

Implementación de BIM en infraestructura: la necesidad de abordarlo desde el sector público

Santiago Alsina Saltarén

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de los Andes

s.alsina10@uniandes.edu.co

Resumen: La utilización de *Building Information Modeling (BIM)* es cada vez más común en los distintos proyectos de la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción. BIM busca disminuir los tiempos de ejecución de los proyectos, reducir los costos y aumentar la calidad. En otras palabras, busca aumentar el valor que genera un proyecto a lo largo de todo su ciclo de vida. El valor agregado que le da a los proyectos de infraestructura es evidente y se traduce en un efecto positivo para el país, ya que estos tienen un considerable impacto sobre la economía y la competitividad del mismo. En consecuencia, este artículo plantea la necesidad de implementar BIM en los proyectos de infraestructura de Colombia. Al igual que evidencia la necesidad del rol protagónico que debe jugar el sector público para cumplir con dicho objetivo. Esto no solo por actuar como dueño de los proyectos de infraestructura del país, si no también, por las evidencias que dejan las experiencias de los países líderes y pioneros en BIM. Se puede identificar que el uso de BIM se potencializa y se agiliza desde el momento en que el sector público adopta un rol para promover y generar un cambio hacia BIM. Por lo tanto, este artículo también busca definir los diferentes roles que puede adoptar el sector público para fomentar la utilización de BIM. Así como proponer una hoja de ruta gubernamental BIM para Colombia, extrapolable a países con una economía, una idiosincrasia y un nivel de implementación BIM similar.

Palabras clave: *BIM, infraestructura, sector público, hoja de ruta, Colombia*

Abstract: The use of Building Information Modeling (BIM) is becoming much more common in the different projects of the architecture, engineering and construction industry. BIM seeks to reduce project execution times, reduce costs and increase quality. In other words, it seeks to increase the value created by a project throughout its life cycle. The added value that it gives to infrastructure projects is evident and it is transformed into a positive effect for the country, due to its considerable impact on the economy and its competitiveness. Consequently, this paper raises the need to implement BIM in infrastructure projects in Colombia. As well, as it outstands the need of an active role that must be played by the public sector to meet this objective. This is not only because the government acts as the owner of the infrastructure projects of the country, but also because of the evidence left by the experiences of the leading countries and pioneers in BIM. It can be identified that the use of BIM is enhanced and accelerated from the moment the public sector adopts a role to promote and generate a change towards BIM. Therefore, this article also seeks to define the different roles that the public sector can play to encourage the use of BIM. As well as to come up with a BIM governmental roadmap for Colombia, that can be extrapolated to countries with an economy, an idiosyncrasy and a level of BIM implementation similar to Colombia's one.

Keywords: *BIM, infrastructure, public sector, road map, Colombia*

Introducción

La provisión de infraestructura por parte de la industria de la construcción, juega un rol fundamental en la generación de riqueza en un país, así como en los niveles de competitividad del mismo (Kaliba, Mundial, & Mumba, 2009). De hecho, el segundo pilar para medir la competitividad de una nación, según el Foro Económico Mundial, es la infraestructura. Refiriéndose en este caso, a la infraestructura de transporte (carretera, aérea, ferroviaria y portuaria), así como a la infraestructura eléctrica y de telecomunicaciones (World Economic Forum, 2017). Esto ocurre, ya que la infraestructura es el medio por el cual los demás sectores de la economía crecen y se fortalecen (Gomez, Herrera, & Henao, 2017).

Enmarcados en el contexto colombiano, se puede evidenciar el impacto que el sector de la construcción (edificaciones e infraestructura) tiene sobre la economía del país. El PIB de Colombia, tomando como referencia el segundo trimestre del año, aumento del 2016 al 2017 en un 1.3%. En dicha variación, el sector de la construcción contribuyó en un 0.3% del PIB (DANE, 2017). Adicionalmente, este sector ocupó al 6.2% de los empleados durante el segundo trimestre del 2017 (DANE, 2017).

En cuanto a los niveles de competitividad de Colombia, según el reporte del Foro Económico Mundial del 2017, la calidad de la infraestructura de transporte está en la posición 98 de 137 países y la infraestructura de energías y telecomunicaciones en la posición 76 (World Economic Forum, 2017). Adicionalmente, la inadecuada provisión de infraestructura por parte del país, se establece como la cuarta causa que mayores problemas trae para la realización de negocios en Colombia (World Economic Forum, 2017).

En síntesis, las estadísticas fundamentan que, en Colombia, la infraestructura es fundamental para el desarrollo social y económico del país (Arce, 2009). Sin embargo, esta se encuentra en un estado que clama por profundas y significativas mejoras (Cárdenas, Gaviria, & Meléndez, 2005).

Los proyectos de infraestructura son comúnmente asociados con sobre costos, incumplimiento en los plazos, cambios de especificaciones a lo largo de la ejecución de los mismos (Arce, 2009) e incluso, con corrupción (Gomez, Herrera, & Henao, 2017). No obstante, la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción (AEC, por sus siglas en inglés) constantemente está en la búsqueda de técnicas y metodologías que disminuyan los costos, incrementen la eficiencia y la calidad y reduzcan el tiempo de entrega del proyecto (Azhar, 2011).

Como una respuesta a lo anterior, surge *Building Information Modeling* (BIM) el cual es un conjunto de políticas, procesos y tecnologías que funcionan de manera integrada y colaborativa, generando una metodología para gestionar el proyecto a lo largo de su ciclo de vida (Succar, 2009). BIM consiste en generar una representación gráfica de las características físicas y funcionales

de un proyecto (National Institute of Building Sciences, 2007, pág. 19). Este crea un modelo amigable e intuitivo, que integra armoniosamente todas las áreas y componentes del proyecto, permitiendo la actualización integral y colaborativa de los cambios del mismo (Botero, Isaza, & Hernandez, 2015). No obstante, BIM no se limita al uso de softwares, este exige adoptar un enfoque de trabajo integrado y colaborativo entre todas las partes (Botero, Isaza, & Hernandez, 2015). BIM tiene el fin de servir como recurso de intercambio de información y conocimiento compartido. Siendo, en consecuencia, una base fiable para la toma de decisiones a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto (National Institute of Building Sciences, 2007, pág. 19). BIM debe ser comprendido de tres maneras: como un producto, como un proceso colaborativo y como un requisito de gestión de todo el ciclo de vida del proyecto (National Institute of Building Sciences, 2007, pág. 17). Es decir, BIM no se centra en abordar únicamente temas técnicos, operativos o tecnológicos, sino también se enfoca en la gestión del intercambio de información, en la interrelación multidisciplinar y en la estructura organizacional de los proyectos (Deutsch, 2011).

Desde el surgimiento de BIM, en los años 70 y su desarrollo en los años 80 y 90, su implementación se ha venido incrementando paulatinamente, volviendo obsoletos los procesos tradicionales basados en diseños 2D (Wong, Wong, & Nadeem, 2011). Actualmente, BIM está siendo comúnmente utilizado en la construcción vertical. Es decir, en proyectos de edificaciones e inmobiliarios. Por el contrario, su implementación en la construcción horizontal es poco común e indocumentada (Fanning, Clevenger, Ozbek, & Mahmoud, 2015). No obstante, su utilización en proyectos de infraestructura tiene un gran potencial de añadir y generar valor a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto (Fanning, Clevenger, Ozbek, & Mahmoud, 2015).

Enfocados en la industria de la construcción colombiana, el uso de BIM es modesto y está en sus primeras etapas de madurez. A pesar de que sus ventajas atraen a un gran número de profesionales, aún existe un palpable temor, precaución o bien, desconocimiento, asociado al cambio de tecnología y metodología requerido (Botero, Isaza, & Hernandez, 2015). La implementación de BIM se presenta únicamente como propuestas aisladas e independientes en proyectos inmobiliarios privados. Mientras que su utilización en proyectos de infraestructura es escasa.

En lo que a la implementación de BIM respecta, se pueden identificar dos actores principales: el sector privado y el sector público (Wong, Wong, & Nadeem, 2009). El rol del primero es claro y ampliamente estudiado. Sin embargo, el papel que debe jugar el segundo es menos común y poco documentado. Aun así, se puede establecer que el apoyo del gobierno para fomentar el uso de BIM es una fuerza que potencializa su implementación. La intervención del sector público genera un ambiente de aceptación a nuevas tecnologías, ya que le da credibilidad y les otorga un peso jurídico o regulatorio a estas

En consecuencia, el propósito del presente artículo, es identificar la necesidad del papel protagónico que debe adoptar el sector público para potencializar y agilizar la implementación de BIM en un país. Asimismo, se busca definir los diferentes roles que el sector público puede adoptar para favorecer y dinamizar la implantación de BIM. Por último, se plantea una hoja de ruta BIM para el gobierno colombiano, con el fin de proponer un primer escenario para promover la implementación de BIM a gran escala en proyectos de infraestructura del país.

Estado del arte: BIM en el sector público

El sector público juega un rol fundamental para fomentar el desarrollo y la utilización de BIM en los proyectos de

infraestructura. La difusión de BIM avanza con mayor agilidad en los países en los que el gobierno adopta estrategias BIM (Cheng & Lu, 2015). En consecuencia, el nivel de implementación de BIM de cada país está estrechamente relacionado con la legislación gubernamental vigente y la intención de promover BIM en la contratación pública (Domínguez, 2015).

El siguiente mapa se construyó con el fin de esbozar el nivel de implementación de BIM según la obligatoriedad o recomendación de su uso por parte del sector público. Se debe tener presente que dicho mapa tiene en cuenta la utilización de BIM tanto en proyectos de infraestructura, como en proyectos inmobiliarios.

La implantación de BIM en los distintos países se dividió en tres categorías:

- Uso de BIM obligatorio en proyectos públicos: países que cuenten con políticas públicas o con entes gubernamentales (al menos uno) que exigen el uso de BIM a lo largo del ciclo de vida de los proyectos y lo incorporan en la contratación.
- Recomendaciones del uso de BIM en los proyectos: países cuyo sector público ha desarrollado algún esfuerzo para fomentar el uso de BIM a través de la elaboración de estándares, guías, proyectos pilotos, programas de implementación BIM, entre otros. Sin embargo, el uso de BIM no es obligatorio.
- Iniciativas independientes y aisladas del uso de BIM: países cuyo gobierno no ha realizado ninguna acción con el fin de promover la implementación de BIM. No obstante, en estos países se evidencia el uso de BIM por parte de privados de manera aislada e independiente.

