



building

SMART

Spanish journal of BIM



nº **16/01**

La Integración de BIM en los Programas de Grado y Postgrado



Spanish journal of BIM



UN NUEVO ESQUEMA DOCENTE PARA EL BIM 5D EN GRANDES PROYECTOS.

Leonid Herter

THM, Giessen, Alemania

Fernando Valderrama

RIB Spain SA, España

Katia Silbe

THM, Giessen, Alemania

Joaquín Díaz

THM, Giessen, Alemania

RESUMEN:

En este artículo se describe la incorporación de un esquema docente para apoyar la introducción en Alemania del Building Information Modelling (BIM) a nivel nacional, a partir de 2016. Tras analizar los requisitos, normas y condiciones generales establecidos por el Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) [Ministerio Federal de Transportes e Infraestructura digital] y por sus socios, entre ellos Deutsche Bahn AG, el operador de la infraestructura ferroviaria y mayor propietario inmobiliario de Alemania, la Technische Hochschule Mittelhessen (THM) de Giessen desarrolló una idea para la formación de expertos y especialistas BIM. La idea va dirigida tanto a los empleados del cliente como del contratista, cuya tarea es promover la implementación y el desarrollo del nuevo método de trabajo BIM en el sector de la construcción.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 *Estado del arte*

En la industria de la construcción de Alemania la mayoría de los proyectos se realiza actualmente en 2D y se transmite en diferentes formatos de datos (Braun et. Al. 2015). Durante muchos años, la mayoría de las licitaciones se han realizado en su totalidad basadas en textos, con un estado de mediciones que contiene unidades de obra y precios predefinidos. La planificación 3D y la simulación por ordenador son muy raras. De acuerdo con la Honorordnung für Architekten und Ingenieure (AHO 2013) [tarifas de honorarios para arquitectos e ingenieros], estas simulaciones se consideran como "servicios especiales" y tienen que considerarse por separado. Debido a la complejidad del proceso de proyecto, no es raro que en proyectos complicados y difíciles haya errores e interferencias que no son visibles hasta que la obra está en ejecución. Como resultado, este tipo de proyectos sufren interrupciones y fuertes retrasos, lo que produce considerables costes adicionales para el cliente.

Este proceso es inaceptable, especialmente en proyectos financiados con fondos públicos. Un buen ejemplo es la Elbphilharmonie Hall de Hamburgo. En 2004, el coste de construcción se estimó en 77 M€. Estimaciones actuales sitúan la cifra en 789 M€ (Loewenstein 2014). El nuevo aeropuerto de Berlín, en construcción, muestra una tendencia similar. En este caso, los costes de construcción se estimaron inicialmente en 1.900 M€, pero han aumentado hasta 4.700 M€, con una cifra final estimada de 5.400 M€. Todo ello muestra claramente que, a la vista de la creciente complejidad de los proyectos actuales, y aún más de los futuros, es necesario adaptar la planificación y la ejecución.

En la actualidad, existe insuficiente comprensión entre cada una de las disciplinas individuales en lo referente a BIM. Muy poco se sabe sobre este método en su conjunto, sobre sus ventajas y desventajas, y sobre los costes, riesgos y oportunidades que aparecen, tanto antes de la ejecución como a lo largo de la misma. Puesto que siguen abiertas muchas preguntas y faltan directrices prácticas para su aplicación, el BIM no se utiliza todavía mucho en Alemania.

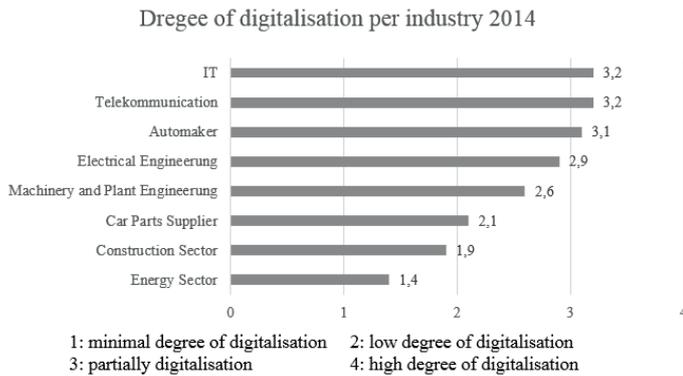


Figura 1. Grado de digitalización de la industria. Ilustración de los autores basada en un documento de Accenture de 2015 (Riemensperger et. al. 2015).

