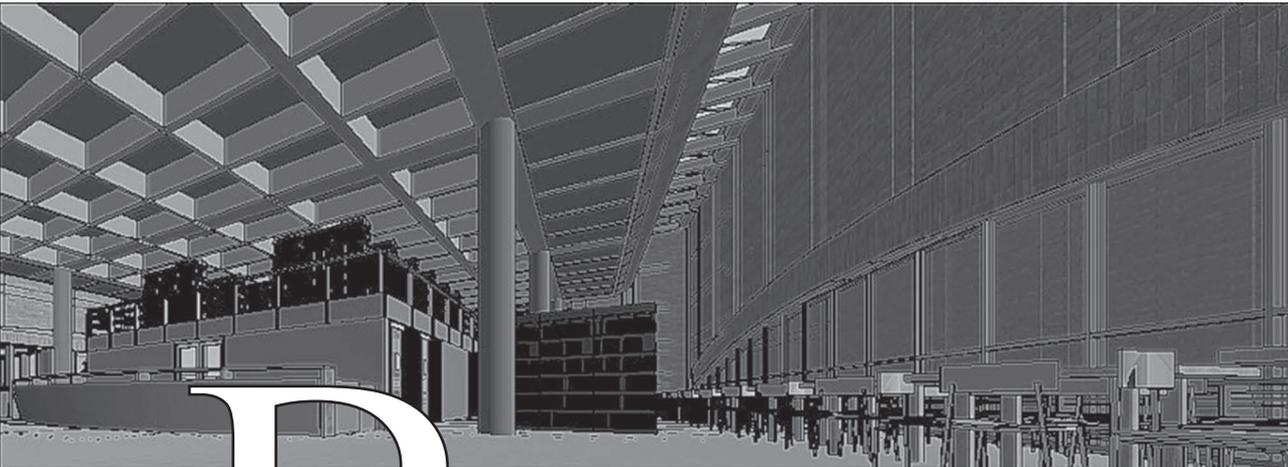


**Tatiana Sánchez Botero**  
tatiana.sanchez@ucp.edu.co

**Emilio D'paola Puche**  
emiliow388@gmail.com

**Luis Fernando Botero Botero**  
lfbotero@eafit.edu.co



**B**

***uilding Information Modeling como  
nueva tecnología en la enseñanza  
de la ingeniería civil, la arquitectura  
y la construcción***

*Building Information Modeling as new  
technology in teaching civil engineering,  
architecture and construction*

## **Resumen**

*El artículo es resultado de una búsqueda de los trabajos, investigaciones y aplicaciones de la metodología de trabajo BIM (Building Information Modeling) en la industria de la construcción, los centros de investigación y la academia. El propósito es sustentar la importancia y necesidad de su inclusión en los currículos académicos como nueva tecnología para responder con innovación, creatividad y competitividad a las nuevas economías del conocimiento.*

## **Palabras claves**

*TIC, BIM, Gestión de la información.*

## **Abstract**

*The following article is the result of a research of works, research and applications of the methodology of work BIM (Building Information Modeling) in construction industry, research centers and academy, with the purpose to sustain the importance and the necessity of inclusion as an essential part of the curriculum and program content of the academy, what correspond to civil engineering teaching, Architecture and construction, as new technologies to respond with innovation, creativity and competitiveness in the new knowledge economies.*

## **Keywords**

*TIC, BIM, Education, information management.*

# ***Building Information Modeling como nueva tecnología en la enseñanza de la ingeniería civil, la arquitectura y la construcción\****

## ***Building Information Modeling as new technology in teaching civil engineering, architecture and construction***

89

**Tatiana Sánchez Botero\*\***  
tatiana.sanchez@ucp.edu.co

**Emilio D'paola Puche\*\*\***  
emiliow388@gmail.com

**Luis Fernando Botero Botero\*\*\*\***  
lfbotero@eafit.edu.co

En la actual era de la información y las telecomunicaciones, las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) hacen parte esencial del desarrollo económico de los países. En las llamadas economías del conocimiento, la educación juega un papel importante, comprometiendo a los países a formar actores innovadores, creativos y competitivos (Orduz, 2012), y a encaminar sus esfuerzos en la calidad y pertinencia del sistema educativo, su cobertura en todas las etapas de la formación. Asimismo, a generar interés en la sociedad en actividades científicas y tecnológicas, particularmente de investigación y desarrollo (I+D) y en la construcción de la capacidad de innovación, además de la articulación del sector

---

\* El artículo surge de la investigación: Aplicación de la Realidad Virtual en la Enseñanza de la Ingeniería de la Construcción, realizada en la universidad EAFIT para el grupo de investigación en Gestión de la Construcción de la Universidad EAFIT

\*\* Arquitecta, con estudios en Especialización en Arquitectura y Urbanismo Bioclimático en la Universidad Católica de Pereira, Magíster en Ingeniería, con énfasis en gestión de la Construcción de la universidad EAFIT, docente de planta en la facultad de Arquitectura y Diseño en el programa de Arquitectura de la Universidad Católica de Pereira. tatiana.sanchez@ucp.edu.co

\*\*\* Ingeniero civil, especialista en Gestión de la Construcción EAFIT, especialista en Gestión Ambiental UPB, Especialista en Alta Gerencia de la Universidad de Medellín, Magíster en Ingeniería, con énfasis en gestión de la Construcción de la universidad EAFIT, y Magíster en Administración de la Universidad de Medellín. Asesor en secretaría de Planeación de la Gobernación de Córdoba. emiliow388@gmail.com

\*\*\*\* Arquitecto Constructor, especialista en Gerencia de Empresas de Ingeniería, Magíster msc en Ciencias de la Administración. Docente del departamento de Ingeniería Civil de la Universidad EAFIT, Medellín. fbotero@eafit.edu.co

productivo de bienes y servicios con las universidades y centros de investigación (Orduz, 2012).

90

Algunos países han realizado una serie de inversiones públicas y privadas encaminadas a generar economía del conocimiento y le han apostado a incluir nuevas tecnologías a nivel educativo, aumentando la cobertura en el acceso a internet y generando programas para la inclusión de las TIC en todos los ámbitos de la sociedad. Tal es el caso de Colombia, donde se creó el ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), en el año 2009 (Ley 1341, 2009), y donde se han adoptado políticas públicas como el plan nacional de TIC 2008-2019 y los planes Vive Digital y Colombia Aprende, entre otros. De ahí que las TIC están adquiriendo el carácter de imprescindibles en los tiempos actuales, por la alta competencia en la enseñanza superior, las demandas de calidad y la globalización en el acceso (Benuto Vera, 2003).

Sin embargo, las TIC no son solo conexión a internet ni dispositivos móviles; son además tecnologías que se usan para la gestión y transformación de la información y el uso de ordenadores y programas que permiten crear, modificar, almacenar, administrar, proteger y recuperar información. De ahí que su inserción en el ámbito educativo implica la creación de salas y clases de sistemas y conectividad dentro de las aulas; como inclusión, debe ir encaminada a la planeación y diseño de la enseñanza, donde uno de los elementos indispensables del diseño es la previsión, organización y producción de recursos didácticos (Martínez-Salanova Sánchez)

Más allá del acceso al internet, existen numerosas herramientas de enseñanza que traen estas nuevas tecnologías de la información y la comunicación. Tal es el caso de los hipertextos, la realidad virtual, la realidad aumentada, los videojuegos y juegos serios, entre otros. Todos ellos tienen un gran potencial para ser usados en la enseñanza y facilitar la comunicación entre profesor y alumno.

A nivel de la educación superior, la incorporación de las TIC es algo que se ha propuesto en diferentes estudios y hoy en día es una realidad. Sin embargo, aún los discursos que rodean a los medios digitales aplicados a la educación se polarizan en torno a dos visiones: una utópica y otra distópica. Esta última es entendida como la resistencia y miedo a lo desconocido; la utopía, por su parte, glorifica y eleva la tecnología como panacea para los problemas sociales o para las limitaciones físicas (Cuadrado Alvarado, 2011).