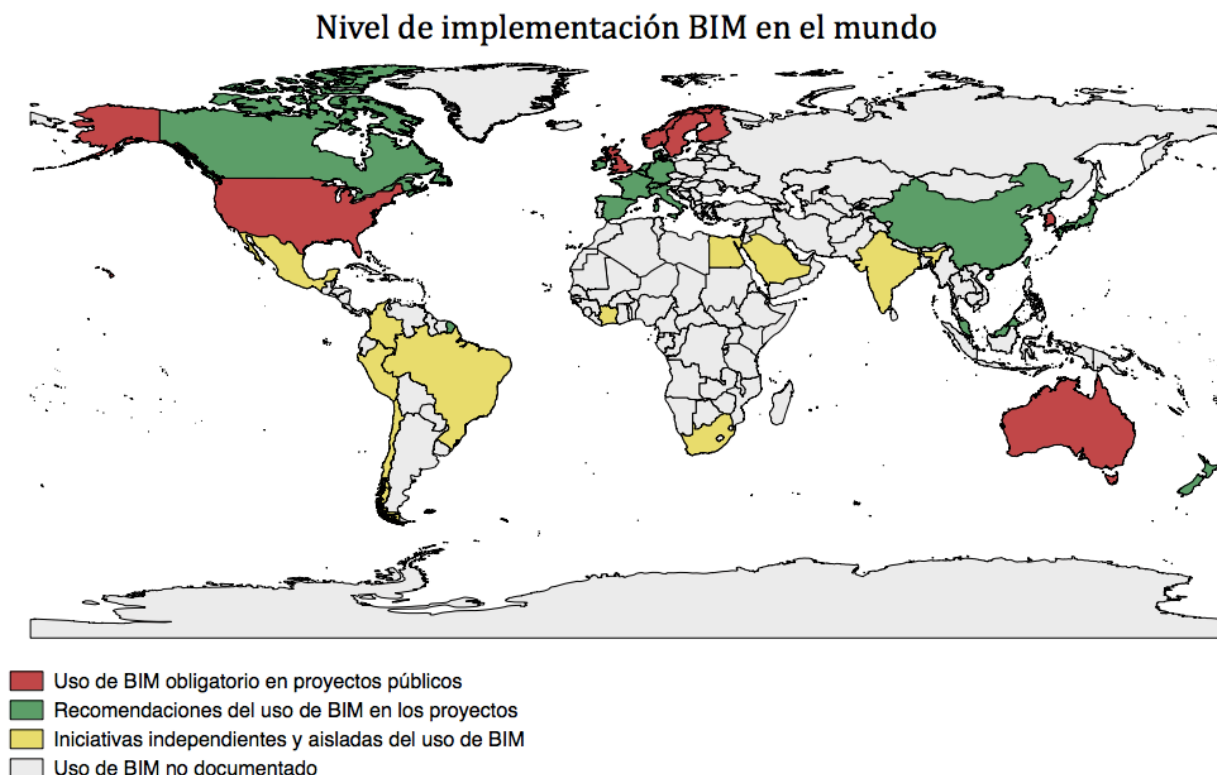


Figura 1. Nivel de implementación de BIM en el mundo.

Se puede observar que muchos países alrededor del mundo utilizan herramientas y tecnologías BIM. No obstante, la gran mayoría se limita a la implementación desde iniciativas aisladas, las cuales están principalmente enfocadas en el sector de proyectos inmobiliarios, como es el caso de Colombia.

Por otro lado, son pocos los países que han venido incorporando BIM a la contratación pública y a la legislación gubernamental. Estados Unidos es uno de los países pioneros en la adopción de BIM, ya que ha incorporado esta tecnología y metodología a varios cuerpos del sector público, los cuales promueven su implementación (Wong, Wong, & Nadeem, 2011). EEUU ha establecido programas, se ha planteado metas y ha definido distintos estándares y guías todo con respecto a BIM (Cheng & Lu, 2015). Otro país que destaca como líder de implementación BIM desde el sector público es el Reino Unido, debido a que en 2011 lanzó “*The Government Construction Strategy*” donde establecía que para el 2016, todos los proyectos con el gobierno deberían estar usando BIM (Cabinet Office, 2011; Smith, 2014). Otros países cuyos entes públicos tienen obligatorio el uso de BIM son: **Noruega** (Cheng & Lu, 2015; Succar, 2009; Smith, 2014; Edirisinghe & London, 2015; Wong, Wong, & Nadeem, 2009; Domínguez, 2015), **Finlandia** (Cheng & Lu, 2015; Succar, 2009; Smith, 2014; Edirisinghe & London, 2015; Wong, Wong, & Nadeem, 2009; Domínguez, 2015), **Suecia** (Cheng & Lu, 2015; Domínguez, 2015), **Singapur** (Cheng & Lu, 2015; Smith, 2014; Edirisinghe & London, 2015; Wong, Wong, & Nadeem, 2009), **Hong Kong** (Cheng & Lu, 2015; Smith, 2014; Edirisinghe & London, 2015; Wong, Wong, & Nadeem, 2011), **Corea del Sur** (Cheng & Lu, 2015; Edirisinghe & London, 2015) y **Australia** (Cheng & Lu, 2015; Succar, 2009; Smith, 2014; Edirisinghe & London, 2015; Domínguez, 2015)

Por otro lado, algunos países cuyo gobierno recomiendan el uso de BIM, reconocen sus beneficios y han hecho esfuerzos para fomentar su uso y tener un papel protagónico en la implementación de BIM son: **Holanda** (Cheng & Lu, 2015; Succar, 2009), **Dinamarca** (Cheng & Lu, 2015; Succar, 2009; Smith, 2014; Wong, Wong, & Nadeem, 2009), **Bélgica** (buildingSMART Benelux, 2017), **Luxemburgo** (buildingSMART Benelux, 2017), **Francia** (buildingSMART France, 2017), **Alemania** (buildingSMART Germany, 2017), **Italia** (buildingSMART Italia, 2015), **Malaysia** (buildingSMART Malaysia, 2015), **España** (buildingSMART Spain, 2017), **Suiza** (buildingSMART Switzerland, 2017), **Irlanda** (buildingSMART United Kingdom & Ireland, 2017; McAuley, V.Hore, & West, 2012), **Japón** (Cheng & Lu, 2015), **China** (Cheng & Lu, 2015; Smith, 2014), **Taiwán** (Cheng & Lu, 2015), **Nueva Zelanda** (Domínguez, 2015), **Canadá** (buildingSMART Canada, 2015), entre otros.

En el presente estudio se mencionarán los casos de EEUU y el Reino Unido únicamente, tomándolos como referencia para la manera como se debería implementar BIM desde el sector

público. Posteriormente, se realizará una breve mención sobre el estado del arte en el contexto colombiano.

Actualmente EEUU es uno de los mayores fabricantes y consumidores de productos BIM (Wong, Wong, & Nadeem, 2011). Su implementación cubre todos los campos del sector de la arquitectura, la ingeniería y la construcción (Cheng & Lu, 2015). En el sector público, el ente que tiene la participación más activa en la promoción de BIM, es la Administración de Servicios Generales (GSA, por sus siglas en inglés) (Wong, Wong, & Nadeem, 2011), la cual está encargada de la construcción y operación de instalaciones federales (Smith, 2014). En 2003, esta agencia, a través de la *Public Buildings Service (PBS)* y la *Office of Chief Architect (OCA)*, lanzó el programa nacional 3D-4D BIM (Edirisinghe & London, 2015), que buscaba implementar BIM en más de 200 proyectos valorados en más de \$12 billones de dólares (Cheng & Lu, 2015) y así, optimizar los diseños y aumentar la eficiencia y calidad de la construcción. Adicionalmente, estableció la meta de requerir el uso de BIM en todos sus proyectos desde el año 2007 (Smith, 2014). Como apoyo a estas políticas, la GSA ha venido desarrollando progresivamente 8 guías BIM (Cheng & Lu, 2015). Para el año 2007, el 28% de la industria utilizaba BIM y 5 años después (2012) de la entrada en vigencia de la legislación, un 71% de la industria implementaba BIM en sus proyectos (Edirisinghe & London, 2015).

Por otro lado, *The National Institute of Building Sciences (NIBS)* es otro ente del sector público, que ha jugado un rol relevante en impulsar la implementación de BIM (Edirisinghe & London, 2015). Esta institución ha publicado dos versiones de *The National Bim Standard – United States*. Estos son una serie de documentos, guías y estándares, que tienen como objetivo definir las mejores prácticas de la utilización de BIM, estandarizar el lenguaje e intercambio de información BIM entre los distintos stakeholders, aconsejar sobre los mejores métodos y procesos, entre muchos otros tópicos (Cheng & Lu, 2015).

Los gobiernos estatales y otras instituciones gubernamentales siguieron estos comportamientos, promoviendo la utilización de BIM en los distintos proyectos (Wong, Wong, & Nadeem, 2011). De igual forma, crearon grupos de investigación y generaron guías para implementar BIM (Succar, 2009).

Paralelamente, el sector público lanzó programas y comités BIM, al igual que llevó a cabo cursos y conferencias de capacitación. Adicionalmente, EEUU creó distintos estándares con el fin de implementar BIM eficientemente. Para el 2015, 47 estándares BIM habían sido desarrollados y eran públicos, de estos, 17 fueron desarrollados por el gobierno y 30 por organizaciones sin ánimo de lucro (Cheng & Lu, 2015). La mayoría de estándares son planes de ejecución y metodologías de modelación (Cheng & Lu, 2015).

Por último, cabe mencionar que en EEUU se han venido elaborando distintos contratos con el fin de incorporar BIM en ellos y buscando hacer que el modo de contratación sea compatible y provechoso para la utilización de BIM. Se pueden destacar el ConsensusDOCS 301, el AIA E202 y el AIA E203. El primero está dirigido para utilizarlo en proyectos en donde el dueño y los principales contratistas acordaron, desde etapas muy tempranas, el uso de BIM. El contrato incluye cuestiones legales y administrativas acerca de BIM, y su propósito es ser utilizado como apéndice del contrato para todos los participantes. Este también incluye un plan de ejecución del proyecto con el fin de establecer la dependencia del modelo BIM y plasma en el documento las mejores prácticas BIM por medio de formatos estandarizados (ConsensusDocs, 2015). Los otros dos contratos mencionados, creados por el Instituto Americano de Arquitectos, realiza aportes sobre la definición de niveles de desarrollo (LODs) con el fin de unificar la fiabilidad de la información de los modelos y estandarizar los contratos que definen la autoría de la información de los modelos. Dichos contratos son actualizados y mejorados periódicamente (AIA, 2008) (AIA, 2013). De igual forma, se puede evidenciar que en algunos proyectos de infraestructura se ha venido implementando el método de contratación IPD (Domínguez, 2015). El más destacado fue la contratación del segundo tramo del ferrocarril de alta velocidad en California (104 km) a la empresa española Dragados y a la estadounidense Flatiron y Shimmick. Dicho proyecto fue adjudicado por un costo de \$1.200 millones de dólares (Ximénez, 2014).

