

**ESTADO DEL CONOCIMIENTO DE LA APLICABILIDAD DE LA
METODOLOGÍA BIM EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL EN
COLOMBIA**

**ENSAYO DE GRADO PRESENTADO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL**

**MODALIDAD DE GRADO:
CURSO INTERNACIONAL, PROJECT MANAGEMENT Y LIDERAZGO, UPAEP,
PUEBLA MÉXICO 2021**

RICARDO MORENO PACHÓN

CODIGO: D7303777

TUTOR:

INGENIERO GUILLERMO ANDRÉS CORTÉS CORTÉS

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA

INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C.

SEPTIEMBRE 2021

Estado del Conocimiento de la Aplicabilidad de la Metodología BIM en Proyectos de Infraestructura Vial en Colombia

Resumen: En este ensayo se pretende contribuir a la consolidación de información sobre los avances que ha tenido la metodología BIM en Colombia, como una herramienta novedosa en la era digital, fuertemente utilizada para la gestión de proyectos, y necesaria para la competitividad. Se realiza desde un método de investigación cualitativo, pues consta de la revisión de fuentes secundarias, a partir del rastreo bibliográfico del material disponible principalmente en medio digital, para la construcción de un estado del conocimiento sobre la aplicación de la metodología BIM en el ámbito de la construcción, haciendo énfasis en los proyectos viales. Se tuvo en cuenta fuentes como artículos de revistas de investigación, trabajos de grado de pregrado y posgrado, publicaciones en páginas oficiales gubernamentales, documentos gubernamentales, universidades y organizaciones. Se tiene en cuenta la experiencia de la implementación de esta metodología en otros países, que puedan ser ejemplo para el desarrollo de esta tecnología en Colombia. De igual manera, se identificaron casos de proyectos de infraestructura vial en el país donde en alguna etapa fue utilizada esta metodología.

Palabras clave: Infraestructura vial; Metodología BIM; Construcción; Proyectos.

1. Introducción

El Building Information Modeling (BIM) es un método para gestionar obras que promueve la utilización de herramientas como un modelo tridimensional que permita la adopción e integración de datos variados que provienen de las diferentes áreas que intervienen en un proyecto. Un modelo BIM puede representar gráficamente diferentes elementos a construir con sus respectivos atributos. Estos objetos hacen parte de los modelos virtuales, los cuales se conectan y alimentan con bases de datos provenientes de información de los espacios construidos, materiales, elementos, recursos y medios implicados en su gestión (Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña, 2020).

Es importante mencionar que algunos autores han estudiado esta metodología encontrando ventajas y desventajas, Marín, Correa y Marín (2021) las relaciona así:

Ventajas:

- Permite realizar un ahorro en el presupuesto además de disminuir el tiempo en la planificación de los proyectos
- Da un mayor control en cuanto la calidad en el proceso de ejecución de las obras
- En cuanto al entorno BIM se aumenta la interacción o flujo de trabajo de manera exponencial.
- Esta metodología no solo se enmarca en modelos arquitectónicos, sino que además permite trabajar en modelos de saneamiento, climatización y de fontanería.
- Esta metodología se caracteriza porque permite tener el control o manejo durante todo el ciclo de vida del proyecto. De modo que promueve un almacenamiento e intercambio de una enorme cantidad de datos que pueden ser usados por un grupo interdisciplinario de profesionales.

Desventajas:

- Aún existen muchos profesionales que usan herramientas más conocidas o accesibles por ser económicas en comparación con el software BIM.
- En las instituciones académicas es muy poca la difusión o socialización de esta metodología.
- Para los profesionales independientes que se interesan en esta metodología les implica una gran inversión económica. Pues esta metodología esta principalmente orientada a empresas.
- Para entender o comprender su funcionalidad es necesario tener una formación académica especializada.
- Dado que es una metodología nueva encuentra mucha resistencia al cambio, debido a que los implicados tienden a usar lo conocido o tradicional para evitar desgaste en tiempo.