La Figura 1 muestra el grado actual de digitalización en los distintos sectores industriales. Es evidente que la industria de la construcción, con sólo 1,90 puntos, tiene un nivel extremadamente bajo de digitalización en comparación con otras ramas principales de la economía. Por ejemplo, el sector de las TIC se encuentra en primer lugar, con 3,20 puntos (Riemensperger et. Al. 2015). Es esencial en el futuro que la industria de la construcción se sensibilice a la importancia de la digitalización en todas las etapas del proyecto.

1.2 Regulación legal

Los proyectos BIM llevados a cabo hasta ahora en Europa por parte de los grandes clientes se han considerado como un éxito. Esto se debe principalmente al hecho de que el modelo virtual se utiliza en todo el proyecto y se puede documentar en detalle todo el conocimiento adquirido. En varios estados miembros de la UE (Finlandia, Noruega, Países Bajos, Dinamarca, Gran Bretaña) el uso de BIM se ha hecho obligatorio para los proyectos de construcción financiados con fondos públicos. En estos países, el uso de BIM está regulado por la normativa existente, que comprende procedimientos y procesos de trabajo (Díaz 2014).

La industria de la construcción alemana no tiene otra alternativa que adoptar BIM como un método de trabajo si quiere seguir siendo competitiva en el mercado internacional. La directriz de la UE divulgada por el Parlamento Europeo el 28 de marzo del 2014 (2014/24/UE) se refiere a la introducción de modelos electrónicos de datos para los contratos de obras públicas. A partir de 2016 se requerirán estos modelos de datos para todos los contratos de proyectos por un importe superior a los umbrales de contratación de la UE. Esta regla es aplicable a los 28 estados miembros y tiene que implementarse a nivel nacional. En muchos casos, la razón de la demora en

la introducción de BIM en el sector de la construcción en Alemania se basa en cuestiones legales no resueltas (Eschenbruch 2014).

En Alemania, todavía no hay leyes que regulen la forma de trabajar con un modelo virtual. Tampoco hay indicaciones claras sobre la autoría y la responsabilidad de las partes interesadas y de los representantes del promotor durante la ejecución del proyecto. Esto se aplica a cuestiones como la responsabilidad y las facultades discrecionales.

2 REQUISITOS PARA LA IMPLANTACIÓN

2.1 Hoja de ruta para el diseño y construcción digital

La hoja de ruta para el diseño y construcción digital (Bramann, H et. Al. 2015) introducida por la Reformkommission Bau von Großprojekten [Comisión para la reforma de la construcción para grandes proyectos], en nombre del BMVI, que se suele considerar como el calendario oficial para la implementación de BIM, se dirige principalmente a los clientes del sector público. Uno de los objetivos esenciales de la hoja de ruta es sensibilizar a todas las partes interesadas. Además de las exigencias del nuevo método, son importantes los plazos para completar los diferentes pasos. La primera etapa, hasta 2017, constituye la fase preparatoria, que sirve para aclarar los diferentes procedimientos, realizar proyectos piloto, capacitar al personal y desarrollar medidas de normalización. Durante la segunda etapa comienza la fase experimental ampliada, con la aplicación de Nivel de Rendimiento 1. Esta etapa debe terminarse al final de 2020. La tercera etapa comprende la implantación de los Niveles de Rendimiento 1 como parte de la construcción de la infraestructura y de la ingeniería estructural. Los requisitos del Nivel de Rendimiento 1 comprenden áreas como "datos", "procesos" y "cualificaciones". En cuanto a los datos, el nivel de detalle del modelo 3D y el formato de intercambio de datos son sólo dos de los puntos mencionados en el Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (AIA) [requisitos de información del contratista]. En cuanto a los procesos, es importante que el BIM-Abwicklungsplan (BAP) [Plan de Ejecución BIM] contenga reglas sobre las funciones, procesos, interfaces e interacciones esenciales, así como normas para una colaboración justa y amigable. Estas normas comprenden todas las fases, desde los diseños preliminares hasta la ejecución de las obras (Bramann, H et. Al. 2015). La cualificación BIM del promotor y del contratista es también un elemento esencial de la hoja de ruta para

el diseño y la construcción digital. Es necesario asegurarse de que el contratista tiene las competencias BIM para cumplir el contrato correctamente, mientras que el cliente debe estar en condiciones de exigir estas competencias estableciendo los requisitos respectivos. De esta manera, ambas partes pueden actuar en armonía y el concepto BIM se puede implementar de manera efectiva.