En el caso del Reino Unido, el uso de BIM se empieza a masificar desde mayo del 2011, cuando se publica “*The Government Construction Strategy*” (Cheng & Lu, 2015). Con este documento se planteaba la meta de tener ahorros hasta de un 20% en la construcción (Edirisinghe & London, 2015). Para lograr esto, una de las estrategias definidas fue hacer obligatorio que todos los proyectos públicos debían implementar BIM Nivel 2 para el 2016 (Cabinet Office, 2011).

Consecuentemente, con el fin de acompañar esta meta y aumentar la capacidad de implementar BIM por parte del sector público, se crea ese mismo año el *BIM Task Group* (Smith, 2014). Este es un grupo que une a expertos de la industria, gobierno, clientes, profesionales de las distintas disciplinas y a la academia, teniendo como objetivo brindar apoyo al gobierno y a las empresas, en realizar la transición hacia la implementación BIM y así cumplir la meta para el 2016 (Edirisinghe & London, 2015). Este grupo comienza a realizar programas de capacitación y empieza a publicar guías sobre la implementación de BIM (Department for Business Innovation & Skills, 2011). De igual forma, otras instituciones gubernamentales comienzan a realizar protocolos y estándares que apoyan la meta del gobierno, como *Construction Industry Council* y *British Standards Institution B/55* (Cheng & Lu, 2015).

Seguidamente, el *Task Group*, entidades del estado y organizaciones sin ánimo de lucro, publicaron estándares para la implementación de BIM. Para el 2015, el Reino Unido contaba con 18 estándares de los cuales 3 fueron creados por el gobierno y 15 por organizaciones sin ánimo de lucro. Entre estos, la mayoría son planes de ejecución, metodologías de modelación y estilos de presentación de los componentes (Cheng & Lu, 2015). Adicionalmente, se han desarrollado un número significativo de guías técnicas BIM que responden a las metas del gobierno.

Por otro lado, el Reino Unido desarrolló 3 nuevos modelos de contratación que involucran al contratista desde la etapa temprana del proyecto, fomentando la integración de todos los involucrados. Estos programas se diseñaron con el fin de acompañar las metas del “*Government Construction Strategy*”. Los métodos de contratación son: “*Cost Led Procurement*”, “*Integrated Project Insurance*” y “*Two Stage Open Book*” (Domínguez, 2015). Dichos métodos de contratación se han implementado en diversos proyectos piloto, evidenciando disminución de costos (Cabinet Office, 2012). Simultáneamente, el Reino Unido desarrolló dos contratos que involucran BIM. Dichos contratos son: PPC200y JCT Contracts. (Domínguez, 2015)

En el panorama colombiano, se puede evidenciar que BIM se limita a su implementación por privados y de manera aislada, ya que no se encuentra documentada ninguna acción adoptada por el sector público, en lo que a BIM respecta. La implementación de BIM en Colombia se encuentra particularmente en la industria de proyectos inmobiliarios, utilizando las herramientas BIM principalmente en la ejecución de trabajo arquitectónico (Mojica & Valencia, 2012). Mientras que BIM es poco conocido en la infraestructura.

Una de las pocas empresas que ha intentado implementar BIM en el sector de la infraestructura es la Constructora Concreto. Mojica & Valencia (2012) documentan la utilización que esta empresa le dio a BIM en el proyecto del Intercambiador Vial Gilberto Echeverry Mejía en Medellín. Este es un puente atirantado de 580 metros de longitud y ocho carriles en concreto pos-tensado. En este proyecto se utilizaron herramientas BIM con el fin de realizar el control del avance de obra, simulaciones de tráfico para generar el plan de movilidad durante la construcción del proyecto y crear el modelo 3D del puente con el fin de planear y verificar métodos constructivos, así como detectar incompatibilidades de diseños (Mojica & Valencia, 2012).

En los proyectos inmobiliario la presencia de BIM es más común. Incluso, se puede evidenciar el esfuerzo de algunas empresas privadas dedicadas a la construcción vertical, por generar estándares BIM. Este es el caso de la alianza realizada entre Triada, Prodesa, Constructora Bolívar y Amarillo, las cuales son 4 empresas constructoras de proyectos inmobiliarios con presencia en todo el país. Estas organizaciones se unieron

creando BIM Forum Colombia (BIM Forum Colombia, 2017). Dicho grupo de trabajo surge como una iniciativa privada e independiente, la cual esta desligada del sector público. El objetivo de la alianza es el de desarrollar estándares, guías y protocolos BIM enfocados en la construcción de vivienda (BIM Forum Colombia, 2017). Actualmente se viene trabajando en la Especificación BIM: Estándar de creación de contenido BIM. Dicho documento, basado en el estándar NBS. International BIM Object Standard Version 1.0 del 2014, tiene como fin especificar “los requisitos para la información, la geometría, el comportamiento y la presentación de los objetos BIM para permitir la coherencia, la eficiencia y la interoperabilidad en la industria de la construcción” (BIM Forum Colombia, 2017). No obstante, aún no existe ningún tipo de estándar, guía o protocolo publicado.

Por otro lado, se puede destacar la presencia de BIM en la academia a través de diversos grupos de investigación de las facultades de ingeniería, de las distintas universidades de Colombia. De estos destacan: El Semillero de Investigación de la Construcción (SIC) de la EAFIT, el Grupo de Investigación Estructuras y Construcción de la Pontificia Universidad Javeriana y el Grupo de Investigación en la Ingeniería y Gerencia de la Construcción (INGECO) de la Universidad de los Andes (Mojica & Valencia, 2012). Sin embargo, el trabajo de dichos grupos se centra, al igual que la industria, en la implementación de BIM en proyectos inmobiliarios.

En síntesis, BIM en Colombia está en una etapa inicial de madurez ya que su uso es modesto, debido al temor, la precaución, el desconocimiento y/o los costos asociados a la implementación de nuevas tecnologías y metodologías (Botero, Isaza, & Hernandez, 2015). Por lo tanto, es claro que se deben realizar grandes esfuerzos por parte de la industria, la academia y, sobre todo, el gobierno, para dar a conocer BIM e incentivar su implementación en los proyectos de infraestructura.

Implementación de BIM en infraestructura desde el sector público

Modos de contratación

Los proyectos de infraestructura en Colombia son contratados por el Estado, por lo que el gobierno es el dueño de los mismos. La principal entidad encargada de la contratación de estos proyectos a nivel nacional, es el Ministerio de Transporte a través de El Instituto Nacional de Vías (INVIAS), la Agencia Nacional de Infraestructuras (ANI), la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (AEROCIVIL), la Superintendencia de Puertos y Transporte (SUPERTRANSPORTE) y la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV) (MinTransporte, 2016). Por otro lado, a nivel regional, la contratación se hace por medio de la respectiva alcaldía o gobernación.

A pesar de que el gobierno es el propietario de los proyectos de infraestructura, este no los diseña, ni los construye y pocas veces es el encargado de operarlos. Por otra parte, su principal labor es seleccionar al contratista. Adicionalmente, otro actor principal en los proyectos de infraestructura en Colombia y que también es seleccionado por la entidad contratante, es la interventoría. Esta se encarga de supervisar y aprobar la obra ejecutada por el constructor.

En consecuencia, el encargado de fijar los requisitos y parámetros para el diseño, construcción, operación y mantenimiento del proyecto es el gobierno. En otras palabras, el gobierno, no solo por ser dueño del proyecto, sino también debido a su naturaleza de ente regulador, es quien define los pliegos de condiciones, estableciendo la manera como se debe hacer el proyecto a lo largo de su ciclo de vida.

Consecuentemente, la mejor manera para que nuevos métodos y sistemas tecnológicos sean aceptados, es que el propietario y/o cliente los exija dentro del contrato, eliminando la posibilidad de negociación. (Porwal & Hewage, 2013). Por lo tanto, el gobierno debería ser el principal promotor de la adopción de BIM, incluyéndolo como una obligación para la participación en la ejecución de proyectos públicos de infraestructura, ya que esta sería la manera más eficiente de estimular su implementación. (Porwal & Hewage, 2013)

En Colombia, el método más común de contratación pública es el conocido como “*Design – Bid – Build*” o bien, Diseño – Licitación – Construcción. Este es un método lineal de contratación en el cual el gobierno encarga a un equipo para el diseño y posteriormente, se realiza una licitación para definir el contratista que lo construirá (Hale, Shrestha, Gibson, & Migliaccio, 2009). Por consiguiente, el equipo que diseña el proyecto es independiente y ajeno al contratista que lo construirá. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008). Además, cuando los diferentes contratistas hacen sus ofertas, el proyecto ya está completamente definido permitiéndoles hacer una estimación de los costos (Hallowell & Toole, 2009). Dicho proceso de licitación tiene como criterio de selección, en la mayoría de los casos, la oferta más baja (Hale, Shrestha, Gibson, & Migliaccio, 2009). Este fue el caso para la ANI en el año 2016, la cual utilizó como modalidad de selección la mínima cuantía en el 46% de los procesos (ANI, 2016). Es decir, el factor con mayor peso en el sector público, a la hora de elegir un contratista, es el precio que este oferta. No obstante, este criterio ignora a otros aspectos relevantes como el tiempo y la calidad, por lo que no garantiza la maximización del valor del proyecto. (Porwal & Hewage, 2013). Así mismo, este criterio de selección incentiva a los ofertantes a presentar propuestas con bajos precios, para luego buscar recuperar sus pérdidas a través de cambios de condiciones, así como generando adiciones al contrato inicial, resultando en mayores sobre costos para el gobierno (Porwal & Hewage, 2013).