Entre los requisitos solicitados por la metodología BIM, se encuentra que demanda que los elementos constructivos sean tenidos en cuenta como entidades que representan los elementos esenciales en una construcción con características físicas y funcionales representadas de manera virtual. Haciendo que tanto ingenieros, arquitectos y constructores puedan realizar un seguimiento, permitiéndoles controlar o conocer el estado de sus proyectos de una manera efectiva a través de su ciclo de vida. Brindando una nueva forma, de optimizar y hacer mucho más eficiente la gestión de los recursos del proyecto. Muñoz (2017, p. 1.). BIM ayuda a trabajar de forma eficiente y sostenible, en un espacio de trabajo que fortalece la integración y rebaja los costos de cada uno de los procesos en lo que se ejecuta el proyecto. También permite optimizar la inversión, realizar la simulación, la prevención y navegación del proyecto prediciendo cuales serían los problemas que podrían

generarse, de forma que se evitarían errores y se disminuirían los plazos de entrega del proyecto. (Oussouboure, 2017, p.3)

El uso de la metodología BIM es relevante para la Ingeniería Civil porque es una herramienta que permite aumentar la productividad en la construcción, e igualmente la disminución de costos y demanda de tiempo en cada proyecto.

De acuerdo a lo planteado por (Quiroga, 2019), Colombia frente a otros países como por ejemplo los de la Alianza del Pacífico, se encuentra bastante quedada en temas de infraestructura vial, en lo concerniente a vías férreas y carreteras, haciéndola menos competitiva debido a los altos costos en transporte. Esto hace que Colombia enfrente desafíos importantes para consolidar una infraestructura vial adecuada para un transporte multimodal y urbano. La metodología BIM para proyectos de infraestructura surge como una solución digital que permite la optimización de la aplicación de recursos en la construcción. De esta forma, en este ensayo presenta una serie de documentos e información que contribuye a plantear el panorama de cómo se ha venido aplicando la metodología BIM en el ámbito de la infraestructura vial en Colombia. Para esto, se tiene como objetivo realizar un estado del conocimiento a partir de la literatura que se relaciona con la aplicabilidad de la metodología BIM en proyectos de Infraestructura vial en Colombia, desde el 2013 hasta la actualidad.

Para cumplir con este objetivo se presentan tres apartados que corresponden a: I) Realizar un breve rastreo bibliográfico sobre la aplicación de la metodología BIM en proyectos de infraestructura vial, en diferentes países; II) revisar la literatura existente acerca de la implementación de la metodología BIM en el ámbito de la construcción en Colombia; III) Identificar casos donde se haya implementado la metodología BIM en proyectos de infraestructura vial en Colombia.

2. Aplicación de la metodología BIM en proyectos de infraestructura vial, en diferentes países.

En este apartado se abordará la implementación de esta metodología en proyectos viales en otros países, para luego ubicar la exploración documental en Colombia y finalmente presentar los casos de aplicación de dicha metodología en Colombia. Se debe resaltar que los documentos encontrados fueron principalmente de Perú, Ecuador, España y uno de Costa Rica, sin negar que en otros países se esté desarrollando esta metodología.

Un caso específico de la utilización de esta metodología para proyectos viales se encuentra en la tesis de grado de Brenes (2020) sobre *“Implementación de la Metodología BIM en el Diseño de Proyectos de Infraestructura Vial de la Organización INTRA Consultores*, donde se documenta el proyecto de investigación que sustenta la tesis, el cual corresponde a un plan de implementación del método BIM que consta de ser un documento pionero en la gestión de proyectos, el cual tiene entre otros objetivos definir y describir la estrategia aplicativa en el trabajo y asegurar el logro de los objetivos. Este plan de acción se basó, según la autora, en los resultados de la autoevaluación realizada en la experiencia del uso del método BIM aplicado a la empresa, cuya finalidad es establecer una guía estándar, mejorando la competitividad de la ingeniería civil aplicada a proyectos viales, en este caso de Costa Rica.

Se puede decir que la metodología BIM aparece en la era digital como una herramienta basada en medios digitales para potenciar los proyectos de infraestructura vial, por lo tanto, no solamente son herramientas nuevas para Colombia, sino para el resto del mundo. Por ejemplo, Pérez (2019), en su tesis: *Posibilidades de la metodología BIM en la Ingeniería Civil*, plantea que la investigación entra en respuesta al calendario creado por el Ministerio de Fomento, precisamente para la poner en funcionamiento la metodología BIM en España, la cual constaba de tres etapas, siendo la última, a mediados de 2019, donde debía ser obligatorio la aplicación de esta metodología para las licitaciones públicas de

infraestructura. Concluye que la implementación de esta metodología a nivel mundial, es una propuesta viable impulsada desde la empresa privada y posteriormente adoptada por el estado en proyectos públicos. Adicionalmente, plantea que no existe una única hoja de ruta para la aplicación de estos modelos, y que, en España, a la fecha, no contaba con el personal técnico suficiente para poder desarrollar esta tarea, por lo tanto, se debe fomentar la capacitación en esta metodología.

