

**ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN
LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA**

**ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN
LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA**



Angie Vanessa Acero Vaca

Trabajo de investigación presentado como requisito para obtener el título de: Ingeniero Civil

Director: Hernando Antonio Villota Posso

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS

FACULTAD TECNOLÓGICA

INGENIERIA CIVIL

BOGOTÁ D.C, COLOMBIA

ENERO-2021

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido posible gracias a la colaboración del Ingeniero Hernando Villota, y a todos los docentes que hicieron parte de mi formación profesional, mil gracias por compartir sus conocimientos y experiencias durante este tiempo.

DEDICATORIA

Dedicado a mi mamá que con su paciencia, apoyo y esfuerzo estuvo siempre junto a mí a pesar de las adversidades.

A mi abuelita que desde el cielo me sigue protegiendo y guiando.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.1.1 OBJETIVO GENERAL	14
1.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	14
1.2 ALCANCE.....	14
1.3 DEFINICIONES	15
1.3.1 Bim	15
1.3.2 3D	15
1.3.3 4D	15
1.3.4 CAD.....	15
1.3.5 ARCHICAD	15
1.3.6 NAVISWORKS.....	16
1.3.7 BRIM (Bridge Information Modeling): Modelado de la Información para Puentes....	16
1.3.8 CIM (City information Modeling): Modelado de la Información para Ciudades	16
1.3.9 IFC Industry Foundation Classes.	16
1.3.10 Infraestructura.....	16
1.3.11 Implementación	17
1.3.12 Norma	17
1.3.13 ISO 19650.....	17
2. METODOLOGIA.....	17
2.1 Estructura de la tesis.....	18
2.2 Palabras claves	18
3. ANTECEDENTES DE LA METODOLOGIA BIM.....	19
3.1 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	22
3.2 JUSTIFICACIÓN.....	23
3.3 HISTORIA DEL BIM.....	23
4. NORMATIVIDAD	27
4.1 NORMATIVIDAD DEL USO E IMPLEMENTACION DEL BIM.....	28
5. GUÍAS PARA LA ADOPCIÓN DEL BIM EN COLOMBIA.....	29
5.1 BIM KIT-BIM FORUM COLOMBIA	29

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

5.1.2 Roles	30
5.1.3 Guía de modelado BIM	31
5.1.4 Flujos de Trabajo	31
5.1.6 Indicadores BIM.....	32
5.1.7 Creación de contenido	33
5.1.8 Infraestructura vial.....	33
5.1.9 Hoja de ruta para la implementación BIM	34
5.1.10 Fichas de uso BIM.....	35
5.1.11 Requerimientos BIM para tramites de Licencias	36
5.1.12 BEP.....	36
6. USO DEL BIM EN LA INFRAESTRUCTURA COLOMBIANA	37
6.1 Infraestructura de transporte.....	37
6.2 Infraestructura Hidráulica	45
6.3 Infraestructura de energía.....	46
6.3 Infraestructura de telecomunicaciones	49
6.5 Infraestructura de edificaciones	51
7. EMPRESAS PIONERAS EN EL USO DEL BIM EN COLOMBIA.....	53
7.1 Amarilo.....	53
7.2 Arpro Arquitectos Ingenieros s.a.	54
7.3 Cemex Colombia.....	54
7.4 Construcciones Planificadas S.A.....	55
7.5 Constructora Colpatria	55
7.6 IDU.....	55
7.7 MAB – ingeniería de valor-2020	56
7.8 PAVCO Wavin.....	57
7.9 Tipiel S.A	58
8 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA METODOLOGIA BIM.....	59
8.1 VENTAJAS.....	59
8.2 DESVENTAJAS	60
9 METODOLOGÍA BIM VS METODOLOGÍAS TRADICIONALES	61
10 ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS	64

**ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN
LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA**

11	CONCLUSIONES	70
12	RECOMENDACIONES.....	72
	Bibliografía.....	73

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 BIM vs CAD

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Descripción de las versiones ISO 19650

Figura 2 Definición de siglas

Figura 3 Usos de la metodología BIM

Figura 4 Clasificación de la infraestructura en Colombia

Figura 5 Hoja de ruta de Bim forum Colombia para abordar la infraestructura

Figura 6 Valor entre 0 y 100 donde una puntuación más alta presenta mejor desempeño

Figura 7 Modelación del metro de Bogotá usando la herramienta BIM

Figura 8 Detalles de una estación del metro de Bogotá

Figura 9 Detalles modelo en 3D de un puente

Figura 10 Detalle de la modelación 3D refuerzo de la estructura

Figura 11 Modelo 3D puente Pumarejo

Figura 12 Detalle cimbra modelo BIM del puente Pumarejo

Figura 13 modelo final en 3D de la hidroeléctrica

Figura 14 Ventajas de la modelación 3D en el diseño de la subestación eléctrica

Figura 15 Modelo BIM de la subestación eléctrica

Figura 16 Modelo BIM de la infraestructura de telecomunicaciones

Figura 17 Detalle de columnas de la Torre Atrio

Figura 18 Modelo BIM del centro de tratamiento e Investigación Luis Carlos Sarmiento Angulo

Figura 19 Empresas Nacionales que usan Bim-Red de aliados

Figura 20 Etapas de diseño y planeación Cemex

Figura 21 Etapas de construcción Cemex

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

Figura 22 Dimensiones BIM + Grupo de Procesos PMI

Figura 23 Beneficios de la Gerencia BIM+PMI

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

RESUMEN

El presente documento tiene como objetivo el análisis documental encontrado de diferentes fuentes a nivel nacional, el cual servirá de guía para conocer como se ha venido implementado en los últimos años la metodología BIM en una infraestructura ejecutada en Colombia, debido a que la aplicación de esta metodología en nuestro país se ha enfocado principalmente en las construcciones verticales es importante conocer que avances se han hecho o están llevando a cabo en la infraestructura de Colombia.

Mediante la elaboración de este documento, tendremos una visión más amplia del estado actual en el que se encuentra el país con esta metodología, así mismo su evolución y hacia dónde se dirige y encontraremos los beneficios que podríamos llegar a obtener mediante la implementación del BIM en la construcción de una infraestructura desde la etapa inicial hasta la culminación de la obra.

Para desarrollo de este proyecto las fases estarán distribuidas así: inicialmente se realizará una búsqueda e investigación literaria con el apoyo de documentos, artículos, tesis y normas que abarquen la metodología BIM implementada en una infraestructura, luego se analizara cada documento para así poder concluir cuales son las posibles ventajas y desventajas que acarrea la implementación del Modelado de información de construcción (BIM).

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

ABSTRACT

The objective of this document is the documentary analysis found by different sources at the national level, which will serve as a guide to know how the BIM methodology has been implemented in recent years in an infrastructure executed in Colombia, because the application of this methodology in our country has focused mainly on vertical constructions, it is important to know what advances have been made or are being carried out in the infrastructure of Colombia.

Through the preparation of this document, we will have a broader vision of the current state of the country with this methodology, as well as its evolution and where it is going, and we will find the benefits that could be obtained through the implementation of BIM in the construction of an infrastructure from the initial stage to the completion of the work.

For the development of this project, the phases will be distributed as follows: an investigation and literary investigation will be carried out with the support of documents, articles, theses and standards that cover the BIM methodology implemented in an infrastructure, then each document will be analyzed in order to conclude which are the possible advantages and disadvantages of implementing Building Information Modeling (BIM).

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años una gran cantidad de países a nivel mundial se ha interesado en una novedosa metodología que ha cambiado radicalmente la manera tradicional en que los ingenieros, arquitectos y todas las personas relacionadas en el gremio estaban acostumbradas a ejecutar un proyecto. El uso del BIM building information modeling trae consigo múltiples beneficios, lastimosamente en países como Colombia y en general en América latina el uso de esta herramienta no se ha viralizado.

Debido a la variedad de problemas que se presentan en todas las fases de un proyecto de infraestructura, el sector de la construcción ha tenido que ingeniar durante años diversas metodologías de trabajo para cumplir con los tiempos y costos estimados, y así entregar un trabajo de calidad.

Según la consultora McKinsey, el retraso en la productividad de la construcción le significa a la economía de América Latina y el Caribe (ALC), unos 50.000 millones de dólares al año, por lo cual es imperante servirse de herramientas como el BIM cuyos beneficios, según Sandra Forero, presidente ejecutiva de Camacol, están relacionados con mayor articulación y coordinación entre los actores de la cadena, incremento de la productividad, eficiencia en el uso de los recursos disponibles, optimización del ciclo de vida de los proyectos, identificación y gestión de riesgos, agilidad en la toma de decisiones y optimización en la construcción, agregando valor y facilitando un control efectivo de la ejecución de obra. (El tiempo, 2020)

El impacto que ha generado el uso de la metodología BIM en los países ha llevado a que muchos gobiernos en el mundo desarrollen normas para una correcta implementación y uso de esta herramienta, incluso en algunos países el uso de estas normas se ha vuelto obligatorio.

La ISO 19650 es la serie de normas internacionales para el Modelado de Información de Construcción (BIM). Define los procesos colaborativos para la gestión eficaz de información a lo largo de la fase operativa y de entrega de activos cuando se utiliza BIM. La publicación de ISO 19650 crea una oportunidad para organismos internacionales que colaboran en proyectos para minimizar las actividades ineficientes y aumentar la previsibilidad del coste y la duración, a través

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

de un enfoque común para la gestión de la información. Para aquellos que trabajan localmente, supone una oportunidad de demostrar alineación con las mejores prácticas reconocidas de la industria a la vez que se construye resiliencia y diferenciación. (Bsi, 2019)

Actualmente INCONTEC elaboro el documento NTC-ISO 19650-1, Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modelling). Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling). Parte 1: Conceptos y principios, el cual se encuentra en estudio y pueda convertirse en un documento técnico colombiano.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

- Elaborar un estado del arte acerca de la metodología BIM con el fin de implementar a futuro dicha metodología y pueda ser utilizada en la ejecución y gerencia de proyectos de infraestructura a nivel Nacional.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar una revisión de la literatura existente a nivel global donde se haya implementado la metodología BIM en infraestructura.
- Determinar los actores que utilizan la metodología BIM.
- Identificar las ventajas y desventajas del uso de la metodología BIM en una infraestructura.
- Diferenciar la metodología BIM con las metodologías que existen actualmente en el país en la gerencia de proyectos de infraestructura.
- Visualizar la implementación del BIM en Colombia para así tener una idea de lo que nos espera en un futuro.

1.2 ALCANCE

El alcance de este trabajo de grado es el de realizar una revisión literaria de la mayor cantidad de documentos existentes que abarquen el tema de la metodología BIM, como se ha venido implementando esta herramienta en la infraestructura colombiana, conocer cuáles son las empresas que han tomado la iniciativa de implantar la metodología a sus proyectos y conocer las ventajas y desventajas que trae el uso de una nueva metodología en el país.

- Reconocer el estado del arte de la metodología BIM en Colombia, de forma que se pueda conocer su estado actual.
- Comprender los beneficios que trae el uso del BIM, y así solucionar problemas ambientales causados por el concreto demolido en los ecosistemas donde se vierten.
- Demostrar los beneficios tecnológicos, operativos y económicos del uso de esta metodología para así incentivar su uso en la construcción y la generación de normativa.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

- Consultar las grandes empresas de construcción que han hecho uso de esta nueva herramienta para mostrar las ventajas que obtuvieron en sus proyectos.
- Mostrar el estado actual de la implementación del BIM en Colombia y sus aplicaciones en diferentes tipos de infraestructura.
- Comprender la normatividad internacional del BIM, y de esta forma hacer un análisis crítico sobre la normatividad colombiana desde sus beneficios y limitaciones.

1.3 DEFINICIONES

1.3.1 Bim

Metodología que trabaja en equipo entre todos los implicados en el desarrollo de una construcción civil, se centra en el modelo 3D mediante un software y su principal meta es que toda la información de un proyecto sea unificada en un modelo con el cual se pueda gestionar dicha información durante todas las etapas de un proyecto de infraestructura (diseño, ejecución, operación y mantenimiento).

1.3.2 3D

Corresponden a el largo, el ancho y la profundidad de una imagen.

1.3.3 4D

Además de poseer las 3 dimensiones anteriores, cuenta con la cualidad de la cuarta dimensión, que es tiempo. Esto quiere decir que el objeto se encuentra en un espacio y en un tiempo real o en su defecto, tiempo virtual.

1.3.4 CAD

Acrónimo del inglés computer-aided design.

1.3.5 ARCHICAD

Software conocido como el primer software de CAD para computadora personal capaz de dibujar tanto en 2D, así como 3D.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

1.3.6 NAVISWORKS

Integrador de modelos para la coordinación de proyectos mediante la simulación constructiva.

Entre Los formatos que se pueden integrar se tienen: AutoCAD (.dwg, .dxf), IFC (.ifc), IGES (.igs, iges), Informatix MicroGDS (.man, cv7), Inventor (.ipt, iam, ipj), JTOpen (.it), entre otros.

1.3.7 BRIM (Bridge Information Modeling): Modelado de la Información para Puentes.

Metodología que reúne todas las etapas necesarias para construcción de un puente, pasando por el diseño y construcción, hasta el mantenimiento y gestión de la infraestructura, es decir, es el proceso de generación y gestión de datos durante el ciclo de vida de un puente. (Camara Colombiana de la construcción, 2018)

1.3.8 CIM (City information Modeling): Modelado de la Información para Ciudades

En términos generales, consiste en la aplicación del modelado de la información al siguiente nivel de habitabilidad, la ciudad; aunque no existe aún un acuerdo común en cuanto a cómo denominar a esta variante, una opción que empieza a consolidarse es la de CIM -City Information Modeling- La idea básica de CIM es tener un modelo inteligente de la ciudad, similar al modelo desarrollado para edificación e infraestructuras, que contenga información detallada sobre las entidades en el modelo y las relaciones entre ellas. Un modelo CIM puede ser utilizado por urbanistas y diseñadores para planificar una ciudad de manera más eficiente y efectiva. El modelo CIM permitiría la simulación de diferentes aspectos. (BIM, 2017)

1.3.9 IFC Industry Foundation Classes.

Estándar internacional abierto para datos BIM que se puede intercambiar y compartir entre diferentes aplicaciones de software usadas por diferentes participantes en el sector de la construcción o mantenimiento. (ISO, 2018).

1.3.10 Infraestructura

La infraestructura es el conjunto de servicios, medios técnicos e instalaciones que permiten el desarrollo de una actividad. La palabra infraestructura proviene del latín infra (“debajo”) y structus (“construido”), y por ello se utiliza este término para referir a una estructura que sustenta a otra, actuando como su base.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

1.3.11 Implementación

Es la ejecución o puesta en marcha de una idea programada, ya sea, de una aplicación informática, un plan, modelo científico, diseño específico, estándar, algoritmo o política.