La resistencia al cambio, por parte de algunos docentes, se presenta aún con mucha fuerza en las academias, incluso en las de nivel superior, donde la planta del profesorado es de un elevado nivel educativo. Estas nuevas tecnologías traen consigo muchas expectativas para los docentes, que en algunos casos son negativas; sin embargo, existe otro grupo de educadores que ven en las nuevas tecnologías una herramienta para dar su formación y obtención de los objetivos deseados. Ellos se adaptan al cambio, adquiriendo nuevas habilidades y capacidades para su manejo y servicio; con ello, obtienen nuevas herramientas para impartir conocimiento y lograr una comunicación asertiva entre ellos y sus

alumnos. De ahí que la incorporación de las TIC en la docencia universitaria se venga dando de manera natural, por medio de la motivación de algunos académicos que las incorporan como apoyo al proceso de enseñanza tradicional (Benuto Vera, 2003).

Las principales tecnologías con aplicación en la enseñanza universitaria son el correo electrónico, el *chat*, las videoconferencias y la telefonía internet, pero no son las únicas. También se vienen desarrollando en los últimos años los *blogs*, las *wikis*, los *podcasting*, las aplicaciones web, las redes sociales, la simulación, los videojuegos y los juegos serios. Su uso en la enseñanza está a disposición de profesores y alumnos, quienes deciden cómo y cuándo utilizarlas (Santos, Galán, Izquierdo y del Olmo, 2009). Estos autores proponen, de acuerdo con las características técnicas y funcionales de las TIC antes mencionadas, una guía de orientación para su utilización según la modalidad de enseñanza y aprendizaje: para las clases teóricas sugieren la utilización de los *podcasting* y los videos *streaming*; tanto en las clases prácticas como en los seminarios las presentaciones web, juegos y simulaciones; en las tutorías, los *chat*, correo electrónico, telefonía internet, videoconferencias y aplicaciones web; y tanto para el estudio y trabajo en grupo como el estudio y trabajo individual, las *wikis*, *blogs*, aplicaciones colaborativas web y las redes sociales.

Los autores también hacen mención de las ventajas de las TIC como nuevas herramientas didácticas, tanto para alumnos como para profesores. Por parte de los alumnos, se destacan, la apropiación de la materia, la generación y disfrute de participación, promover la

reflexión y la capacidad de síntesis, y el conocimiento de tecnologías útiles en cualquier actividad profesional. Para el profesor, el motivar la participación, flexibilizar los contenidos, individualizar el proceso de enseñanza, optimizar el uso del tiempo, supervisar y evaluar el progreso de los alumnos.

El uso de internet y de los multimedia en el computador puede relevar al profesor de la tarea rutinaria de proporcionar información básica y permitirle entonces dedicar más tiempo a la comunicación del conocimiento tácito, el encuentro interpersonal con el estudiante, el trabajo con pequeños grupos, la labor de síntesis, crítica y evaluación (Valencia Restrepo, 2010).

En el caso de la enseñanza de la ingeniería civil, el uso de las nuevas tecnologías en la formación debe ir encaminado a construir un nuevo paradigma para el ingeniero de la sociedad del conocimiento. Esto implica generar nuevas formas de enseñanza de la ingeniería y aulas de clase innovadoras; hacer del estudiante un autogestor del conocimiento: aprendizaje efectivo, desarrollar habilidades integradoras y de grupo que se incluya en el currículo de la formación de manera permanente, entender que la práctica de la ingeniería es global, tener una perspectiva interdisciplinaria, apreciar las diferentes culturas y prácticas comerciales, tener la ética profesional como piedra angular y habilidades de comunicación. Todo ello, encaminado a lograr ingenieros innovadores e integradores, líderes que ayuden a desarrollar y aplicar las nuevas tecnologías para crear las ventajas competitivas correspondientes, que posean la educación, formación y dotación para estar en la vanguardia

de la adaptación e integración de estas nuevas tecnologías, tanto en el diseño como en la construcción, y que reconozcan que ya no sirve mirar la construcción con un enfoque estrecho. (Palacio, 2013).

El método de trabajo BIM (*Building Information Modeling*) es una de estas nuevas tecnologías, con gran potencial en la enseñanza de la ingeniería civil y que se está usando en algunas academias para la formación de los futuros profesionales y en la práctica empresarial. Este método está basado en las nuevas tecnologías computacionales, que permiten tener una mejor comunicación entre los usuarios y que se complementan significativamente a la hora de generar conocimiento.

### **BIM (*Building Information Modeling*)**

La evidente adopción de las tecnologías BIM en el sector de la construcción a nivel mundial ha derivado en una serie de definiciones, cada una de estas de acuerdo con los diferentes puntos de vista de los actores involucrados en su uso, evolución y expansión. Entre ellos, se cuentan las compañías dedicadas al diseño y construcción de obras civiles, empresas dedicadas al desarrollo de programas computacionales de aplicación BIM y las instituciones académicas interesadas en la enseñanza y capacitación de esta herramienta tecnológica.

La compañía Autodesk, dedicada al software de diseño en 2D y 3D, define en su sitio web a BIM como “un modelo inteligente basado en procesos que proporciona una visión de los proyectos de construcción e

infraestructura desde su creación hasta su gestión, más rápida, económica y con un menor impacto ambiental”. Por otra parte reseñan que los programas BIM de Autodesk incluyen una amplia gama de soluciones para el diseño, visualización, simulación y colaboración, que utiliza toda la información importante del modelo inteligente para facilitar la toma de decisiones y resolver conflictos del proceso para mejorar el negocio (Autodesk, Inc., 2013).

Otra de las definiciones de BIM es la que proporciona el informe de usos del BIM de la universidad de Pennsylvania. Ahí se define como el acto de creación de un modelo electrónico de un proyecto de construcción que busca brindar una visualización, análisis de ingeniería, análisis de conflictos, programación de obra, controles de obra, presupuestos y muchos otros propósitos (Kreider & Messner, 2013).

Por otro lado, la guía BIM de Singapur, elaborada por la BCA (*The Building and Construction Authority*), dependencia del ministerio de desarrollo nacional encargada de garantizar la excelencia del entorno construido en ese país, define BIM como una colección de usos, flujos de trabajo, metodologías de modelación para conseguir información específica y segura de un modelo determinado, entendiendo modelo como

Representación digital basada en objetos y características físicas y funcionales de una instalación. El modelo como tal, sirve como una fuente de conocimiento compartido para obtener información sobre una instalación que forma una base fiable para decisiones durante

su ciclo de vida desde el inicio en adelante (Chuan Seng, 2012).

El departamento de diseño y construcción de la ciudad de Nueva York define BIM como

Una colección digital de aplicaciones de software diseñadas para facilitar la coordinación y colaboración en proyectos. BIM también se puede considerar como un proceso mediante el cual se desarrolla la etapa de diseño y construcción virtualmente en un computador, antes de realizar esta en la realidad (New York city department of design and construction, 2012, p 6.)

Para el instituto nacional de ciencias de la construcción, en los Estados Unidos, (NIBS), BIM

Es la colaboración de los diferentes actores en diferentes fases del ciclo de vida de un proyecto para insertar, extraer, actualizar o modificar la información contenida en el modelo para apoyar y reflejar el papel de las partes interesadas. El modelo es una representación digital compartida basada en estándares abiertos para la interoperabilidad (National Institute of Building Sciences, 2013)

La administración de servicios generales de edificios públicos, en Washington D.C., (GSA), elaboró en el año 2007 una guía para el uso de la tecnología BIM y define esta última como

El desarrollo y el uso de un modelo de datos computarizado de múltiples facetas, que sirve no sólo para documentar el diseño de un

edificio, sino también para simular la construcción y operación de este. El Modelo resultante es una rica representación de datos basada en objetos, una representación digital inteligente y paramétrica, en la que de acuerdo a las diferentes necesidades de los usuarios puede ser analizados para generar información, retroalimentarse e implementar mejoras en el proyecto ( U.S. General Services Administration, 2007, p3.).