En el caso de Latinoamérica, también se han realizado avances significativos en la implementación de esta tecnología, esto se puede afirmar porque se encontraron diferentes documentos, principalmente trabajos de grado, que recogen la experiencia del uso de esta metodología en su país correspondiente y la relevancia de su aplicación para el mantenimiento y desarrollo de las vías. En el texto *Aplicación de modelo BIM para proyectos de infraestructura vial*, Acuña (2016) plantea que la metodología tradicional para los proyectos viales tiene como desafío mejorar de manera general a razón de la necesidad constante de mejorar la infraestructura existente, como producto del incremento de la demografía que demanda cada vez más vías de comunicación. La metodología BIM aparece como respuesta a estas necesidades, con el propósito de minimizar y eliminar actividades desconectadas. Sin embargo, hasta la fecha eran pocas las empresas que utilizaban herramientas BIM en países como el Ecuador, resaltando que, si bien hay empresas que utilizan software BIM como herramienta de trabajo, en muchas ocasiones su aplicación era asilada de una metodología definida, reduciendo el beneficio que puedan tener estas herramientas en el flujo de trabajo.

Se debe resaltar que, de los documentos aquí recogidos, un número significativo retoman experiencias ubicadas en Perú. En esta vía, Marín, Correa y Marín (2021) en un artículo denominado *Implementación de la metodología BIM en el Perú: Una Revisión*, realizan un rastreo de lo que ha venido siendo la aplicación de esta metodología en este país. Los autores llegan a la conclusión de que esta se viene realizando principalmente en la

gestión de procesos de licitación en proyectos de infraestructura civil, destacando la ventaja más significativa de la implementación de la metodología BIM: “las herramientas de modelamiento arquitectónico, modelamiento de los diseños de componentes y análisis de incompatibilidades en proyecto de infraestructura” (p. 7). Igualmente, destacan la principal desventaja en la aplicación de la metodología: la complejidad de sus componentes a utilizar, ya que los profesionales deben estar capacitados para utilizar estas herramientas. Adicionalmente, afirman que el país de referencia que ha aplicado esta metodología en sus proyectos de infraestructura vial es España, tanto para los procesos de contratación como para la ejecución de las obras.

Por su parte, la tesis de Díaz (2019), también ubicada en Perú, que tuvo como objetivo usar las herramientas BIM para gestionar proyectos de infraestructura vial, plantea un ejemplo de la ejecución de esta por medio de la muestra sobre la que se trabajó que corresponde a un tramo de carretera del Proyecto Integración Vial Tacna – La Paz.

De esta forma, en este documento, Díaz (2019) llega a la conclusión que existen cuatro principales deficiencias en la gestión de la información para esta clase de proyectos como son: a) primeramente la visualización limitada de los objetos que comprenden el diseño, b) el poco uso de las herramientas de la tecnología que permitan la automatización, c) mínima coordinación entre los profesionales o representantes de los proyectos y d) baja gestión de la seguridad que corresponde al almacenamiento de la información. De igual manera, se encontró que la implementación de esta metodología permitió mejorar la consolidación de la información, garantizando los datos, obteniendo archivos más livianos, evidenciando un ahorro en tamaños de archivos casi del 75%.

En otra de las tesis encontradas denominada “*implementación de la metodología BIM en la elaboración de un proyecto de carretera*”, también en Perú, Bach (2018), pretendió explorar el cómo la metodología contribuye a mejorar la elaboración del diseño geométrico de carreteras, lo cual puede conllevar a desarrollar soluciones más eficaces,

rentables y sostenibles. La investigación fue realizada en un tramo de la vía de Lima – Canta Km. 68, utilizando programas que cuentan con esta tecnología. Bach (2018) concluyó que el uso de esta tecnología permite encontrar los errores y percibir una vista final del proyecto vial deseado, además estos errores serán confirmados a través del uso de programas como el CIVIL 3D que es una herramienta diseñada para trabajar y evidenciar cada detalle de un proyecto. (p. 11).

Para este autor, la fase del estudio de diseño geométrico de carreteras se puede considerar como la parte fundamental en el momento de encontrar la mejor rentabilidad del proyecto. Esto lo afirma porque es a partir del eje definido que se aplican los estudios de otras especialidades, como la geotecnia, la hidrología, geología, hidráulica y el impacto ambiental. Por lo tanto, Bach (2018) plantea que

el realizar proyectos BIM nos servirá tanto para establecer los mejores criterios de diseño en la parte de elaboración de expediente técnico, como en la parte de ejecución. La metodología BIM no solo sirve para la parte de diseño, también sirve para la parte de construcción y mantenimiento, los trabajos 3D ya no son suficientes en la actualidad por ende usar un trabajo 4D o 5D ahora representa las mejores alternativas (p. 59).