1.3.12 Norma

Documento establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido que suministra para uso común y repetido, siendo una regla que toca seguir en un contexto determinado, en un tiempo y lugar. En el caso de las normativas de construcción estas son de tipo jurídico, ya que se establecen por los hombres de manera que se pueda ordenar su convivencia, y su observación es impulsada por coacción de los resultados consolidados de la ciencia de la tecnología y la experiencia y sus objetivos.

1.3.13 ISO 19650

Es una norma internacional de gestión de la información a lo largo de todo el ciclo de vida de un activo construido utilizando el modelado de información para la edificación (BIM o Building Information Modelling). Contiene todos los mismos principios y requisitos de alto nivel que Ciclo de vida de Activos BIM y está estrechamente alineado con los estándares británicos actuales 1192. (Bsi, 2019)

2. METODOLOGIA

Para el desarrollo de este proyecto la metodología será la siguiente:

Recolección de la información:

Para la elaboración del presente trabajo de indagación se consultaron fuentes primarias, como artículos reconocidos, normatividad e investigaciones de centros especializados en el estudio y aplicación del Bim. Al mismo tiempo se realizaron entrevistas a empresas personas afines con el tema de la implementación de la metodología BIM en la infraestructura colombiana, con el fin de evaluar experiencias, tecnologías, avances, usos y demás.

También se consultaron fuentes secundarias, como tesis, con el fin de revisar antecedentes y datos relevantes con la investigación. De igual forma, se buscaron ejemplos que demostraron la importancia de usar la metodología BIM y las ventajas que se tiene al usarlo.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

Delimitación de la información:

Posteriormente se extrajeron datos de los autores más importantes de las fuentes primarias y secundarias encontradas. Se definieron los diferentes tipos de infraestructura y en cuales se ha implementado la metodología BIM, los cuales fueron objeto de estudio para el desarrollo del estado del arte. De igual manera, se examinaron las normas pertinentes de las principales empresas para el uso del BIM, y se investigó los estudios del momento sobre el encaminamiento de la normatividad colombiana.

Lectura y Estudio de la información:

Se estudiará cada documento encontrado y delimitado para así poder concluir cuales son las posibles ventajas y desventajas que acarrea la implementación del Modelado de información de construcción (BIM).

Comparación de las metodologías:

Después de tener una idea clara y partiendo de las ventajas de la implementación de la metodología BIM, se realizará una comparación y diferenciación de las metodologías tradicionales y adoptadas en el país con esta nueva metodología.

Entrega de resultados

Se desarrollará un informe final compilando todos los textos encontrados por diferentes autores el cual sirva de guía para futuras investigaciones. Por último, se investigó las empresas que actualmente usan Bim, con el fin de conocer el tiempo de ejecución de sus proyectos, el uso que le dan, los estudios y proyectos del momento.

2.1 Estructura de la tesis

2.2 Palabras claves

- BIM
- Infraestructura
- Implementación
- Brim
- Cim

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

3. ANTECEDENTES DE LA METODOLOGIA BIM

En la actualidad y gracias a la investigación e implementación del BIM sabemos que existen nuevas herramientas digitales que pueden contribuir al desarrollo y optimización de los procesos llevados a cabo en una infraestructura en general, sin embargo, al ser un tema casi desconocido aún hace falta explorar a fondo los beneficios que esta nueva herramienta podrían llegar a brindar en nuestro país y cuales realmente sirven en la ejecución de una infraestructura vial.

A nivel mundial actualmente son utilizadas muchas metodologías de optimización de proyectos en la construcción, la metodología BIM ha aportado en gran parte al desarrollo de estructuras verticales, en Colombia, según suministrados por McKinsey&Co y CAMACOL, el sector de la construcción se caracteriza por un importante rezago en la adopción e integración de nuevas tecnologías al desenvolvimiento de sus actividades.

Sin embargo, el BIM se presenta como una metodología con un gran potencial para apalancar el desarrollo tecnológico del sector, y su difusión a nivel internacional, facilita la aceptación por parte de un sector de la construcción, cada día más global.

Se puede decir que en existe una cohesión y acogimiento por parte del sector privado con la meta de impulsar la difusión y adopción de la metodología BIM en el campo de la construcción. Uno de los principales propulsores de la metodología en el país, es la Cámara Colombiana de la Construcción CAMACOL, que con ayuda de otras organizaciones sin fines de lucro que velan por la unificación y la formación de los profesionales que integran este gremio, como lo son: BIM Fórum Colombia y ASOBIM (Asociación Colombiana BIM).

En varias universidades del país se encontraron trabajos de grado en los cuales se implementó la herramienta BIM para diferentes tipos de infraestructura y los cuales fueron usados en diferentes etapas de un proyecto constructivo.

Un primer trabajo realizado por los estudiantes Alfonso Mojica Arboleda y Diego Fernando Valencia Rivera en el año 2012 se baso es una investigación que implicó la implementación de una metodología BIM al proceso constructivo de una edificación de 6 niveles en estructura metálica en la ciudad de Bogotá, generaron un modelo 3D con la ayuda de la herramienta Revit ,

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

en el análisis de cantidades les permitió evidenciar la variación porcentual entre las cantidades que presenta la documentación y las extraídas del modelo de Revit para los ítems propuestos tuvieron variaciones porcentuales exageradas para otros ítems, en cantidades y presupuestos, debido a limitaciones del modelo por insuficiencia de detalle en los planos de diseño y en los demás documentos de obra que fueron la base de la modelación.

Un segundo trabajo realizado por Juan Sebastián Gaitán Cardona, Adriana Gómez Cabrera en el año 2014, en el trabajo se presenta la experiencia del uso de metodologías innovadoras para la planificación de la construcción de un puente de concreto en Colombia. Fue aplicada la metodología BrIM (BridgeInformation Modeling), con el objetivo de mejorar el rendimiento y desarrollo de la planificación constructiva de este tipo de estructura. La elaboración del proyecto se dividió en tres etapas: la construcción del modelo conceptual, la simulación del proceso constructivo, y la cuantificación de materiales y costos.

Realizar modelos paramétricos para puentes es una herramienta valiosa para la planificación, diseño y construcción. La experiencia adquirida demuestra que esta metodología permite una integración entre diseñadores y constructores que facilita el entendimiento del proyecto, identificar incompatibilidades y minimizar errores. La principal dificultad quedó evidenciada en la destreza necesaria para el buen uso de las herramientas de los programas que se tienen a disposición. (Gaitan Cardona & Gomez Cabrera, 2014)

Como tercer trabajo realizado por Brandom Stevens Cortes Millan en el 2018 lleva como título: Desarrollo de estructura bim para la coordinación de ingeniería primaria y secundaria en subestaciones de alta tensión, Pasantía desarrollada en las instalaciones de la compañía Siemens, la cual se enfoca en la estructuración y adecuación de los softwares utilizados en la metodología BIM para el desarrollo de proyectos. Esto como respuesta al proceso de innovación y digitalización que está demandando el mundo energético actual.

El manejo y la depuración de las bases de datos en la unidad de negocios Transmission Solutions, permitieron organizar toda la documentación e información como brochures, catálogos manuales, planos entre otros dentro de la unidad. Siguiendo unos lineamientos coherentes y protocolos que tiene la compañía; obteniendo así una base más compacta y facilitando el flujo de trabajo e

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

información durante las distintas fases de desarrollo de ingeniería primaria de subestaciones eléctricas de alta tensión. (Cortes Millan , 2018)

La implementación de nuevas tecnologías en el desarrollo de procesos dentro de la empresa, permite que las soluciones a los clientes sean en menos tiempo, eficientes y de calidad.

Otro documento realizado por David Felipe Limas Mendigaño en el año 2019 lleva el título: Metodología BIM aplicada a la fase de prefactibilidad de un proyecto vial de tercer orden en Colombia-Universidad Santo Tomas, la idea principal consistió en la implementación de la metodología BIM en una vía terciaria del municipio de Pesca, Boyacá en la Fase 1 optando como guía el plan de ejecución BIM de la Universidad de Pensilvania, se realizó un modelo 3D usando el software Infracore.

Lograron elaborar un documento académico con bases teóricas y prácticas en el cual se presenta la adaptación de la metodología BIM (creada para edificaciones) a la fase de prefactibilidad de un proyecto vial terciario en Colombia, mostrando una alternativa que permita mejorar los procesos de diseño, planeación, coordinación y transparencia en obras civiles.

Para llevarla a cabo, se adaptó el plan de ejecución BIM de la Universidad de Pensilvania a las necesidades específicas del proyecto. Se definió un organigrama con los roles requeridos, se ajustaron los usos BIM (planeación, modelado de condiciones existentes, análisis de sitio, análisis de alternativas y coordinación del diseño) a las exigencias de los requerimientos del cliente y se desarrolló un modelo federado en el software Infracore a partir de información secundaria.

La empresa MAB-Ingeniería de valor en el año 2020, logra generar una guía la cual puede ser tomada como punto de partida para un proyecto de construcción con el objetivo de brindar una orientación para cualquier persona o empresa que este conociendo y quiera implementar la metodología BIM. El autor concluye que para que una metodología BIM sea realmente efectiva, se deben involucrar todos los actores de la construcción (dueños de proyecto, diseñadores, constructores, interventores/supervisores) teniendo protocolos establecidos y siempre dentro del Plan de Ejecución BIM.

Juan David Giraldo Aguirre en el 2019 realiza un trabajo el cual se titula: Propuesta para la implementación de la metodología BIM en el desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura en

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

La Policía Nacional de Colombia en el cual evaluaron alternativas de adopción al interior de una organización pública con objetivos relacionados con la seguridad ciudadana, para fortalecer la administración de activos fijos, garantizando el despliegue de sus procesos. Se estructura un plan de implementación BIM (BIP), evaluando la organización, análisis de madurez BIM, valoración de inversiones, retorno de la inversión y alineación con políticas de estado. Los resultados presentan nivel definido de madurez, siendo posible la implementación con aspectos de adaptabilidad para la gestión de los proyectos nuevos. (Giraldo Aguirre, 2019)

3.1 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La implementación de la metodología BIM en el campo de la infraestructura colombiana no se ha podido desarrollar de manera adecuada porque hace falta una unificación de la documentación existente y en los avances realizados en este campo en el contexto colombiano, es por ello que se busca realizar un estado del arte el cual se pueda tomar como punto de partida para la concepción de nuevos campos de aplicación y así poderla implementar en la ingeniería colombiana.

La inversión del país en proyectos de infraestructura cada año crece más y sin lugar a duda estos proyectos representan un papel importante en la economía y el desarrollo, sin embargo, no es un secreto que en muchas ocasiones durante la ejecución y gerencia de estos proyectos se presentan muchas inconsistencias y errores, los cuales acarrearán atrasos y sobrecostos, es por esto que surge la necesidad de implementar nuevas herramientas y metodologías que ayuden a mejorar esta situación.

Es importante conocer y tener en cuenta la situación actual y el avance que ha tenido Colombia en la implementación y reglamentación de la metodología BIM, pues así muchos profesionales, estudiantes y empresarios podrán despertar interés en este tema, les permitirá no solo adquirir conocimientos sino motivar al desarrollo y uso de esta herramienta en cualquier tipo de infraestructura.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

3.2 JUSTIFICACIÓN

No cabe duda que cada vez más países a nivel mundial se han interesado en implementar la metodología BIM en sus proyectos de ingeniería civil obteniendo resultados muy satisfactorios, por eso es indispensable hacer una recopilación de los documentos existentes en Colombia realizados por diferentes autores, ya que sería de gran ayuda tener un punto de partida para todos los ingenieros y arquitectos que de una u otra forma están interesados en implementar, estudiar o potenciar esta metodología.

3.3 HISTORIA DEL BIM

En 1984, el concepto BIM aparece gracias a la empresa Graphisoft la cual lo implemento con el nombre de Virtual Building (Edificio Virtual) en su programa ArchiCAD y también VectorWorks en 1985, después Autodesk compró la compañía texana Revit Technology Corporation por 133 millones de dólares, mientras que otros postulan que fue el profesor Charles M. Eastman, del Instituto de Tecnología de Georgia, el primero en difundir el concepto de modelo de información de edificación, como un sinónimo de BIM, a inicios de los años setenta en numerosos libros y artículos académicos.

Sin embargo, parece haber un consenso generalizado acerca de que Jerry Laiserin fue quien lo popularizó como un término común para la representación digital de procesos de construcción, con el objetivo de intercambiar e Inter operacionalizar información en formato digital. Esta capacidad hoy es ofrecida por diferentes proveedores tecnológicos como: Bocad, Tekla, Nemetschek, Sigma Design, Autodesk, StruCad de AceCad Software, BentleySystems, AVEVA Solutions, Graphisoft, ACCA software, sds/2 por Design Data (líder en ingeniería de detalle), CADDetails, Dlubal Software, Esri, entre otros.

Por otra parte, el concepto de BIM, en el área de la arquitectura y la construcción, presenta varias opciones en cuanto a plataformas y software para su implementación.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

En 1978 se presentó la primera versión de SigmaGraphics, desarrollado por Sigma Design International, de Alexandria, Louisiana, el cual posteriormente se denominó ARRIS CAD en el año de 1984: un entorno completamente dedicado a la arquitectura y la construcción. Este software originalmente fue desarrollado para entornos multitarea tales como UNIX/XENIX y actualmente trabaja bajo sistemas operativos de Windows.

Para los primeros años de la década de 1980 en Estados Unidos se identificaban los modelos BPM “Building Product Models” que eran denominados PIM “Product Information Model” en Europa, especialmente en Finlandia. Finalmente se acuñó el término BIM “Building Information Modeling” a partir de la combinación de ambas denominaciones. Paralelamente en Alemania apareció el término *BauInformatik* cuya traducción más próxima al inglés sería Information and Computer Technology (ICT) to Construction, es decir información y tecnología computacional para la construcción. Este término se empleó repetidamente durante los años 80 pero finalmente desapareció. (Mitchel, 1977)

En 1986 apareció el primer documento que presentaba explícitamente el concepto de Building Information Modeling - BIM - no obstante, se considera que estas metodologías comenzaron a desarrollarse a partir de un concepto introducido por el Profesor Chuck Eastman en 1975 del Departamento de Arquitectura del Georgia Institute of Technology, quien se considera el padre de BIM. Eastman evidenció que en los procesos de diseño y construcción se desperdiciaba mucho tiempo modificando y actualizando planos y dibujos cuando se requería hacer una modificación a los existentes y señaló que “Cualquier cambio realizado en un plano o dibujo de un arreglo debería hacerse sólo una vez y los demás dibujos derivados del mismo arreglo de elementos se actualizarían automáticamente” (Eastman, 1975)

En el año 2000 K. Boo y M. Fisher lograron una modelación 4D para un edificio de oficinas a partir de un modelo 3D asociado a una programación de diagramas de Gantt que empleaba el método de la ruta crítica (CPM).