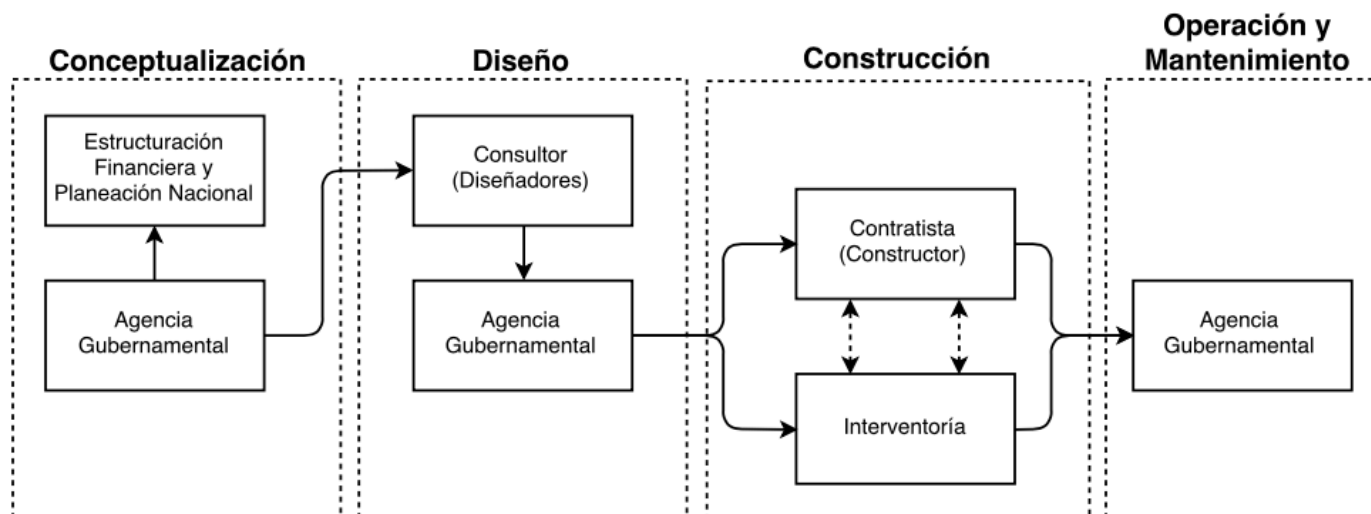


Figura 2. Esquema de contratación *Design – Bid – Build*.

Paralelamente, existen otros métodos de contratación menos usados como el “*Design – Build*” o Diseño - Construcción. En este caso, un mismo contratista es el responsable del diseño y la construcción del proyecto (Palaneeswaram & Kumaraswamy,

2000). Los ofertantes realizan propuestas técnicas y económicas basados en los requisitos y parámetros definidos por el cliente (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008).

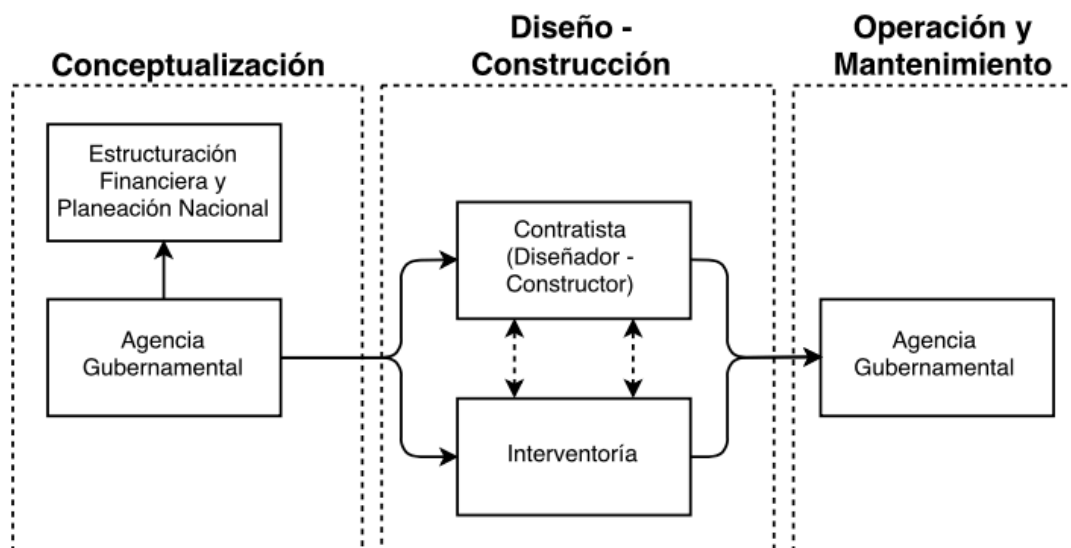


Figura 3. Esquema de contratación *Design – Build*.

Otros métodos de contratación son el “*Design – Build – Operate*” (Diseño – Construcción – Operación) o el “*Design – Build – Finance – Operate*” (Diseño – Construcción – Financiación – Operación) (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008). Dichos métodos se evidencian en los contratos APP (Asociación público privada). En estos casos un mismo contratista es el responsable del diseño, construcción, parte de

la financiación y operación del proyecto. Es decir, el contratista además de ser responsable de la totalidad del proyecto, también debe financiar parte del proyecto, para luego recuperar su inversión a través de la operación del mismo (Levy, 2011). Adicionalmente, estos proyectos pueden nacer de iniciativas del gobierno o bien, por iniciativas privadas que deben ser aprobadas por la agencia gubernamental responsable.

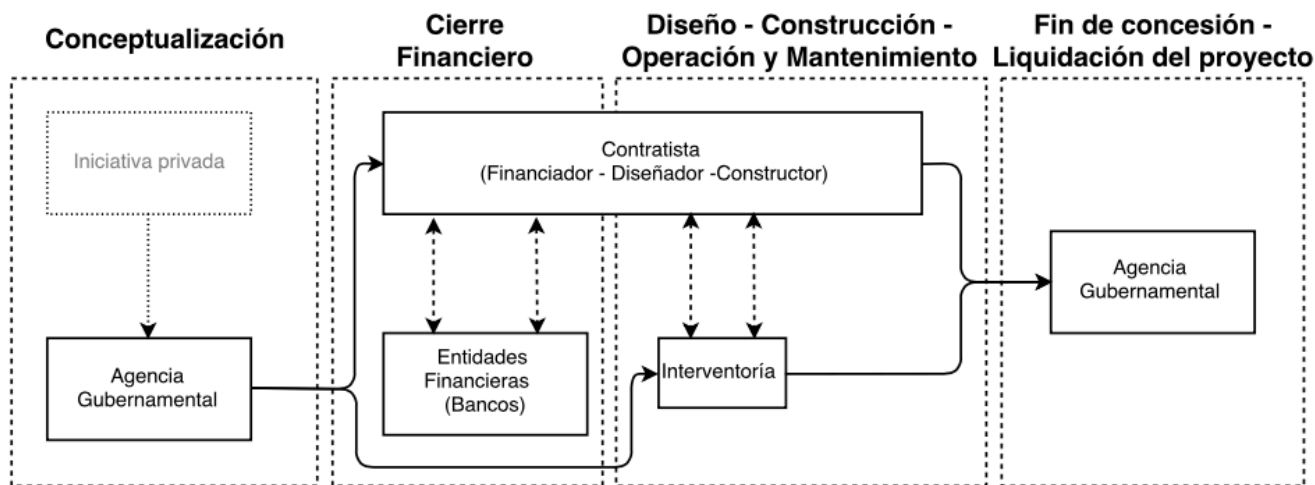


Figura 4. Esquema de contratación APP.

Analizando los métodos de contratación utilizados en Colombia, se observa que estos no contemplan la implementación de BIM. En consecuencia, junto con el desarrollo de BIM, han venido surgiendo métodos innovadores de contratación que son compatibles y facilitan el desarrollo de esta metodología (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008). Estos métodos se centran en promover el trabajo colaborativo entre las partes involucradas del proyecto, buscando alinear los intereses de las partes involucradas y así, reducir el desperdicio y optimizar la eficiencia a lo largo del ciclo de vida del proyecto (Matthews & Howell, 2005). Se busca maximizar el conocimiento desde las etapas tempranas del proyecto, por medio de la integración de todas las áreas técnicas, lo cual favorece al aprovechamiento que se le puede dar a BIM (Kent & Becerik-Gerber, 2010). Esto tiene como fin minimizar la incertidumbre futura y reducir la toma de decisiones durante la construcción. El proceso de adjudicación de dichos métodos consiste en la selección del contratista con base en su experiencia, ideas y propuestas sobre el proyecto, basadas en los lineamientos definidos por el cliente y su oferta económica (Domínguez, 2015). Dentro de estos métodos se destaca *Integrated Project Delivery (IPD)* y dos propuestos por el gobierno de Reino Unido: *Cost Led Procurement (CLP)* y *Two Stage Open Book* (Domínguez, 2015).

Adicionalmente, en Colombia, se puede evidenciar un incumplimiento en los contratos de proyectos de infraestructura, asociados a sobre costos y demoras en las fechas de entrega (Vallejo, Gutierrez, Pellicer, & Ponz, 2015). En el estudio realizado por Vallejo et al. (2015) se muestra como, en el contexto colombiano, los retrasos en tiempo son mucho más comunes y problemáticos que los sobre costos.

Dicho estudio consistió en analizar 109 contratos públicos de infraestructura entre los años 2011 y 2013, referentes a trabajos de diseño, ejecución y supervisión. De este se concluye que una de las principales causas del incumplimiento, es una

planificación defectuosa del proyecto, que posteriormente se materializa en retrasos temporales y/o alzas en el presupuesto. Más aún, se evidenció que en los contratos de diseño se presentan, con mayor frecuencia, atrasos en el cronograma que sobre costos. Por lo tanto, concluyen que existe un uso indebido de los recursos del profesional o bien, la participación de profesionales inadecuados, lo cual contribuye al desarrollo de una planificación y estructuración del proyecto deficiente.

De hecho, en un estudio realizado por la Universidad de los Andes, se plantea que el 51% de los incumplimientos del programa de obra, se dan por errores en diseños, por una planeación inadecuada y por una logística deficiente (Mojica & Valencia, 2012)

Por consiguiente, la implementación de BIM se presenta como una alternativa viable que da solución a las causas presentadas anteriormente. Asimismo, BIM genera una planeación efectiva, en términos del alcance del proyecto, el presupuesto y la programación, así como permite definir y comunicar las metodologías y requerimientos del proyecto. *Building Information Modeling* permite una planeación completa y relacionada con el programa de obra y el presupuesto, desde las primeras etapas del proyecto (Marx & König, 2011).

Rol del sector público en la implementación de BIM

El factor más crítico para garantizar la exitosa implementación de BIM es el liderazgo y la coordinación del gobierno, buscando maximizar la eficiencia y evitar problemas generados por enfoques fragmentados y desarticulados (Smith, 2014).

Adicionalmente, se puede establecer que el mandato del gobierno, frente a la implementación de BIM, es una de las maneras más eficientes de fomentar su uso (Smith, 2014). El sector público funciona como catalizador en la transición de la industria hacia nuevas tecnologías, ya que, si las empresas

contratistas no adoptan BIM, se vuelven obsoletas, pierden competitividad y oportunidades de trabajo (Smith, 2014).

Por lo tanto, el sector público debe ser pionero en la generación de programas y planes de acción, estableciendo las políticas y la manera como se implementará BIM en nuevos proyectos (Wong, Wong, & Nadeem, 2011).