3. Implementación de la metodología BIM en el ámbito de la construcción en Colombia

Antes de situar el tema en el contexto colombiano, cabe mencionar que la metodología BIM es un sistema para gestionar proyectos de ingeniería civil registrando bases de datos y almacenando información referente a recursos, espacios construidos, y medios implicados en su gestión, a su vez, permite almacenar los datos que puedan ser utilizados en cualquier etapa del proyecto. En concordancia con esto, es importante revisar la implementación de esta metodología en el ámbito de la construcción de forma general en el contexto colombiano, para luego situarla en los proyectos viales.

En una publicación de la IAC (2021) se plantea que entre los años 2010 y 2011 empresas privadas de Colombia comenzaron a implementar la metodología tomando como ejemplo los países de Brasil, Perú y Chile. Desde ese instante toma gran importancia la implementación de la metodología, lo que contribuye a la competitividad dentro del sector y la región.

En el año 2018 la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL) lanzó el programa BIM Fórum Colombia, entendiendo la importancia de correlacionar cada uno de las profesiones conexas en el desarrollo de un proyecto. (IAC, 2021).

En esta misma vía, el Gobierno Nacional presentó la Estrategia Nacional BIM 2020-2026 la cual se espera direcciona los proyectos públicos. En este documento se propone la idea que representa la transformación digital del área de la construcción con el fin de dar mejor uso a los recursos disponibles y mejorar la productividad. (Gobierno Nacional, p.2).

Si bien esta metodología es relativamente nueva en el país, ya existen diferentes experiencias documentadas que dan cuenta del aporte que hacen estos avances tecnológicos en términos de reducción de gastos, de tiempo y mayor competitividad. En Bogotá, la IAC (2021) destaca proyectos como el Metro de Bogotá, que implementó esta tecnología.

De igual forma, se encuentra la tesis presentada por Mosquera, Hernández, Donato y Cuchimba (2019) sobre la *implementación de la metodología BIM para la empresa W&D obras y servicios S.A.S, en la postulación de proyecto de infraestructura educativa*. En este documento se expone el proyecto de investigación orientado a plantear la importancia y utilidad de las tecnologías BIM como “un medio para obtener resultados de primera mano sin tener que ejecutar obras completas, representando una herramienta ágil y efectiva para el levantamiento de datos que resultan necesarios para la planeación (...) en una obra de infraestructura (...) que se encuentran relacionados con el sector educativo.” (Mosquera, Hernández, Donato y Cuchimba, 2019, p. 9).

En el rastreo bibliográfico se puede evidenciar que en su mayoría los documentos hacen referencia a estudios de casos donde se ha aplicado esta metodología. Por su parte, en la tesis de especialización titulada: *Plan de implementación de metodología BIM en el ciclo de vida en un proyecto* (Cerón y Liévano, 2017) buscaron describir un el proceso de puesta en marcha de la Metodología BIM en una empresa constructora, y concluyeron que se hace necesario que la academia, las universidades e institutos dispongan mayor atención, es necesario que enseñen a trabajar coordinadamente las disciplinas y a diseñar de la forma en que se construye en la realidad.

También, se encontró en la tesis “*Estudio sobre potencial de la metodología BIM para optimización de presupuestos de construcción. caso de estudio*”, que la mejor forma de corroborar el potencial de la metodología BIM es poder desarrollar un proyecto en su totalidad apoyado en dicha metodología. Trujillo (2017) planteó realizar la comparación de un presupuesto realizado de manera tradicional contra un presupuesto basado en el modelo digital en detalle de un proyecto a través de la herramienta Revit usada con metodología BIM, se obtuvo que no existe una fuente que garantice total confiabilidad en el proceso de evaluación, gestión y control de los proyectos cuando nos referimos a cantidades y presupuesto. (Trujillo, 2017, p. 58).

Por su parte, Cortes (2018) en su ensayo: *BIM, un camino a seguir en la contratación pública*, expone que el usar la metodología para la contratación en el Sector Público permite realizar seguimiento minucioso a las obras que se ejecutan, y que las estimaciones realizadas incluso hablan de una reducción de costos entre el 10% y el 30% (p. 16).