En 2003 aplicaron modelos e-work para automatizar sistemas de gestión de materiales de construcción: cantidades de obra, licitaciones y revisiones de materiales (Hurtado et al, 2010) pero no fue sino hasta el 2007 que se logró ligar las cantidades de obra a la programación al

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

incorporarlas a las simulaciones (Tjell, 2010). Así se establecieron las bases para la modelación paramétrica que conjuga las propiedades geométricas de la modelación 3D con diversas características que se pueden asignar a esas formas tridimensionales y que son de gran utilidad en la planeación, diseño y ejecución de proyectos de construcción: propiedades de materiales, costos unitarios, tiempos de instalación, entre otros. (Mojica Arboleda & Valencia Rivera, 2012)

Ya en los últimos años algunos países de Reino Unido hacen obligatoria la implantación de la metodología BIM en los proyectos de obras públicas, también en 2018 España pide uso obligatorio de BIM en proyectos de licitaciones públicas de edificación.

3.2.1 Cronología:

1975: Se publica el primer trabajo sobre BIM, por el profesor Chuc Eastman

1984: Una de las empresas líderes en la aplicación del concepto BIM fue Graphisoft, de Hungría, que lo implementó con el nombre Virtual Building (Edificio Virtual) desde 1984 en su programa ArchiCAD, como también VectorWorks.

1985: (anteriormente MiniCAD de DiehlGraphsoft) reconocidos como ser los primeros software CAD para computadora personal capaz de crear tanto dibujos en 2D como 3D y también la incorporación de lenguaje capaz de producir reportes; Autodesk comenzó utilizar el concepto BIM.

1996: Comienza a funcionar el consorcio industrial IAI que asesora el desarrollo de aplicaciones integradas.

2000: Autodesk compró la compañía texana Revit Technology Corporation por 133 millones de dólares.

2002: Se crea el primer proyecto Bim integrado en Finlandia

2006: Se lleva a cabo el primer proyecto IPD en Estados Unidos.

2007: Se crean las primeras guías que hay que seguir para llevar a cabo un proyecto BIM, en Estados Unidos y Finlandia.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

2010: El gobierno de Reino Unido anuncia los requisitos para la implantación.

2012: Finlandia publica los requerimientos BIM comunes a nivel Nacional.

2015: Países como España han adoptado hojas de ruta para la implantación.

2016: Reino Unido hace obligatoria la implantación de la metodología BIM en los proyectos de obras públicas.

2018: Uso obligatorio de BIM en España en proyectos de licitaciones públicas de edificación.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

4. NORMATIVIDAD

Actualmente, la creciente preocupación de la comunidad internacional y del sector de la construcción por los sobre costos y demoras en la ejecución un proyecto, ha tenido un gran impacto en la mentalidad de las empresas. En Estados Unidos, España y otros países, esta situación ha llevado al aumento y establecimiento de regulaciones más estrictas dirigidas hacia dos objetivos; minimizar los costos de los proyectos y avanzar la implementación de nuevas tecnologías más eficientes. El progreso de las normas y la tecnología ha cambiado sustancialmente la manera en que las empresas ejecutan y desarrollan las fases de un proyecto de infraestructura, siendo un claro reflejo en la gestión de las empresas españolas que, ante las nuevas oportunidades competitivas que ofrece el uso del BIM han comenzado a adoptar posicionamientos más innovadores, de manera que integran estos aspectos en sus estrategias.

El interés en la metodología BIM se ve reflejado en el crecimiento del número de empresas que durante los últimos años han decidido implantar sistemas y normas de certificación BIM, como es la ISO 19650, la resolución 0441 y el CONPES 3975, esto ha sido posible gracias al interés de muchas personas en el mundo interesadas en conocer y aprender nuevas herramientas de trabajo.

Figura 1 Descripción de las versiones ISO 19650

Descripción
BS EN ISO 19650-1 <ul style="list-style-type: none">• Desarrollo de conceptos y principios.• Organización de la información de las obras de construcción.• Empleo del modelo de información de edificios.
BS EN ISO 19650-2 <ul style="list-style-type: none">• La fase de entrega de bienes sustituye los principios (BS 1192) y la fase de capital/entrega (PAS).
BS EN ISO 19650-3 <ul style="list-style-type: none">• Organización de la información de la obra de construcción.• Empleo del modelo de información de edificios.• Desarrollo de la explotación de los activos.• Sustituye PAS 1192 Parte 3 fase operativa
BS EN ISO 19650-4 <ul style="list-style-type: none">• Modelado de la seguridad de la información del edificio, gestión de activos y entornos digitales integrados.• Organización de la información de la obra de construcción.• Empleo del modelo de información de edificios.• Sustituye PAS 1192 Parte 4 Seguridad.

Fuente: Tomado de (Seys, 2018)

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

Sin embargo, a pesar del interés mostrado por parte de la sociedad y las empresas en países como Colombia no ha generado el suficiente interés para que la industria de la construcción cambie su manera tradicional a la hora de desarrollar un proyecto y se acoja a la implementación de nuevas metodologías de trabajo.

Resolución 0441 -Guía de digitalización de licencias de construcción en la modalidad de obra nueva con uso de metodología BIM- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Septiembre 2020 nace de la necesidad de estandarizar y guiar la adopción de la metodología BIM dentro del proceso de licenciamiento urbanístico, de tal manera que esto permita la verificación de cumplimiento de normas vigentes de las edificaciones y la posterior expedición del acto administrativo correspondiente a la licencia de construcción por parte del ente designado para desarrollar esta tarea.

4.1 NORMATIVIDAD DEL USO E IMPLEMENTACION DEL BIM

Las primeras normas de características técnicas enfocadas al uso del BIM se encuentran en el sector internacional, entendido como normas de países fuera del continente y normas construidas desde varios países.

Es necesario tener en cuenta que en éste momento existen países con especificaciones técnicas claras, donde se establece normas técnicas y procedimiento para la implementación de la metodología, pero como lo menciona el ingeniero Luis Guillermo Ocampo, lo cierto es que a la hora de implementar la metodología no se tiene claro que hay que hacer, como referencia, el Instituto de Normalización del Reino Unido (BSI – British Standards Institution) creó un documento que tiene como finalidad incorporar los procesos BIM a todas las obras gubernamentales en etapa de proyecto. A partir de 2016 todas las empresas que trabajen para obras estatales deberán cumplir con esta normativa que tendrá como objetivo principal reducir entre un 20% y 30% los costos de las obras públicas. (clarin-ARQ, 2018)

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

Colombia también se está trabajando para llegar a una “Normativa BIM” que nos permita ser más competitivos y tener mejores resultados en los proyectos de infraestructura de la nación. A estos esfuerzos de tener un claro referente de BIM se vinculan las grandes constructoras del país con pilotos que poco a poco van dejando claro el camino a seguir, también Autodesk hace su aporte y por supuesto IAC al proporcionar consultores y plataformas claramente orientadas a la gestión de cambio, a desarrollar prototipos digitales, a la correcta administración documental y que permitan realizar simulaciones tanto estructurales como análisis que vinculen cronogramas, costos y prototipos digitales en un solo entorno. (iac, 2016)

5. GUÍAS PARA LA ADOPCIÓN DEL BIM EN COLOMBIA

Para lograr que la industria de la construcción en Colombia adopte nuevas metodologías de trabajo en sus proyectos, es necesario contar no solo con la asesoría de profesionales internacionales que conocen y han tenido experiencia en el tema, sino también con documentos técnicos que sirvan de guía para el uso correcto de la metodología.

Tomando como base la documentación desarrollada por Corfo y Plan BIM Chile, además de la asesoría de especialistas ingleses, la Cámara Colombiana de la Construcción -CAMACOL-

pone a disposición el BIM KIT guías para la adopción BIM en las organizaciones, que pretende establecer un marco teórico general, aplicable a procesos constructivos, establecer requerimientos mínimos de información para los proyectos, proponer contratos “tipo para definir el alcance y condiciones frente a un proceso de contratación que involucre la metodología BIM”, entre otros. (BIM management, 2019)

5.1 BIM KIT-BIM FORUM COLOMBIA

A continuación, se presenta un pequeño resumen de cada una de las guías desarrolladas por Bim Forum Colombia.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

5.1.2 Roles

En esta guía encontramos recomendaciones que ayudan a definir roles, perfiles y responsabilidades para las empresas que hagan uso de la metodología BIM, además también describe los niveles de responsabilidad y habilidades que debe tener cada persona catalogados de la siguiente manera:

BIM MANAGER- Estrategia

Es el encargado de marcar las directivas de implementación BIM a medio y largo plazo. Juega un papel fundamental desde un punto de vista estratégico. Requiere un conocimiento holístico del BIM y, especialmente, de las tendencias que este sigue. Responsable de coordinar los diferentes equipos BIM que trabajan en un proyecto y de establecer las condiciones de contorno que deben asegurar que su trabajo sea compatible entre sí. Trabaja de la mano con el equipo de proyecto y Coordinador de proyectos a fin de ajustar los procesos y estándares BIM con los requerimientos del proyecto. Requiere conocimientos relativos al Project Management y a los protocolos de interoperabilidad entre plataformas. También debe saber cómo establecer protocolos de ejecución y comunicación entre los interesados (gestión, producción y usuarios). Define los procesos de intercambio de información entre las partes, así como su formato y su alcance.

COORDINADOR BIM - Gestión

Es el encargado de coordinar el trabajo a fin de que se cumplan los requerimientos acordados con quien defina la estrategia. Esto incluye llevar a cabo procesos de control y aseguramiento de la calidad de los proyectos BIM a fin de que su contenido sea compatible con los del resto de disciplinas. Debe tener conocimientos específicos sobre las herramientas definidas para el proyecto a fin de poderlas usar como herramientas de gestión. Se ocupa también de que los modelos sigan los estándares definidos por el rol encargado de la estrategia para que sean fácilmente procesables por otros agentes. Define el alcance del trabajo que desarrolla el rol de modelador BIM y audita la calidad de los entregables. Debe tener conocimientos acerca de los distintos protocolos que existen para el intercambio de información a fin de poder implementarlos en los flujos de trabajo colaborativo que se dan en el proceso BIM. Consolida la información y la gestión a través del Plan de Ejecución BIM (BEP).

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

ESPECIALISTA BIM – Producción

Es el responsable técnico de su especialidad. Modela y/o analiza la información asociada a los modelos para la coordinación de proyectos, programación, cuantificación, fabricación entre otros. Como revisor, visualiza y verifica la información propia de su especialidad (geometría, y datos) de los entregables desarrollados en BIM, según la etapa del ciclo de vida del proyecto (esquema básico, anteproyecto, proyecto, construcción y operación).

MODELADOR BIM- Producción

Es el encargado de dar uso del BIM como herramienta a fin de desarrollar las actividades propias de su disciplina. Sigue los lineamientos establecidos por el encargado de la gestión para garantizar una coordinación efectiva entre disciplinas. Asegurar la calidad de sus entregables integrándolos con las diferentes especialidades. A parte de los conocimientos relativos a su especialidad profesional, debe formarse en el uso de soluciones de software específicas para el desarrollo de su actividad, siguiendo estándares, protocolos y entregables especificados para el proyecto. Domina el intercambio de la información en diferentes formatos. Modela los elementos agregando o actualizando la información requerida. Usa y crea nuevos componentes de acuerdo a las necesidades de cada proyecto.

Dentro de esta guía por cada rol que se determinó también podemos encontrar las capacidades con las que debe contar cada persona según el rol.

5.1.3 Guía de modelado BIM

Esta guía busca estandarizar el modelado BIM desde el alcance del diseñador, teniendo en cuenta diferentes estándares y guías para el modelado BIM y la experiencia adquirida por parte de las empresas participantes en el fórum, como una forma de documentar las mejores prácticas profesionales.

5.1.4 Flujos de Trabajo

El presente documento busca ser un referente para la estandarización de los flujos de trabajo del proceso BIM en las empresas. Este documento fue resultado de un taller realizado con 45 miembros de 10 empresas constructoras y generar un flujo de trabajo óptimo bajo la metodología BIM para desarrollar un proyecto de Vivienda de Interés Social.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

La guía muestra como en cada uno de los estudios de caso primero se evaluaron las condiciones de entorno para así poder lograr definir los flujos de trabajo plasmado en un cuadro dentro del cual podemos encontrar una secuencia, quien debe dirigir cada una de ellas que debe hacer en cada etapa y que herramienta es la más conveniente, finalmente en cada caso justifican por qué se determinó así cada flujo.

5.1.5 Gestión de la información

El presente documento busca estandarizar la gestión documental de un proyecto de construcción bajo la metodología BIM (Building Information Modeling). Tomando como referencia la ISO 19650: 2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM). Information management using building information modelling.

5.1.6 Indicadores BIM

Para comprender mejor esta guía es necesario tener en cuentas las siguientes definiciones:

Figura 2 Definición de siglas

AVT	Ambiente virtual de trabajo
BEP	BIM execution plan
CDE	Common data environment
MIDP	Master Information Delivery Plan
PIM	Project information model
PIP	Project implementation plan
WIP	Work in progress

Fuente: (Camara Colombiana de la construcción, 2018)

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

Dentro de la guía encontraremos los indicadores clave de desempeño para BIM (Building Information Modeling) son las métricas que nos ayudan a identificar el rendimiento de tiempo, costo y alcance de las acciones tomadas en torno a BIM dentro de una organización. (Camara Colombiana de la construcción, 2018)

5.1.7 Creación de contenido

El presente documento busca estandarizar la creación de objetos y contenido del proceso BIM y establecer los requerimientos mínimos de información. Para llevar a cabo esta guía se tomó como referencia el documento: NBS. “International BIM Object Standard” Versión 1.0, September 2014, Bajo permiso.

En la primera parte de la guía podemos encontrar los requerimientos para definir, tipificar y obtener información específica de objetos BIM como, por ejemplo: detalles gráficos, ensamble, dimensiones, detalles del fabricante, tipo de objeto etc.

En el segundo capítulo de esta guía definen los requerimientos para la información que contiene un objeto BIM como conjuntos de propiedades y valores, por ejemplo: unidades de medida, símbolos de unidad, propiedades de rendimiento codificadas, dimensiones, etc.

Un tercer capítulo define los requerimientos geométricos de los objetos BIM para describir la forma física esta información geométrica está dividida en: datos generales, control gráfico, datos de forma, datos simbólicos, datos de requisitos especiales, datos superficiales/ materiales.

En el cuarto capítulo se describen los requerimientos funcionales que se pueden integrar en el objeto BIM y el quinto capítulo de esta guía encontramos la definición de los requisitos de metadatos para los objetos BIM, incluyendo las convenciones de nomenclatura para archivos, objetos, propiedades, materiales, valores e imágenes.