Son numerosa las definiciones que han surgido de acuerdo con su uso, adecuación y manejo en los diferentes sectores de la rama de la construcción. Todas ellas van encaminadas a describir una metodología de trabajo que se basa en el modelo paramétrico de edificios, con el uso de programas computacionales. Esto últimos, además de proporcionar elementos gráficos, como el modelo, permiten obtener información técnica y realizar control de los procesos, incluso antes de su ejecución.

### **Bim en la industria: uso actual**

Tradicionalmente, la colaboración entre las diferentes disciplinas del sector de la construcción que hacen parte de todas las etapas de un proyecto ha girado en torno al intercambio de dibujos y documentos en dos dimensiones (2D) (Singh, Gu & Wang, 2010). El principal problema de trabajar de esta manera es que se genera una gran cantidad de representaciones de un mismo modelo, inconexas e independientes entre sí, producto de cada una de las disciplinas de diseño que intervienen en un proyecto de construcción; por lo tanto, no todas las modificaciones realizadas en un componente se

reflejan en el resto del proyecto (Prieto Muriel, 2012). Esto se traduce en una considerable pérdida de la eficiencia y productividad de las actividades mismas del proceso constructivo.

La industria de la construcción es una de las que evoluciona más lentamente; otras ya se sumaron a la evolución tecnológica y en sus procesos de diseño emplean cálculo, simulación y fabricación, programas computacionales basados en sistemas paramétricos tipo CAD-CAM-CAE (*computer-aided design* – CAD, *computer-aided manufacturing* – CAM, *computer-aided engineering* - CAE), siglas de diseño asistido por computador (CAD), fabricación asistida por computador (CAM) e ingeniería asistida por computador, como son la aeronáutica, el sector automotriz y el diseño industrial (Prieto Muriel, 2012).

Mediante estos procesos de diseño se crean prototipos virtuales, antes de su fabricación, que permiten observar y hacer simulaciones del modelo tridimensional completo, con toda la información asociada, en el ordenador, antes de que se haga realidad. De igual manera, la industria de la construcción tiene diferencias importantes respecto a otros sectores industriales, entre ellas y la más destacable es la producción *in situ* frente a la producción en serie del resto de las industrias. Cada obra se concibe como un proyecto de características únicas y como tal debe organizarse en torno a un proceso de producción específico, donde todos los participantes (promotores, proyectista, constructor, industriales y facultativos) se ven involucrados en la construcción de una obra única en un lugar concreto (Prieto Muriel, 2012).

Sin embargo, en el panorama

actual de la industria de la construcción se cuenta con las herramientas, tecnologías y metodologías de trabajo para aumentar la eficiencia y productividad del sector. Este es el caso de los programas computacionales que componen el método de trabajo para la construcción, mencionado anteriormente como BIM, los cuales están siendo poco a poco implementados.

La utilización de BIM en el sector de la construcción se está realizando con mayor fuerza en los Estados Unidos, los países europeos, Singapur, Emiratos Árabes Unidos, India, Hong Kong, Australia y Canadá, como lo demuestran los siguientes informes del sector.

En 2009, *McGraw Hill construction*, un editor de información del sector de la construcción en los Estados Unidos y Canadá, presentó el estudio *SmartMarket Report, the business value of BIM*, en el cual dio a conocer un crecimiento del uso de BIM en las empresas del sector en Norteamérica, que pasó de un 28% en 2007 a un 48% para 2009, lo que implica un crecimiento de 71% en dos años. Sin embargo, entre sus usuarios el 48% considera que tan solo se está utilizando parcialmente lo mucho que BIM puede dar; un 45% lo aprovecha, pero sabe que aún hay más; y tan solo un 3% trabaja BIM en toda su capacidad.

De igual manera, se encontró en ese estudio que en las fases que más beneficio se obtiene del BIM es en la generación de documentos, como planos (55%), y en desarrollo del diseño (54%). Los sigue en orden la etapa de construcción, la de fabricación, la del diseño esquemático, el prediseño y,

por último, la etapa de mantenimiento. Entre las profesiones que mayor valor obtienen del trabajo con BIM están los arquitectos (52%), quienes lo utilizan y se benefician en la etapa de diseño y visualización; los ingenieros estructurales (46%) con la modelación de elementos estructurales; los constructores encargados y los contratistas generales (42%), con el manejo de tiempo y presupuesto de obra (McGraw Hill Construction, 2009).

Según el informe citado, para el año 2010 alrededor del 36% de las empresas dedicadas a la construcción o actividades relacionadas a la industria de la construcción, ubicadas en Europa occidental, reportaron estar implementando la metodología BIM en sus proyectos. Esta cifra se puede comparar con el 49% de las empresas que reportaron lo mismo en Norteamérica para el año 2009 y se esperaba un porcentaje del 71% para el año 2012. Los principales actores que implementaron el uso de BIM en la industria son los arquitectos (47%), seguidos por los ingenieros (38%) y los contratistas (24%). Los principales países que están implementando la tecnología BIM en sus proyectos de construcción son el Reino Unido (35%), Francia (38%) y Alemania con (36%) (McGraw Hill construcción, 2010).

Es importante mencionar que uno de los grandes beneficios de la implementación de la metodología BIM en la industria es el mejoramiento en la productividad de las obras; tres cuartas partes de los usuarios europeos (74%) de BIM reportan un cambio positivo en la percepción de su inversión total en BIM, frente al 64% de los usuarios de BIM en Norteamérica. En ambos mercados, los que formalmente

midieron el retorno de la inversión reportan un retorno de la inversión (ROI) más alto que aquellos que basan su juicio sólo en la percepción. En Europa occidental, casi la mitad de los usuarios de BIM informan que al medir el ROI obtienen valores de más del 25% en sus proyectos (McGraw Hill construcción, 2010).

Parte de los porcentajes de utilización de BIM en la industria de la construcción se debe a que en algunos países su implementación se lleva a cabo por normas gubernamentales; tal es el caso de Noruega, donde es imprescindible su uso para las principales infraestructuras y para los edificios gubernamentales. Statsbygg actúa en nombre del Gobierno de Noruega y es responsable de la construcción, la gestión y desarrollo de la propiedad estatal. Statsbygg gestiona aproximadamente 2,6 millones de metros cuadrados de superficie, en Noruega y en el extranjero. La cartera se compone de edificios gubernamentales y culturales, colegios y edificios de la administración pública, las propiedades reales, embajadas y residencias diplomáticas en el extranjero. En 2007, Statsbygg decidió usar BIM para todo el ciclo de vida de sus edificios y ordenó que en 2010 todas las propiedades usaran BIM (Department of industry, innovation, science, research and tertiary education, 2012).

En Finlandia, *Senate Properties*, empresa de propiedad del Estado bajo la dirección del Ministerio de Finanzas de Finlandia, es responsable de la gestión de activos de propiedad del Estado finlandés y por ende de las instalaciones. Su parque de edificios comprende universidades, oficinas, centros de investigación, edificios

culturales y otros edificios, con un activo total de la cartera de 5,6 billones de euros (BuildingSMART International Ltd., 2013). Esta compañía llevó a cabo una serie de proyectos piloto para desarrollar y estudiar el uso de BIM; con base en la retroalimentación de estos estudios, decidió exigir el uso de modelos BIM que garanticen el cumplimiento de los estándares IFC en sus proyectos, desde el 1 de octubre de 2007, como primer paso para avanzar hacia un uso más amplio de modelos BIM (Department of industry, innovation, science, research and tertiary education, 2012). El objetivo es incluir a todos los que hacen parte de las operaciones integradas basadas en modelos desde el diseño, construcción y mantenimiento de inmuebles en los próximos años. Por otra parte, el gobierno de Finlandia publicó en el 2012 una Guía BIM (BIM Guidelines of Senate Properties) universal para la industria, que se está promoviendo actualmente (Department of industry, innovation, science, research and tertiary education, 2012).