Así mismo, se pueden mencionar una serie de artículos relacionados con el tema, como el escrito por Salazar y Galindo (2018) donde se aborda el “*impacto económico del uso de BIM en el desarrollo de proyectos constructivos: estudio de caso en Manizales (Colombia)*”. En el documento se describe la evaluación de las plataformas BIM, tomando

como referencia un caso de estudio referido al diseño de un conjunto de viviendas, que fue orientado por una empresa de mediana escala. En el documento se argumenta que no es verdad que una empresa de mediana o pequeña escala no pueda adoptar la metodología BIM debido a sus costos.

Sin duda, esta metodología cada vez es más considerada en los proyectos de construcción en el país, incluso el Servicio Nacional de Aprendizaje, realizó un estudio sobre esta metodología aplicada a proyectos urbanísticos, donde se considera que a través de esta se presenta la posibilidad de “abordar un proyecto de ciudad desde su análisis y valoración hasta llegar al detalle de una vivienda enmarcada en un entorno urbano real” (Esguerra e Hidalgo, 2019, p. 11).

Como resultado del estudio se concluye que esta metodología permite “mantener actualizada la información de la ciudad para poder actuar frente a las problemáticas existentes. Poder acceder a información clasificada dependiendo del enfoque del estudio a realizar y tener la posibilidad de trabajar en múltiples escalas, con la opción de detallar la información” (Esguerra e Hidalgo, 2019, p. 41). Se afirma, entonces, que esta tecnología puede traer grandes aportes a todo el proceso de construcción y tópicos relacionadas con la ingeniería civil.

4. Casos donde se ha implementado la metodología BIM en proyectos de infraestructura vial en Colombia

Hasta el momento se ha abordado el rastreo bibliográfico sobre la metodología BIM en Colombia, y algunos documentos, principalmente tesis de pregrado y posgrado, sobre la aplicación de esta metodología en otros países. En este apartado se pretende exponer los escritos, encontrados hasta el momento de realización de este ensayo, que se relacionan con la puesta en marcha del BIM en proyectos de infraestructura vial en Colombia. En principio, se debe reconocer los avances realizados a partir del mandato BIM, que se

mencionó en páginas anteriores, gracias a la creación de Forum Colombia, el cual ha establecido algunos documentos técnicos para la aplicación de esta metodología.

En esta vía, uno de los documentos que se deben resaltar es el documento técnico BIM kit 2, de CAMACOL (2020) que es una guía de infraestructura vial del BIM Forum Colombia. Este documento representa una propuesta de aplicación de la metodología BIM en este campo, para los diferentes profesionales que participan en el proceso de ejecución de proyectos de infraestructura, sin importar la escala del proyecto, y utilizable para cualquiera de sus etapas, incluyendo la propuesta de proyecto, hasta su operación, mantenimiento y mejora, es decir, el ciclo de vida del proyecto. Se hace importante aclarar que esta guía no es un elemento de carácter normativo, vinculante o contractual.

Este documento está pensado como una guía y propuesta de aproximación metodológica para gestionar la información de un proyecto de infraestructura vial, a través de sus etapas de maduración y las actividades que típicamente se ejecutan, todo ello, en el marco general de la metodología BIM y las directrices dadas por la ISO 19650-2:2018 (CAMACOL, 2020, p. 6).

Esto hace evidente que, aunque hace poco tiempo, se viene avanzando en la implementación de esta metodología, por si misma ha logrado demostrar que es una oportunidad para el mejoramiento e integración de los diferentes procesos que abarcan los proyectos de ingeniería civil.

De esta misma forma, se puede ubicar el trabajo que viene realizando el Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá (2020), que, como gesto de aceptación implementó el contrato interadministrativo IDU-1344-2020, con la Empresa de Desarrollo Urbano de Medellín. Como objetivo principal se tiene planteado sincronizar la gestión de proyectos, el mejoramiento de procesos, la transformación digital y la optimización en la inversión de recursos públicos (Instituto de Desarrollo Urbano, 2020).

Así mismo, en la búsqueda de la información referente al tema del ensayo se determinó que el Instituto de Desarrollo Urbano ha invertido esfuerzos para que proyectos como la intersección de la Avenida 68, Av. Primero de Mayo y la primera línea del Metro de Bogotá, extensión de la Av. Caracas, Troncal de la Av. 68 y Av. Ciudad de Cali implementen esta metodología y obtengan los beneficios reconocidos.