Ya para finalizar la guía tiene un sexto capítulo donde dan un listado de términos y definiciones para un mejor entendimiento.

5.1.8 Infraestructura vial

Esta guía es una 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

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

ejecutan, todo ello, en el marco general de la metodología BIM y las directrices dadas por la ISO 19650-2:2018 “Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of the assets.”

Esta guía está dividida en varios capítulos en los dos primeros podemos encontrar una parte introductoria y un análisis de la infraestructura en Colombia, donde definen algunos términos y clasifican los tipos de infraestructura existentes. En el capítulo tercero nos muestran las etapas y fases por las que un proyecto debe pasar antes de ser ejecutado identificando el problema o necesidad que se desea solucionar.

El cuarto capítulo es uno de los más interesantes, ya que esta subdivido en varios temas de interés, cada uno de ellos enfocados específicamente en infraestructura vial.

Los capítulos restantes hablan acerca de los roles, usos BIM, hoja de ruta, clasificación, conclusiones y recomendaciones todos ellos desarrollados en infraestructura, como pequeñas guías dentro de una gran guía.

5.1.9 Hoja de ruta para la implementación BIM

En esta guía encontramos la hoja de ruta de implementación BIM en Organizaciones en la cual se expone el paso a paso de una estrategia de implementación BIM propuesta la Misión de Organizaciones del BIM Forum Colombia y su componente gráfico.

La guía plantea 5 etapas en orden cronológico:

1. Inicio
2. Planeación
3. Ejecución
4. Medición y seguimiento
5. Retro Alimentación

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

5.1.10 Fichas de uso BIM

Esta guía da algunas recomendaciones para el manejo, aplicabilidad y alcance de los usos BIM en un proyecto de construcción, además describe algunas de las mejores prácticas en torno a la organización de la información, y puntos clave de toma de decisiones en un flujo de procesos.

Dentro de esta guía encontramos una lista de usos y referencias los cuales ayudan a definir el alcance de un modelo e identificar su propósito, estos usos los clasifican de la siguiente manera:

Figura 3 Usos de la metodología BIM



Fuente: (Camara Colombiana de la construcción, 2018)

Por cada proceso esta guía muestra un diagrama de flujo detallado, el cual facilita la implantación de la metodología en las compañías de construcción.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

5.1.11 Requerimientos BIM para tramites de Licencias

Esta guía plantea recomendaciones para el cumplimiento de los lineamientos establecidos por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio para entrega de modelo BIM para radicación, estudio y expedición licencias urbanísticas. Describe las mejores prácticas para la adecuada exportación de IFC desde diferentes softwares de autoría.

Esta guía resulta interesante ya que dentro de ella podemos encontrar manuales de entrega básica de algunos programas como: Revit, Archicad y Tekla Structures y también protocolos de verificación de calidad.

5.1.12 BEP

En este documento podemos encontrar El plan de Ejecución BIM desarrollado BIM Forum Colombia reúne los capítulos basados en estándares internacionales los cuales fueron modificados según las experiencias de los miembros de BIM fórum Colombia.

Contiene plantillas para cualquier tipo de empresa del sector constructivo, tiene en cuenta los elementos básicos para la definición de un BEP y puede ser complementado con otros capítulos según como los requiera cada empresa. Estas con el objetivo de seguir los lineamientos de la ISO 19650 Parte 2.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

6. USO DEL BIM EN LA INFRAESTRUCTURA COLOMBIANA

A la metodología BIM se le han reconocido a nivel mundial las ventajas al ser incorporado en los pliegos de requerimientos para licitaciones públicas para infraestructura, ya que permite reducir tiempo y costos, aumentar la eficiencia y transparencia.

En Latinoamérica la inversión en infraestructura es 35% menos de la requerida, es así que implementar BIM ayudaría considerablemente a reducir esta brecha, ya que se estima que, a causa de diseños deficientes, durante la construcción el costo total del proyecto se incrementa llegando incluso a dejar inconclusos los proyectos. Además, se podría atenuar el incremento de las prórrogas en contratos y los costos asociados. (BIM, 2017)

Figura 4 Clasificación de la infraestructura en Colombia



Fuente: (Camara Colombiana de la construcción, 2018)

6.1 Infraestructura de transporte

La infraestructura de transporte tiene un rol fundamental en el desarrollo productivo y comercial de un país. Con la expansión de los mercados y la globalización, las economías mundiales hoy tienen la oportunidad de explotar las ventajas del comercio y llevar sus productos más allá de sus fronteras y su región. La infraestructura de transporte puede entonces reducir o crear barreras a

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

esta expansión, y su impacto no solo se traduce en resultados económicos, sino en calidad de vida para los habitantes de un país. Colombia es un país con grandes oportunidades de comercio debido a su ubicación estratégica. Adicionalmente, al encontrarse en una posición central entre Suramérica y Norteamérica, es un puente entre regiones. (Camara Colombiana de la construcción, 2018)

Figura 5 Hoja de ruta de Bim forum Colombia para abordar la infraestructura



Fuente: (Camara Colombiana de la construcción, 2018)

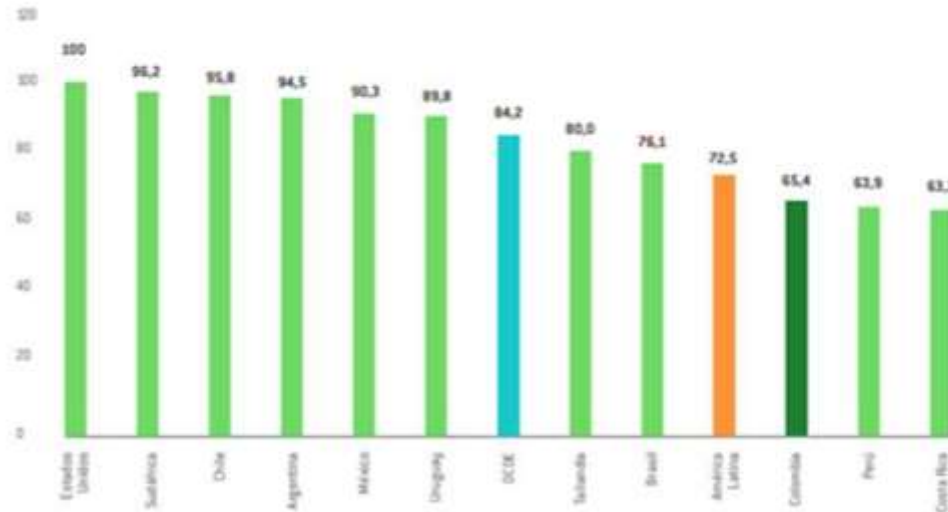
6.1.1 Infraestructura terrestre

Infraestructura vial

En comparación con Latinoamérica, Colombia tiene una calificación de 65.4 en el índice de conectividad de carreteras, en comparación al promedio de Latinoamérica de 72.5 y la OCDE de 84.2. (Camara Colombiana de la construcción, 2018)

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

Figura 6 Valor entre 0 y 100 donde una puntuación más alta presenta mejor desempeño



Fuente: (infraestructura, 2020)

Metro de Bogotá

El metro de Bogotá, es uno de los proyectos más esperados y ambiciosos actualmente tiene el país, los diseños de este megaproyecto fueron realizados con la herramienta BIM adaptada por primera vez en una entidad pública en Colombia.

Figura 7 Modelación del metro de Bogotá usando la herramienta BIM

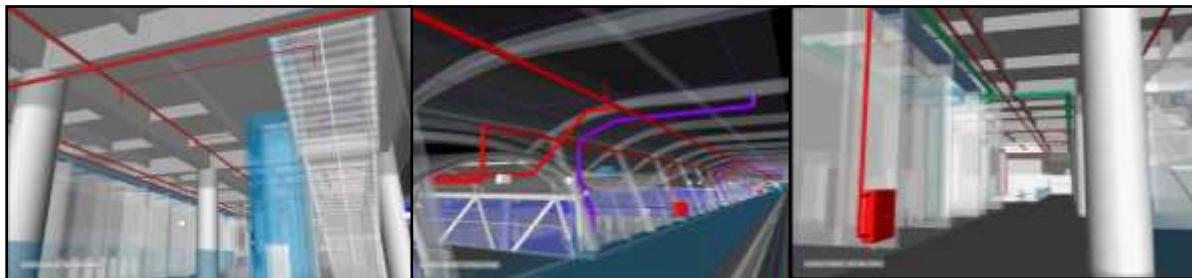


Fuente: (Revista Semana, 2018)

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

Se han llevado a cabo varias simulaciones en ordenador para distintos parámetros de operatividad y posibles inconvenientes de construir una infraestructura de este tipo, en una de las 15 ciudades más congestionadas del mundo. Gracias a estas simulaciones ha sido posible determinar que, en contra de lo usual para este medio de transporte, la mejor solución es un metro superficial, y no subterráneo. Esta controversial solución, resultará en un ahorro del 28% en el presupuesto, y de 24 meses en el tiempo de ejecución. Conclusiones que no hubieran sido posibles de no contar con el BIM, y aunque en este caso venga exportado desde el extranjero, es una demostración para las entidades gubernamentales del ahorro en el coste público que puede significar abrirse a la era digital. (Structuralia, 2020)

Figura 8 Detalles de una estación del metro de Bogotá



Fuente: (Metro de Bogotá, 2018)

Infraestructura puentes

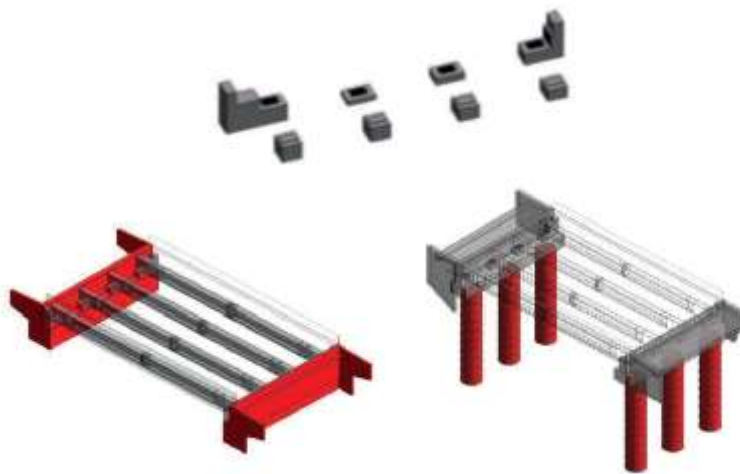
A partir del BIM, aplicado a edificaciones, se ha desprendido el concepto de BrIM (Bridge Information Modeling o Modelado de la Información de Puentes), El uso de BrIM se basa en la generación de una representación inteligente de los componentes de la estructura que acogen información detallada y necesaria de todas las etapas del ciclo de vida del puente. (Gaitan Cardona & Gomez Cabrera, 2014)

Se desarrollo un proyecto practico, utilizando la metodología para planificar la construcción del proyecto que correspondía a la construcción de la doble calzada entre la ciudad de Bogotá y Villavicencio. La estructura consistía en un puente recto de vigas simplemente apoyadas con una luz de 20 m, el cual se requería para el paso de la vía sobre un cauce existente.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

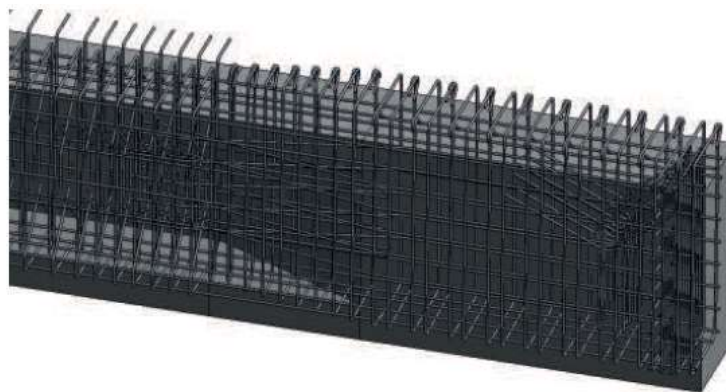
La principal herramienta para generar la representación del puente en un modelo 3D se obtiene a partir de las extensiones que Autodesk® tiene disponible en su plataforma virtual. Esta herramienta permite el modelado de la estructura, el refuerzo, la interoperabilidad y la documentación de toda la construcción del proyecto. (Gaitan Cardona & Gomez Cabrera, 2014)

Figura 9 Detalles modelo en 3D de un puente



Fuente: (Gaitan Cardona & Gomez Cabrera, 2014)

Figura 10 Detalle de la modelación 3D refuerzo de la estructura



Fuente: (Gaitan Cardona & Gomez Cabrera, 2014)

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

Finalmente se realizó la animación del proceso constructivo en el tiempo, a través de una simulación que representa secuencialmente el orden constructivo de los componentes de la estructura. El primer paso consistió en exportar el modelo Revit® a un formato compatible con Navisworks®. Esto se realizó con el fin de poder vincular los componentes a un cronograma.

Puente Pumarejo

Uno de los proyectos de referencia a nivel mundial en el uso de la metodología BIM es la construcción del Puente de Pumarejo en Colombia, ejecutada por Sacyr Construcción. El puente tiene 2.250 metros de longitud y 800 metros de tramo atirantado, es el puente más grande de Colombia y uno de los más grandes en el mundo.

Figura 11 Modelo 3D puente Pumarejo

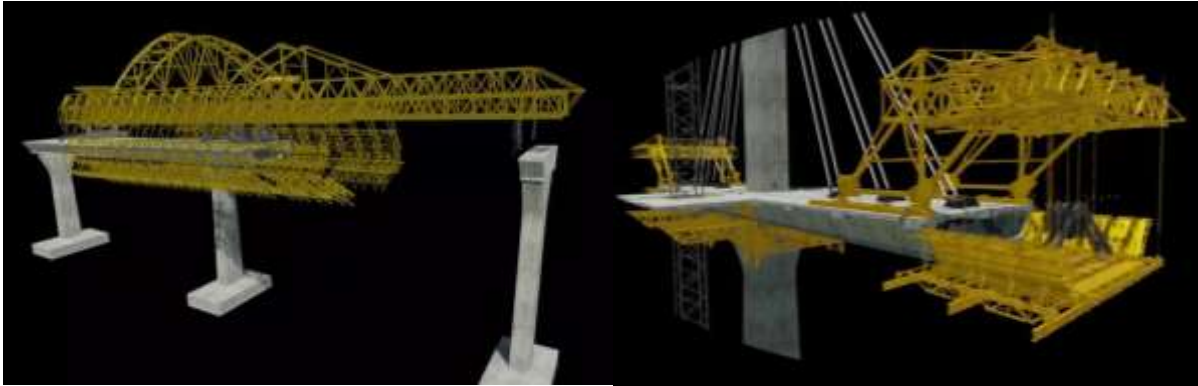


Fuente: (Multitubo, 2020)

Durante su ejecución se utilizó el modelo BIM para optimizar los recursos y mantener la calidad, al implementar la metodología BIM se pudo simular la compatibilidad de materiales y procesos, además del comportamiento de la estructural.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

Figura 12 Detalle cimbra modelo BIM del puente Pumarejo



Fuente: (Sacry, 2020)

6.1.2 Infraestructura marítima

Las obras marítimas pertenecen a las ramas menos abordadas en los estudios relacionados con la ingeniería civil, no obstante, presenta aspectos únicos que son ajenos a otras ingenierías y que por el contrario son indispensables para poder desempeñar este tipo de proyectos.