Otro caso representativo es Suecia, país que intenta ponerse al día con Finlandia y Noruega, y que en particular, es líder en el uso de BIM para el diseño y construcción de grandes y complejos proyectos de infraestructura, como la carretera de circunvalación de Estocolmo y la nueva línea de la misma ciudad. En 2009, la organización *Open BIM* se lanzó a establecer normas de BIM en Suecia (BuildingSMART International, 2013).

En Dinamarca, desde el año 2007 el gobierno central estableció que los proyectos con participación estatal de al menos un 50% requerirían el uso de lo que llamaron un estándar digital,

en el cual está incluida la aplicación de la metodología de trabajo BIM (BIM Journal, 2012). Por otra parte, en Holanda desde noviembre del 2011 es un requisito obligatorio la utilización de metodología BIM para participar en las licitaciones con el estado, y aclaran que una vez creado el modelo BIM la información se mantendrá disponible permanentemente y debe abarcar todo el ciclo de vida del edificio (BIM journal, 2012).

Por otro lado, como se mencionó anteriormente, en Singapur la guía BIM elaborada por la BCA (The Building and Construction Authority) hace parte de una iniciativa estatal del gobierno central para la implementación de metodologías BIM en la industria de este país (Chuan Seng, 2012).

Sin embargo, su uso no solo está ligado a normas estatales; algunos países implementan BIM como metodología de trabajo aun en el sector privado. Uno de estos casos es Emiratos Árabes Unidos que, sin duda, es una región líder en el uso de *software* y modelos BIM, como una herramienta de diseño para los edificios de la región que cada vez son más innovadores y siempre buscan desafiar los límites conocidos (BuildingSMART International., 2013).

En India, las empresas emplean principalmente la metodología BIM con el fin de proporcionar servicios de modelado a empresas en el extranjero, pero sin duda la demanda de nueva infraestructura también generará proyectos que optimicen la experiencia local en el BIM (Khemlani, 2013). China, por otro lado, aparece bien posicionada para adoptar BIM rápidamente. Un sector de rápido crecimiento en este país, como el de la

construcción y la inversión significativa en infraestructura, junto con un fuerte apoyo del gobierno y de una cultura basada en la confianza y la pragmática, son buenas bases para una rápida implementación. Adicionalmente, la empresa desarrolladora de algunos de los programas computacionales de la metodología BIM, como Autodesk y la Academia China para la Investigación en Tecnologías de la Construcción, firmaron un acuerdo con el objetivo de promover conjuntamente la investigación y la aplicación en China del proceso basado en modelos BIM en los campos de arquitectura, ingeniería y construcción (The Construction Index, 2013).

La región administrativa especial de Hong Kong es otra de las regiones donde un número creciente de organizaciones de la industria de la construcción está adoptando BIM en sus proyectos. El departamento de vivienda del Gobierno de Hong Kong está promoviendo activamente el uso de BIM en sus proyectos y alentando a otros interesados (Wong Kam-din, Wong Kwan-wah & Nadeem, 2011).

Un informe del Departamento de Industria, Innovación, Ciencia, Investigación y Educación Superior de Australia, llamado "BIM: iniciativa nacional" (2012), recomienda a la industria de la construcción de este país trabajar junto al gobierno en la implementación de iniciativas que aceleren la adopción de BIM como metodología de trabajo en el sector de la construcción, y de esta forma posicionar a las empresas australianas para competir en un sector que crece cada día a nivel mundial.

Otro caso es el Instituto de BIM en Canadá, (IBC), que conduce y

facilita el uso coordinado de *Building Information Modeling* (BIM) en el diseño, construcción y gestión de las zonas edificadas y por edificar en Canadá. Sus organizaciones socias fundadoras representan sectores específicos de la industria, que tienen un gran interés en ver BIM aplicado de una manera masiva y a un ritmo de crecimiento acelerado. Las prioridades del IBC incluyen un programa de sensibilización, un manual de práctica, una bibliografía de recursos útiles y una exploración/evaluación ambiental completa sobre el uso de BIM en Canadá e internacionalmente (Institute for BIM in Canada, 2012).

Por otro lado, el número significativo de publicaciones o informes que buscan establecer directrices para el uso de la metodología BIM, demuestran el interés de algunos países por fundar un uso generalizado de la metodología BIM en el sector de la construcción.

### Proyecciones de crecimiento

Como se evidencia, son muchas las entidades tanto públicas como privadas a nivel mundial que están creando iniciativas que dejan de manifiesto las bondades y beneficios recibidos al utilizar BIM en los proyectos de construcción. Estos son vistos no solo como mejoras significativas en la parte técnica, sino también en el rendimiento económico de los proyectos. El informe de investigación de mercado elaborado por la empresa *Pike Research*, en mayo de 2012, espera que el mercado mundial de *software* de modelado de información (BIM) y servicios de construcción se incremente en los próximos ocho años. Dicho estudio considera que los ingresos mundiales anuales de productos y soluciones BIM de servicios aumentará alrededor

de 1,8 billones de dólares en este año y cerca de \$ 6,5 billones en el 2020 (MarketWatch, Inc., 2013).

de infraestructura (WPL Publishing , 2013).

Otras regiones del mundo, como América Latina, Europa del Este, Oriente Medio y África, no verán un aumento en las tasas de adopción de BIM hasta después del período de pronóstico de este informe, que abarca los años 2012 a 2020. Solo hasta que en las regiones más importantes se empiecen a resolver los problemas iniciales de crecimiento en la adopción de BIM y comiencen a aparecer y reflejarse los beneficios de BIM, se irá adoptando poco a poco la práctica habitual en las regiones más rezagadas (WPL Publishing , 2013).

98

Se espera un crecimiento relativamente fuerte en los próximos años, en las regiones del mundo donde la adopción de BIM se ha afianzado, incluyendo América del Norte, Europa occidental y el Asia Pacífico. Aunque América del Norte y Europa Occidental están liderando el mercado *Pike*, se prevé una mayor tasa de crecimiento en la región Asia Pacífico; gran parte de esto se debe al hecho de que la región de Asia Pacífico tiene un gran parque de viviendas, así como una importante cantidad de edificios y requerimientos

**Tabla 1.** Guías para el uso de la metodología BIM (Adaptado de NATSPEC BUILDING INFORMATION MODELING PORTAL)

PAIS	GUIAS
AUSTRALIA	National Guidelines for Digital Modelling - Australia and New Zealand Revit Standards (ANZRS)
DINAMARCA	BIPS 3D Working Method
FILANDIA	COBIM Common BIM Requirements
NORUEGA	Statsbygg BIM Manual 1.2
USA	National BIM Standard - Integrated Project Delivery: A Guide - US General Services Administration BIM Guides - AIA Document E202 BIM Protocol Exhibit - Penn State BIM Project Execution Planning Guide - The VA BIM Guide, 2010 - Ohio State BIM protocol, 2011 - Penn State BIM Planning Guide for Facility Owners - AIA Digital Practice Document - Georgia Tech BIM Requirements and Guidelines - Indiana University BIM Guidelines and Standards - New York City Department of Design and Construction BIM Guidelines - GSFIC BIM guide - University of Southern California BIM Guidelines - BIMForum Level of Development Specification
REINO UNIDO	First Steps to BIM competence - BIP 2207 Building Information Management – A Standard Framework and guide to BS 1192,2010 - BS 1192 Collaborative production of architectural, engineering and construction information 007 - AEC (UK) BIM protocol v2.0
SINGAPUR	AEC (UK) BIM protocol v2.0

La tasa compuesta de crecimiento anual en todo el mundo debería totalizar 17,3 % para los productos y servicios BIM durante el período de ocho años, según predijo la firma *Pike Research*. Esta cifra incluye los ingresos de *software* BIM y los ingresos de los servicios BIM relacionados, tales como la formación, apoyo, gestión y colaboración en el proyecto. El crecimiento en los primeros años del período de pronóstico será relativamente mayor en las regiones líderes a medida que más empresas adopten las herramientas y las prácticas BIM. Sin embargo en las regiones más rezagadas, las tasas de crecimiento más altas no se verán hasta dentro de 4-5 años, pero esas áreas eventualmente empezarán a moverse más y más hacia el uso de BIM (MarketWatch, Inc., 2013).