No sólo los pasos iniciales son un criterio importante para la aplicación de BIM. Este método también es útil en la optimización del coste de ciclo de vida del proyecto. Gracias al alto grado de digitalización y al uso de un modelo virtual con elementos digitales específicos, está disponible una gran cantidad de información, como el nombre del fabricante, el material, la vida útil estimada, costes, programas de mantenimiento, etc. Esta información proporciona valiosa información sobre el coste de vida completo de un edificio, desde la construcción hasta la demolición final. Así, el cliente sabe desde el principio los costes que debe tener en cuenta, en términos de ejecución, operación y mantenimiento. El coste de vida es un aspecto muy importante en las asociaciones público-privadas (PPP). Bajo los términos de estos contratos, el cliente del sector privado no sólo se compromete a construir el edificio, sino también a su operación y mantenimiento durante varias décadas. Por lo tanto, es ventajoso que el contratista pueda estimar los costes involucrados.

2.2 Proyectos piloto en Alemania

Entre los primeros proyectos exitosos basados en BIM que el BMVI inició con Deutsche Bahn se encuentran una serie de pequeñas reformas de estaciones de ferrocarril, como la modernización de la estación de Copenbrügge, de 400.000 € (Ruehl 2014, Aschmann 2014) y la modernización de la estación de intercambio de Werbig, de 1 M€ (Horstmann 2016). La finalización con éxito de estos proyectos de referencia ha animado a Deutsche Bahn a llevar a cabo nuevas acciones para verificar los resultados iniciales y establecer un catálogo de normas (Deutsche Bahn AG 2015). Estas normas representan un esbozo general de todo el proceso BIM, de principio a fin (incluyendo un modelo as-built), en la ejecución de proyectos de pequeña y mediana escala.

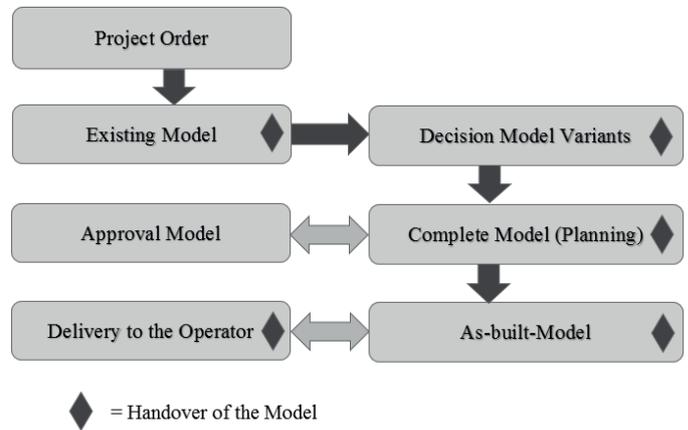


Figura 2. Proceso BIM desde la puesta en marcha del proyecto hasta la entrega del modelo as-built. Figura propia en base a las normas BIM de Deutsche Bahn (Deutsche Bahn AG 2015)

Las normas establecidas por Deutsche Bahn también influyen en los requisitos para el equipo de diseño. Por ejemplo, los servicios de diseño y supervisión que ofrecen los arquitectos y los ingenieros externos tienen que incluir ahora el método BIM. Los diseñadores de las instalaciones, los topógrafos y otros especialistas tienen que tener en cuenta el trabajo extra que supone el uso de BIM y añadirlo a los servicios que actualmente figuran en las tarifas de honorarios. Así, el cliente abonará una tarifa adecuada por los servicios prestados durante cada fase del proyecto. Además, los niveles de detalle (LOD) y los niveles de información (LOI) predefinidos determinan normas claras sobre la naturaleza del modelo virtual de la construcción en las fases de diseño, ejecución y terminación, tanto para los profesionales internos como los externos.