El país también ha tenido un crecimiento muy importante en el sector marítimo, debido al aprovechamiento de su ubicación geográfica. En el 2009 Colombia ocupaba el puesto 107 en calidad portuaria, entre 133 naciones, según el ranking económico mundial, sin embargo, en el 2018 llegó a ocupar el lugar 77. El país cuenta hoy con 9 zonas portuarias, en las cuales se ubican más de 70 terminales a los que el Estado les entregó en concesión unas zonas de uso público, que deberán revertirse o prorrogarse al vencimiento del plazo del contrato. La ANI está a cargo de la supervisión de 55 de esos terminales, ubicados en 8 de las 9 zonas portuarias. (Revista maquinaria pesada, 2014)

En diferentes departamentos del país se tienen varios proyectos de construcción para la rehabilitación y construcción de muelles y pasarelas también, se contrataron los estudios y diseños para la navegabilidad del río Atrato y obras de protección fluvial para los ríos navegables a cargo del Instituto Nacional de Vías.

Según el ingeniero Químico colombiano Sergio Velásquez de la universidad de Antioquia menciona que en una estructura marítima todos los elementos modelizados en 3 dimensiones,

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

añaden otras características aportando atributos temporales, de coste, de mantenimiento y de ciclo de vida, lo que permite pensar en un sistema multidimensional más allá del 3D, que tiene la virtud de proveer los datos necesarios para simular sobre la distribución espacial, las operaciones logísticas (movimiento de contenedores, carga y descarga en diferentes medios de transporte – buques, trenes y camiones- el movimiento de las grúas y las vías y espacios de carga, los accesos y las conexiones del terminal con su entorno cercano) y sobre el volumen de carga, todos los aspectos relacionados con los costes, consumo de energía, recursos humanos, desgaste y mantenimiento de la infraestructura. (Naucher Global, 2019)

Implementar la metodología BIM en los futuros proyectos de infraestructura marítima en el país no resulta fácil ya que aún no existe una guía práctica para este tipo de infraestructura, sin embargo, podemos tomar como ejemplo países como España el cual cuenta con la guía BIM del sistema portuario de España generada en el 2019 y la cual podría servir como punto de partida de nuestro país.

6.1.3 Infraestructura Aérea

Durante los últimos años, la aviación comercial en Colombia ha tenido un crecimiento excepcional en cifras aproximadas, los pasajeros movilizados pasaron de 23 millones en 2010 a más de 40 millones en 2019 (crecimiento cercano al 90%). Si la tendencia se mantiene como se prevé (aumentos cercanos al 10% anual), en 2.030 Colombia llegará al nada despreciable volumen de 100 millones de pasajeros anuales, con los impactos positivos en la economía, el turismo y el crecimiento de la industria aérea nacional que esto conlleva. (Portafolio, 2020)

Dentro de los proyectos que están contemplados en el país se encuentra la expansión del aeropuerto Rafael Núñez, Aeropuertos del Suroccidente, nuevo aeropuerto de Cartagena de Indias, aeropuertos de San Andrés y Providencia entre otros. La ampliación de la infraestructura requiere un esfuerzo en equipo entre diversas entidades como la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), Planeación Nacional (DNP), Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) entre otras, dentro de las cuales se esperaría que la ANI impulse la metodología BIM para la ejecución de estas obras.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

6.2 Infraestructura Hidráulica

La adopción de metodologías BIM en la concepción de proyectos de alcantarillado al día de hoy cuenta con el adecuado respaldo de aplicativos que permiten implementar flujos de trabajo de gran precisión y un mínimo de reprocesos que, al igual que otras disciplinas que se benefician de BIM, permiten generar modelos cuya utilidad inicia con la concepción del proyecto y puede culminar con la vida útil del mismo (Orozco Rivera, 2017)

Uno de los documentos encontrados corresponde a una tesis en el cual implementan la metodología BIM en el diseño de un proyecto hidroeléctrico ubicado en el municipio de Tarso, Antioquia. En el trabajo se describen las herramientas que actualmente son usadas para generar modelos 2D, 3D y 4D, hace énfasis en los softwares AutoCAD Civil 3D, Revit e infraworks, como aquellos se utilizaron para el desarrollo del modelo de la hidroeléctrica, este documento es muy interesante ya que describe el paso a paso de como elaboraron el modelo.

En la siguiente figura se presentan los elementos 3d obtenidos e importados a infraworks, integrados con los demás modelos de las obras.

Figura 13 modelo final en 3D de la hidroeléctrica



Fuente: (Hill Posada, 2015)

Después de realizar el modelo de las obras principales de la central hidroeléctrica Mulatos II, se concluye que la implementación de las herramientas BIM en el proceso de los diseños, constituye un gran beneficio para las firmas consultoras, debido a que son una herramienta innovadora que almacena información tanto gráfica, como descriptiva, que permite optimizar el proceso de diseño,

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

integrar los productos que arrojan las diferentes disciplinas y detectar interferencias, lo cual ofrece una visión global y detallada del proyecto. (Hill Posada, 2015)

En nuestro país todas las construcciones nuevas deben contar con diseños hidrosanitarios, los cuales deben cumplir a cabalidad con las normas y decretos vigentes como lo son la Norma Técnica Colombiana NTC 1500 Código Colombiano de Fontanería, y el RAS 2000 Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS entre otras y serán insumo fundamental para la fase de construcción de las edificaciones, además de esto deberán ser validados por las empresas de servicios públicos que apliquen a nivel nacional.

Los diseños son elaborados generalmente con herramientas comunes como: AutoCAD, GstarCad, Ares, etc., pero con la llegada del BIM estas cada vez más son reemplazadas por la metodología BIM pues el uso de esta implica mayores beneficios para la fase de construcción de un proyecto.

6.3 Infraestructura de energía

6.3.1 Infraestructura Petrolera e infraestructura de Gas Natural

Según la asociación colombiana de petróleo a raíz de la pandemia que estamos enfrentando, el consumo de los combustibles líquidos ha disminuido un 20%, para este año 2021 se proyecta un crecimiento del 16% en el país con un mercado de mayor competencia entre importadores y distribuidores, y energéticos.

Dentro de las proyecciones para 2021, se esperan también inversiones de 500 mil millones de pesos por parte de las empresas del sector, de los cuales el 62% será destinado al mejoramiento de estaciones de servicio, el 17% a ampliaciones y mantenimiento de plantas, el 6% para proyectos de transición energética (electrolineras), el 2% para gestión socio-ambiental y el 13% en otras actividades (lubricantes y complementarios). (ACP, 2020)

Por otro lado, el gobierno anunció que se harán ocho obras para la infraestructura del suministro del gas para lo cual presentó el Plan de Abastecimiento de Gas Natural formulado por la Unidad de Planeación Minero Energética (Upme) en el cual se incluye ocho obras que permitirán atraer inversiones por US\$800 millones. La UPME seleccionará el inversionista que lleve a cabo el

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

diseño, construcción, operación y mantenimiento de esta infraestructura y del gasoducto que la conectará.

A pesar de la inversión que se presupuesta para este año, no se encontró ningún indicio en el cual el sector petrolero o gas natural que quiera adoptar la metodología BIM como herramienta de trabajo para alguno de estos proyectos, sin embargo, algunas empresas como Procolombia y HVM ofrecen servicios de modelado en 3D incorporándolo en la parte estructural, tuberías, equipos y sistemas electromecánicos, estudios especiales, asesorías y asistencia técnica en campo durante la construcción de un proyecto, sería interesante que algunos de estos proyectos involucraran empresas de este tipo.

6.3.2 Infraestructura Eléctrica

Los proyectos que transforman la infraestructura eléctrica de Colombia son llevados a cabo por la compañía ISA Intercolombia. Se estima que son casi 1.700 kilómetros de circuito que conectarán importantes centros de la red del país, como la Hidroeléctrica Ituango e impulsarán la energía solar y eólica en La Guajira.

El proyecto de la subestación eléctrica ubicado en Barrancabermeja garantiza el suministro de energía en el Magdalena, este proyecto fue liderado por el grupo EPM en el cual se realizó un diseño híbrido CADD-BIM de modelos 3D, donde se realizaron las integraciones de todos los sistemas de la subestación, con detección temprana de interferencias en la construcción, los aplicativos que se usaron fueron: AutoCAD, Autodesk inventor, Autodesk Revit MEP, Navisworks y A360. (Ospina & Baena, 2019)

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

Figura 14 Ventajas de la modelación 3D en el diseño de la subestación eléctrica



Fuente: (Ospina & Baena, 2019)

Figura 15 Modelo Bim de la subestación eléctrica



Fuente: (Ospina & Baena, 2019)

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

Desarrollo de estructura bim para la coordinación de ingeniería primaria y secundaria en subestaciones de alta tensión- Brandom Stevens Cortes Millan, 2018

El manejo y la depuración de las bases de datos en la unidad de negocios Transmission Solutions, permitieron organizar toda la documentación e información como brochures, catálogos manuales, planos entre otros dentro de la unidad. Siguiendo unos lineamientos coherentes y protocolos que tiene la compañía; obteniendo así una base más compacta y facilitando el flujo de trabajo e información durante las distintas fases de desarrollo de ingeniería primaria de subestaciones eléctricas de alta tensión.

Como resultado se optimizan diferentes procesos y al mismo tiempo se garantiza que los proyectos se entreguen en menor tiempo al cliente; siendo beneficioso para la compañía como para todas aquellas personas que intervienen en el proceso. Es decir que la meta y el cumplimiento de los objetivos no solo es de empresa sino de todos y cada de los que fueron participes.

La implementación de nuevas tecnologías en el desarrollo de procesos dentro de la empresa, permite que las soluciones a los clientes sean en menos tiempo, eficientes y de calidad. Por eso, el mejoramiento y en este caso el uso de la metodología BIM para el desarrollo de proyectos marca un punto importante entre lo convencional y lo moderno en cuanto a construcción de infraestructuras e interacción de los diferentes profesionales involucrados.

6.3 Infraestructura de telecomunicaciones

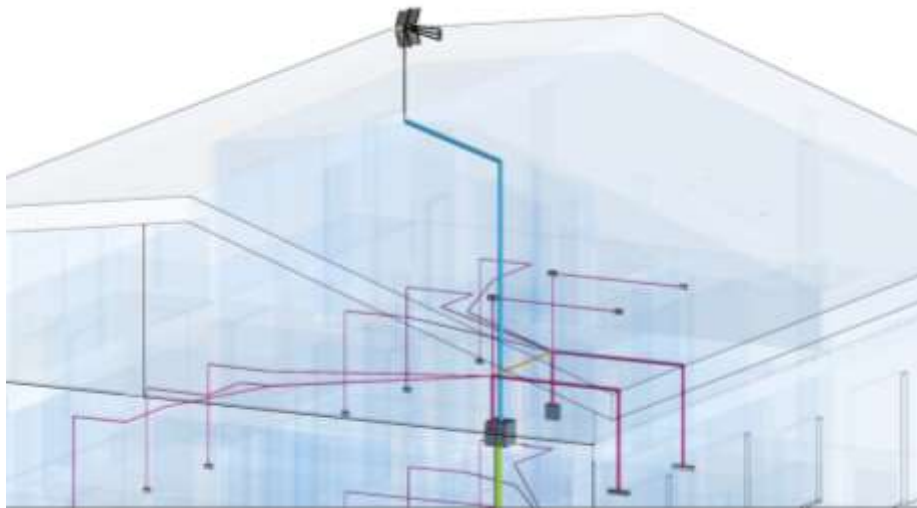
La infraestructura de telecomunicaciones es de gran importancia para el desarrollo de la TIC y consolidación del Ecosistema digital, está compuesta por conexiones internacionales, redes troncales, conectividad en zonas rurales, etc. Las telecomunicaciones hoy en día se ha vuelto una herramienta vital para la sociedad. Desarrollar soluciones para la infraestructura de telecomunicaciones es necesario para apoyar y soportar las nuevas tecnologías y aplicaciones.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

Una de las grandes tendencias en el futuro cercano es la tecnología 5G, considerando su llegada y su impacto en la infraestructura existente. La tecnología 5G permitirá ampliar exponencialmente los puntos de conexión a cada vez más dispositivos que quizá no se encuentren físicamente al final de la red, sino que serán inalámbricos. Esta tecnología requerirá de una infraestructura adecuada de data centers, de antenas, de cableados y de backbones de fibra óptica dado que se espera que se multipliquen mucho más las redes y la infraestructura existente. (Furukawa Electric, 2020)

La mayoría de plataformas para el desarrollo de proyectos BIM en la nube disponen de aplicación móvil, por lo que podemos recibir notificaciones en tiempo real de modificaciones producidas en el proyecto. Trabajar con un modelo virtual nos permite hacer uso de la realidad aumentada, para conocer con exactitud la posición de los elementos para, por ejemplo, realizar el mantenimiento de una instalación o buscar por donde discurren las canalizaciones para hacer una modificación. (Alcón Peña , 2019)

Figura 16 Modelo BIM de la infraestructura de telecomunicaciones



Fuente: (Alcón Peña , 2019)

Teniendo en cuenta la rapidez del cambio tecnológico es necesario que el gobierno y las autoridades generen rápidamente estrategias normativas para promover la implementación de la metodología BIM en la infraestructura de telecomunicaciones.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

6.5 Infraestructura de edificaciones

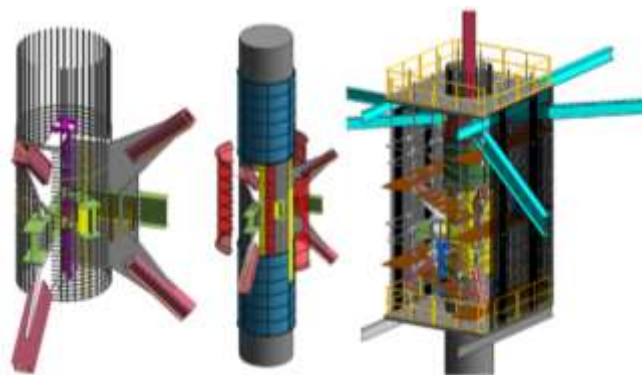
La infraestructura de edificaciones en el país, es la que actualmente lleva el liderazgo en implementar la metodología BIM en diferentes proyectos de construcción, ha sido implementada tanto en proyectos de vivienda, como en proyectos un poco más exigentes como por ejemplo la Torre Atrio de la cual se hablara más adelante.