La implementación de BIM, por parte del sector público, debe nacer desde la manera de presentar y adjudicar los contratos (Smith, 2014). El gobierno debe integrar BIM al modelo de contratación, ya que este aumenta el control y la disponibilidad de información, exigiendo a los contratistas a presentar ofertas más realistas (Domínguez, 2015). Más aún, BIM requiere de una planeación del trabajo y de su implementación antes de comenzar. Dicha planeación debe determinar la cantidad, el tipo y el detalle de la información que se va a utilizar (Domínguez, 2015). Por lo tanto, esta debe ser responsabilidad del cliente (gobierno) con el fin de informar en cada contrato, el alcance que debe tener BIM.

BIM permite tener una conceptualización del proyecto mucho más completa y con información veraz desde tempranas etapas, forzando a los ofertantes, a hacer propuestas que maximicen el valor del proyecto y evitando cambios de condiciones cuando el proyecto ya está en marcha (Domínguez, 2015). De esta manera, la adjudicación no se limitará a la oferta más baja, sino que también contemplará la capacidad y la eficiencia de los contratistas.

De igual forma, el sector público se debe encargar de crear herramientas para que los diferentes contratistas puedan utilizar BIM de manera unificada y bajo un mismo lenguaje, favoreciendo la a implantación de BIM y permitiendo sacar el mayor provecho posible. Se deben generar canales y/o estándares abiertos de comunicación, que sean eficientes y entendibles para los distintos *stakeholders*. Esto permitirá un flujo de trabajo transparente entre los distintos actores y genera un lenguaje común entre todos (Wong, Wong, & Nadeem, 2011). Con el fin crear un verdadero flujo de información, se deben contemplar: el formato de intercambio de información, una especificación de la información a intercambiar y una estandarización de la información (Domínguez, 2015).

Igualmente, el gobierno debe ser precursor en la creación de guías y estándares BIM buscando regular y estandarizar su uso (Smith, 2014). Hacer dichos estándares y guías, debe ir acompañado de un marco contractual (Domínguez, 2015). Es decir, hacer que toda la información BIM sea parte de la documentación oficial. Por lo tanto, la utilización de BIM se convertiría en un requisito obligatorio en todos los proyectos públicos, según como lo requiera cada uno. Por consiguiente, el gobierno tendría la responsabilidad de generar información BIM de calidad para proporcionársela a los presentes en el proceso de adjudicación, independientemente del modo de contratación

(Domínguez, 2015). En consecuencia, se deben revisar los contratos públicos con el fin de incorporarles temas BIM.

En síntesis, la implementación de BIM conlleva a grandes retos tanto para el sector público, como para el privado. No obstante, el gobierno debe ser el pionero en la incorporación de BIM a los procesos de adjudicación e incluyéndolo en los contratos, para fomentar su uso. De igual forma, debe ser responsable de la creación de programas y grupos BIM que apoyen y guíen en la transición hacia la utilización de nuevas tecnologías. Así como del desarrollo de protocolos, guías y estándares, que unifiquen la comunicación para hacerla entendible, establezcan el *modus operandi* y definan el alcance de BIM en los proyectos. Partiendo del estudio realizado por Cheng & Lu (2015) los potenciales esfuerzos y roles de los gobiernos para fomentar el uso de BIM se pueden resumir en:

➤ **Pionero y líder**

- Toda actividad o decisión dirigida por el sector público empuja a toda la industria a adoptar BIM.
- El gobierno debe plantearse hojas de ruta, programas, metas y/o promesas exigiendo el uso de BIM en los contratos públicos con el fin de incentivar su uso.
- El sector público puede servir de líder de grupos de trabajo BIM, así como de programas y comités, buscando apoyar la implementación de BIM.

➤ **Regulador**

- El entendimiento común y las consistencias en el enfoque que se le debe dar a BIM en toda la industria, es de vital importancia para el éxito.
- El gobierno debe servir de agente regulador desarrollando guías técnicas que instruyan y estandaricen la implementación de BIM en los proyectos.
- Se deben generar canales y protocolos de comunicación abierta, con el fin de que la información sea transparente y entendible.
- Los estándares BIM desarrollados por el sector público se pueden resumir en:
 - ✓ Planes de ejecución del proyecto (PEP)
 - ✓ Metodología de modelación
 - ✓ Niveles de detalle (LoDs)
 - ✓ Estilo de presentación de componentes y organización de datos.
 - ✓ Formatos abiertos y neutros para el intercambio de información (IFC: Industry Foundation Class)
 - ✓ Diccionarios BIM

➤ **Educador**

- El sector público debe tomar la iniciativa de educar a todo el sector involucrado.

- La educación se puede ejercer por medio de la publicación de métodos de capacitación, ofreciendo cursos, realizando un proceso de acompañamiento a lo largo del proceso de transición a tecnologías BIM e incluyendo BIM en la educación profesional.

➤ **Financiadore**

- Una forma de forma de fomentar el uso de BIM es brindando apoyo financiero
- Este apoyo financiero se puede prestar a través de alianzas con empresas de software BIM, o bien dándole privilegios (Ej. Beneficios tributarios) a aquellas organizaciones que utilicen BIM.

➤ **Demostradore**

- El gobierno debe ser líder en la manera de demostrar las ventajas de BIM y el valor agregado que este provee.
- Este rol de “demostrador” lo puede ejercer a través de proyectos piloto los cuales evidencien los casos de éxito, así como las lecciones aprendidas.
- De igual manera, los proyectos pilotos muestran el compromiso del sector público frente a la implementación de BIM y adicionalmente, pueden ser utilizados para evaluar y promover nuevas herramientas BIM.

➤ **Investigadore**

- El gobierno debe fomentar y apoyar la innovación y la investigación, respecto a BIM. Es decir, se debe promover la investigación por parte de las organizaciones, las universidades y también dentro del mismo sector público. Esto con el fin de ir a la par con la rápida evolución que llevan estas tecnologías y de esta manera, mantenerse en un proceso de mejora continua.
- El gobierno debe estar a la vanguardia de temas internacionales BIM. Incluyendo regulaciones, estándares, protocolos, entre otros. Paralelamente, los avances realizados por el gobierno deberían ser compatibles con las herramientas del resto del mundo.

Partiendo de lo anterior, se puede establecer que el sector público tiene un amplio campo de acción para contribuir y verse beneficiado de la implementación de BIM. Al igual que un gran esfuerzo por hacer para promover satisfactoriamente su uso. Cada rol y/o decisión que adopte el gobierno, tendrá un efecto distinto en la eficiencia y en la manera de estimular el uso de BIM y en su aceptación por parte de la industria.

La adopción de BIM desde el sector público trae amplias ventajas tanto para los contratistas como para el contratante. En primer lugar, si se utiliza BIM como documento oficial, los

contratistas pueden comprender el alcance del proyecto con facilidad. De igual forma, se podrán extraer cantidades de obra de manera automatizada y precisa para la evaluación de costos. De esta manera, los contratistas van a hacer ofertas más justas, ajustadas a la realidad del proyecto, reduciendo la ambigüedad y beneficiando al contratante ya que se podrán hacer comparaciones más eficientes entre las propuestas. De igual forma, los contratistas minimizarán su riesgo, debido a la reducción de incertidumbres. Por otra parte, BIM mejorará la comunicación entre ambas partes y permitirá el control, facilitando la verificación del cumplimiento de los requisitos definidos por el cliente (Domínguez, 2015).

Adicionalmente, la implementación de BIM trae consigo amplios beneficios para el proyecto, buscando maximización de su valor. Por ejemplo: (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008, págs. 16-21)

- Facilidad en la conceptualización desde etapas tempranas.
- Facilita la comunicación del proyecto no solo a los contratistas, sino también a las comunidades afectadas por el proyecto.
- Permite evaluar el impacto que el proyecto tendrá sobre su entorno.
- Genera un trabajo colaborativo entre los involucrados en el proyecto.
- Determinar la factibilidad del proyecto por medio de modelos sencillos atados a un modelo de costos.
- Permite un mejoramiento del funcionamiento y calidad del proyecto a través de modelos esquemáticos que verifican que se cumplan los requerimientos de sostenibilidad y funcionabilidad.
- Permite la integración de las diferentes disciplinas de diseño en un solo modelo.
- Permite generar correcciones en una etapa temprana de diseño con facilidad y evaluando el impacto de dichos cambios en la totalidad del proyecto.
- Facilita la revisión del cumplimiento de los distintos requerimientos del proyecto por medio de la visualización 3D, así como el impacto que el proyecto tendrá sobre el entorno.
- Permite la generación de estimativos de costos en cualquier etapa del proyecto, debido a la precisión para extraer cantidades.
- Permite hacer un proyecto más sostenible, minimizando su impacto social y ambiental, por medio del modelo creado y atándolo a herramientas de análisis.
- El sector público tendrá información histórica de todos los proyectos donde se implemente BIM, lo cual permitirá una mejora continua. (Glick & Acree Guggemons, 2009)
- En una situación de emergencia, el gobierno y las autoridades competentes tendrá acceso completo a información fiable y detallada del proyecto. (Glick & Acree Guggemons, 2009)

Hoja de ruta gubernamental BIM en Colombia

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, así como la experiencia de los distintos países líderes en BIM; se puede identificar un punto de inflexión en el proceso de la implementación de BIM, por parte de la industria AEC desde el momento en que el gobierno decide involucrarse y jugar un rol activo. Es decir, el papel protagonista del sector público produce un efecto positivo sobre el uso de BIM, ya que este potencializa, agiliza y vuelve más eficiente su implantación. Sin mencionar los beneficios económicos, temporales y sociales que la utilización de BIM puede traer para el gobierno y el país, si este se utiliza en los proyectos públicos.

Consecuentemente, a continuación, se procede a proponer la hoja de ruta BIM que debería seguir el gobierno colombiano, con el objetivo de fomentar su uso en los proyectos públicos y privados. Adicionalmente, la hoja de ruta tiene el propósito de establecer un marco para el desarrollo de entornos colaborativos y la ejecución de proyectos que utilicen BIM. Más aún, la hoja de ruta busca alinear a todos los actores e interesados de la

industria frente a la transformación hacia BIM. Por último, esta se desarrolla con el fin de plantear un alcance y una secuencia de actividades a seguir con el propósito de guiar, fomentar y apoyar la transición colectiva hacia la implantación de BIM.

Por otro lado, se espera que dicha hoja de ruta gubernamental BIM sea extrapolable y útil para países con una economía, una idiosincrasia y un nivel de utilización de BIM similar al presente en Colombia, como lo son distintos países de América Latina.