Tabla 1. Nivel de detalle del modelo de construcción por cada fase del proyecto. Representación propia en base a las normas BIM de Deutsche Bahn (Deutsche Bahn AG 2015)

Tipo de modelo	Nivel de detalle	Objetivo
Modelo as-built (demolición)	LoD: 100 LoI: -	Levantamiento
Modelo as-built (interfaces)	LoD: 100 LoI: 100	Levantamiento
Variantes del modelo	LoD: 100 LoI: 100	Diseño / Anteproyecto
Modelo completo (fase 1)	LoD: 200 LoI: 200	Diseño / Proyecto básico
Modelo completo (fase 2)	LoD: 300 LoI: 300	Diseño / Proyecto de ejecución
Modelo as-built	LoD: 400 LoI: 400	Documentación

Por otra parte, la lista de unidades de obra estándar tiene que contener ahora una base de datos coordinada de elementos de construcción para elaborar el modelo 3D con los atributos ya definidos. La calidad y la sostenibilidad del modelo virtual de la construcción es un factor clave del nuevo método de trabajo. Para ello, tiene que haber una estructura firme para generar y mantener el modelo en las diferentes fases del proyecto (planificación, construcción, fabricación, terminación, entrega). En este contexto, Deutsche Bahn ha emitido un estándar BIM para estaciones de ferrocarril pequeñas y medianas que, entre otras cosas, regula el modelado de un objeto representable. Este "Manual de modelado" también describe cómo deben integrarse los elementos individuales en la aplicación BIM, de manera que se pueda obtener el cálculo automático de las mediciones y de las certificaciones mediante un programa de presupuestos (Deutsche Bahn AG 2015).

Para estandarizar el proceso de diseño, Deutsche Bahn ya había creado su propia base de datos de elementos estructurales y había desarrollado el programa iceBIMrail, para el diseño parcialmente automatizado de estaciones de ferrocarril, un plug-in de Autodesk Revit®, en el marco de un contrato de I+D.

Otro objetivo es incorporar en el espectro BIM existente todos los grandes proyectos que están en fase de diseño y algunos que ya están en fase de ejecución. Estos proyectos incluyen el túnel ferroviario de Rastatt, de 450 M€ (BMVI 2014), el puente de ferrocarril Filstal, de 53 M€ (Schütt 2015) y el nuevo puente de ferrocarril de Petersdorf, de 35,5 M€, todos los cuales finalizarán previsiblemente en 2018. Una serie de proyectos de cooperación en otras áreas de infraestructuras, como el viaducto Auenbach, cerca de Chemnitz, en sociedad con el proveedor de servicios Deutsche Einheit Fernstraßen-Planungs y Bau GmbH (Deges), sirven para ganar más experiencia y desarrollar un método de trabajo integral.

2.3 Implantación BIM por el cliente

Para el cliente, es importante proporcionar una formación adecuada de iniciación a los miembros del personal que van a trabajar con el nuevo método BIM. Este grupo incluye no sólo los arquitectos e ingenieros que participan en las fases tempranas de diseño y planificación, sino también a los responsables de las etapas posteriores (licitación, adjudicación de contratos) y durante la construcción. Esta formación especial se basa en el análisis de las normas establecidas por el BMVI (Puestow, M. et. Al. 2015) y la hoja de ruta para el diseño y construcción digital, así como las normas BIM de Deutsche Bahn, que funciona como un socio en el ámbito de la aplicación

BIM en la construcción en proyectos piloto del sector público. En base a estas condiciones, la THM utiliza su amplia experiencia en BIM para desarrollar un esquema que mejore la instrucción y la certificación de los miembros del personal, tanto en el sector privado como en el público. Otro grupo que requiere una formación en BIM son los que trabajan en las oficinas de proyectos y otras empresas del sector contratadas por los clientes. Esta cualificación tiene que cubrir una amplia gama de métodos relacionados con el intercambio de información orientado a modelos y a la gestión de proyectos basada en la colaboración.

Además, todos los participantes en el curso deben desarrollar capacidades suficientes para manejar modelos de datos y coordinarlos con los programas habituales. Estas personas, competentes en la gestión y coordinación BIM (es decir, los empleados de los clientes y de las empresas a las que contratan), implantarán posteriormente el BIM en proyectos piloto y establecerán su uso en el sector alemán de la construcción.

3 ESQUEMA DE LA FORMACIÓN

En base a las normas de la BMVI representadas por la Reformkommission Bau von Großprojekten y la hoja de ruta para el diseño y la construcción digital, así como la experiencia previa de Deutsche Bahn, plasmada en las normas BIM para estaciones de ferrocarril pequeñas y medianas, este documento presenta los principales componentes de una idea de formación que se desarrolló en el THM para mejorar la instrucción del personal que trabaja con BIM. Este esquema comprende módulos relativos a la fase de diseño y a la de ejecución.

