la información de un proyecto BIM para el control de sus diferentes dimensiones BIM desde la fase de diseño a la fase ejecutoria. Por ejemplo, planificación temporal no real, planificación de costes que se desvían de presupuesto previo para cada fase de obra, etc. Sostenibilidad energética de proyecto con varias soluciones, igualmente, para resolver esto puede establecerse la aplicación Kanban. A modo de ejemplo se va a realizar en la Figura 4, la representación del control del flujo de trabajo e información de la aplicación de Kanban para la incorporación BIM4D al proyecto, pero igualmente se podrían realizar para todas las dimensiones de un proyecto BIM 3D + 4D + 5D + 6D + 7D adaptando tarjetas y controles de tablero para cada dimensión y agentes involucrados. Para que la aplicación sea efectiva es fundamental que estén involucrados todos los agentes implicados, por ejemplo, BIM Director, BIM Manager, BIM Coordinator, IFC Specialist, CDE Manager, etc. que la información sea precisa y que existan hojas de control y verificación en la nube, con registros a tiempo real de entrada salida, agente, si es visualizador o si es implicado, etc.

**Figura 4: Adaptación Kanban para controlar al flujo de trabajo del entorno MEP- BIM.**

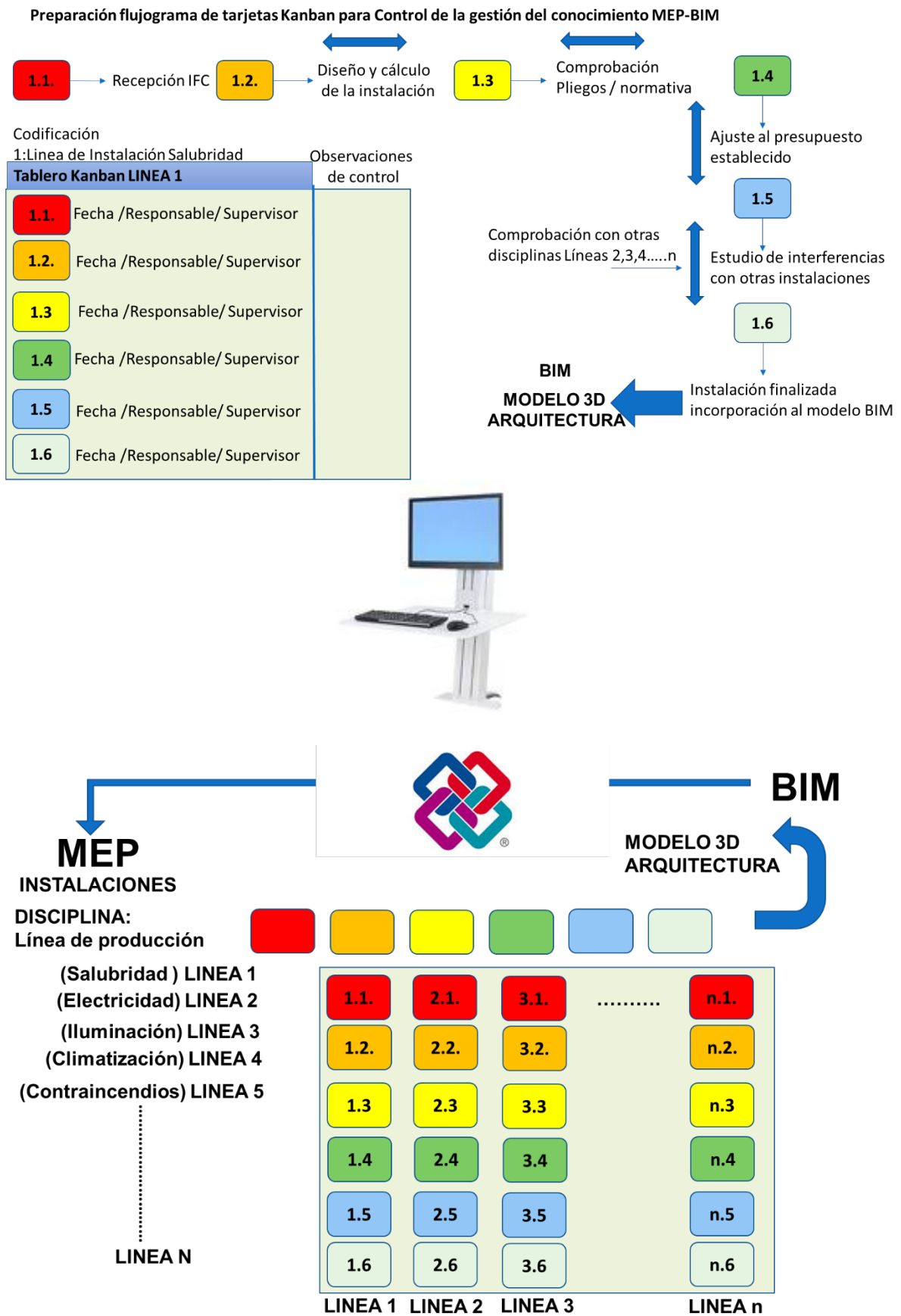
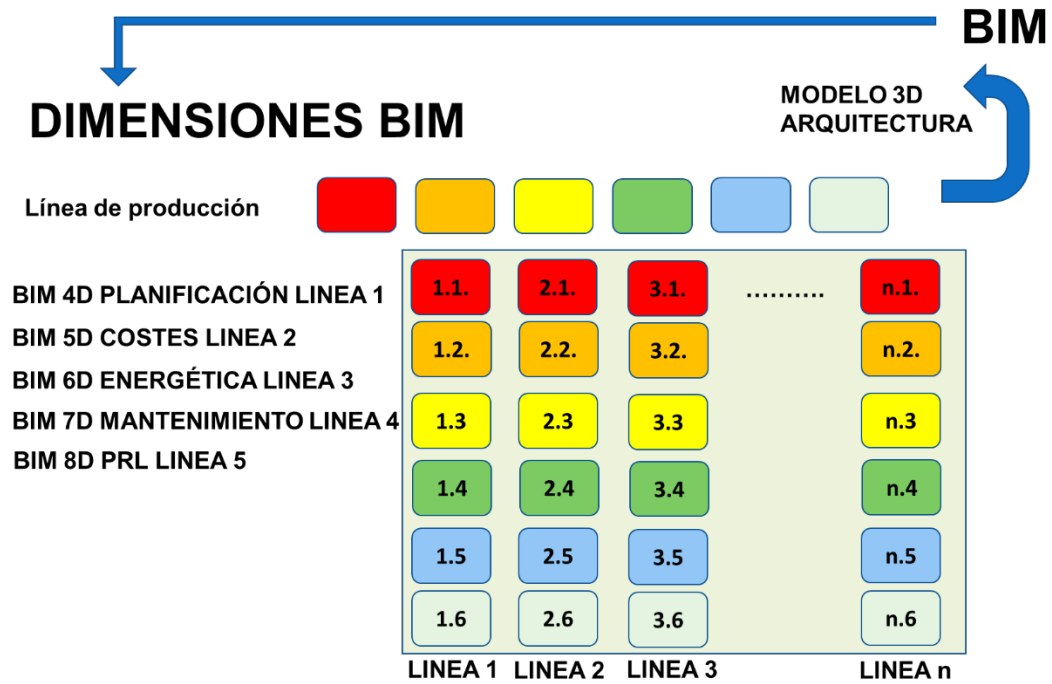
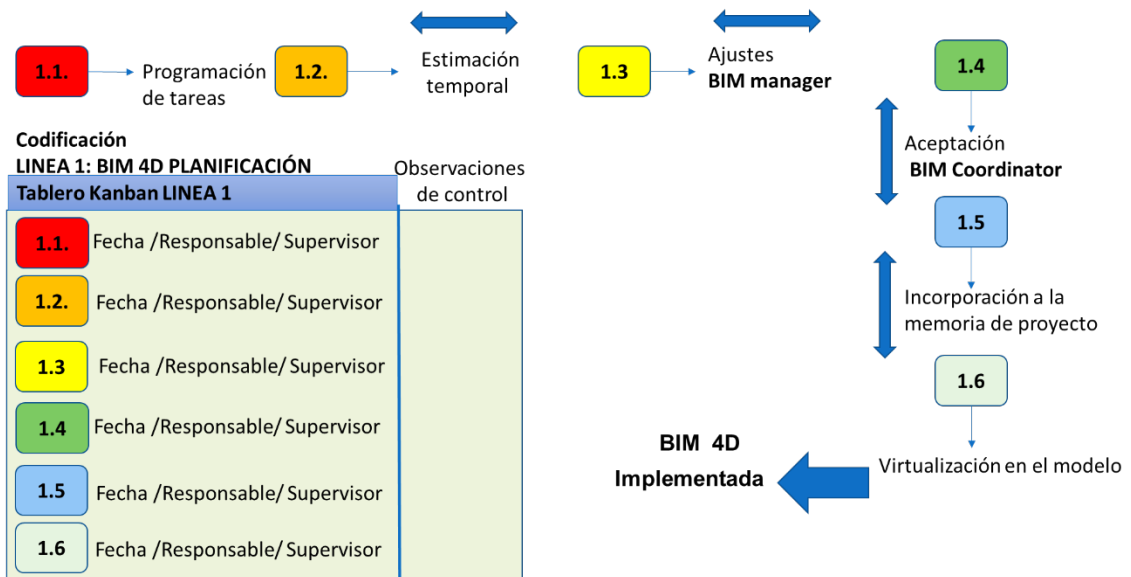


Figura 5: Adaptación Kanban para la incorporación de BIM 4D al proyecto.