La hoja de ruta fue elaborada con base en los planes diseñados por diferentes gobiernos para fomentar e implementar BIM, así como en las acciones ejecutadas y en las decisiones tomadas por los distintos países o instituciones gubernamentales. Entre dichos países se destaca la hoja de ruta del Reino Unido (Cabinet Office, 2011), de Canadá (buildingSMART Canada, 2014), de España (es.BIM, 2016) y de Singapur (Siew, 2014).

Dicha hoja de ruta se fundamenta en cuatro pilares: Comisión BIM, Metas BIM, Estándares, guías, protocolos y contratos BIM y, por último, Educación BIM. A continuación, se muestra un esquema de la hoja de ruta

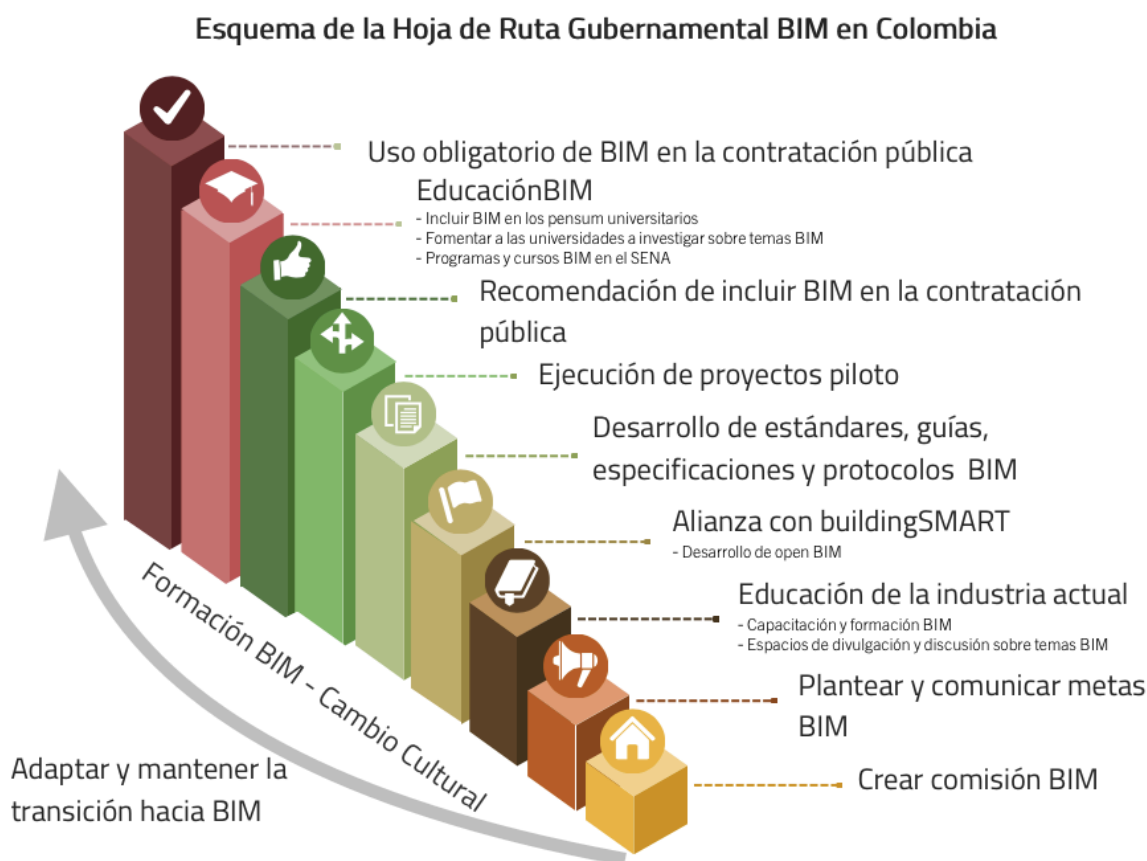


Figura 5. Esquema de la hoja de ruta gubernamental BIM en Colombia.

Comisión BIM

El primer paso para que el sector público empiece a tener un papel preponderante en el campo de acción de BIM, es crear una comisión BIM apoyada por una entidad gubernamental. En el contexto colombiano, dicha comisión debería ser impulsada por el Ministerio de Transporte o bien, por la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL) o la Cámara Colombiana de la Infraestructura, debido a que son organizaciones públicas con autoridad y capacidad de influenciar sobre la industria. La creación de estos grupos de trabajo, así como la importancia de ellos, se evidencia en los diversos países líderes en BIM como lo es el Task Group del Reino Unido apoyado por el Departamento de Negocios, Innovación y Habilidades de dicho gobierno (BIM Task Group, 2013), la Comisión Nacional es.BIM de España creada por el Ministerio de Fomento (es.BIM, 2016), el IBC en Canadá (Institute for BIM in Canada, 2017) e incluso el EU BIM Task Group el cual es el grupo de trabajo BIM de la Unión Europea formado a través de la Comisión Europea y con la ayuda de diversas organizaciones del sector público de 21 países (EU BIM Task Group, 2017).

El propósito de la comisión será el de liderar y fomentar el uso de BIM en el diseño, construcción, operación y mantenimiento de los proyectos de la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción en Colombia. Así mismo, el sector público debe velar por fortalecer su capacidad de implementar BIM en sus diversas entidades y en sus proyectos. La comisión buscará generar el uso de información abierta y promover procesos de trabajo más eficientes y colaborativos a lo largo del ciclo de vida de los proyectos.

La comisión tendrá como propósito implantar el uso de BIM en Colombia, a través de la creación de estrategias que fomenten su utilización e incrementen progresivamente los niveles de madurez BIM en la industria. En otras palabras, la comisión BIM será el ente con mandato que gestione y promueva todo el desarrollo BIM por medio del trabajo colaborativo entre los distintos actores del sector público y privado. De igual forma, la comisión debe monitorear y evaluar continuamente el progreso de transformación hacia BIM, con el fin de medir la efectividad de sus estrategias, hacer las respectivas mejoras y mantener los avances logrados.

En consecuencia, esta entidad estará encargada de fomentar el uso de BIM en la práctica y la academia. Por lo tanto, debe jugar un rol de educador a través de campañas, reuniones, seminarios y demás eventos, buscando generar una formación y un cambio cultural. De igual forma, deberá enseñar los casos de éxito y las lecciones aprendidas en los distintos proyectos pioneros en la implementación de BIM. Paralelamente, debe llevar un seguimiento del progreso y el avance que el país lleva en estos temas, con el fin de generar planes de acción y hojas de rutas que se ajusten a las necesidades del país.

Esta comisión debe estar compuesta por un grupo multidisciplinario que cuente con la participación de todos los involucrados como lo son: representantes de las distintas agencias del gobierno, empresas constructoras, interventoras y consultoras, firmas de arquitectura, asociaciones gremiales, universidades, empresas de softwares, proveedores de materiales de construcción, entre otros. Igualmente, la comisión debe estar organizada en grupos de trabajo delimitados según sus funciones y objetivos específicos. Basados en el caso de es.BIM, la cual es la comisión española para la implantación de BIM en dicho país, los grupos de trabajo como mínimo deben ser (es.BIM, 2016):

- G1 – Estrategia: encargado de la planificación del alcance, el plan de acción y la hoja de ruta para la implementación de BIM.
- G2 – Persona: encargado de la formación y el cambio cultural. Es decir, será el responsable de realizar los programas de capacitación profesional y de generar los canales de comunicación con la industria para generar un cambio de mentalidad y demostrar las bondades de BIM. En el caso colombiano, esta línea de trabajo juega un rol fundamental debido a la resistencia al cambio que existe debido a la falta de información frente a BIM. Adicionalmente, debe trabajar de la mano de la academia para proveer educación sobre conocimientos y habilidades BIM. De igual forma, deberá generar espacios para divulgar, debatir y realizar capacitaciones sobre temas BIM, así como presentar procesos y recomendaciones sobre la manera como migrar a la utilización de BIM
- G3 – Procesos: encargado de la creación de guías, estándares, protocolos, pliegos y contratos BIM. Tiene como objetivo regular y estandarizar la implementación de BIM. De igual forma, estará encargado de difundir recomendaciones de procesos y mejores prácticas.
- G4 – Tecnología: encargado de informar sobre la tecnología (softwares y hardwares) requerida para satisfacer la implementación de BIM. Deberá garantizar la interoperabilidad, la utilización de un lenguaje y formato abierto BIM y generar un ambiente de trabajo de colaborativo.
- G5 – Internacional: encargado de monitorear y estar al tanto de las distintas acciones relacionadas con BIM en los distintos países del mundo. Lo anterior, con el fin de aprender de experiencias de otros países y mantenerse actualizados con las últimas tendencias de BIM. De igual forma, será responsable de posicionar a Colombia como referente latinoamericano y mundial en el uso de BIM, así como de colaborar con iniciativas y/o programas internacionales.

Metas BIM

Una vez conformada la comisión, esta debe plantearse metas y compromisos frente a los niveles de implementación BIM que buscará alcanzar en un determinado lapso de tiempo.

Dichas metas pueden plantearse como objetivos a nivel nacional, como fue el caso del Reino Unido cuando en 2011 se plantea la meta estableciendo que todos los proyectos públicos deberían tener Nivel 2 de implementación BIM para el 2016 (Cabinet Office, 2011). O bien, pueden plantearse metas a nivel institucional como lo hizo EEUU, en el cual cada órgano gubernamental definía sus propias estrategias y metas BIM, como fue el caso de la *General Service Administration* (Wong, Wong, & Nadeem, 2011), del US Army Corps of Engineers (US Army Corps of Engineers, 2006) o del *National Institute of Building Sciences* (Edirisinghe & London, 2015).

Por otro lado, analizando las metas de la *Government Construction Strategy* del Reino Unido (Cabinet Office, 2011), se puede observar que el sector público le dio cinco años a la industria para realizar la transición a BIM. En el caso de las metas de la *General Service Administration* (Smith, 2014) de EEUU, se le dio cuatro años para implementar BIM. Dado a lo anterior y gracias al cumplimiento exitoso de las metas de dichos países, se puede establecer que aproximadamente el tiempo que le toma a la industria aceptar, generar e interiorizar la transformación es entre cuatro y cinco años. Por lo tanto, dicho lapso de tiempo es prudente para plantearse metas que fomenten el uso de BIM.

La importancia de plantearse metas y fijar compromisos recae sobre el hecho de que dichos objetivos generan una demanda de BIM y por lo tanto, su implementación se agiliza. Es decir, en el momento en que el sector público plantea metas respecto a requisitos futuros para poder contratar con el estado, la industria reacciona inmediatamente buscando evolucionar y migrar hacia el uso de las nuevas tecnologías.