3.1 Fundamentos del diseño y la construcción digital

El módulo de introducción "Fundamentos del diseño y la construcción digital" proporciona un esquema general de la metodología BIM/5D y se desarrolla en base a la iniciativa federal de apoyo a la introducción de BIM en el sector de la construcción. Los participantes aprenden el significado básico y la terminología del BIM. Con estos antecedentes, es posible responder a tareas específicas, entender las normas, adaptar los conocimientos existentes a los procesos de planificación en 5D y por último, pero no menos importante, documentar el aprendizaje de manera comprensible.

Un contenido importante del curso son las ventajas que resultan de la introducción del BIM. Estas incluyen cambios en la fase de diseño, mayores expectativas relacionadas con la calidad del diseño,

uso más eficiente de las bases de datos necesarias, mejor comunicación entre los equipos de diseño y de construcción y colaboración más fácil entre los socios. Esta mejora dará lugar a un flujo de trabajo más fluido para todas las partes involucradas. El conocimiento obtenido de los diversos proyectos piloto basados en BIM ya iniciados por el BMVI proporcionará una visión general de las nuevas funciones del diseño y ejecución de proyectos y la necesidad de introducir BIM como método de trabajo.

3.2 3D y modelado de información

El módulo "3D y modelado de información" tiene que ver con el procedimiento necesario para el modelado sostenible de un edificio virtual y de sus elementos. Se asigna especial importancia a la información sobre los elementos de construcción virtuales que se puede utilizar en una etapa posterior en otras aplicaciones compatibles con BIM. Además, los módulos tienen que ver con los estándares recomendados por el fabricante del software y los establecidos por el BMVI y la hoja de ruta para el diseño y la construcción digital, respecto a la forma en que se mantienen y actualizan las bases de datos para asegurar el uso eficiente y uniforme de los datos. Esto se aplica tanto al nivel de detalle (LOD) como al nivel de información (LOI). Dependiendo de la etapa del proyecto, los datos pueden integrarse en el software de ingeniería estructural, como Tekla, en el software para el cálculo de los requerimientos de energía, como IDA ICE, o en el software de control de proyecto, como RIB iTWO® 5D. Esto requiere interfaces de software, como Industry Foundation Classes (IFC) o Construction Process Integration (CPI). Dependiendo de la aplicación, es importante configurar algunos de los contenidos del modelo de construcción mediante componentes virtuales e interfaces, y coordinar los modelos de datos de las diferentes disciplinas.

3.3 Integración del diseño 5D

En el módulo de "Integración del diseño 5D" los participantes aprenden diferentes formas de estructurar y ejecutar un proceso de diseño integrado que garantice una colaboración fluida entre las partes involucradas. Los contenidos se enseñan primero vez en la teoría y después se aplican en un contexto práctico.

Considerar el ciclo de vida completo del edificio es un requisito básico en el mundo de hoy, y llevar a cabo todas las modificaciones necesarias durante la fase de diseño. Estos procesos se explican en este módulo. El diseño se ha convertido en un ejercicio integral, con la participación de especialistas de mu-

chas disciplinas, que se deben integrar en los procedimientos tan pronto como sea posible a fin de evitar cambios en etapas posteriores debidos a errores del proyecto. La Figura 3 muestra el efecto en el coste que puede tener un cambio durante el proceso de diseño en curso.

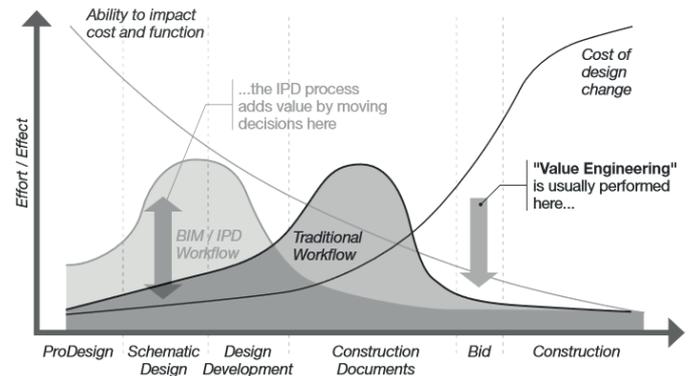


Figura 3. Curva de MacLeamy (Chidambaram et. alt. 2011)

3.4 Coordinación del diseño

En el módulo "Coordinación del diseño" los participantes se familiarizan con conceptos para la ejecución en cooperación de proyectos BIM, la organización del flujo de información digital subyacente entre las diferentes disciplinas y asegurando la calidad del diseño a través de los procesos automáticos.