Por otro lado, como se mencionó anteriormente, Medellín es una de las ciudades donde se ha venido implementando esta tecnología, destacando su utilización en el sector público. Por lo tanto, se pueden resaltar experiencias como el proyecto que desarrolló la Empresa de Desarrollo Urbano de Medellín (2020), y que le permitió obtener el premio a la Excelencia BIM Colombia, debido a que en este proyecto se realizó el modelamiento 3D de la doble calzada avenida 34, que incluyó la participación del Fondo de Valorización del Municipio de Medellín, Fonvalmed. Además, su subgerente de Diseño e Innovación Nicolas Rivillas destacó el proceso y el logro resaltando el camino hacia la transformación tecnológica de Medellín. (párr. 4).

Otro documento que se debe resaltar es el de Henao, Cañón, Gómez y Joya (2021), donde se recoge la experiencia de la empresa Pavimentos Colombia para evaluar la viabilidad de la aplicación de la metodología BIM en esta. A diferencia de los documentos señalados anteriormente, este corresponde a una investigación sobre la posible aplicación, por lo tanto, se encuentra que el origen del problema en las diferentes etapas, no solo de las obras en la empresa sino en el campo de la ingeniería civil, corresponde a la falta de un único modelo que contenga la información de cada área. Teniendo presente los objetivos de la empresa se encontró que la metodología BIM era un camino viable porque permite integrar todas las fases de un proyecto, y en cada etapa del mismo se pueden identificar los riesgos. Así mismo al estandarizar la documentación se facilita el manejo de la misma. (Henao, Cañón, Gómez y Joya, 2021, p. 7).

Finalmente, Limas (2019) que orientó su tesis hacia una investigación de la *metodología BIM aplicada en la fase de prefactibilidad de un proyecto vial de tercer orden en Colombia*, rescata la importancia de las herramientas tecnológicas, ya que considera que son el futuro de la construcción, además, plantea que la academia juega un papel importante para crear acciones que apoyen la adopción de nuevos conocimientos, estrategias y tecnologías que ayuden a los estudiantes y profesionales para estar actualizados en las nuevas tendencias de metodologías en el área de la construcción.

5. Conclusiones

En resumen, por medio del Building Information Modeling se pueden vincular los diferentes sectores que influyen en las fases que integran un proyecto. A partir de este rastreo bibliográfico se pueden llegar a diferentes conclusiones sobre el estado del conocimiento en relación con la aplicabilidad de la metodología BIM en proyectos de Infraestructura vial en Colombia, desde el 2013 hasta la actualidad.

Primeramente, se debe rescatar que este ha sido un tema de interés para la ingeniería civil, en el cual dando importancia a las diferentes disciplinas que integran un proyecto se busca sincronizar la alimentación y gestión de los diferentes datos aplicables. Para entender de manera sencilla el origen de la metodología se explica que un modelo que se pueda editar, transformar, actualizar, que permita inclusión de datos, combinación de la información y demás facilidades, será mejor que simplemente contar con un plano impreso en papel, el cual puede llevar a diferentes interpretaciones y errores.

La metodología describe la utilización de diferentes dimensiones en una misma maqueta digital, entendiendo que el modelo 2D consiste en un modelo sencillo que se basa en la utilización de un plano, el modelo 3D incluye el manejo de un modelo digital a tres dimensiones que permite valorar de manera volumétrica los proyectos, el modelo 4D describe la implementación de la variable tiempo con la inclusión de cronogramas del proyecto sincronizados, el modelo 5D integra la variable costos con la inclusión de

presupuestos, y de igual manera el modelo 6D se refiere a sostenibilidad y 7D gestión del ciclo de vida o mantenimiento y operación.

El modelo digital que se implemente deberá permitir la sincronización y gestión de datos obtenidos de diferentes áreas que puedan intervenir en el proyecto, estos datos tienen sus propias fuentes y características como los obtenidos a través de Sistemas de Información SIG, software de diseño asistido por computador CAD, sistemas de medición y detección de objetos mediante láser LIDAR, nubes de puntos obtenidos de levantamientos topográficos a través de métodos convencionales o Sistemas de Posicionamiento Global GPS. Mediante estos datos se podrán identificar parcelas, vías existentes, zonas de riesgo, tipos y uso del suelo, cartografía, redes existentes como alcantarillados, acueductos, redes de gas o energía eléctrica, entre otros.

Los documentos encontrados y proyectos fueron orientados principalmente a realizar análisis de la aplicabilidad de esta metodología tanto en casos específicos como a modo de reflexión en las diferentes fases de los proyectos de infraestructura vial. Adicionalmente, se debe resaltar que todos los documentos consultados llegan a la conclusión que la metodología BIM aporta a la eficacia, sinergia y disminución de los errores de las diferentes fases del ciclo de las construcciones.