La presidenta de la Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol), Sandra Forero, destacó que más del 40 por ciento de las edificaciones nuevas que se desarrollan en Colombia, ya están implementando el Modelado de Información para la Construcción (BIM, por sus siglas en inglés), una tecnología que está revolucionando la forma de edificación en el mundo.

Torre Atrio

Diseñada para ser la torre más alta de la capital colombiana, la Torre Atrio, es un proyecto inmobiliario del Grupo QBO y ARPRO, y diseñado por la firma de arquitectos urbanistas Rogers Stirk Harbour + Partners. Al ser un proyecto con tantos agentes involucrados, incluyendo arquitectos de varias partes del mundo, no hubiera sido posible cumplir con los plazos sin herramientas de diseño colaborativas como Revit, uno del software insignia de la metodología BIM. (Structuralia, 2020)

Figura 17 Detalle de columnas de la Torre Atrio



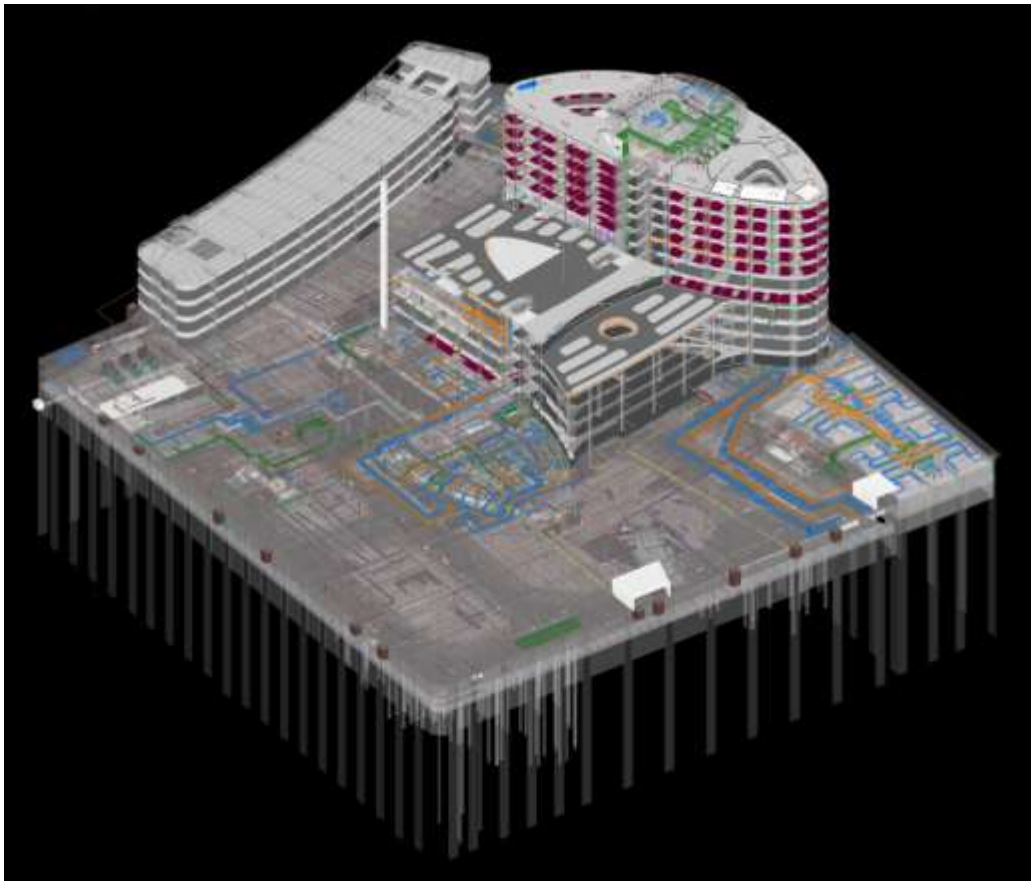
Fuente: (Skyscrapercity, 2017)

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

Centro de Tratamiento e Investigación Luis Carlos Sarmiento Angulo (CTIC)

Liderado por la empresa Construcciones planificadas S.A este centro de tratamiento e investigación de cáncer es uno de los proyectos más prometedores del país la empresa decidió implementar BIM para tener un mayor control del ciclo de vida completo de la construcción, desde los diseños en 3D hasta la ejecución para evitar sobrecostos y ahorrar tiempo.

Figura 18 Modelo BIM del centro de tratamiento e Investigación Luis Carlos Sarmiento Angulo



Fuente: (Autodesk, 2020)

Según el equipo de Construcciones Planificadas, este proyecto se convierte en uno de los proyectos más complejos en Colombia en temas de Coordinación Técnica ya que sus altos estándares y el número elevado de disciplinas hacen que en procesos tradicionales de 2D no se pueda llegar al grado de coordinación durante el proceso de diseño y por esta razón decidieron implementar BIM en el proyecto. A la fecha CTIC es el proyecto con mayor complejidad técnica, que cuenta con la

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

asesoría de 31 especialistas en diferentes áreas de la medicina, arquitectura e ingeniería. (Autodesk, 2020)

7. EMPRESAS PIONERAS EN EL USO DEL BIM EN COLOMBIA

BIM Fórum Colombia se trazó como meta que para el 2022, el 50% de las empresas del sector de la construcción estarán usando BIM, lo cual representará potencialmente 4 billones de pesos más de valor agregado.

Figura 19 Empresas Nacionales que usan Bim-Red de aliados



Fuente: (Ospina & Baena, 2019)

7.1 Amarilo

Esta empresa desde el año 2016 tomo la decisión de arriesgarse a cambiar su manera tradicional de trabajo e incursionar en la implementación de la metodología BIM.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

Actualmente, el ciento por ciento de los proyectos de la firma están integrados bajo este modelo, que se gestiona en la nube con la plataforma BIM360. Ella lleva la trazabilidad sobre las observaciones, requisitos de información y desarrollo de las obras durante sus fases de diseño, y, posteriormente, entrega los datos consolidados y listos para su ejecución. (Semana, 2020)

7.2 Arpro Arquitectos Ingenieros s.a.

No se sabe exactamente el año en que la empresa empezó a implementar la metodología BIM, pero actualmente respalda los procesos de diseño, construcción y control mediante la elaboración de modelos 3D integrados que ayudan a prever y solucionar los errores que se presentan en un proyecto mejorando la relación costo-beneficio y aplicando las técnicas propias de la gestión ambiental responsable por medio de la metodología BIM.

Cuentan con una Sala Digital la cual sirve como herramienta de colaboración digital diseñada para brindar información práctica y precisa a todos los interesados en la construcción. Esta sala virtual elimina los costos de impresión y riesgos de desinformación que pueden resultar en costosos reprocesos, todo en un entorno colaborativo, confiable y en tiempo real.

7.3 Cemex Colombia

La empresa cuenta con una línea de servicios exclusivos BIM

Figura 20 Etapas de diseño y planeación Cemex



Fuente: (Cemex, s.f.)

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

Figura 21 Etapa de construcción Cemex



Fuente: (Cemex, s.f.)

7.4 Construcciones Planificadas S.A

BIM se comenzó a implementar en la compañía desde el 2012, y hasta ahora lo han implementado en 5 Proyectos (Torres T7 y T8 Ciudad Empresarial Sarmiento Angulo, Hotel Grand Hyatt, Performing Art Center Ciudad Empresarial Sarmiento Angulo, El Edén Centro comercial y el CTIC). Adicionalmente, han tenido varios espacios para la capacitación BIM a todos los niveles y departamentos de la compañía. Actualmente cuentan con una oficina BIM dentro de la empresa que busca estandarizar todos los aspectos BIM dentro de la compañía. (Autodesk, s.f.)

7.5 Constructora Colpatria

La constructora Colpatria es otra de las empresas que ha tomado la decisión de implantar la herramienta BIM en sus proyectos, con la ayuda de la metodología han logrado ejecutar con éxito varias construcciones como, por ejemplo: Centro comercial parque de la colina, Conjunto residencial Arboleda del Parque, Conjunto residencial caminos de san Gabriel, Alameda de san Diego.

7.6 IDU

A finales del año pasado El instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá dio un paso muy importante con la iniciativa de implementar la metodología BIM (Building Information Modelling), al suscribir el contrato interadministrativo IDU-1344-2020, con la Empresa de Desarrollo Urbano de Medellín, se estima que para el primer semestre de este año el IDU cuente con un plan piloto.

Con este plan se quiere incorporar ajustes a los procesos, manuales y documentos contractuales, así como la utilización de recursos de tecnología de la información., mejorando procesos,

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

optimizando la inversión de recursos públicos y colocando al IDU al frente de las iniciativas innovadoras al adoptar la metodología en el distrito.

En el Instituto de Desarrollo Urbano IDU, el Director General ha querido impulsar la implementación de la Metodología BIM en los procesos de la entidad para lograr los beneficios mencionados, apoyado en Política Nacional para la transformación digital del CONPES 3975.

Para la intersección de la Avenida 68, Av. Primero de Mayo y la primera línea del Metro de Bogotá se implementó una modelación tridimensional aplicando la metodología BIM para armonizar los diferentes elementos que allí confluyen como son redes de servicios públicos y espacio público, entre otros elementos. En el anexo técnico de los procesos para los proyectos de extensión de la Av. Caracas, Troncal de la Av. 68 y Av. Ciudad de Cali, también se incorporaron algunos requerimientos orientados a la implementación de esta metodología. Para el proceso de contratación del Cable San Cristóbal se incorporó el anexo Protocolo BIM el cual incorpora elementos. (IDU, 2020)

Además, el IDU, tuvo acercamientos con el Grupo de Trabajo BIM y el ICONTEC, para participar en el Comité CTN254 – EDIFICACIONES Y OBRAS DE INGENIERÍA CIVIL para que se logre la adopción por parte del ICONTEC de la traducción oficial al español para Colombia de la norma ISO-19650 de 2018 “Organización y digitalización de información sobre edificios y obras de ingeniería civil, incluido el modelado de información de edificios (BIM). Gestión de la información mediante el modelado de información de edificios”, partes 1 y 2.

Finalmente, el IDU desarrolla un Plan Institucional de Capacitación se trata de un curso básico de Metodología BIM con la Universidad Nacional de Colombia, el cual lo están tomando sesenta funcionarios de planta, e igual número de contratistas que se costearán el mismo curso. Así mismo se vienen realizando conferencias a nivel interno sobre la Metodología BIM con expertos en el tema.

7.7 MAB – ingeniería de valor-2020

La empresa MAB, llevan más de 3 años implementando la metodología BIM desde procesos de interventoría y supervisión de estudios y diseños, construcción y operación y mantenimiento de

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

diferentes tipos de proyectos, y gracias a esa experiencia logran compartir esta guía con aprendizajes, buenas prácticas y consejos para llevar a cabo una correcta implementación.

Guía de buenas prácticas de implementación BIM- En proyectos de Construcción

La empresa MAB a través de su experiencia logra generar una guía la cual puede ser tomada como punto de partida para un proyecto de construcción.

El objetivo de esta guía simplemente es brindar una orientación para cualquier persona o empresa que este conociendo y quiera implementar la metodología BIM.

7.8 PAVCO Wavin

Revit®, cuenta por defecto con una librería de familias de tubería, la mayoría con estándares norteamericanos, motivo por el cual Pavco Wavin desarrolló las plantillas de sus productos para contextualizar Revit® a las condiciones locales permitiendo así totalizar cantidades de tubería y accesorios de sus proyectos.

Con la Librería de Pavco Wavin para Revit® puede insertar en el software los accesorios y tuberías Pavco Wavin con las medidas y atributos reales y no con los que vienen por defecto en el programa, allí encontrará las familias de productos de PVC Presión y SCH80, CPVC HOTPRO y SCH80, PVC Sanitaria hasta 10”, Novatec y Ventilación, Hep20, Sistema de Redes Contra incendios y la de Conduit LT y SCH40. Usar Revit® con la Librería Pavco permite, entre otras cosas:

1. Realizar integración de redes de diferentes tipos con la estructura y los planos arquitectónicos, evitando reprocesos en obra y optimizando el desarrollo de diseño y disminuyendo las interferencias en el proceso constructivo.
2. El software permite recrear en 3D en una plataforma BIM la estructura del proyecto que se esté diseñando, y conocer los componentes, cruces desde la fase de diseño y resultados de manera real, lo que optimiza costos en etapa de construcción.
3. La librería Revit® de Pavco Wavin cuenta con varias familias, que permiten clasificar los usos de la red en agua fría, caliente, reúso de aguas lluvia, redes contra incendios, eléctrico, tuberías y accesorios de sanitaria, además, incluye más de 800 referencias del portafolio de construcción.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

4. Se garantiza la precisión en sus elementos, por ejemplo, la distancia adecuada entre la pared y el desagüe del sanitario.
5. Se obtienen cantidades de obra precisas que incluyen información adicional como dimensiones de parte de fabricante, nombre y código de catálogo.
6. Se diseñan modelos con los detalles necesarios y no mas de los necesarios para evitar el colapso del archivo de diseño.
7. El diseñador y el constructor pueden enfocarse en el diseño y proceso constructivo de su proyecto y no en la generación de librerías para cada uno de sus insumos.
8. Garantías de las cantidades de materiales aterrizados a la realidad del proyecto. Adicionalmente, durante la ejecución de la obra, se garantiza la disminución de desperdicios en los materiales y optimiza tiempos de entrega de los mismos.
9. Pavco Wavin recibe pedidos directamente de los clientes, con las cantidades reales del proyecto, permitiendo además una planeación de cronogramas de fabricación y despachos de los productos.

7.9 Tipiel S.A

En los últimos años en la empresa Tipiel, se han conseguido buenos resultados en cuanto a productividad con las herramientas actuales, a pesar de ser una empresa dedicada al sector de los hidrocarburos (oil and gas), sabiendo que el sector ha tenido un decremento a nivel mundial recientemente.

La empresa ya cuenta con herramientas y metodologías tipo BIM, pero estas metodologías son exclusivamente para ciertos departamentos como los de tuberías y procesos, los demás departamentos incluyendo obras civiles usan la tradicional metodología CAD.