Entre otras cosas, el módulo tiene como objetivo enseñar los necesarios métodos orientados a la práctica, explicar las tecnologías mediante ejemplos y formar a los futuros expertos BIM mediante ejercicios adecuados. Los participantes aprenden a reflexionar sobre la planificación de proyectos, la gestión de la información a través del intercambio digital en un proceso BIM cooperativo y el uso de aplicaciones para la verificación de modelos y detección de conflictos. En este contexto, los participantes adquieren experiencia con la plataforma de comunicación y procesamiento del servidor BIM, que determina los agentes que tienen derecho de acceso y autorización para modificar el modelo virtual de la construcción.

3.5 Estimación del coste 5D

El módulo "Estimación del coste 5D" cubre los aspectos esenciales de cualquier proyecto de construcción, incluyendo la licitación, la adjudicación de contratos y la certificación. Los participantes se familiarizan con la estimación de costes basada en modelos (5D) con la ayuda de un modelo digital del edificio. Se utiliza un proyecto de ejemplo para situar los temas teóricos específicos de BIM en un contexto práctico. Entre otras cosas, esto implica la vinculación de los datos derivados del coste y de la licitación con los elementos virtuales del modelo 3D.

El siguiente paso consiste en calcular el valor añadido al trabajo diario con el nuevo método de trabajo 5D en forma de procesos automáticos con RIB-iTWO® 5D. Además de proporcionar una descripción más o menos automatizada del avance de la obra con un estado de mediciones, la aplicación BIM da una idea de los costes esperados durante las fases preliminares de planificación y diseño. Estos costes pueden proyectarse hacia adelante y actualizarse durante las fases posteriores (es decir, la adjudicación de contratos y la ejecución), lo que permite hacer comparaciones y mejorar así el control del proyecto.

Del mismo modo, se pueden simular varios procesos de adquisición. Puesto que el estado de mediciones se compila automáticamente, se pueden generar para cada fase individual licitaciones y adjudicaciones de contratos, en base al modelo. Estos costes son también parte del control del proyecto.

3.6 Planificación 5D y control

En el módulo de "Planificación 5D y control" los participantes adquieren conocimiento profundo sobre la ejecución de las obras con la ayuda de un proyecto de ejemplo. Los siguientes puntos son importantes:

- Asignar procesos a un modelo virtual de la construcción
- Enlazar los procesos individuales
- Presentar los procedimientos de construcción
- Monitorizar estados individuales de finalización durante la ejecución de las obras
- Enlazar y verificar las medidas de control

Los trabajos de construcción se muestran en una simulación mediante diagramas de Gantt, de modo que se pueden visualizar y detectar las discrepancias en una etapa temprana. En este módulo, los participantes podrán obtener mayor conocimiento sobre planificación y control, y ser capaces de valorar las oportunidades y amenazas que aparecen en cada proyecto.

3.7 Módulos adicionales

Además de los módulos individuales relativos a la aplicación BIM, el THM también ofrece módulos especializados en las áreas de "Gestión BIM", "Coordinación BIM" y "Gestión de proyectos relacionados con BIM".

Para vincular el gran volumen de datos existentes se ha creado un módulo titulado "La información digital en el emplazamiento". Los participantes aprenden cómo tratar con los datos que surgen durante la ejecución del proyecto y que ahora debe integrarse en el modelo virtual de la construcción. Además, los

datos serán necesarios para estimar el coste final del edificio o tal vez para otros fines, en fechas posteriores.

Otro módulo, con el título de "Gestión del cambio", tiene que ver con los procedimientos de reestructuración en las empresas y la reorganización de los procesos de trabajo. Para que puedan colaborar, los nuevos desarrollos requieren una nueva forma de pensar por parte del cliente y del contratista. Todas estas ideas tienen que estar claras para ambas partes antes de pasar de la práctica convencional a la aplicación del BIM.

La cuestión de la remuneración por los servicios de arquitectos e ingenieros se trata por separado en el módulo "Honorarios". Esto establece una escala de pago adecuada para todos los involucrados en el proyecto y ejecución de un proyecto BIM.

Cuando se planifica un proyecto de construcción, es importante que el público en general esté informado de su finalidad y utilidad. Tales cuestiones se incluyen en el módulo "Actividades de relaciones públicas orientadas a modelos". Se preparan simulaciones digitales, creando accesibilidad virtual para despertar el interés de los habitantes y elevar el nivel de aceptación de la ejecución de un proyecto.