Adicionalmente, las metas logran impactar a todos los sectores involucrados en la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción. Por lo tanto, todos los *stakeholders* deben estar activamente comprometidos con la transición hacia BIM. Esto permite que los intereses de toda la industria estén alineados y consecuentemente, el cambio hacia BIM se potencializa y se mantiene.

Estándares, guías, protocolos y contratos BIM

Paralelamente a la definición de metas, la comisión BIM debe apoyar a todos los sectores de la industria a realizar la transición hacia BIM. Dicha ayuda debe estar fundamentada en la elaboración de estándares, guías, especificaciones y protocolos BIM. De esta manera, la comisión homogeniza la manera como

se debe implementar BIM y genera recomendaciones sobre las mejores prácticas.

Las herramientas y documentos a elaborar deben ser planes de ejecución del proyecto (PEP), metodologías de modelación, niveles de detalle (LoDs), formatos de estilo de presentación de componentes y organización de datos, formatos abiertos y neutros para el intercambio de información, diccionarios BIM, entre otros. Estos se deben elaborar acorde al sector de la industria al cual va dirigido y al objetivo que busca satisfacer. Más aún, todas las herramientas, procesos o documentos generados deben ser consistentes entre sí, al igual que se deben actualizar y mantener en el tiempo.

De igual forma, la comisión debe generar contratos BIM. Es decir, se deben redactar contratos y pliegos de condiciones que incluyan cláusulas BIM, donde se establezca la obligatoriedad o no de su uso, así como el alcance y los objetivos que BIM tiene en el proyecto. Dado a que la migración hacia BIM debe ser progresiva, inicialmente los contratos deben sugerir e incentivar el uso de BIM, para posteriormente hacer mandatorio su uso.

Por otra parte, la comisión BIM debe generar una alianza con buildingSMART y generar un capítulo colombiano. buildingSMART es una asociación internacional y sin ánimo de lucro de gobiernos, empresas y organizaciones. Esta asociación tiene como propósito generar mejoras en el ciclo de vida de los proyectos de ingeniería civil, reducir costos y tiempos, aumentar la calidad y maximizar el valor generado a través de la implementación de BIM. Para esto, buildingSMART busca integrar todas las fases del ciclo de vida del proyecto a través de open BIM. Es decir, crear canales abiertos y compatible para compartir información entre diversos softwares, generar estándares abiertos de intercambio de información y desarrollar guías, protocolos, certificaciones y especificaciones BIM que sean internacionales, abiertos y neutros. Esto posibilita tener un flujo de trabajo colaborativo, transparente y unificado. Adicionalmente, promueve la interoperabilidad en el sector a través del intercambio abierto y colaborativo de información durante el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento de los proyectos. Consecuentemente, desde su surgimiento capítulos regionales se han venido creando como lo es el caso de: **Australasia** (buildingSMART Australasia, 2017), **Benelux** (Bélgica, Países Bajos y Luxemburgo) (buildingSMART Benelux, 2017), **Canadá** (buildingSMART Canada, 2015), **China** (buildingSMART China, 2017), **Francia** (buildingSMART France, 2017), **Alemania** (buildingSMART Germany, 2017), **Hong Kong** (buildingSMART Hong Kong, 2017), **Italia** (buildingSMART Italia, 2015), **Japón** (buildingSMART Japan, 2017), **Corea del Sur** (buildingSMART Korea, 2008), **Malaysia** (buildingSMART Malaysia, 2015), **EEUU** (National Institute of Building Sciences, 2017), **Noruega** (buildingSMART Norge, 2017), **Singapur** (buildingSMART Singapore, 2017), **España** (buildingSMART Spain, 2017), **Suiza** (buildingSMART

Switzerland, 2017), **Irlanda y el Reino Unido** (buildingSMART United Kingdom & Ireland, 2017).

Por lo tanto, Colombia debería aliarse con buildingSMART con el fin de recibir el apoyo, conocimiento y experiencia de esta asociación, así como de sus miembros. Esto posibilitaría un mejor desarrollo de estándares, guías y protocolos ajustados a los lineamientos internacionales y de open BIM.

Adicionalmente, al contar con el enfoque de open BIM en los proyectos públicos, se genera un intercambio transparente de información. Esto permite que toda la información sea entendible y esté disponible para los interesados. Lo cual facilita a las interventorías o a la entidad gubernamental competente, a llevar un control veraz de lo que se hizo, se va a hacer o se hará, así como a identificar *mala praxis*. Más aún, al contar con un lenguaje unificado, la agencia gubernamental contratante podrá evaluar con mayor confiabilidad las propuestas y escoger la mejor.

Por otro lado, la creación del capítulo de buildingSMART para Colombia permite a la industria colombiana ser parte de un grupo de organizaciones que apoyan y utilizan estándares abiertos de comunicación a lo largo del ciclo de vida del proyecto y fomentan la eficiencia de la industria de la construcción, a través de la utilización de BIM. De igual forma, permite comunicar con facilidad los avances desarrollados y ubica a Colombia con un referente de BIM en Latinoamérica y el mundo.

Educación BIM

Simultáneamente, la comisión BIM, junto con el apoyo del gobierno nacional, debe ser líder en formar a la industria en temas BIM y generar un cambio cultural. Consecuentemente, se deben plantear estrategias a corto y largo plazo para incursionar a BIM en la academia, así como en las organizaciones y en los profesionales que actualmente componen a la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción.

En primer lugar y como estrategia a corto plazo, la comisión BIM debe apoyar la formación de los principales actores industria colombiana actual. Para esto, la comisión debe suplir la deficiencia de oferta de educación sobre BIM. Se deben crear espacios de capacitación y formación sobre softwares, metodologías y procesos colaborativos que apoyan la adopción de BIM. Al igual que espacios para discutir sobre temas BIM, presentar los procesos requeridos para realizar la transición hacia BIM y sus posibles impactos, exponer y difundir casos de éxito de la implementación de BIM en proyectos piloto, presentar mejores prácticas y hacer hincapié en las bondades que trae la implementación de BIM. Todo esto, con el fin de generar un cambio cultural que convenza a los diferentes actores sobre la necesidad de migrar hacia la utilización de BIM.

Paralelamente, a largo plazo se debe buscar generar un cambio cultural profundo. Por lo tanto, se debe impulsar a las universidades a incluir temas BIM en los pensum de carreras afines a la construcción, la ingeniería civil y la arquitectura. De igual forma, se debe incentivar a las distintas facultades a realizar investigaciones sobre BIM. La educación sobre BIM no se deben centrar únicamente en el manejo de softwares que apoyan su implementación, sino también se debe enseñar sobre la metodología y los procesos colaborativos de BIM. De igual forma, la capacitación de la industria se debe apoyar en el SENA, el cual es una institución pública que ofrece de forma gratuita programas técnicos, tecnológicos y complementarios. Consecuentemente, el SENA debería incluir programas y cursos de formación BIM tanto para el manejo de los distintos softwares, como de la enseñanza metodologías y procesos BIM.

Es importante recalcar el constante esfuerzo que debe mantener la comisión para educar y llevar a la industria a un cambio de pensamiento, donde reconozcan los beneficios y la necesidad de utilizar BIM. En consecuencia, la comisión debe constantemente generar espacios para formar y divulgar sobre temas de vanguardia de BIM, proyectos donde se ha implementado, lecciones aprendidas, procesos de transición hacia y demás aspectos a tratar.

Conclusiones

La implementación de *Building Information Modeling* es cada vez más común y su uso se populariza constantemente a lo largo y ancho del mundo. BIM está siendo reconocido como una herramienta tecnológica, como un conjunto de procesos colaborativos e interdisciplinarios y como una metodología de gestión, que le permite al proyecto maximizar su valor a lo largo de todo su ciclo de vida. La industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción está migrando mundialmente hacia la utilización de BIM debido a que reconoce los beneficios de este, tanto en los proyectos de edificaciones, como en los proyectos de infraestructura.

Por otro lado, en Colombia, la implementación de BIM está en sus primeras etapas de madurez ya que su utilización se da únicamente en empresas privadas, como una iniciativa propia e independiente de ellas. Adicionalmente, en la gran mayoría de los casos, el uso de BIM se presenta en proyectos inmobiliarios. Mientras que, en el campo de los proyectos de infraestructura, BIM es prácticamente desconocido.

Por lo tanto, este artículo establece la necesidad de implementar BIM en los proyectos de infraestructura de Colombia. Esto se plantea como respuesta al lamentable estado de la infraestructura colombiana, lo cual no contribuye positivamente al crecimiento económico del país. Asimismo, BIM se presenta como una nueva y mejor manera de hacer el diseño, la contratación, la construcción, la operación y el mantenimiento de los proyectos de infraestructura.

Adicionalmente, en este artículo se evidencia la necesidad de la participación del sector público con el fin de lograr la utilización de BIM en los proyectos de infraestructura. Esto se puede afirmar ya que el sector público es el dueño y contratante de estos proyectos, lo cual le permite recomendarlo o bien, hacer obligatorio la implementación de BIM en sus proyectos. De igual forma, las experiencias de los países líderes en BIM como EEUU, el Reino Unido, entre otros, evidencian que un rol activo y protagónico del sector público agiliza y potencializa la implementación de BIM por parte de la industria, maximizando el valor que este puede producir tanto para el sector público como privado.

En consecuencia, el sector público puede adoptar diferentes posturas para dinamizar, unificar, optimizar, favorecer y/o incentivar la utilización de BIM y provocar la transición de la industria hacia su implementación. Dichos roles se pueden definir como: pionero y líder, regulador, educador, financiador, demostrador o investigador.

Por consiguiente, se propone una hoja de ruta BIM para el sector público colombiano, con el fin de definir el rumbo que debe seguir el gobierno para estimular la implantación de BIM en el país. Dicha hoja de ruta se enfoca en la necesidad de gestar un trabajo multidisciplinario e integrado entre los distintos actores de la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción, tanto del sector privado, como del sector público. De igual forma, se hace énfasis en la importancia de generar un cambio cultural a través de la educación BIM, buscando divulgar las bondades de este y eliminando la abstención al cambio. Todo esto con el propósito provocar y mantener la transición hacia BIM, permitiendo maximizar los beneficios que se pueden obtener de su implementación.