El departamento de obras civiles decidió implementar la metodología BIM a finales de 2015, sin tener mucho éxito debido a que empezó a utilizarla en un proyecto con características de alta complejidad e incompatible con las normas de construcción del país donde se estaba desarrollando dicho proyecto, Rusia. Por tal motivo se utilizó el software para realizar modelado únicamente sin incluir mayor información y el resto de los entregables se realizaban de la manera tradicional, para los dibujos AutoCAD y para las cantidades de obra se utilizaban macros de Excel.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

8 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA METODOLOGIA BIM

8.1 VENTAJAS

- ✓ La metodología BIM permite visualizar en el tiempo la ejecución del proceso constructivo y calcular las cantidades y costos.
- ✓ Visualización y avance del proyecto a partir de modelos 3D.
- ✓ Ahorro de tiempo, optimización del proceso, mayor calidad, ahorro de costes (puede suponer ahorros de entre un 10% y un 20%) y mayor rentabilidad.
- ✓ El uso de esta herramienta permite integrar información georreferenciada de cada componente que forma parte del Proyecto. Es una herramienta 5D, ya que permite la visualización de información detallada, en tiempo real.
- ✓ Todos los profesionales que desarrollen un proyecto de construcción pueden trabajar sobre un único proyecto en tiempo real con acceso a la misma información.
- ✓ optimizar la planeación, identifican los riesgos, evalúan los proyectos desde etapas tempranas, mejoran el diseño y la comunicación y agilizan la toma de decisiones.
- ✓ En un diseño vial, se logra integrar toda la información (geológica, hidrológica, geotécnica, ambiental, arqueológica, de predios, etc.) en un modelo 3D del terreno, y desarrolla el diseño preliminar de una vía, visualizando su interacción con el entorno, identificando, superposiciones con humedales, parques nacionales, posibles conflictos sociales por adquisición de predios, e incluso tramos que se puedan ver afectados por el aumento del nivel del mar derivado del cambio climático, entre otros. Así, el diseñador puede cambiar el trazado o las especificaciones de las vías rápidamente, mitigando riesgos antes de pasar al diseño de detalle y construcción.
- ✓ Se pueden realizar simulaciones en tiempo real de estudios de tráfico para la comprobación del funcionamiento de las instalaciones (eficiencia de las medidas de seguridad vial, coordinación de trabajos en obra, etc.).

Las principales ventajas de usar las librerías:

- ✓ Gran nivel de detalle y precisión de los accesorios.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

- ✓ Ahorro de tiempo, ya que al diseñar se inserta la mayoría de accesorios automáticamente.
- ✓ Proporciona una lista de materiales completamente integrada.
- ✓ Reduce el riesgo y el desperdicio, debido a un diseño y la lista de materiales preciso.

8.2 DESVENTAJAS

Implementación:

- Sin un liderazgo fuerte en las empresas durante todas las etapas de un proyecto, tener éxito en la implementación del BIM puede ser mucho más complicado.
- Inversión inicial de alto costo en cuanto a la educación e implementación (hardware, software, etc.).
- Las necesidades de formación son más complejas y es más difícil disponer del tiempo para el aprendizaje sin que se vea perjudicada la productividad de la empresa.
- Como ya se ha mencionado BIM requiere de un trabajo colaborativo, la falta de colaboración de los integrantes sin importar quién sea el líder afectaría el avance, implementación y correcto desarrollo dentro de un proyecto.
- Falta de colaboradores especialistas (cálculo de estructuras, instalaciones, etc.) que trabajen en BIM.
- BIM aún no se utiliza universalmente entre los profesionales de la construcción. Siempre existe la posibilidad de que uno de los socios o subcontratistas no utilice BIM y no pueda utilizar los modelos.

Uso:

- Falta de capacidad en maquinas para que el sistema funcione correctamente
- Al requerir de profesionales especializados en el área, la nómina de las empresas que usan BIM aumentara.
- Muchos de los empleados tanto de grandes y pequeñas empresas están acostumbrados a trabajar con herramientas tradicionales. Las barreras que usualmente tienen los trabajadores incluyen miedo al fracaso, salida de la zona de confort, tiempo para aprender

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

a utilizar el software y, en muchos casos, falta de apoyo de sus líderes y de la dirección de la empresa.

- Dificultad en la realización de modificaciones después de tener el modelo BIM, por la misma complejidad de los programas.
- Al ser programas creados en otros países, la modelación usada para crear muros, ventanas, pisos, cimentaciones, cubiertas, etc. Se encuentran estandarizados dentro del programa y con modelaciones que muchas veces no se adaptan al sistema constructivo colombiano.

9 METODOLOGÍA BIM VS METODOLOGÍAS TRADICIONALES

Tabla 1 BIM vs CAD

BIM	CAD
Es una metodología que integra toda la información de cualquier proyecto de construcción durante todo el ciclo de vida del mismo, realizando un modelo en 3D	Software que se utiliza para generar dibujos digitales en 2D y 3D sin tener mayor información de sus elementos.
Todo el equipo de trabajo que conforma un proyecto tiene la posibilidad de trabajar, aportar y colaborar en un mismo archivo en tiempo real y simultáneamente.	No se puede modificar ni trabajar en el archivo en tiempo real.
Para lograr que todo el proyecto este modelado y relacionado correctamente, en las etapas iniciales se requiere de mucho trabajo alimentando el modelo con detalles y especificaciones, y suele disminuir conforme avanza el proyecto.	El flujo de trabajo al inicio es bajo se y se incrementa durante la etapa de documentos de construcción en donde se requiere más tiempo para documentar detalles y especificaciones en los planos.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

Mejor coordinación entre disciplinas, facilitando encontrar errores e interferencias entre arquitectura, estructura e ingeniería.	Es difícil detectar conflictos e interferencias entre disciplinas por falta de información o de automatización. La revisión normalmente se realiza a ojo y genera errores.
Aporta la documentación del proyecto de forma más rápida, al tener el modelo 3D se logran generar las plantas, detalles y cortes desde el mismo.	Al enfocarse en crear dibujos, se realizan plantas y posteriormente secciones y detalles en dibujos independientes. Cada una de las vistas se tiene que trabajar en los diferentes planos del proyecto lo que implica mucho más tiempo.
Al realizar correcciones solo es necesario hacerlo 1 vez y automáticamente se modifican las vistas y los planos correspondiente.	Si se debe realizar algún cambio o corrección en el proyecto, se tiene que trabajar doble vez cada uno de estos dibujos de manera manual y ser rectificadas en cada uno de los planos, con riesgo a errores u omisiones.
Las herramientas que ofrece BIM son muchas, por ejemplo: Revit, Archicad y Allplan entre otras.	principalmente se utiliza AutoCAD.

Fuente: Propia

Integral BIM vs PMBok

BIM se está convirtiendo en la herramienta indispensable para los proyectos de construcción. Pero no es tarea fácil: usar el modelo paramétrico en el entorno del Project Management exige una labor de interoperabilidad entre profesionales con distintos niveles de uso de BIM. En la práctica, nos encontramos con profesionales que están probando las herramientas en sus proyectos, hay fabricantes de producto y suministros que están haciendo sus familias en PIM (Product Information Modelling), hay administraciones más avanzadas y administraciones que están despertando.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

Figura 22 Dimensiones BIM + Grupo de Procesos PMI



Fuente: (Diamonte, 2019)

Una alianza entre BIM y la Dirección Integrada de Proyectos influirá en la configuración del equipo del proyecto, cómo se escriben los contratos, cómo se comparte el riesgo, cómo se toman las decisiones, y las herramientas que se utilizan para comunicar información. En definitiva, integrar BIM a los proyectos, no solo es un instrumento de gestión de la complejidad del diseño, sino que sirve para gestionar los riesgos durante la construcción y post-construcción.

Figura 23 Beneficios de la Gerencia BIM+PMI



Fuente: (Diamonte, 2019)

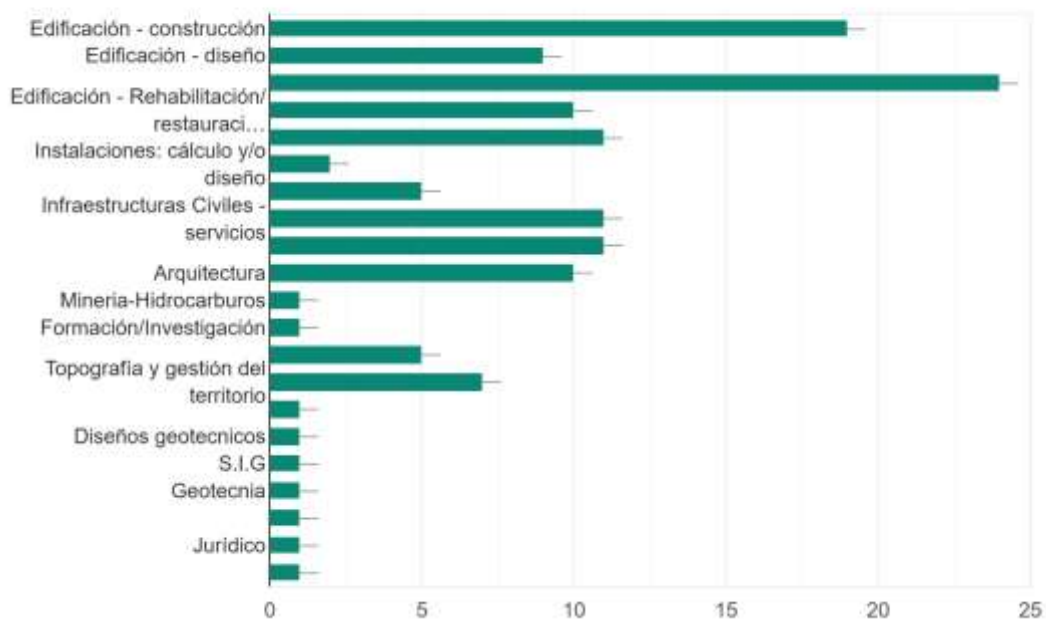
ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

10 ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

Se realizó una encuesta con una muestra de 67 personas dentro del sector de la construcción en la cual participaron empresarios y trabajadores con el fin de conocer si las empresas del sector de la construcción están interesadas en implementar la metodología BIM en sus proyectos de infraestructura, evaluar el conocimiento que tienen sus trabajadores profesionales (ingenieros, arquitectos, diseñadores, topógrafos, etc.) acerca de la metodología y saber que opinan al respecto de esta nueva herramienta.

1. ¿En qué campo profesional trabaja o ha trabajado en los últimos años?

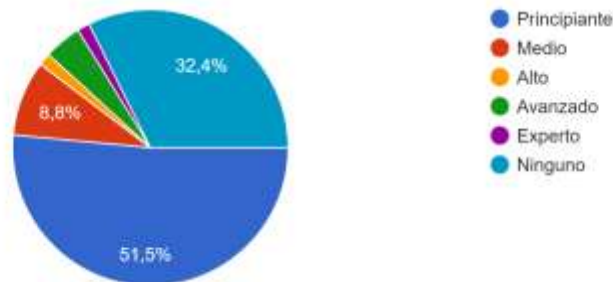
64 respuestas



Como podemos ver más del 50% de las empresas y trabajadores se han dedicado a la infraestructura en edificaciones es por esto que la mayor parte los proyectos que usan la metodología BIM en el país pertenecen a esta rama, sin embargo, las cifras de los demás campos de la construcción no son tan bajas.

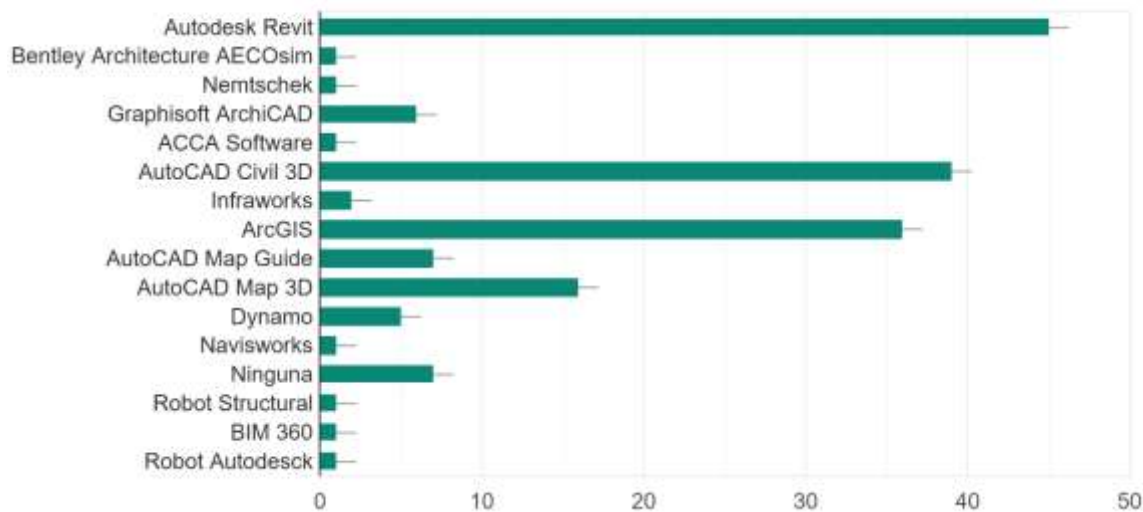
ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

2. ¿En que nivel definiría sus conocimientos y habilidades en la metodología BIM?
67 respuestas



Esta pregunta estaba dirigida directamente a los trabajadores de las empresas de construcción, con el resultado obtenido podemos darnos cuenta que más del 50% de los profesionales que trabajan actualmente en el gremio tienen conocimientos y habilidades mínimas en la metodología BIM o no tienen y solo un 8,8% respondieron tener conocimientos a un nivel medio.

3. ¿Qué herramientas BIM conoce o usa para el diseño de infraestructuras?
67 respuestas

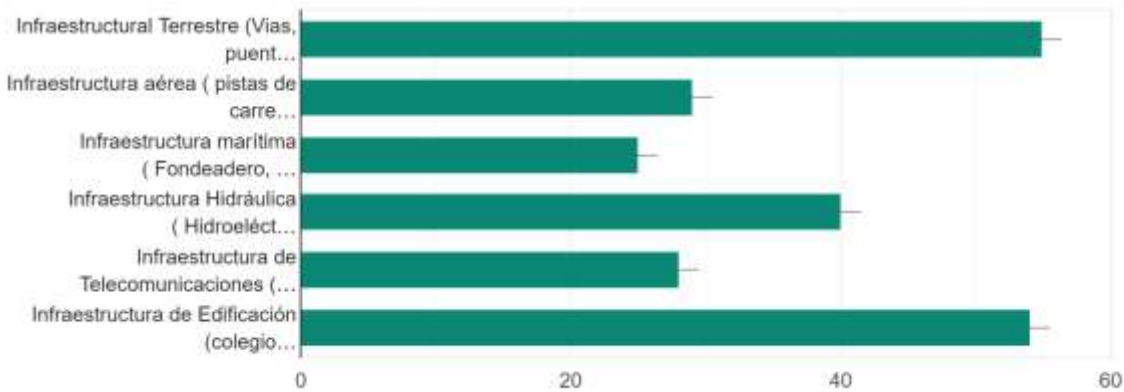


Con este resultado podemos evidenciar que las herramientas más usadas en la metodología BIM por diferentes empresas son Autodesk Revit, AutoCAD Civil 3D y ArcGIS coincidieron más del 50% de los encuestados.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

4. ¿En que tipo de Infraestructura considera que se debería implementar la metodología BIM para mejorar la calidad en general de los proyectos?