*Pike Research* caracteriza el mercado mundial BIM como incipiente, pero en rápida evolución, como nuevas innovaciones en las herramientas, técnicas y métodos que permite a los profesionales trabajar juntos de manera más colaborativa:

Algunos países están tomando un papel activo en la adopción de BIM al ordenar su uso en proyectos tanto públicos como privados. Como lo hacen en otras industrias, los países rezagados están tomando un tiempo de espera a ver como evoluciona el mercado BIM. Sin embargo, la eficiencia de la construcción está a la vanguardia de las conversaciones de todo el mundo en materia de energía y el uso del agua, los residuos y el costo de las operaciones. Como las emisiones de carbono y la conservación de la energía es

cada vez más importante a nivel mundial, la adopción de prácticas y herramientas BIM se convertirá en una prioridad, ya que puede afectar de forma significativa el uso eficiente de los recursos valiosos y escasos (WPL Publishing , 2013, .).

El crecimiento generalizado en el uso de la metodología de trabajo BIM en todo el mundo y las perspectivas económicas esperadas alrededor de esta tecnología están fundamentadas en las ventajas competitivas que potencialmente pueden adquirir las empresas que implementen en su cadena de procesos dicha metodología. Además, el sector de la construcción en general presentará un crecimiento importante en los próximos años, por lo cual las empresas de la industria de la construcción que pretendan sobrevivir o crecer en un mundo que presenta cada vez cambios más rápidos, competencia feroz e innovación sin barreras, deben ver en BIM una herramienta que les permitirá mejorar su productividad, de cara al crecimiento mundial esperado en el sector de la construcción.

El portal web *Building*, del Reino Unido, en su informe global que hace parte de un gran estudio mundial realizado por las empresas de investigación de *Global Construction Perspectives* y *Oxford Economics*, estima que para el año 2025 habrá un 70% más de obras en proceso de construcción que las que se encuentran actualmente construyéndose; en promedio un 4,3 % anual, a partir de 8,7 billones dólares en 2012 a \$15 billones para el 2025. Tomando como proporción el PIB mundial, la construcción en el 2012 representó el 12,2 %, y el informe prevé que se

elevará a 13,5 % en 2025. (Building.co.uk, 2013).

El informe *Global Construction 2025* también deja claro que la mayor parte del crecimiento en los próximos 13 años se encuentra en los mercados emergentes. El informe concluye que en 2025 la construcción representara el de 10,3 % del PIB de las economías desarrolladas, en comparación con 16,7 % en los mercados emergentes. Gran parte de ese crecimiento también se explica por un solo país. En 2025, el informe indica que China representará una cuarta parte de la producción mundial de la construcción (Building.co.uk, 2013).

Quizás sorprendentemente, la perspectiva para los Estados Unidos es muy positiva, con un crecimiento de más del 75 % previsto entre 2012 y 2025. El informe dice que el potencial de crecimiento en el sector de la vivienda es particularmente fuerte, anticipando que el país necesita construir 20 millones de viviendas para el año 2025 -o 1,5 millones al año-, impulsado por una población en aumento (Building.co.uk, 2013).

Las perspectivas para Canadá son fuertes también; con estrechos vínculos comerciales con los EE.UU., las altas tasas de crecimiento de la población y la explotación de petróleo y gas de esquisto son condiciones ideales para el incremento de la construcción (Building.co.uk, 2013). Por otro lado, se espera que las industrias mineras de Chile y Colombia puedan apoyar un mayor crecimiento de la construcción en el largo plazo, y se espera que la economía de México pueda beneficiarse de los bajos costos de mano de obra y sus fuertes vínculos comerciales con los Estados Unidos.

El informe prevé un crecimiento medio anual del 4 % en Chile y Colombia, y casi el 5 % en México.

Estas perspectivas de crecimiento a nivel mundial, tanto del sector de la construcción en sí como del uso de la metodología BIM, son una señal de alerta al sector de la educación, ya que debe enfocar la preparación de los estudiantes que cursan carreras profesionales vinculadas con la construcción al uso y familiarización de estas herramientas en todo su ciclo formativo.

### **BIM en la enseñanza**

Los colegios y universidades en los Estados Unidos reconocieron la necesidad de la utilización de CAD en los profesionales vinculados al sector de la construcción y comenzaron a implementar cursos de CAD en sus planes de estudios de ingeniería en la década de 1980. Aunque CAD ha sido una de las herramientas de diseño principales en las últimas décadas, BIM es cada vez más utilizado por una mayor conciencia de su colaboración y capacidades de visualización. Colegios y universidades están reestructurando los programas para reflejar este cambio de CAD a BIM. Los estudiantes no necesitan saber CAD para aprender BIM; una vez que aprenden BIM, fácilmente se extraen los dibujos 2D de sus modelos (Mohsen & Issa, 2012).

La falta de personal con habilidades en BIM es una limitación importante en el uso de esta tecnología en la arquitectura, la ingeniería y la industria de la construcción. A menos que BIM sea introducido en los programas de pregrado de ingeniería civil de una manera fundamental, los ingenieros civiles graduados carecerán de las

habilidades necesarias para servir a la industria de la construcción en la que los modelos tridimensionales son el principal medio de expresión y comunicación entre los diferentes actores de un proyecto (Sacks & Barak, 2010).

A medida que más empresas del sector de arquitectura, ingeniería y construcción (AIC) integren BIM en sus campos de acción, se requiere que la nueva fuerza de trabajo sea capaz de colaborar y comunicarse utilizando las tecnologías BIM, que puede ser en tres, cuatro y cinco dimensiones (3D, 4D y 5D), de acuerdo con el nivel requerido por cada proyecto. Los educadores deben incentivar la formación de los estudiantes de ingeniería y del sector de la construcción para adquirir las habilidades y conocimientos de la tecnología BIM y así satisfacer la necesidad de este sector industrial (Kim, 2012).

Con el aumento de la utilización de BIM en la industria AIC, se espera que los estudiantes de ingeniería empiecen a interpretar y comprender el diseño de proyectos en 3D. Además, se espera que los ingenieros de construcción puedan llevar a cabo los cálculos de cantidades de obra, la estimación de costos y las tareas de programación. Uno de los mayores desafíos que enfrentan profesores en la enseñanza de BIM es la promoción de la integración de las diferentes áreas dentro del plan de estudios (Mohsen & Issa, 2012).

La inclusión efectiva de BIM en el currículo educativo de construcción será fundamental en la preparación de los futuros empleados para la industria (McGraw Hill Construction, 2009). Sin embargo, las instituciones educativas carecen actualmente

de estrategias y capacidades para introducir eficazmente y enseñar BIM en los cursos existentes o futuros. La poca capacitación adecuada en BIM es actualmente un obstáculo importante en el camino a una mayor adopción de esta metodología por parte de la industria (McGraw Hill Construction SmartMarket, Report, 2008).

Las instituciones educativas en algunos países han empezado a enseñar aplicaciones BIM y han puesto en marcha programas para su integración en los cursos existentes relacionados con la industria de la construcción. En los Estados Unidos, una serie de instituciones educativas está introduciendo BIM en sus planes de estudio (Wong Kam-din, Wong Kwan-wah & Nadeem, 2011). Un ejemplo de ello es la Universidad de Auburn Alabama, que comenzó a ofrecer BIM como un tutorial de una semana, seguido por un curso introductorio de un semestre en BIM (Taylor, Liu & Hein, 2008).

Por otra parte, el Instituto Politécnico de la Universidad de Nueva York ofrece dos cursos en nivel de posgrado, llamados "Técnicas de modelado en la construcción y sistemas de información en gestión de proyectos", y La *Brigham Young University* ofrece a nivel de posgrado un curso llamado "Integración de *software* de construcción". La Tabla 2 muestra las instituciones y universidades que actualmente ofrecen cursos de metodología BIM en su contenido programático (Sacks & Barak, 2010).