Por último, pero no menos importante, el módulo titulado "Copyright" analiza en detalle la situación de los arquitectos y de los ingenieros, y también de los compiladores de bases de datos. Una cuestión importante es el marco jurídico y los derechos de propiedad en relación con los datos que se han creado.

4 CONCLUSIÓN

La introducción del BIM dará lugar a un grado considerable de reestructuración. Junto con sus socios, la BMVI ha hecho mucho para facilitar este desarrollo en Alemania. La contribución de la THM es ofrecer un esquema de formación que cierre la brecha entre la teoría y la práctica. Para ello, la THM ha sido capaz de aprovechar su considerable experiencia, en primer lugar, en el campo del software y, en segundo lugar, en el sector de la construcción.

La THM ofrece un esquema de formación que corresponde a los requisitos del cliente y del contratista. En línea con la hoja de ruta para el diseño y la construcción digital para el paso al BIM, el esquema se esfuerza por sensibilizar, cualificar y certificar a todos los involucrados en el proceso constructivo. Es el objetivo declarado de la BMVI introducir para 2020 un enfoque holístico de los trabajos de cons-

trucción, sobre todo los grandes proyectos. A medida que la fecha se acerca, hay una creciente necesidad de un esquema de formación de este tipo.

5 REFERENCIAS

- Aschmann, Matthias 2014. Alles für 400.000 Euro. Copenbrügge. Copenbrügge
- Ausschuss der Verbände und Kammern der Ingenieure und Architekten für die Honorarordnung e.V. (AHO) 2013. Honorarordnung für Architekten und Ingenieure. Berlin.
- Braun, S. & Rieck, A. & Koehler-Hammer, C. 2015. Ergebnisse der BIM-Studie für Planer und Ausführenden >>Diegitalen Planungs- und Fertigungsmethoden: 11, 18
- Bramann, H. & May, I. 2015. *Road Map for Digital Design and Construction*. Berlin: Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure.
- Chidambaram & Palanisamy, L. & Leong, N.K. & Wee, T.K. & Leong, T.K. & Kwang, T.K. 2011. Maximising BIM Integration with the Project Team. *The BIM Issue*: 7.
- Deutsche Bahn AG, 2015. BIM-Vorgaben für kleine und mittlere Verkehrsstationen. Berlin: DB Station & Service AG
- Díaz, Joaquín 2014. Wann kann Building Information Modeling in der deutschen Bauwirtschaft eingesetzt werden. *RKW-Kompetenzzentrum, Informationen / Bau-Rationalisierung 1/2014*: 4-6
- Eschenbruch, K. & Malkwitz, A. & Grüner, J. & Poloceck, A. & Karl, C.K. 2014, Maßnahmenkatalog zur Nutzung von BIM in der öffentlichen Bauverwaltung unter Berücksichtigung der rechtlichen ordnungspolitischen Raumbedingung: 107-112.
- Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure 2014. *BIM-Pilotprojekt Rastatter Tunnel*. Berlin: Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure
- Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure 2014. *BIM-Pilotprojekt Brücke Petersdorfer See*. Berlin: Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure
- Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure 2014. *BIM-Pilotprojekt Südverbund Chemnitz*. Berlin: Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure
- Horstmann, Wolfgang 2016. Einführung der BIM-Methodik bei der DB Station&Service: 4.
- Loewenstein, Hans-Hartwig 2014. Bauen in Deutschland – ein ökonomisches Desaster. *BRZ-Mittelstands-Forum 2014*: 9.
- Puestow, M. & May, I. & Peitsch, D. 2015. *Reformkommission Bau von Großprojekten*. Berlin: Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure.
- Riemensperger, F. & Hagemeier, W. & Pfannes, P & Wahrendorf, M. & Feldmann, M. 2015. *Digitalisierungsstrategien der deutschen Top500*. Berlin: Accenture.
- Ruehl, Thomas 2014. BIM im Verkehrswegebau – die Anwendung von BIM-Methoden bei standardisierten Verkehrsstationen. *BRZ-Mittelstands-Forum 2014*: 9-10.
- Schuett, Bastian 2015. BIM in der Ausführungsplanung und Bauausführung – Pilotprojekt Eisenbahnüberführung Filstal. DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH.