

D. Cajade Sánchez and P. del Solar Serrano, "Integration of the BIM execution plan with the guide to the project management body of knowledge (PMBOK®) of PMI (Project Management Institute)". *Building & Management*, vol. 2(3), pp. 24-32, 2018

<http://dx.doi.org/10.20868/bma.2018.3.3839>

PAPER BM_18_03_02

RECEIVED 13/09/2018

REVISED 13/11/2018

ACCEPTED 05/12/2018

PUBLISHED ONLINE 31/12/2018

Integration of the BIM execution plan with the guide to the project management body of knowledge (PMBOK®) of PMI (Project Management Institute)

Integración del plan de ejecución BIM con la guía para la dirección de proyectos (PMBOK®) de PMI (Project Management Institute)

DELMIRO CAJADE SÁNCHEZ

Ingeniero Civil, Universidad, delmirocajade28@gmail.com

PATRICIA DEL SOLAR SERRANO

Doctora en Innovación Tecnológica en Edificación, Universidad Politécnica de Madrid. patricia.delsolar@upm.es

- ◊ Integrate into the BIM execution plans (BEP) the methodology proposed by the Project Management Institute (PMI) in its guide to good practices for project management (PMBOK®).
- ◊ BIM's execution plan is the most important document that must be elaborated to achieve a successful BIM implementation .
- ◊ There is a future intention to develop a BEP that ensures the integration of BIM tools into a project management plan aligned with the PMBOK® guide.

BIM (Building Information Modeling) has come to transform the way we create and manage construction projects. Its use is increasingly widespread both nationally and internationally. However, it is a work tool that must be integrated into the overall management of the project. That is why, for a correct BIM implementation in a project, we must have a BIM execution plan adapted to the needs of the client and which in turn is integrated into the project management plan. The PMI Project Management Guide (PMBOK®) is a compendium of internationally recognized good practices. This Standard proposes the necessary processes to manage a project successfully from the beginning to the end of it. These processes and how to apply them to a specific project are developed in the project management plan (PDP). When a project is developed with BIM tools, it is necessary to generate a document that in turn plans how and at what level BIM will be implemented, the BIM execution plan (BEP). To achieve the success of a project, the BEP must be perfectly integrated into the PDP. In this study, an exhaustive review of the existing bibliography and the main BEP guides developed and disseminated nationally and internationally was carried out. The planning guide for the BIM execution, developed by the "Computer Integrated Construction" with the PMBOK® guide, has also been compared. The result of this analysis is a first proposal of a process map for project management that integrates BIM processes. As a future line of research, we intend to develop a BEP that ensures the integration of BIM tools into a project management plan aligned with the PMBOK® guide.

BEP; BIM; Integration; Project Management.

- ◊ Se propone integrar en los planes de ejecución de BIM (BEP) la metodología internacional del PMI desarrollada en su guía de buenas prácticas para la dirección de proyectos (PMBOK® Guide).
- ◊ El plan de ejecución de BIM es el documento más importante que se debe elaborar para lograr el éxito en una implantación de BIM.
- ◊ Fruto de este análisis se presenta una primera propuesta de mapa de procesos para la dirección del proyecto que integra los procesos BIM

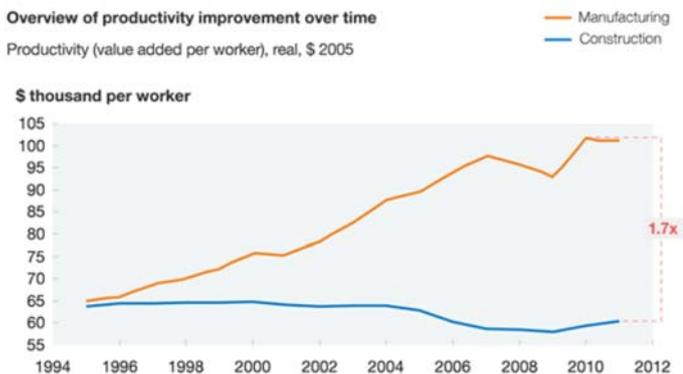
BIM (Building Information Modeling) ha venido a transformar la forma en que creamos y gestionamos los proyectos de construcción. Su uso cada vez se encuentra más difundido tanto a nivel nacional e internacional. Sin embargo, se trata de una herramienta de trabajo que debe integrarse en la gestión global del proyecto. Es por esto que para una correcta implementación BIM en un proyecto debemos contar con un plan de ejecución BIM adecuado a las necesidades del cliente y que a su vez se integre en el plan de dirección del proyecto. La Guía para la Dirección de Proyectos (PMBOK®) de PMI, es un compendio de buenas prácticas reconocidas a nivel internacional. Esta Norma propone los procesos necesarios para gestionar un proyecto con éxito desde el inicio hasta el cierre del mismo. Estos procesos y cómo aplicarlos a un proyecto concreto se desarrollan en el plan de dirección del proyecto (PDP). Cuando un proyecto se desarrolla con herramientas BIM es preciso generar un documento que a su vez planifique cómo y a qué nivel se va a implementar BIM, el plan de ejecución BIM (BEP). Para lograr el éxito de un proyecto el BEP debe quedar perfectamente integrado en el PDP. En este estudio se ha realizado una revisión exhaustiva de la bibliografía existente y de las principales guías BEP desarrolladas y difundidas a nivel nacional e internacional. También se ha comparado la guía de planificación para la ejecución BIM, desarrollada por el "Computer Integrated Construction" con la guía del PMBOK®. Fruto de este análisis se presenta una primera propuesta de mapa de procesos para la dirección del proyecto que integra los procesos BIM.

BEP; BIM; Integración; Project Management.

1. INTRODUCCIÓN

El concepto de Building Information Modelling (BIM) se considera por diversos investigadores que nació en el año de 1984, sin embargo, no ha sido hasta principios del siglo XXI cuando realmente está empezando a revolucionar la industria de la construcción, logrando una eficiencia en la gestión de los procesos durante ciclo de vida de la edificación, considerándose este que va desde la etapa de concepción o diseño hasta su desactivación y demolición.

Si se compara la productividad del sector de la construcción frente a la de otras industrias puede verse que, mientras que estas han aumentado su productividad por trabajador hasta casi doblar la productividad, el sector de la construcción se ha quedado estancado, o incluso ha llegado a perder productividad.



Source: Expert interviews; IHS Global Insight (Belgium, France, Germany, Italy, Spain, United Kingdom, United States); World Input-Output Database

McKinsey&Company

Figura 1: Productividad de la industria de la construcción (McKinsey&Company, 2015).

Las principales causas de la falta de productividad laboral en la industria de la construcción según Teicholz [10] son:

- ◆ Trabajos únicos contruidos por diferentes equipos bajo diferentes condiciones de sitio, regulatorias y climáticas.
- ◆ Sistema de contratación basado en una solución competitiva en lugar de colaborativa. Existe una falta de colaboración entre la fase de diseño y la de construcción.
- ◆ Los proyectos de construcción son cada vez más complejos y difíciles de gestionar [11].
- ◆ Los cambios en los marcos normativos traen como consecuencia un aumento de la complejidad de los trabajos.

Por otro lado, un estudio del National Institute of Standart and Technology, comprobó que los edificios cuestan más de lo que deberían. La falta de comunicación e interoperabilidad se identificó como un coste adicional para los propietarios de unos \$15.800 anuales, pero la mayoría de la industria de la construcción considera que esta cifra es significativamente mayor ya que no se incluyó la oportunidad comercial de mejorar la interoperabilidad.

Un proyecto BIM, donde se reúnen y colaboran entre sí los diferentes agentes, y en donde se maneja mucha información debe de estar regulado. Todos los agentes que intervienen en el proyecto tienen que saber el objetivo del proyecto y como lo van a desarrollar. Es por ello que es necesario desarrollar un plan detallado, que debe tomar en consideración todas las normas BIM y los valores e intereses de los clientes [3] [4].

El Plan de ejecución BIM (BEP) es un protocolo que indica los factores clave que el equipo debe seguir durante el proyecto, reconociendo las limitaciones del proyecto, los acuerdos de partes interesadas y requisitos, y los aspectos técnicos y de colaboración a considerar durante el proyecto. Este plan define el alcance de la implementación de BIM y los intercambios de información, identifica el flujo del proceso para las tareas de BIM, describe la infraestructura requerida para soporte y proporciona una mejor comprensión de los objetivos [2]. Además, ayuda a definir y comprender las responsabilidades de cada miembro del equipo que interviene en la administración de la construcción [13].