Los investigadores Sabongi y Arch (2009), de la Universidad del Estado de Minnesota, realizaron un estudio exploratorio con los miembros de las escuelas asociadas a la construcción,

de 119 universidades y colegios encuestados, que arrojó el siguiente resultado: el 9% de los encuestados aborda actualmente BIM en sus cursos y menos del 1% enseñan BIM como una clase independiente. Por otra parte, se concluyó que los problemas para la inclusión de BIM son los siguientes (Sabongi & Arch, 2009):

102

- No hay espacio en el actual plan de estudios para las clases adicionales (82%).

- La imposibilidad de añadir clases obligatorias u optativas adicionales y que todavía los estudiantes se puedan graduar en ocho semestres (66,7%).
- Problemas con los profesores ya que no tienen el tiempo o los recursos para desarrollar un nuevo plan de estudios (86,7%).
- Disponibilidad de materiales específicos de BIM (*hardware* y

**Tabla 2.** Universidades que ofrecen cursos BIM (Basado en Wong Kam-din et al., 2011, p 3-4. y Sacks & Barak, 2010.)

Universidad	Nombre de los cursos
Polytechnic Institute of NYU	Construction Modeling Techniques - Information Systems in Project Management
Brigham Young University	Integrating Construction Software
Luleå University of Technology, Sweden	Virtual Construction
UNIVERSITY OF WISCONSIN-MADISON	Building Information Modeling: Strategies for Implementation
Stanford University	VDC Virtual Design and Construction – Certificate Program
Carnegie-Mellon University	Building Information Modeling BIM course
University of New South Wales	Parametric Design Using BIM
MIT	Architectural Construction and Computation
Purdue University	Building Information Modeling for Commercial Construction
Technion-Israel Institute of Technology	Engineering Information
Milwaukee School of Engineering	Introduction to Building Information Modeling
Norwegian University of Science and Technology, Norway	Prefabrication of Buildings based on Digital Models (BIM and IFC)
National University of Singapore, Singapore	Introduction to IFC and BIM
Tampere University of Technology, Finland	Information models in the Construction Industry
Aalborg University, Denmark	Product Modelling and Product Configuration
Queensland University of Technology, Australia	Current Construction Issues (interoperability in construction industry)
Copenhagen University College of Engineering, Denmark	Digital Building Design (Projectweb, BIM, IFC, Lean Construction)
Architecture Deptt, HUT, Finland	Information Management for Architect

*software*) y libros de texto para uso de los estudiantes (53,3%).

Otro de los grandes obstáculos en la inclusión de BIM en los programas académicos es el dilema de si su inclusión debe ser como un reemplazo a la actual enseñanza de CAD o como un complemento. Esto dado que para muchas instituciones CAD es visto como una competencia básica y BIM como un tema mucho más complejo y sofisticado (Sacks & Barak, 2010).

Por otra parte, Sack y Barak en el 2010 desarrollaron un curso obligatorio de primer año para enseñar los aspectos teóricos y prácticos de BIM y sustituir los cursos tradicionales de dibujo en ingeniería, en el *Technion-Israel Institute of Technology* (Haifa, Israel). Los docentes hicieron hincapié en que BIM se debe enseñar a los estudiantes de ingeniería civil en su primer año y que no es necesario aprender BIM junto con CAD (Sacks & Barak, 2010).

Un estudio realizado por la Universidad Estatal de Colorado estableció como un reto la puesta en marcha de un plan de acción para la amplia adopción de BIM a través de su programa de estudios de gestión de la construcción. Este esfuerzo en conjunto con los miembros de la facultad se compone de dos estrategias (Clevenger, Ozbek, & Dale Porter, 2011):

- Reemplazar la clase de CAD existente del programa de estudios con una clase BIM durante el primer año. Los objetivos del curso serán introducir al alumno en las técnicas y capacidades de un programa de modelado específico y dotarlos con las habilidades básicas de modelado BIM.

- Desarrollar e integrar módulos de enseñanza BIM en numerosos cursos de nivel superior (por ejemplo, las estructuras, la estimación de costos, la seguridad, la programación de obra, los métodos de construcción), para demostrar la eficacia del BIM como un nuevo proceso de trabajo.

Este informe concluye que en los Estados Unidos los programas de gestión de la construcción de todo el país buscan integrar BIM en su plan de estudios. Esto ocurre motivado por el deseo de los profesores para mejorar los ambientes de aprendizaje y que los estudiantes utilicen de manera eficaz las nuevas herramientas de visualización y comunicación; igualmente, por el interés de los estudiantes por aprender métodos de diseño y análisis con nuevas herramientas, y la aspiración compartida por la industria y la academia para preparar a los estudiantes a los nuevos flujos de trabajo que ofrece BIM (Clevenger, Ozbek & Dale Porter, 2011).

Otro ejemplo claro de implementación de BIM o de algunas de sus herramientas desde la academia es el caso del Instituto Politécnico *Worcester*, en Massachusetts, en donde se imparte la cátedra denominada “Sistema integrado para la construcción”, a la cual se le ha realizado un seguimiento y análisis para comprobar su utilidad y beneficio en el trabajo colaborativo. Los resultados del estudio demostraron que los estudiantes redujeron su tiempo de aprendizaje, disminuyeron inconsistencias de diseño y lo más importante, el uso del *software Revit* (programa computacional utilizado en la metodología BIM), ayudó a los alumnos a enfocarse en el

entendimiento. Este trabajo trajo como resultado la implementación de BIM en la maestría en ingeniería, la licenciatura en ingeniería civil, así como en proyectos de calificación para doctorados en el WPI (Baeza Pereyra & Salazar Ledezma, 2008).

Por otro lado, en la Universidad CEU San Pablo, de Madrid (España), surgió en el 2012 una iniciativa para promover la implementación de BIM de una manera transversal en la formación del arquitecto, llamada "Iniciativa #BIMCEU", promovida por profesores y alumnos de la escuela. Bajo esta iniciativa se han realizado varias actividades dentro de la academia. Por una parte, incorpora dentro de la estructura curricular de arquitectura, en la asignatura optativa "Proyecto de estructuras especiales", la enseñanza de Revit y Archicad, y establece BIM estructural como modelo base para el trabajo en taller. Como otra estrategia en el título propio de fabricación digital, como carrera técnica, incluye en su contenido BIM en el diseño arquitectónico, estructural y diseño paramétrico. Además, se realizan seminarios, conferencias y jornadas educativas, tales como Algomad 2012, referente nacional e internacional del diseño paramétrico en arquitectura e ingeniería. Por último, hacen presencia en las redes con un canal Youtube, BIM Ceu, con un contenido de más de treinta videos de tutoriales en Revit Estructura, realizados por los alumnos. En la red social *Twitter* crearon la cuenta @bimceu, para dar publicidad a las noticias y actividades del mundo del BIM, especialmente dentro del mundo universitario, y se creó el *blog Sustainability & s-BIM for buildings*, que se dedica a la sostenibilidad y las estructuras de edificación, pero que le da protagonismo a las actividades y

noticias de BIM estructural (Universidad San Pablo de Madrid, 2012).

En Canadá, el *Collège George Brown*, centro de enseñanza de tecnologías de la construcción y la ingeniería y el SAIT *Polytechnic*, son miembros del consejo canadiense de BIM, CanBIM, dedicado, como se describe en la página oficial del consejo ([fr.canbim.com](http://fr.canbim.com)), a representar, apoyar y defender los intereses de toda la comunidad AECOO (arquitectura, ingeniería, construcción, propietarios y operadores) y la educación para crear un ambiente de negocios positivo para el despliegue efectivo de BIM, no solo para las empresas de sus miembros, sino también para todos los involucrados en el uso de BIM en Canadá (George Brown College, 2013).