En síntesis, se puede concluir que la infraestructura colombiana clama por profundas mejoras. Dichas mejoras no solo deben buscar obtener mejores resultados financieros, sino también deben tener el objetivo de crear infraestructura de calidad, fomentando procesos colaborativos y transparentes. BIM no solo logra reducir costos, optimizar tiempos de ejecución y garantizar la calidad, sino que también provoca un cambio de pensar y una reforma cultural, ya que su herramienta más valiosa es la manera como exige gestionar a las personas. BIM alinea los intereses de todos los involucrados en el proyecto, hacia la genuina maximización del valor creado por el mismo. Por lo tanto, con el fin de optimizar, dinamizar, favorecer y sacar el mayor provecho de BIM, su implementación debe estar encabezada y regulada por el sector público. Por consiguiente, la necesidad del rol activo y protagónico del gobierno es donde recae el valor de las contribuciones de este estudio a los conocimientos sobre la implementación BIM. Asimismo, la hoja de ruta gubernamental BIM propuesta para Colombia, provee un primer campo de trabajo y un punto de partida para desarrollar estrategias y programas para implantar BIM a gran escala en los proyectos de infraestructura colombianos o de países en condiciones similares.

Bibliografía

- AIA. (2008). *Document E202TM-2008. Building Information Modeling Protocol Exhibit*. .
- AIA. (2013). *Document G202TM-2013. Project Building Information Modeling Protocol Form*. .
- ANI. (2016). *Estadísticas gestión de la contratación pública de la ANI*. Bogotá: Agencia Nacional de Infraestructura.
- Arce, S. (2009). *Identificación de los principales problemas en la logística de abastecimiento de las empresas constructoras bogotanas y propuesta de mejoras*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 241-252.
- BIM Forum Colombia. (2017). *BIM Forum Colombia*. Bogotá.
- BIM Forum Colombia. (2017). *Especificación BIM Estándar de creación de contenido BIM*. Bogotá.
- BIM Task Group. (2013). *Building Information Modelling (BIM) Task Group*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de <http://www.bimtaskgroup.org>
- Botero, L., Isaza, J., & Hernandez, A. (2015). Estado de la práctica del BIM - Colombia 2015. *Sibragec Elagec 2015*, 494-502.
- buildingSMART Australasia. (2017). *buildingSMART Australasia*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de <http://buildingsmart.org.au>
- buildingSMART Benelux. (Noviembre de 2017). *buildingSMART Benelux*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de <http://www.buildingsmart.nl/site/>
- buildingSMART Canada. (2014). *A Roadmap to Lifecycle Building Information Modeling in the Canadian AECOO Community*. Canada.
- buildingSMART Canada. (2015). *buildingSMART a council of the Institute for BIM in Canada*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de <https://www.buildingsmartcanada.ca>
- buildingSMART China. (2017). *shanghaiBIM*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de <http://shanghaibim.org/index.php/en/>
- buildingSMART France. (2017). *Mediaconstruct buildingSmart France*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de <http://www.mediaconstruct.fr>
- buildingSMART Germany. (2017). *buildingSmart Germany*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de <https://www.buildingsmart.de>
- buildingSMART Hong Kong. (2017). *buildingSMART Hong Kong*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de <http://ibimaward.org>
- buildingSMART Italia. (2015). *buildingSmart Italia*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2015, de <http://www.buildingsmartitalia.org>
- buildingSMART Italia. (2015). *buildingSmart Italia*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2015
- buildingSMART Japan. (2017). *buildingSMART Japan*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de <http://www.building-smart.jp/wp/>
- buildingSMART Korea. (2008). *buildingSMART Korea*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de <https://buildingsmart.or.kr>
- buildingSMART Malaysia. (2015). *buildingSmart Malaysia*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de <http://mybuildingsmart.org.my>
- buildingSMART Norge. (2017). *buildingSMART Norge*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de <https://buildingsmart.no>
- buildingSMART Singapore. (2017). *buildingSMART Singapore*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de <http://www.buildingsmartsingapore.org>
- buildingSMART Spain. (2017). *buildingSmart Spain*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de <https://www.buildingsmart.es>
- buildingSMART Switzerland. (2017). *Bauen Digital Schweiz*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de <https://bauen-digital.ch/de/>
- buildingSMART United Kingdom & Ireland. (2017). *buildingSMART United Kingdom & Ireland*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de <http://buildingsmart.org.uk>
- Cabinet Office. (2011). *Government Construction Strategy*. London.
- Cabinet Office. (2012). *Government Construction, Construction Trial projects*. . London.
- Cárdenas, M., Gaviria, A., & Meléndez, M. (2005). *La Infraestructura de transporte en Colombia*. Bogotá: Camara colombiana de la infraestructura.
- Cheng, J., & Lu, Q. (2015). A review of the efforts and roles of the public sector for BIM adoption worldwide. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 20(27), 442-478.
- ConsensusDocs. (2015). *ConsensusDocs 301 – Building Information Modeling (BIM) Addendum*.

- DANE. (2017). *Bolteín técnico. Indicadores económicos alrededor de la construcción - IEAC II trimestre 2017*. Bogotá D.C.
- Departamento for Business Innovation & Skills. (2011). *BIM Task Group*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2017, de <http://www.bimtaskgroup.org>
- Deutsch, R. (2011). *B.I.M. and Integrated Design: Strategies for Architectural Practice*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Domínguez, V. (2015). *Estudio sobre la implementación de la tecnología BIM en las contrataciones de obra pública*. Escuela técnica superior de ingeniería de la edificación (ETSIE), Master en gestión integral en la edificación, Sevilla.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). *BIM Handbook: a guide to bulding information modeling for owners, managers, designer, engineers, and contractors*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Edirisinghe, R., & London, K. (2015). Comparative Analysis of International and National Level BIM Standardization Efforts and BIM adoption . *Proceedings of the 32nd CIB W78 Conference*.
- es.BIM. (2016). *es. BIM Implantación del BIM en España*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2017, de <http://www.esbim.es>
- EU BIM Task Group. (2017). *Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector*.
- Fanning, B., Clevenger, C., Ozbek, M., & Mahmoud, H. (2015). Implementing BIM on Infrastructure: Comparison of Two Bridge Construction Projects . *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 20(4), 1-7.
- Glick, S., & Acree Guggemons, A. (Abril de 2009). IPD and BIM: Benefits and Opportunities for Regulatory Agencies. *Proceedings of the 45th ASC National Conference*, 2-4.
- Gomez, L., Herrera, J., & Henao, M. (2017). *La infraestructura en colombia*. Medellín: Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia.
- Hale, D., Shrestha, P., Gibson, G., & Migliaccio, G. (July de 2009). Empirical Comparison of Design/Build and Design/Bid/Build Project Delivery Methods. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(7), 579-587.
- Hallowell, M., & Toole, T. (June de 2009). Contemporary Design-Bid-Build Model. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(6), 540-549.
- Institute por BIM in Canada. (2017). *IBC Institute por BIM in Canada*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de <https://www.ibc-bim.ca>
- Kaliba, C., Mundial, M., & Mumba, K. (July de 2009). Cost escalation and schedule delays in road construction projects in Zambia. *International Journal of Project Management*, 27(5), 522-531.
- Kent, D., & Becerik-Gerber, B. (August de 2010). Understanding Construction Industry Experience and Attitudes toward Integrated Project Delivery. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(8), 815-825.
- Levy, S. (2011). Chapter 1 - The Public-Private Partnership Movement. En S. M. Levy, *Public-Private Partnerships: Case Studies on Infrastructure Development* (págs. 1-2). ASCE Press.
- Marx, A., & König, M. (2011). Preparation of Constraints for Construction Simulation. *PROCEEDINGS*, 462-469.
- Matthews, O., & Howell, G. (April de 2005). Integrated Project Delivery An Example Of Relational Contracting. *Lean Construction Journal*, 2(1), 46-61.
- McAuley, B., V.Hore, A., & West, R. (2012). Implementing Building Information Modeling in Public Works Projects in Ireland. *Proceedings of the 9th European Conference on Product and Process Modelling*, July 25 – 27th 2012.
- MinTransporte. (2016). *Ministerio de Transporte*. Recuperado el 17 de Octubre de 2017, de https://www.mintransporte.gov.co/Publicaciones/Ministerio/quienes_somos?
- Mojica, A., & Valencia, D. (2012). *Implementación de las metodologías BIM como herramienta para la planificación y control del proceso constructivo de una edificación en Bogotá*. Pontificia Universidad Javeriana , Bogotá.
- National Institute of Building Sciences. (2007). *United States National Building Information Modelling Standard. Version 1 - Part 1: Overview, Principles, and Methodologies*. United States: National Institute of Building Sciences.
- National Institute of Building Sciences. (2017). *buildingSMART alliance a council of the National Institute of Building Sciences*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de <http://www.nibs.org/?page=bsa>
- Office Cabinet. (2011). *Government Construction Strategy*. London.
- Palaneeswaram, E., & Kumaraswamy, M. (September de 2000). Contractor Selection for Design/Build Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 126(5), 331-339.
- Porwal, A., & Hewage, K. N. (2013). Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. *Automation in Construction* 31, 204-214.
- Siew, L. (2014). *The Singapore BIM Roadmap*. Building and Construction Authority. Singapore: Government BIM Symposium 2014.
- Smith, P. (2014). BIM implementation–global strategies. *Procedia Engineering*, 85, 482-492.
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18, 357-375.
- US Army Corps of Engineers. (2006). *Building Information Modeling (BIM) A Road Map for Implementation To Support MILCON Transformation and Civil Works Projects within the U.S. Army Corps of Engineers*. Washington DC.
- Vallejo, J., Gutierrez, L., Pellicer, E., & Ponz, J. (Octubre de 2015). Behavior in terms of delays and cost overruns of the construction of the public infrastructure in Colombia. *SIBRAGEC ELAGEC 2015*.
- Wong, A., Wong, F., & Nadeem, A. (2011). Government roles in implementing building information modelling systems: Comparison between Hong Kong and the United States. *Construction innovation*, 11(1), 61-76.
- Wong, A., Wong, F., & Nadeem, A. (October de 2009). Comparative roles of mayor stakeholders for the implementation of BIM in various countries. *Proceedings of the International Conference on Changing Roles: New Roles, New Challenges*, 5-9.
- World Economic Forum. (26 de Septiembre de 2017). *The Global Competitiveness Report 2017–2018*. Recuperado el 12 de Octubre de 2017, de <https://www.weforum.org/reports>
- World Economic Forum. (26 de Septiembre de 2017). *The Global Competitiveness Report 2017–2018*. Recuperado el 12 de Octubre de 2017, de Colombia: Global Competitiveness Index 2017-2018 edition: <http://reports.weforum.org/global-competitiveness-index-2017-2018/countryeconomy-profiles/#economy=COL>
- Ximénez, P. (12 de Diciembre de 2014). *El País*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2017, de ACS se sube al AVE de California: https://economia.elpais.com/economia/2014/12/12/actualidad/1418370442_248506.html