Debido a la importancia que tienen los BEP en el éxito de los proyectos BIM, se ve en la necesidad de hacer un estudio que logre integrar las actuales guías más difundidas a nivel internacional para la elaboración de los planes de ejecución de BIM con la metodología de las buenas prácticas para la dirección de proyectos (PMBOK® Guide) que propone el PMI (Project Management Institute) [9].

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El objetivo de esta investigación es crear un mapa de procesos que logre integrar los planes de ejecución de BIM (BEP) y la metodología que propone el Project Management Institute (PMI) en su guía de buenas prácticas para la dirección de proyectos (PMBOK® Guide).

Se parte de la metodología de gestión de proyectos que propone PMI, dado que se trata de un documento con estatus de Norma ANSI y que ha servido de base para la redacción de la reciente Norma ISO 21.500, gracias al reconocimiento que tiene en el sector.

También se toma como referencia la guía "BIM Project Execution Planning Guide" en su versión 2.1 del 2011 creada por el "Computer Integrated Construction" [5] y la PMBOK® Guide versión 6ta edición del 2017 creada por el "Project Management Institute" [9].

Se estructura este trabajo en tres partes principales:

Primero se realiza una investigación bibliográfica, que comprende desde la definición y ventajas del BIM y sus planes de implantación, hasta el estudio de la metodología para la dirección de proyectos que propone el PMI.

En segundo lugar, se realiza una comparación entre la "BIM Project Execution Planning Guide" elaborada por el Computer Integrated Construction" y la PMBOK® Guide. Esta

comparación se realiza estudiando los procesos de la PMBOK® Guide para las diferentes áreas de conocimiento con los procesos establecidos en la guía BEP del CIC. Fruto de este análisis se determinan cuáles son las deficiencias que presenta la guía BEP y que pueden ser una causa para posibles fallos en la implantación de BIM.

Finalmente se propone un mapa de procesos para la dirección de proyectos donde se integra los procesos necesarios para lograr el éxito en la implantación de BIM y en el propio proyecto. Para ello es importante que el BEP quede perfectamente integrado en el PDP [1], [5], [8], [12].

3. RESULTADOS

Antes de presentar el resultado de la comparación realizada entre la guía de planificación para la ejecución de proyectos de BIM (CIC, 2011) y la PMBOK® Guide se identifican los procesos que establecen ambas guías.

El “Computer Integrated Construction” identificó algunos aspectos claves que son necesarios definir para poder realizar con éxito la implementación de BIM en un proyecto. Estos están organizados en la Tabla 1, acompañados con una breve descripción [5].

Aspectos Clave	Descripción
Información general del plan de ejecución BIM	Es importante que el equipo del proyecto comprenda el motivo por el que se creó un plan de ejecución del proyecto BIM.
Información del proyecto	Esta sección incluye información básica del Proyecto que puede ser valiosa para el presente y el futuro.
Datos de contacto de las partes interesadas	Es preciso disponer de un registro con los datos de contacto de todos los interesados.
Objetivos del proyecto y objetivos BIM	Indicar las metas que se desean alcanzar con BIM y los usos que se le va a dar.
Responsabilidades y roles	Definir los roles de cada agente especificando sus responsabilidades.
Diseño del proceso de ejecución BIM	Definir cómo se ejecutará cada uso BIM
Definir alcances de BIM	Definir los requisitos, las partes responsables y el cronograma de entregables BIM.
Estrategia de intercambio de información	Definir cómo se realizan y documentarán las comunicaciones entre los diferentes agentes.
Requisitos BIM	Definir los formatos de intercambio de los modelos BIM
Procedimientos de colaboración	Incluir las actividades concretas que se deben desarrollar para llevar a cabo el trabajo colaborativo.
Procedimientos de control de calidad del modelo	Establecer los procedimientos para el aseguramiento y control de calidad.
Infraestructura tecnológica necesaria.	Definir las necesidades de hardware y software para acometer el proyecto, así como las conexiones a internet y almacenamiento en nube.
Estructura del modelo	Definir cómo se intervendrá en el modelo por los diferentes agentes de modelado, así como por los de control.
Entregables del Proyecto / Contratos	Establecer los hitos de entregas conforme a lo acordado con el cliente.

Tabla 1: Aspectos clave para la implementación de BIM.

La guía de planificación para la ejecución de proyectos BIM desarrollado por el CIC describe cuatro procesos para desarrollar un plan BIM detallado. El procedimiento está diseñado para dirigir a los propietarios, administradores de programas y participantes iniciales del proyecto a través de un proceso estructurado para desarrollar planes detallados y consistentes para los proyectos.

Los cuatro pasos son:

- ◆ identificar los objetivos y usos de BIM apropiados en un proyecto,
- ◆ diseñar el proceso de ejecución de BIM,
- ◆ definir el proceso de intercambio de información e

- ♦ identificar la infraestructura de soporte para implementar con éxito el plan [5].

Estos pasos consisten en:

1. Identificar los objetivos y usos del BIM.

Es fundamental establecer con el cliente los objetivos que debe alcanzar el proyecto, que deben responder a las necesidades del cliente, tanto en lo referente, al menos, al Alcance, al Cronograma y al Coste. En ocasiones se requiere realizar un proyecto en BIM para tratar de mejorar la productividad, mejorar la coordinación de los diferentes sistemas constructivos o definir en detalle el proyecto evitando o reduciendo el número de solicitudes de cambio.

Posteriormente, conocidos y acordados los objetivos, deben especificarse los usos BIM necesarios para alcanzarlos.

2. Diseño del proceso de ejecución de BIM.

Para definir cómo se ejecutará cada uso BIM se recomienda personalizar el mapa de procesos y adaptarlo al proyecto particular. Es importante que el mapa defina la relación entre unos procesos y otros, de manera que se conozcan las dependencias entre ellos. Este mapa ayudará a los agentes responsables de cada uso a entender la secuencia que debe realizarse para alcanzar los objetivos.

Después, los responsables de cada uso de BIM deben seleccionar o diseñar mapas de proceso más detallados adaptados a cada uso. Por ejemplo, el mapa de alto nivel mostrará cómo se secuencian e interrelacionan la creación de BIM, el modelado de energía, la estimación de costes y el modelado 4D. Un mapa detallado mostrará el proceso que realizará el equipo encargado del modelado de energía.

3. Proceso de intercambio de información.

Definir cómo se realizarán y documentarán las comunicaciones entre los diferentes agentes. Tanto el medio: teléfono, email, informes, actas, etc., como la frecuencia y los canales de comunicación. También quién debe enviar la información, quien debe estar en copia, quien la recibe, etc.

4. Proceso de intercambio de información.

El último paso es el definir la infraestructura necesaria para el proyecto BIM planificado. Esto incluirá la definición del formato de entrega del modelo, la infraestructura tecnológica necesaria y los procedimientos de control de calidad para que el modelo BIM alcance las expectativas de calidad establecidas en el contrato con el cliente.

Por otra parte, la PMBOK® Guide propone un mapa de procesos cuya aplicación facilita la gestión y dirección del proyecto. Sin embargo, es preciso decidir en cada proyecto qué procesos conviene implementar. La PMBOK® Guide propone un mapa de procesos basado en las buenas

prácticas reconocidas internacionalmente en la gestión de proyectos, así como las herramientas y técnicas para ejecutarlos, pero es el Project Manager quien debe decidir, para cada proyecto concreto, que procesos implementar.

La PMBOK® Guide define la dirección de proyectos como la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo [9]. Para ello define 49 procesos que se agrupan en 5 grupos de procesos:

- ♦ Inicio.
- ♦ Planificación.
- ♦ Ejecución.
- ♦ Seguimiento y control.
- ♦ Cierre.

Y a su vez en 10 áreas de conocimiento. Un área de conocimiento es, según la PMBOK® Guide “*un área identificada de la dirección de proyectos definida por sus requisitos de conocimientos y que se describe en términos de sus procesos, prácticas, datos iniciales, resultados, herramientas y técnicas que los componen*” [9]. Las 10 áreas de conocimiento son:

- ♦ Gestión de la integración del proyecto.
- ♦ Gestión del alcance del proyecto.
- ♦ Gestión del tiempo del proyecto.
- ♦ Gestión de los costes del proyecto.
- ♦ Gestión de la calidad del proyecto.
- ♦ Gestión de los recursos humanos del proyecto.
- ♦ Gestión de las comunicaciones del proyecto.
- ♦ Gestión de los riesgos del proyecto.
- ♦ Gestión de las adquisiciones del proyecto.
- ♦ Gestión de los interesados del proyecto.

La tabla 2 presenta el mapa de los 49 procesos para la dirección de proyectos que propone la PMBOK® Guide.