Preparación flujograma de tarjetas Kanban para Control de la gestión del conocimiento DIMENSIÓN BIM 4D



## 7. Conclusiones

Se presenta el concepto de un sistema BIM y combinado BIM-Lean, para su uso como plataforma de intercambio eficaz de información en proyectos de construcción donde el punto común será el concepto del CDE, fundamental dentro de la metodología BIM. La aplicación de un mapa de conocimiento 3D en el enfoque BIM permite principalmente a los técnicos en los proyectos, encontrar la información necesaria de manera fácil y efectiva para resolver los conflictos. Este trabajo propone una metodología práctica, basada en la filosofía Lean Construction que aplica Kanban para controlar los flujos de trabajo entre el entorno MEP y BIM. Se ha comprobado que Kanban es eficaz para controlar y gestionar adecuadamente la información MEP para incorporarlo a BIM, y por otra parte se ha presentado de manera similar la aplicación de Kanban para incorporar las diferentes dimensiones de BIM gestionando adecuadamente la información en el proyecto. Los tableros Kanban son eficaces para organizar y representar la información del proyecto de construcción mediante el uso de un enfoque muy ligado con la metodología que propone BIM. La gestión del conocimiento es la organización, creación, intercambio y flujo de información dentro de una empresa. La información se puede compartir y reutilizar entre ingenieros y otros técnicos involucrados para mejorar el proceso de construcción, así como para reducir el tiempo y el coste planificado ó resolver problemas en obra. Al aplicar el enfoque Kanban, todos los participantes del proyecto realizan el seguimiento de la información explícita y tácita a través del mapa de conocimiento basado en los tableros. Los resultados demuestran que el método Kanban propuesto basado en líneas de producción y tableros de seguimiento puede usarse como una plataforma visual de gestión del conocimiento BIM y además utilizarse en tiempo real combinado con tecnología en la nube (CDE, Common Data Environment). Desarrollando el proyecto bajo un entorno BIM, controlado por Kanban, los ingenieros, arquitectos, inversores, etc., realizan el seguimiento de la gestión de la información visualmente por cada línea de producción en el entorno virtual, y ver el seguimiento de la información como se va incorporando al modelo virtual 3D. Este trabajo aborda la aplicación de tableros Kanban (Kanban Board) para la gestión del conocimiento BIM, valido tanto en fase de diseño como en la fase de ejecución del proyecto y propone un sistema de gestión de la información basado en técnicas Lean aplicable a BIM. Para verificar nuestra metodología propuesta se han acudido a las fuentes más actualizadas como los National BIM Reports de Reino Unido donde cifras concluyentes son recogidas tras cuatro años de Nivel 2 de madurez del BIM en Reino Unido.

Este trabajo quiere dar respuesta a muchas empresas que necesitan experiencia para aplicar correctamente la metodología BIM, ya que muchas empresas del sector no interactúan con el modelo, y solo disponen de él como un repositorio virtual, sin aprovechar la información contenida ni la vinculación colaborativa tal y como se establecen los fundamentos de BIM. Para mejorar lo anterior, este trabajo desarrolla una propuesta metodológica, no desconocida, pero sí aplicable para los objetivos planteados. La aplicación Kanban debe llevarse a cabo bajo una plataforma (CDE) muy visual, para mejorar el intercambio de información, experiencias e información entre los distintos agentes participantes en el proyecto, uniendo “tecnología procesos y personas”. Por tanto, los planteamientos de este trabajo son aplicables al control y gestión de la información para todas las fases de diseño (BIM 3D,6D), construcción (BIM 4D+5D+8D) y mantenimiento (BIM 7D). En resumen, nuestro estudio contribuye a la literatura existente en dos aspectos diferentes:

- Se relaciona mecanismos de control de producción ajustada como proceso válido para establecer un mapa visual en la nube que gestione la información del proyecto por dimensiones y por disciplinas.

- Se propone una metodología sencilla y práctica que ayude a la gestión de la información en proyectos desarrollados en entornos BIM.