La tecnología que se maneja en la metodología BIM en los proyectos de construcción se puede describir como parte de una mega tendencia porque es un proceso que a mediano plazo deberá ser implementado en la mayoría de empresas, permite que las diferentes áreas o profesionales que inciden en el proyecto trabajen de manera sincrónica, aumentando la productividad y se puede decir que esta tecnología ha avanzado en la industria de la construcción y esta para quedarse (IAC, 2021).

Por su parte, las problemáticas de orden vial tienen complejidad en sus soluciones, deben ser desarrolladas bajo esquemas metódicos que generen soluciones más eficientes, para lo que se requiere en las ciudades. Por esto, se resalta que esta tecnología permite

cuantificar recursos de tiempo y costos, pues propicia la obtención de la geometría con más precisión, reduciendo el error en estimación de tiempo, permitiendo el incremento de producción, se puede manejar de una manera didáctica y fácilmente entendible, por ejemplo a través de la generación de códigos y colores que muestren el proceso de construcción o simulando procesos como el movimiento del tráfico. Incluso desde el inicio del proyecto la metodología permite reducir tiempo para llegar a la solución final del diseño.

Para lo anterior, se hace crucial que los equipos de trabajo, los diferentes profesionales que intervienen en un proyecto de infraestructura vial, cuenten con la capacitación permanente, debido al constante desarrollo de las herramientas BIM, además, de su grado de complejidad en su manejo, incluso se destaca que el manejo de una sola maqueta digital en la cual se puedan actualizar las diferentes versiones de trabajo con fecha y autor, minimiza el riesgo de ambigüedades y errores por utilización de diseños que en algún momento quedaron obsoletos y sin embargo fueron utilizados por falta de actualización del documento en alguna área del proyecto.

Se logró evidenciar que en Colombia la inclusión de la metodología BIM ha sido adoptada por algunas empresas pioneras debido a que como se expresa en algunos apartes de este documento para pequeñas o medianas empresas la implementación puede llevar a incurrir en una importante inversión económica. Sin embargo, no se puede desconocer la larga cantidad de beneficios que genera como son entre otros; el aumento de la productividad al disponer los recursos y esfuerzos de manera planeada, la actualización constante de los procesos implementando tecnologías emergentes, la disminución de riesgos por simulación de la construcción del proyecto en etapas tempranas como puede ser la detección de interferencias al incluir un modelo que contenga todas las variantes, actualización inmediata de cantidades y presupuesto al incluir modificaciones de cualquier disciplina que se sincronicen con el modelo general.

De igual forma, Colombia debe proyectarse como un país que busque el constante mejoramiento de la infraestructura vial, a través de la cual se logre conectar el transporte multimodal y urbano, logrando de esta manera consolidar un sistema que permita a través de la interconexión el crecimiento del comercio y la movilidad de bienes y personas. Se deben adoptar las tendencias que surgen para ciudades inteligentes y sostenibles que hablan de incluir tecnologías que permitan la eficacia energética, la disminución del desperdicio, los modelos de economía circular y la implementación de la infraestructura multimodal interconectada.

La metodología BIM para proyectos de infraestructura surge como una solución digital que permite la optimización de la aplicación de recursos en la construcción, con este trabajo se pretendió contribuir a la consolidación de información sobre los avances que ha tenido esta tecnología, principalmente desde la academia, como una herramienta novedosa en la era digital necesaria para la competitividad del país.

6. Referencias bibliográficas

- Acuña, F. J. (2016). *Aplicación de modelo BIM para proyectos de infraestructura vial*. [tesis de pregrado]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Bach, P. (2018). *IMPLEMENTACION DE LA METOLOGIA BIM EN LA ELABORACIÓN DE UN PROYECTO DE CARRETERA* [tesis de pregrado]. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú. Recuperado de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15347/1/PLAN%20DE%20IMPLEMENTACION%20DE%20METODOLOGIA%20BIM.pdf>
- Brenes, N. (2020). *Implementación de la Metodología BIM en el Diseño de Proyectos de Infraestructura Vial de la Organización INTRA Consultores* [tesis de pregrado]. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica. Recuperado de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/12397>