Una vez estudiadas ambas guías, se determina cuáles son los procesos recomendamos por la PMBOK® Guide que no están contemplados en la guía BEP del CIC, siendo los siguientes:

a. Grupo de procesos del área de la gestión de la Integración del Proyecto.

El área de Integración del proyecto se encarga de coordinar todos los procesos, las actividades y el trabajo que se desarrolla en el proyecto, tanto si se trata del trabajo planificado como el que resulte de los cambios que se aprueben.

Los cambios se gestionan a través del Proceso 4.5: Control integrado de cambios. El BEP no hace ninguna consideración al respecto. Todos los proyectos sufren cambios y su gestión eficaz es vital para el éxito del

- proyecto, por lo que se entiende que el BEP debe incluir un plan sobre cómo gestionar, aprobar e implementar los cambios.
- b. Grupo de procesos del área de la gestión del Alcance del Proyecto.
- Proceso 5.2: Recopilar requisitos. Aunque el alcance está bien definido en los objetivos del BEP, se echa en falta un proceso que deje constancia documental de los requisitos de los propietarios y partes interesadas. Tener documentados los requisitos de las partes interesadas nos permitirá realizar una mejor selección de los usos del BIM.
- Proceso 5.6: Control del alcance. Se considera fundamental incluir en los BEP el proceso necesario para realizar el seguimiento y control del alcance con el fin de evitar fallos en el cumplimiento de los objetivos planteados.
- c. Grupo de procesos del área de la gestión del Tiempo del Proyecto.
- Proceso 6.7: Control del Cronograma. En los planes de ejecución BEP se crea un cronograma para marcar los momentos en que debe realizarse intercambio de información entre los agentes implicados y para el proceso de entrega del proyecto. Sin embargo, no existe un proceso que controle si se cumplen los plazos e hitos marcados en el mismo, lo que pueden conllevar a que no se logre el éxito del proyecto.
- Por tanto, se considera necesario que se introduzca este proceso en los BEP para garantizar el cumplimiento del plazo establecido en contrato y permitan actuar a tiempo cuando se detecten desviaciones.
- d. Grupo de procesos del área de la Gestión del Coste del Proyecto.
- La gestión de los costes no se contempla dentro del BEP, sin embargo, el coste suele ser un objetivo prioritario en los proyectos y es preciso definir cómo se gestionará el presupuesto.
- La falta de presupuesto adecuado y de un control de este puede poner en peligro los objetivos de un proyecto, por lo que se considera necesario incorporar al BEP los procesos 7.1 Planificar la gestión del coste, 7.2 Estimar el coste, 7.3 Determinar el presupuesto y 7.4 Controlar el coste.
- e. Grupo de procesos del área de la Gestión de la Calidad del Proyecto.
- La gestión de la calidad del proyecto en los BEP se encuentra garantizada por unos procesos de planificación, gestión y control. Cada equipo selecciona un responsable para verificar el control de calidad en cada entregable y el director de proyecto tiene la responsabilidad adicional de verificar este control.
- f. Grupo de procesos de la Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto.
- Los BEP contemplan como se deben gestionar los recursos humanos en el proyecto, en él se definen los roles y responsabilidades de cada miembro del equipo. Es preciso también definir quien será responsable de cada uso BIM y cuánto tiempo se estima necesario para ejecutarlo.
- g. Grupo de procesos de la Gestión de las Comunicaciones del Proyecto.
- En los BEP se encuentra muy bien definido el proceso y control del intercambio de información, esto debido a que es un punto clave en el éxito del proyecto desarrollado en entorno BIM, ya que en el desarrollo de los modelos intervienen diferentes personas que realizan tareas o acciones en un mismo archivo. Para ello se elabora una planificación de cómo se va a realizar el proceso de las comunicaciones, quienes serán los emisores y los receptores. También queda definido cómo debe entregarse la información y los detalles y el nivel de esta información.
- h. Grupo de procesos de la Gestión de los Riesgos del Proyecto.
- La gestión de los riesgos no se plantea en los BEP por lo que es un punto débil que se debe reforzar. Para ello es necesario plantear los riesgos que presenta cada uso de BIM y como se dará respuesta a ellos.
- Se propone necesario incorporar al BEP los procesos: 11.1 Planificar la gestión de riesgos, 11.2 Identificar los riesgos, 11.3 Realizar el análisis cualitativo de los riesgos, 11.4 Realizar el análisis cuantitativo de los riesgos, 11.5 Planificar la respuesta de los riesgos, 11.6 Implementar respuesta a los riesgos y 11.7 Controlar los riesgos.
- i. Grupo de procesos de la Gestión de las Adquisiciones del Proyecto.
- En el BEP casi no hay información sobre compras. Sin embargo, es posible que en algunos proyectos parte de los recursos humanos y tecnológicos precisen ser externalizados. Estos procesos de compra se realizarán antes de la implementación del BEP, pero los contratos deberán cerrarse al final del proyecto, por lo que se considera importante al menos considerar los procesos: 12.3 Controlar las adquisiciones y 12.4 Cerrar las adquisiciones.
- j. Grupo de procesos de la Gestión de los Interesados del Proyecto.
- La gestión de los interesados esta establecida en los BEP, que contemplan que se debe identificar y registrar tanto los requisitos como los representantes. La información de contacto se intercambia simplificando la comunicación y trabajando de manera colaborativa.
- Si bien hay indicios de que las reuniones y las fases deben completarse con las partes interesadas para involucrarlas mejor, casi no hay información sobre controlar el