El *College George Brown* ofrece, en el Centro de Construcción y tecnologías de ingeniería, un programa de posgrado que titula profesionales con las habilidades en la tecnología y el estilo de trabajo colaborativo necesarias para sobresalir en el sector de la construcción actual (George Brown College, 2013). El programa de *Building information modeling* enseña a los estudiantes los programas informáticos más actuales de la industria e instruye en cómo crear modelos digitales en 3D de los nuevos edificios, lo que permite a los estudiantes planificar más eficazmente las características físicas y funcionales de un edificio. Este programa de postgrado de dos semestres prepara a los estudiantes para la naturaleza cada vez más integrada de la construcción, en la que todos los oficios, como contratistas y arquitectos, trabajan más estrechamente desde el principio para diseñar y construir edificios. Clint

Kissoon, presidente de Escuelas de Estudios de Arquitectura y Gestión de la Construcción y Oficinas de CCET, dice que se gradúan especialistas BIM, que van a llenar un vacío de habilidades en la industria de la construcción (George Brown College, 2013).

Una encuesta realizada en conjunto por las universidades de Louisville y Florida para investigar la aplicación de BIM en los programas existentes de arquitectura, ingeniería civil, diseño estructural y construcción en los Estados Unidos, reporta lo siguiente (Mohsen & Issa, 2012):

- Un 60% de las instituciones encuestadas tenía entre 101 y 300 estudiantes. Los resultados también indican que el 42% de las instituciones encuestadas había implementado BIM en el plan de estudios y un 23% que ofrece al menos un curso especializado en BIM. El resto de quienes respondieron indicaron que algunos programas académicos están esperando por el interés de los estudiantes, otros carecen de experiencia docente y otros aún no han determinado la necesidad de implementar BIM en su plan de estudios.
- *Autodesk Revit* fue el software BIM utilizado por la mayoría, 12 de los 13 programas académicos que implementaron cursos enfocados en BIM. *Bentley Architecture* fue utilizado en cuatro de los 13 programas académicos que han implementado BIM. En este punto se solicitó a los encuestados indicar todos los programas computacionales que utilizaran así que una institución podía usar Revit y Bentley al mismo tiempo.
- Ocho de las 13 instituciones académicas que ofrecen programas de ingeniería civil y construcción, que habían implementado BIM, indicaron que esperaban que sus estudiantes de pregrado presentaran al menos conocimientos básicos de BIM al graduarse, cuatro indicaron que esperaban que sus estudiantes universitarios al graduarse contaran con conocimientos intermedios de BIM y uno espera que sus estudiantes universitarios para graduarse con conocimientos avanzados de BIM.
- Se solicitó que describieran el tipo de aplicación BIM en sus programas. Los encuestados fueron capaces de seleccionar una o más de las siguientes categorías de aplicación BIM: crear modelos para la coordinación (3D), la aplicación de la programación en los modelos (4D), implementar costos en los modelos (5D), aplicar otra información en modelos como “operaciones y mantenimiento (6D),” ninguna” u “otras “. En cuanto al plan de estudios, más de la mitad (62%), es decir, 8 de las instituciones encuestadas, declararon que en sus escuelas BIM se utilizó para la coordinación 3D. El 15%, es decir, 2 de los encuestados, indicó que en sus escuelas BIM se utilizó para modelado en 4D y 5D; y solo uno de los encuestados respondió sobre otras aplicaciones.
- 42% de los 13 programas académicos de ingeniería civil y la construcción han implementado BIM como una respuesta a las demandas de la industria.

La encuesta arrojó una tasa de

respuesta del 15%, es decir, el interés en la aplicación de BIM en el currículo educativo crece en las escuelas en los Estados Unidos; por lo tanto, estas escuelas están reestructurando su plan de estudios y la contratación de profesores con experiencia en el BIM para preparar mejor a los estudiantes para la creciente demanda de profesionales con conocimientos BIM en la industria. Se presentó una gran variedad en el tamaño de las escuelas que respondieron, indicando su interés en BIM, que no se limita solo a las grandes escuelas (Mohsen & Issa, 2012).

Por otro lado, Colombia no ha sido ajena al interés por formar los nuevos profesionales en estas nuevas tecnologías y metodologías de trabajo BIM. En este país se viene implementando esta herramienta en la academia en la enseñanza de la arquitectura. Tal es el caso de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, donde en el laboratorio de graficación y servicios se imparte un curso de *Revit Architecture* con el fin de introducir en los conceptos BIM, dirigido a profesionales y estudiantes de las áreas de arquitectura, construcción y público en general que se encuentre interesado en el tema; dentro de la malla curricular se enseña el programa Revit como herramienta de diseño (Universidad Nacional, sede Medellín, 2013).

La universidad San Buenaventura, sede Medellín, al igual que la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, ofrecen un curso del *software Revit Architecture* en el que buscan que el alumno esté en capacidad de producir proyectos arquitectónicos usando las herramientas de diseño,

documentación y representación incluidas en el programa computacional (Universidad San Buenaventura, 2013; Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, 2013).

La Universidad Pontificia Javeriana en la ciudad de Bogotá, en sus programas de educación continua en arquitectura y diseño, línea digital, ofrece el curso llamado "*Revit Architecture: modelado digital de un proyecto arquitectónico*". El curso está dirigido a arquitectos, ingenieros, escenógrafos, delineantes y en general a personas que trabajen en el diseño y la proyección de la arquitectura que requieran herramientas avanzadas para la edición y construcción de planos en 2D y 3D; y en general, para trabajar proyectos arquitectónico ( Pontificia Universidad Javeriana, 2013).

Al igual que las instituciones antes mencionadas, la Universidad del Valle (Cali), ofrece también un curso en el *software Revit Architecture*, en varios niveles. Este curso está dirigido a arquitectos, profesores, estudiantes de arquitectura y público interesado del área de la construcción (Universidad del Valle, 2013).

Estas tendencias a nivel mundial de inclusión de BIM en la enseñanza de las carreras profesionales afines al sector de la construcción, son la respuesta a un proceso de mejoramiento continuo de las tareas y actividades que hacen parte del desarrollo de un proyecto de construcción. Profesionales con el conocimiento y habilidades en el uso de BIM están siendo altamente demandados por las empresas vinculadas a esta industria y en algunos países del mundo por el sector público. Por lo tanto, las instituciones académicas encargadas de formar

a los profesionales de este campo identifican la necesidad de preparar a los futuros profesionales del sector con las competencias laborales que la industria y el mercado demanden, para así contribuir desde su posición a mejorar los niveles de productividad de la industria y de los profesionales que estas mismas gradúan.

### **Consideración final**

La formación de los actuales y futuros profesionales de la construcción, que aporten a la innovación y desarrollo de los países, debe ir de la mano con las nuevas tecnologías presentes en el mercado. La metodología BIM es parte de estas nuevas tecnologías que se vienen implementando en la industria y en la formación de actores del sector de la construcción. El incremento en su implementación en la industria de la construcción en algunos países, permite evidenciar que su uso está en constante crecimiento y que, por lo tanto, el sector demanda personal con las competencias requeridas para responder a las nuevas exigencias del mercado y la complejidad de los proyectos. Es por esta razón que la academia, que tiene a su cargo la responsabilidad de formación de los futuros profesionales de la industria de arquitectura, ingeniería y construcción, debe apostar a implementar estas tecnologías en sus currículos de formación profesional, para impactar positivamente en la generación de economías del conocimiento y responder a los retos que están imponen al sector industrial.

El recuento de diferentes experiencias de implementación a nivel industrial reportados en este artículo y los esfuerzos realizados por la academia -aunque incipientes

aun-, demuestran la importancia que adquiere actualmente la adopción de las tecnologías de información y comunicaciones para responder a un mercado dinámico y cada vez más exigente en el desarrollo de proyectos de arquitectura, ingeniería y construcción.

## Referencias

Autodesk, Inc. (2013, Septiembre). *Sitio web oficial*. Disponible en <http://usa.autodesk.com/building-information-modeling/about-bim/>

Baeza Pereyra, J. R. y Salazar Ledezma, G. (2008). *El modelo integrado para la construcción en la enseñanza de la ingeniería civil y ambiental*. Trabajo presentado en el Congreso Nacional de Administración y Tecnología para la Arquitectura, Ingeniería, y Diseño, Mexico.