- CAMACOL (2020). *BIM KIT 2 DOCUMENTOS TÉCNICOS*. BIM Forum Colombia. Bogotá, Colombia.
- Cerón, I. A. y Liévano, D. (2017). Plan de implementación de metodología BIM en el ciclo de vida en un proyecto [tesis de posgrado]. Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15347/1/PLAN%20DE%20IMPLEMENTACION%20DE%20METODOLOGIA%20BIM.pdf>
- Cortes, V. (2018). *BIM, UN CAMINO A SEGUIR EN LA CONTRATACIÓN PÚBLICA*. [ensayo de pregrado]. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.
- Díaz, J. A. (2019). *Gestión de proyectos utilizando las herramientas BIM en la fase de diseño de proyectos de infraestructura vial*. Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3785>
- Empresa de Desarrollo Urbano (2020). *Medellín es premiada por incorporación de tecnologías 3D en diseño de la Avenida 34*. Alcaldía de Medellín, Colombia. Recuperado de <http://www.edom.gov.co/noticias/item/180-medellin-es-premiada-por-incorporacion-de-tecnologias-3d-en-diseno-de-la-avenida-34>
- Esguerra, L.E, Hidalgo, G.J. (2019). *Estudio metodológico BIM para el desarrollo de proyectos urbanísticos con criterios de sostenibilidad y sustentabilidad*. Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera, Bogotá, Colombia: Servicio Nacional de Aprendizaje. Recuperado de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5239/estudio_metodologico_bim.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Gobierno Nacional de Colombia (2020, noviembre). *Estrategia Nacional BIM 2020-2026*. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Estrategia-Nacional-BIM-2020-2026.pdf>
- Henao, L. A., Cañón, I. C., Gómez, O. A. y Joya O. M. (2021). *Implementación de herramienta tecnológica y metodología BIM en proyectos de infraestructura vial en pavimentos Colombia S.A.S* [Tesis de posgrado]. Universidad EAN, Colombia. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10882/10661>.

- IAC (2021). *Metodología BIM en Colombia*. Recuperado de Architecture IAC
<https://www.iac.com.co/metodologia-bim-en-colombia/>
- Instituto de Desarrollo Urbano (2020, octubre). *El IDU, a la vanguardia de la metodología BIM en Bogotá*. Alcaldía Mayor de Bogotá. Bogotá, Colombia. Recuperado de
<https://www.idu.gov.co/blog/boletin-de-prensa-idu-1/post/el-idu-a-la-vanguardia-de-la-metodologia-bim-en-bogota-1341>
- Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (2020). *Metodología BIM en el ámbito de la construcción*. Recuperado de
https://itec.es/servicios/bim/?gclid=CjwKCAjw9aiIBhA1EiwAJ_GTSr6x6hF1L7tntlmrZXdpvf_VPbB3BeMCOoM7Aw8MLouYNu2nTYDAoxxoCRzEQAvD_BwE
- Limas, D. F. (2019). *METODOLOGÍA BIM APLICADA A LA FASE DE PREFACTIBILIDAD DE UN PROYECTO VIAL DE TERCER ORDEN EN COLOMBIA* [tesis de posgrado]. Universidad Santo Tomas, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/21185>
- Marín, N., Correa, L. y Marín, R. (2021). Implementación de la metodología BIM en el Perú: Una Revisión. *Revista Pakamuros*, 9 (2), 29-42.
<http://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/180>
- Mosquera, A., Hernández, D., Donato, D. y Cuchimba, K. (2019). *implementación de la metodología BIM para la empresa W&D obras y servicios S.A.S, en la postulación de proyecto de infraestructura educativa*. [tesis de pregrado]. Universidad Cooperativa de Colombia, Neiva, Colombia. Recuperado de
<https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/14403?locale=es>
- Oussouboure, G., & Victore, R. D. (2017). La asignación de recursos en la Gestión de Proyectos orientada a la metodología BIM. *Revista Arquitectura e Ingeniería*, 11(1), 4. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6450734>
- Pérez, L. A. (2019). *Posibilidades de la BIM en la ingeniería civil*. [Tesis de posgrado]. Universidad Politécnica de Madrid, España. Recuperado de
https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17950/CortesMateusVictor_Alexis2018.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Quiroga Tavera, L. P. (2019). Infraestructura vial en Colombia frente a los países miembros de la alianza del pacífico para el desarrollo del comercio internacional. Universidad Cooperativa de Colombia, Bogotá. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500,12494,16245>.

Salazar, M. y Galindo, J. (2018). Impacto económico del uso de BIM en el desarrollo de proyectos constructivos: estudio de caso en Manizales (Colombia). *Espacios*, 39 (7). Recuperado de <https://www.revistaespacios.com/a18v39n07/a18v39n07p24.pdf>

Trujillo, T. (2017). *Estudio sobre potencial de la metodología BIM para optimización de presupuestos de construcción. Caso de estudio* [Tesis de pregrado]. Universidad EIA, Envigado, Colombia. Recuperado de <https://repository.eia.edu.co/handle/11190/2087>