compromiso de las partes interesadas, y cómo crear planes y estrategias para permitirlo. Esto debería mejorarse para mejorar la comunicación e integración del proyecto.

4. CONCLUSIONES

BIM es una herramienta con un gran potencial para mejorar el desarrollo de los proyectos y para gestionar adecuadamente un proyecto en este entorno los BEP facilitan el logro del éxito en la implantación de BIM en un proyecto. La propuesta de mapa de procesos que se ha elaborado logra integrar las buenas prácticas que recomienda la PMBOK® Guide del PMI con los BEP.

Al comparar la PMBOK® Guide con la Guía BEP, se evidencia que la mayoría de las áreas de conocimiento de gestión de proyectos ya tienen algunos de los procesos y mejores prácticas aplicadas. Sin embargo, se presentan deficiencias en algunos procedimientos, entre las que se destaca:

- ◆ El área de conocimiento relacionado con las adquisiciones queda en su mayoría fuera de los límites del BEP, pero es preciso considerar, si fuera el caso, el cierre de los contratos vinculados a la ejecución del BEP.
- ◆ La gestión de costes tampoco se encuentra contemplada en los BEP, en la guía de integración presentamos un proceso para la planificación y control de costes.
- ◆ La gestión de riesgos tampoco se encuentra analizada en los BEP, sin embargo, es muy importante planificar, gestionar y monitorizar los riesgos ya que pueden afectar al éxito del proyecto.
- ◆ La gestión de los interesados, aunque se encuentra estudiada en los planes de ejecución de BIM se propone su mejora a través del registro de los requisitos de las partes interesadas.

Y como conclusión final se redacta la siguiente “Propuesta de guía de procesos para el BEP”, que contendría los siguientes procesos:

3.1. DESCRIPCIÓN, ALCANCE E INFORMACIÓN DEL PROYECTO.

Proceso	Breve descripción
» Conocer los requerimientos iniciales, riesgos y restricciones existentes en el proyecto	Es necesario comprender cuales son los requerimientos del cliente y que riesgos asociados conllevan.
» Determinar la misión y el alcance del proyecto.	La misión y el alcance deben ser claros para poder conocer cuando el proyecto tiene éxito.
» Información general del proyecto.	Se debe conocer toda la información del proyecto.
» Calendario general del proyecto.	Se deben conocer las fases de entrega del proyecto.
» Costes generales del proyecto.	Es necesario conocer el presupuesto asignado al proyecto BIM.

Tabla 3. Procesos necesarios para la descripción, alcance e información del proyecto.

3.2. REQUERIMIENTOS DE LAS PARTES INTERESADAS.

Procesos	Breve descripción
» Determinar las partes interesadas del proyecto.	Se deben conocer todos los interesados en el proyecto e identificar los responsables de cada equipo.
» Requerimientos de los interesados.	Es necesario conocer sus expectativas, requerimientos y su influencia en el proyecto.

Tabla 4. Procesos necesarios para determinar las partes interesadas.

3.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO Y USOS DE BIM.