Benuto Vera, A. (2003). Las tecnologías de información y comunicaciones (TIC) en la docencia universitaria. *Theoria*, 12, 109-118.

108 BIM Journal. (2012). *BIM journal*, 3. Disponible en <https://thebimhub.com/bimjournal/>

Building.co.uk. (2013, octubre). *Sitio web oficial*. Disponible en <http://www.building.co.uk>

BuildingSMART International Ltd. (2013, octubre). *Sitio web oficial*. Disponible en <http://www.buildingsmart-tech.org>

Chuan Seng, L. (2012). *Singapore BIM guide. Guia, Building and construction authority*. Singapore. BCA. Disponible en [https://www.corenet.gov.sg/media/586132/Singapore-BIM-Guide\\_V2.pdf](https://www.corenet.gov.sg/media/586132/Singapore-BIM-Guide_V2.pdf)

Clevenger, C. M., Ozbek, M. E. & Dale Porter, S. G. (2011). *Integrating BIM into Construction Management Education*. Informe, Colorado State University: Fort Collins.

Cuadrado Alvarado, A. (2011). Utopías y distopías de los medios digitales para la Educación. *Icono 14*, 2(9), 5-20.

Department of industry, innovation, science, research and tertiary education (2012). *National Building Information Modeling Initiative*. buildingSMART Australasia.

George Brown College. (2013, octubre *Sitio web oficial*. Disponible en <http://www.georgebrown.ca>

Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia (2013, octubre). *Sitio web oficial*. Disponible en <http://www.campusvirtualelmayor.edu.co/extension/modulos.php?name=Articulos&id=6>

Institute for BIM in Canada. (2012). *Executive Summary BIM survey*. Disponible en [http://www.cebim.ca/uploads/files/Symposium2013/Bill\\_Moore.pdf](http://www.cebim.ca/uploads/files/Symposium2013/Bill_Moore.pdf)

Khemlani, L. (2013, octubre). *AECbytes*. Disponible en <http://www.aecbytes.com>

Kim, J.-L. (2012). Use of BIM for Effective Visualization Teaching Approach in Construction Education. *Journal of professional issues in engineering education & practice* (p. 214-223).

Kreider, R. G. & Messner, J. I. (2013). *The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses*. Penn State: State College-Pennsylvania.

MarketWatch, Inc. (2013, octubre). *Sitio web oficial*. Disponible en <http://www.marketwatch.com>

Martínez-Salanova Sánchez, E. (s.f.). *Educación y didáctica*. Disponible en <http://www.uhu.es/cine.educacion/didactica/000didactica.htm>

McGraw Hill Construction (2010). *The bussines value of BIM in europe. Smart Market Report*. Bedford. Disponible en [http://images.autodesk.com/adsk/files/business\\_value\\_of\\_bim\\_in\\_europe\\_smr\\_final.pdf](http://images.autodesk.com/adsk/files/business_value_of_bim_in_europe_smr_final.pdf)

McGraw Hill Construction (2009). *The business Value of BIM*. Disponible en <http://bimforum.org/wp-content/uploads/2012/12/MHC-Business-Value-of-BIM-in-North-America-2007-2012-SMR.pdf>

McGraw Hill Construction SmartMarket, Report (2008). *Building Information Modeling: Transforming design and construction to achieve greater industry productivity*. Disponible en <http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aia077483.pdf>

Mohsen, J. P., & Issa, R. R. (2012). *BIM implementation in civil and construction engineering curricula*. Actas de la CIB. 29ª Conferencia Internacional -Beirut, Líbano , 17-19 de octubre.

National Institute of Building Sciences (2013, septiembre). *Sitio web oficial*. Disponible en <http://www.wbdg.org/bim/bim.php>

NATSPEC Building Information Modelling Portal. (n.d.). *Sitio web oficial*. Disponible en <http://bim.natspec.org>

New York city department of design and construction. (2012). *BIM guidelines*. Long Island City, New York. Ed. DDC.

Orduz, R. (2012). Sociedad del Conocimiento y Tecnologías de la Información. En: C. C. Digital, *Aprender y educar con las tecnologías del siglo XXI* (pp. 11-14). Bogotá: Corporación Colombia Digital.

Palacio, C. (2013). Tendencias y desafíos en la formación de Ingenieros Civiles. *Ingeniería Y Sociedad*, 6, 11-19.

Pontificia Universidad Javeriana (2013, octubre). *Sitio web oficial*. Disponible en <http://educon.javeriana.edu.co/continua/catalogoDetalle.asp?Ce=11428&E=1111110&#S4>

Prieto Muriel, P. (2012). *Implantación de la tecnología BIM en estudios universitarios de Arquitectura e Ingeniería*. Extremadura: Centro Universitario de Mérida. República de Colombia, Gobierno Nacional (2009). *Ley 1341*. Bogotá: Autor.

Sabongi, F. J., & Arch, M. (2009). *The Integration of BIM in the Undergraduate Curriculum: an analysis of undergraduate courses*. Mankato, Minnesota .

Sacks, R., & Barak, R. (2010). Teaching Building Information Modeling as an Integral Part of freshman year civil engineering education. *Journal of professional issues in engineering education and practice*.

Santos, J. I., Galán, J. M., Izquierdo, L. R., & del Olmo, R. (2009). Aplicaciones de las Tic en el nuevo modelo de enseñanza del EEES. *3 International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management*. Barcelona:Terrassa.

Singh, V., Gu, N., & Wang, X. (2010, Noviembre). A theoretical framework of a BIM-based multi-disciplinary collaboration platform. *Automation in Construction*.

Taylor, J. M., Liu, J., & Hein, M. F. (2008). *Integration of Building Information Modeling (BIM) into and integration of Building Information Modeling (BIM) into an*. Auburn, Alabama.

The Construction Index (2013), octubre *Sitio web oficial*. Disponible en <http://www.theconstructionindex.co.uk>

Universidad del Valle (2013, octubre). *Sitio web oficial*. Disponible en [http://www.univalle.edu.co/eventos/muestra\\_evento.php?id=2639](http://www.univalle.edu.co/eventos/muestra_evento.php?id=2639)

Universidad Nacional sede Medellín (2013, octubre). *Sitio web oficial*. Disponible en [http://www.unalmed.edu.co/noticias/email\\_masivos/Arquitectura/comunicarq\\_FA.pdf](http://www.unalmed.edu.co/noticias/email_masivos/Arquitectura/comunicarq_FA.pdf)

Universidad San Buenaventura. (2013, octubre). *Sitio web oficial*. Disponible en [http://www.usbmed.edu.co/Servicios/Centro\\_de\\_Innovacion\\_y\\_Transferencia\\_del\\_Conocimiento-ITER/web/revit\\_architecture.aspx](http://www.usbmed.edu.co/Servicios/Centro_de_Innovacion_y_Transferencia_del_Conocimiento-ITER/web/revit_architecture.aspx)

Universidad San Pablo de Madrid. (2012, octubre). Sitio web oficial. Disponible en <http://oliebana.files.wordpress.com/2012/12/iniciativa-bim-en-la-universidad.pdf>

U.S. General Services Administration. (2007). BIM Guide Series. Disponible en [http://www.gsa.gov/portal/mediaId/226771/fileName/GSA\\_BIM\\_Guide\\_v0\\_60\\_Series01\\_Overview\\_05\\_14\\_07.action](http://www.gsa.gov/portal/mediaId/226771/fileName/GSA_BIM_Guide_v0_60_Series01_Overview_05_14_07.action)

Valencia Restrepo, D. (2010). Crisis y futuro de la ingeniería. *Ingeniería y Sociedad*(1-6).

Wong Kam-din, A., Wong Kwan-wah, F. & Nadeem, A. (2011, Febrero). Buildins information modelling for tertiary construction education in Hong Kong. *Journal of Information Technology in Construction*, 16 (467-476).

WPL Publishing (2013, octubre). *Sitio web oficial*. Disponible en <http://constructionpronet.com>