## 8. Referencias

- AGhaffarianHoseini, A. Zhang, T. Nwadigo, O. GhaffarianHoseini, A. Naismith, N. Tooley, Raahemifar J. (2017). Application of nD BIM Integrated Knowledge-based Building Management System (BIM-IKBMS) for inspecting post-construction energy efficiency, *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 72, 935-949,
- Ahmed A.L. & Kassem M. (2018). A unified BIM adoption taxonomy: Conceptual development, empirical validation and application *Automation in Construction* 96:102-127 <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.08.017>
- Alwisy, A., Al-Hussein, M. and Al-Jibouri, S. H. (2012). *BIM approach for automated drafting and design for modular construction manufacturing*, in *Proceedings of the Computing in Civil Engineering 2012*. June 17-20, Clearwater Beach, FL, USA: American Society of Civil Engineers, 221–228. doi: 10.1061/9780784412343.0028.
- Anderson, D.J. (2009). *Kanban esencial condensado*. GreatBookPrinces. (Columbia, MD EEUU).
- Barrett, P. & Sexton, M.G., (1998), Integrating to Innovate: Report for the Construction Industry Council, Construction Industry Council / Department of the Environment, Transport and the Regions: London. Page 2.
- Dainty, A., Leiringer, R., Fernie, S. & Harty, C. (2017) BIM and the small construction firm: a critical perspective, *Building Research & Information*, 45(6), 696-709, <https://doi.org/10.1080/09613218.2017.1293940>
- Ding, L., Zhou, Y. Akinci B. (2014). Building Information Modeling (BIM) application framework: the process of expanding from 3D to computable nD, *Automatization in Construction*, 46, 82-93.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, 2nd Ed., John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.
- Elmualim, J. & Gilder, J. (2014) BIM: innovation in design management, influence and challenges of implementation, *Architectural Engineering and Design Management*, 10:3-4, 183-199, DOI: 10.1080/17452007.2013.821399
- Harty, C (2008). Implementing innovation in construction: Contexts, relative boundedness and actor-network theory. *Construction Management and Economics*, 26(10), 1029-1041.
- Kamardeen, I. (2010). *8D BIM modelling tool for accident prevention through design*, *Association of Researchers in construction management ARCOM*, Proceedings of the 26th Annual Conference, 281-289
- Koutamanis, A. (2020). Dimensionality in BIM: Why BIM cannot have more than four dimensions?. *Automation in Construction*. 114. 103153. [10.1016/j.autcon.2020.103153](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103153).

- Mahamadu, A., Mahdjoubi, L., Booth, C.A. (2017). Critical BIM qualification criteria for construction pre-qualification and selection. *Architectural Engineering and Design Management*, 13 (5), 326-343.
- Mayouf, M. Gerges, M. Cox, S. (2019). 5D BIM: an investigation into the integration of quantity surveyors within the BIM process, *Journal of Engineering, Design and Technology* 13 (3), 537–553.
- Mesároš, P. Smetanková, J. Mandičák T. (2019). *The fifth dimension of BIM—implementation survey IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 222.
- Muñoz, S. & Roig, V. (2018). *Estudio Marco de la adopción BIM en España. BuildingSmart Spain*. BIM Initiative.
- Oesterreich T.D. & Teuteberg F. (2016). Understanding the implications of digitisation and automation in the context of industry 4.0: a triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry, *Computers in Industry* . 83,121–139.
- Oti, A.H. . Tizani, W. Abanda, F.H. Jaly-Zada, A., Tah, J.H.M. (2016). Structural sustainability appraisal in BIM, *Automatization in Construction*, 69, 44-58.
- Sacks, R. and Barak, R. (2008) Impact of three-dimensional parametric modeling of buildings on productivity in structural engineering practice, *Automation in Construction*. Elsevier, 17(4), 439–449. doi: 10.1016/j.autcon.2007.08.003.
- Sudarsan, R. Fenves, S. & Sriram, R. & Wang, F. (2005). 'A product information modeling framework for product lifecycle management', *Computer Aided Design*. Elsevier, 37(13), 1399–1411.
- Villena, F., García-Segura T. & Pellicer, E. (2020). *Drivers of Innovation using BIM in Architecture, Engineering and Construction Firms*. The ASCE Construction Research Congress (CRC) 2020, Arizona State University, EE.UU.
- Wysocki, R. K. (2014). *Effective Project Management – Traditional, Agile, Extreme – 7th Edition*. Wiley
- [www.nationalbimstandard.org/about](http://www.nationalbimstandard.org/about): definición de BIM.

**Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible**