Procesos	Breve descripción
» Identificar los objetivos de BIM	Los objetivos deben ser determinados por el equipo de planificación y deben cumplir con las expectativas del cliente.
» Control de los objetivos	Se debe monitorizar el proyecto con el fin de que se cumpla con los objetivos.
» Determinar los usos de BIM	Basados en los objetivos del proyecto es necesario seleccionar los usos de BIM, para ello se escogen de una lista donde se presentan los posibles usos. Estos deben ser seleccionados según la fase del proyecto.
» Determinar los riesgos de los usos de BIM	Es necesario realizar un análisis de los riesgos del proyecto y de los riesgos para cada uso de BIM, así como un estudio para poder monitorizarlos.

Tabla 5. Procesos necesarios para determinar objetivos del proyecto y usos de BIM.

3.4. TIEMPO, COSTOS Y RECURSOS HUMANOS.

Procesos	Breve descripción
» Determinar las fases y el cronograma de entregas para cada una, según los usos seleccionados de BIM.	Se debe identificar la responsabilidad de cada equipo y miembro del equipo y definir los roles que cada uno representa dentro de la organización, según los usos ya planteados.
» Control de tiempos	Se debe monitorizar el cronograma de trabajo con el fin de lograr cumplir con los plazos.
» Desarrollar el presupuesto	Se debe elaborar un presupuesto de trabajo basado en los usos de BIM seleccionados.
» Control de presupuestos	Es necesario monitorizar los presupuestos con el fin de tener controlado posibles variaciones.
» Determinar los recursos humanos, responsabilidades y roles, según los usos de BIM	Se deben determinar los recursos humanos necesarios y asignar las responsabilidad y roles de cada equipo y miembro del equipo, según los usos seleccionados de BIM.

Tabla 6. Procesos necesarios para determinar tiempos, costos y recursos humanos.

3.5. MAPA DE PROCESOS BIM.

Procesos	Breve descripción
» Elaborar los mapas de procesos de BIM	El equipo debe comenzar ordenando secuencialmente los usos de BIM, identificando en qué fase del proyecto se ubican.
» Detallar los mapas de procesos para cada uso de BIM	Se debe identificar la secuencia de las actividades correspondiente a cada uso.
» Revisión de los mapas	El equipo de planificación debe revisar cada mapa de proceso a lo largo del proceso de implementación de BIM, lo que puede ser un paso útil tanto para aclarar los procesos como para reflexionar sobre los procesos realmente utilizados en la práctica.

Tabla 7. Procesos necesarios para elaborar los mapas de procesos de BIM.

3.6. MAPA DE PROCESOS BIM.

Procesos	Breve descripción
» Requisitos para el intercambio de información.	Se debe identificar como se va a realizar el proceso de intercambio de información, y que información se va a compartir según los requisitos de cada interesado y los usos de BIM seleccionados
» Requisitos mínimos de información de los usos BIM seleccionados y su clasificación de acuerdo con la especificación LOD	Se debe estipular el nivel de desarrollo necesario en cada intercambio de información.
» Cronograma de intercambio de información.	Se deben pactar los plazos para los intercambios de información, basados en el cumplimiento del cronograma de entregas.

Tabla 8. Procesos necesarios para el intercambio de información.

3.7. PROCEDIMIENTOS DE COLABORACIÓN.

Procesos	Breve descripción
» Estrategia de colaboración.	En este punto, el equipo debe describir cómo colaborará en general. La comunicación, la gestión de documentos y la metodología de transferencia de información deben planificarse.
» Procedimiento de reuniones y espacio de trabajo.	El equipo debe definir la frecuencia, la ubicación y los participantes de las reuniones. Se debe también definir un espacio de trabajo físico.
» Comunicaciones electrónicas.	El equipo debe definir el protocolo de comunicaciones electrónicas con todos los miembros del proyecto, gestionando la forma y el medio como va a realizarse.
» Lista de directorio.	Debe crearse una base de datos común para poder gestionar a las partes interesadas.

Tabla 9. Procesos necesarios para la colaboración.

3.8. CONTROL DE CALIDAD.

Procesos	Breve descripción
» Archivos de BIM a ser controlados.	El equipo de planificación debe definir que archivos deben verificarse en la implantación de BIM
» Control de calidad.	Se debe definir quién y que debe monitorizar para el control de calidad.
» Indicadores de calidad.	Es necesario establecer unos indicadores medibles o comparables para poder gestionar el control de calidad.
» Tratamiento a las no conformidades.	El equipo debe describir cómo va a tratar los fallos según los requisitos de calidad definidos.
» Requisitos de cambio	En todos los proyectos se producen cambios, motivados por solicitudes del cliente o acciones preventivas o correctivas y corrección de defectos para lograr conseguir los objetivos del proyecto.

Tabla 10. Procesos necesarios para el control de calidad.

3.9. INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA.

Procesos	Breve descripción
» Software	Las partes interesadas en el proyecto deben evaluar qué software y hardware es necesario disponer para realizar cada uso de BIM.
» Hardware	Por la selección del software, es necesario determinar las necesidades mínimas de los procesadores.

Tabla 11. Procesos necesarios para la colaboración.

3.10. ESTRUCTURA DE LOS MODELOS.

Procesos	Breve descripción
» Estructura de las carpetas.	La estructura de carpetas debe tener un conjunto designado de carpetas para cada una de las secciones del entorno de datos común.
» Estructura de los nombres de archivos.	Se debe normalizar la forma de nombrar los archivos.
» Estructura del modelo.	Como los proyectos BIM tienden a tener un tamaño considerable, a menudo requieren la segregación de datos en piezas de tamaño manejable. Teniendo esto en cuenta, el equipo debe definir cómo será el modelo separado.
» Sistema de coordenadas y medición.	Se debe definir el sistema de coordenadas y las unidades de medición.
» BIM y estándares CAD	Deben definirse los estándares y pautas de BIM y CAD.

Tabla 12. Procesos necesarios para la estructura del modelo.

3.11. ENTREGABLES DEL PROYECTO.

Procesos	Breve descripción
» Entregas del proyecto	Para implementar BIM es esencial que cada miembro del equipo del proyecto comprenda los entregables esperados y sus respectivos roles. Cada entregable consiste en un conjunto de elementos del modelo BIM. Es importante definir que se va a entregar, cuando y en que formato debe hacerse

Tabla 13. Procesos necesarios para la entrega.

5. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Como futura línea de investigación se pretende crear un modelo de guía que normalice y desarrolle el mapa de procesos que se proponen en este documento.

6. REFERENCIAS

- [1] EAEC-UK (2012a). AEC (UK) BIM Protocol - Implementing UK BIM Standard for the Architectural, Engineering and Construction Industry. Version 2.
- [2] Akintoye, A. (2012). Construction innovation and process improvement. John Wiley and Sons.
- [3] Azhar, S. (2011). Building Information Modeling: Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, vol 11 (3), pp. 241-252.
- [4] Azhar, S., Khalfan, M., and Maqsood, T. (2012). Building information modelling (BIM): now and beyond. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 12(4), 15-30 .
- [5] CIC (2011). BIM Execution Planning Guide - Version 2.1. The Computer Integrated Construction Research Program, July, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA.
- [6] Isikdag, U., and Underwood, J. (2010). Two design patterns for facilitating Building Information Modelbased synchronous collaboration. *Automation in Construction*, 19(5), 544-553.
- [7] Kassem, M., Iqbal, N., Kelly, G., Lockley, S., and Dawood, N. (2014). Building information modelling: protocols for collaborative design processes. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*,19, 126-149.
- [8] Massachusetts Institute of Technology (MIT) (2012). MIT BIM Execution Plan v3.2. Massachusetts, USA.
- [9] PMI. (2017). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (6th ed.). Pennsylvania USA: Project Management Institute.
- [10] Teicholz, P. (2013). BIM for Facility Managers. New Jersey, U.S.: John Wiley & Sons.
- [11] Travaglini, A. (2014). Building information modeling (BIM) and project management: a stakeholder perspective. Guidelines for the successful implementation of BIM .
- [12] CIC (2009). BIM Project Execution Plan Document Template. Retrieved From: <http://www.xcubesolutions.com/web/wenjian/BIM+Project+Execution+Plan+Document+Template.pdf>. Accessed April 2015.
- [13] Fisher, J. (2011). BIM Technology Briefing Steering Committee. BIM Execution Plans. Retrieved From: http://www.advsolinc.com/pdf/events/StLouis_BIMExecutionPlan.pdf. Accessed March 2015.
- [14] Sriram Changali, Azam Mohammad, and Mark van Nieuwland. "The construction productivity imperative". July 2015. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/the-construction-productivity-imperative>. Visitado julio 2015.

WHAT DO YOU THINK?

To discuss this paper, please submit up to 500 words to the editor at bm.edificacion@upm.es. Your contribution will be forwarded to the author(s) for a reply and, if considered appropriate by the editorial panel, will be published as a discussion in a future issue of the journal.