64 respuestas



El resultado de esta pregunta es interesante ya que se evidencia el interés tanto de las empresas como de los trabajadores en la importancia y necesidad de implementar la herramienta BIM en todos los tipos de infraestructura del país, encabezando la infraestructura terrestre y de edificación, pero sin dejar atrás las demás ya que en todas pueden obtenerse beneficios.

5. ¿En qué porcentaje considera que se ha implementado la herramienta BIM en los proyectos de infraestructura que maneja la empresa donde trabaja ?

67 respuestas



Más del 50% de los encuestados contestó que se ha implementado y solamente el 23,9% manifestaron que no se ha utilizado la metodología.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

6. ¿Cuál es el principal motivo por el que usted o la empresa donde trabaja ha implementado la herramienta BIM?

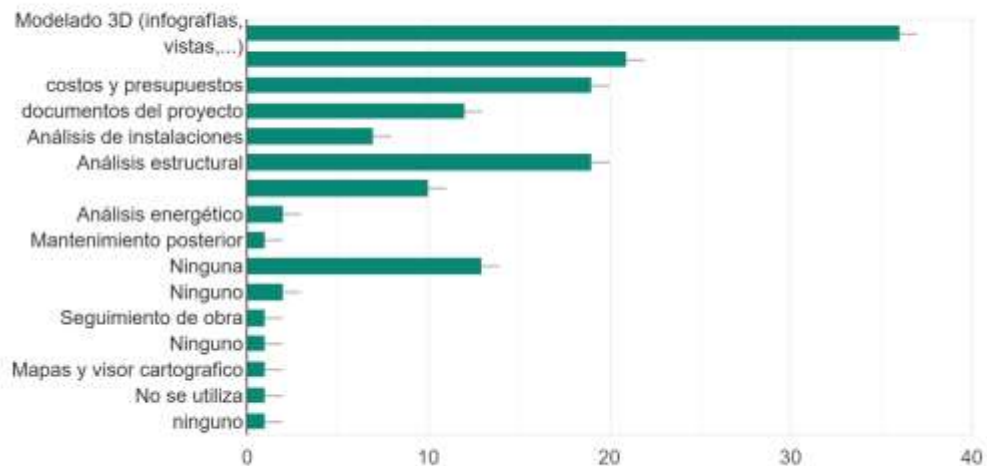
67 respuestas



El 34,3% de los encuestados están de acuerdo en que la implementación de la metodología BIM se ha realizado principalmente para estar a la vanguardia y ser más competitivos en el mercado, sin embargo, el 37,3% manifestó que aún no se ha implementado.

7. ¿En qué fases de los proyectos donde trabaja se utiliza BIM?

67 respuestas

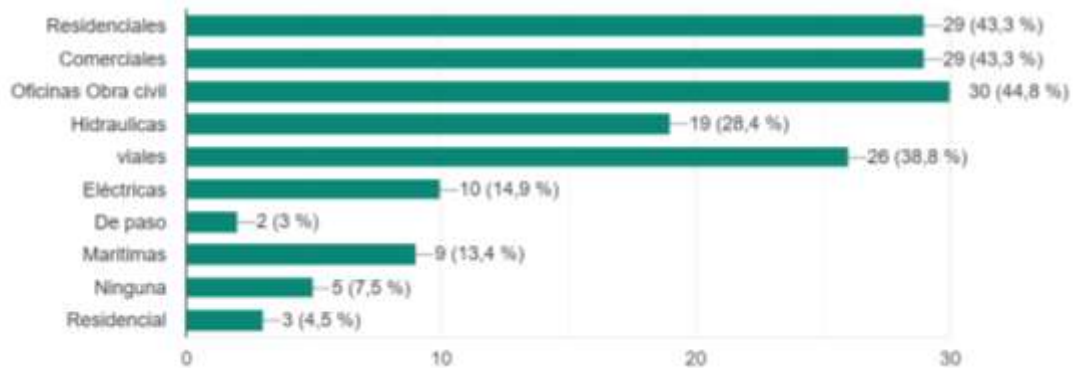


ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

Más de 35 de los encuestados coincidieron en que la fase donde más se ha implementado la herramienta BIM ha sido para modelación en 3D, en segundo lugar, la fase donde más se implementa la herramienta es en el análisis estructural, los costos y presupuestos.

8. ¿Qué tipo de proyectos de infraestructura conoce en nuestro país que estén o hayan implementado BIM?

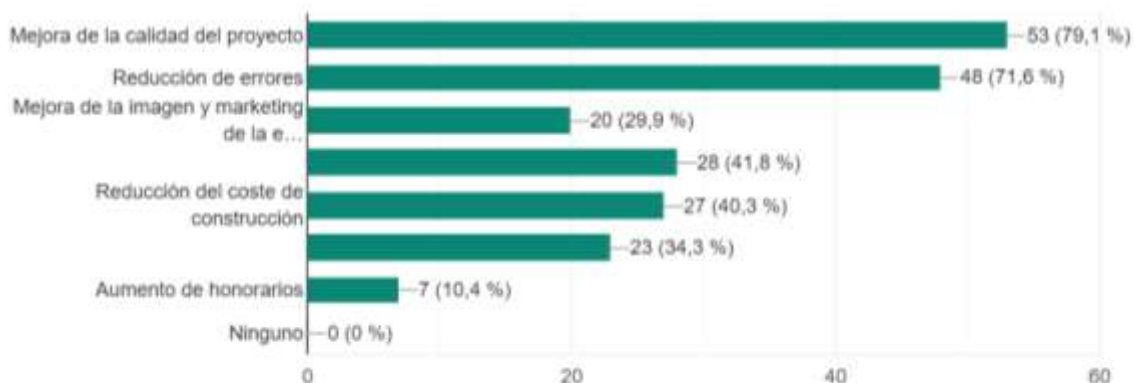
67 respuestas



Como podemos observar más del 90% de los encuestados conocen proyectos haciendo uso de la metodología BIM en infraestructura y solamente 5 personas respondieron que no conocen ninguna.

9. ¿Qué beneficios ha aportado o cree que aporta el uso de la metodología BIM en los proyectos de ingeniería?

67 respuestas

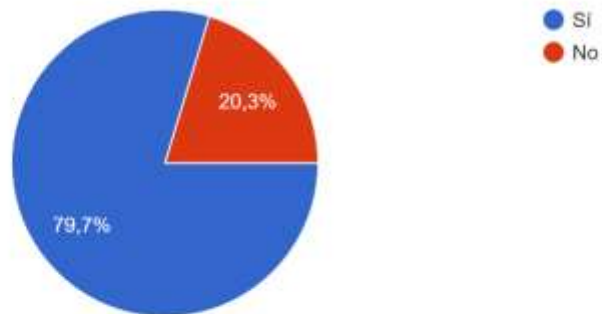


ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

Más del 50% de los encuestados respondieron que los dos principales beneficios que ofrece el uso de la metodología Bim son que mejora la calidad del proyecto y reduce los errores que se presentan en un proyecto.

10. ¿ Considera que la metodología BIM debe ser reglamentada para todos los proyectos de infraestructura del país?

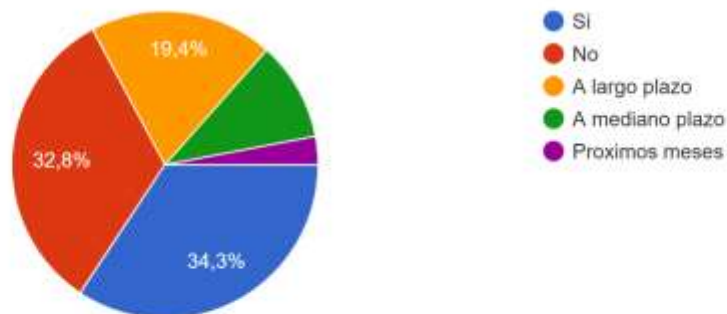
64 respuestas



El 79,7% está de acuerdo que en Colombia se debe reglamentar la metodología BIM en cualquier de estructura, solo el 20,3% respondió que no.

11. ¿Está prevista la implantación de BIM en la empresa?

67 respuestas



Más del 50% de las empresas encuestadas respondieron que si se tiene pensado implementar la metodología bim bien sea en los próximos meses o a largo plazo.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

11 CONCLUSIONES

En el país se evidencia el interés de las universidades, docentes, estudiantes, sector público y privado por entender, aprender y desarrollar nuevas herramientas de trabajo donde se incluya principalmente la metodología BIM, creando planes de implementación, diseñando modelos en 3D de diferentes tipos estructuras, comparando metodologías tradicionales, revisando costos y presupuestos. etc.

Las empresas de Colombia tanto públicas como privadas deben seguir esforzándose para acelerar la implementación de esta metodología en todas las fases de ejecución de los proyectos. BIM ofrece espacios digitales de trabajo colaborativo, coordinado y en un ambiente común de datos, en el que la gestión de la información no requiere que las personas se encuentren presencialmente, al contrario, las conecta digitalmente de una manera muy efectiva.

Estas plataformas digitales permiten gestionar el proyecto en todas sus fases (exceptuando la ejecución de las obras), sin embargo, toda la parte de planeación y gestión administrativa, así como el seguimiento del avance de los proyectos se puede hacer de manera digital.

Colombia tiene proyectos de infraestructura muy interesantes para desarrollar en los próximos años, el uso de la metodología BIM se ha vuelto indispensable para estructuras con un alto nivel de complejidad ya que facilitan tener el control de los costos y presupuestos, avance del proyecto y entender detalladamente el modelo 3D.

En Latinoamérica el porcentaje de inversión en infraestructura según algunos autores debería ser más alto, implementar BIM en los futuros proyectos ayudaría considerablemente a tener un mejor manejo de recursos ya que se estima que, a raíz de diseños deficientes, durante la construcción el costo total del proyecto se incrementa llegando incluso a dejar inconclusos los proyectos.

El panorama frente a la implementación de la metodología en la infraestructura colombiana es prometedor las mesas de trabajo realizadas por Camacol y BIM Forum Colombia y el kit de guías han logrado progresivamente que el sector de la construcción adopte la metodología, teniendo

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

como meta que para el año 2026 todos los proyectos de construcción públicos se ejecuten con BIM.

El panorama en un futuro para Colombia con la implementación de esta herramienta en primer lugar son grandes retos, por un lado, los profesionales e interesados deben capacitarse y aprender el uso de los programas que ofrece la herramienta BIM por otra parte las empresas que aún faltan por implantar la metodología en sus proyectos deben tomar rápidamente la iniciativa para mantenerse competitivos en el mercado y beneficiarse en sus futuros proyectos.

Es importante afrontar la realidad, nuestro mundo está en constante cambio y debido a la situación que estamos viviendo actualmente frente a la pandemia, el uso de herramientas digitales ha aumentado, debemos tomar conciencia de la importancia que representa para nuestro país la implementación global de la metodología BIM y empezar hacer uso de las herramientas, guías y documentos de investigación que existen en el momento.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

12 RECOMENDACIONES

- Para lograr los mejores resultados al momento de implementar la metodología BIM en una empresa es muy importante que todas las personas implicadas estén comprometidas y dispuestas a aprender, los gerentes deben brindar un apoyo total tanto en inversión como en acompañamiento.
- Es indispensable contar con profesionales capacitados y expertos en el uso de las herramientas para lo cual se deben generar espacios dentro de la empresa en los cuales se genere un programa de aprendizaje continuo y mantenga al personal motivado.
- Se debe tener un plan piloto para la implementación de BIM dependiendo del tipo de infraestructura que se vaya a desarrollar.
- Tener muy bien definido los roles de cada persona durante el proyecto.
- Durante la ejecución de los proyectos si se realiza algún cambio se debe actualizar el modelo inmediatamente.
- Digitalizar los productos de las empresas que fabrican elementos altamente estandarizados, como tubos, pavimentos, bloques de concreto, mobiliario, creando así bibliotecas BIM para el uso en los modelos 3D.

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

Bibliografía

- ACP. (22 de Diciembre de 2020). *Asuntos Economicos*. Recuperado el Enero de 2021, de <https://acp.com.co/web2017/es/asuntos/economicos/690-informe-economico-avances-y-perspectiva-para-la-exploracion-de-petroleo-y-gas-2020-2021>
- Acuña Correa, F. (2016). *Aplicación de Modelo BIM Para Proyectos de Infraestructura Vial*. Recuperado el Enero de 2021
- Alcón Peña , O. (Octubre de 2019). *Nuevas perspectivas que ofrece la tecnología BIM para el desarrollo de proyectos de infraestructuras de telecomunicaciones*. Recuperado el Enero de 2021, de <https://blog.bimserver.center/es/nuevas-perspectivas-que-ofrece-la-tecnologia-bim-para-el-desarrollo-de-proyectos-de-infraestructuras-de-telecomunicaciones/>
- Arch, A., Cortijo , R., Romero, E., Canga, E., Furrer, P., Woodhouse, S., . . . Koller, T. (2020). *La revolución digital de la energía hidroeléctrica en los países latinoamericanos*. Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado el Enero de 2021
- arkiplus. (s.f.). *Infraestructura Energetica*. Recuperado el Enero de 2021, de <https://www.arkiplus.com/infraestructura-energetica/#:~:text=La%20infraestructura%20energ%C3%A9tica%20se%20define,gestionar%20el%20flujo%20de%20energ%C3%ADa.>
- Autodesk. (2020). *El Centro de Tratamiento e Investigación Luis Carlos Sarmiento Angulo (CTIC) busca darle la batalla al cáncer en Colombia*. Recuperado el Enero de 2021, de <https://latinoamerica.autodesk.com/customer-stories/construcciones-planificadas>
- Autodesk. (s.f.). *Construcciones planificadas*. Recuperado el Enero de 2021, de <https://latinoamerica.autodesk.com/customer-stories/construcciones-planificadas>
- BID MEJORANDO VIDAS. (13 de Abril de 2018). *Moviliblog*. Recuperado el Enero de 2021, de <https://blogs.iadb.org/transporte/es/bim-el-futuro-esta-en-la-construccion-inteligente/>
- BIM management. (14 de Noviembre de 2019). Recuperado el Enero de 2021, de <https://bimmanagement.co/2019/11/14/primeras-guias-especializadas-para-implementacion-bim-en-organizaciones-en-colombia/>
- BIM, E. (Febrero de 2017). *CIM information modeling*. Recuperado el Enero de 2021, de <https://www.espaciobim.com/modelado-bim-brim-cim>
- BIMservers.center. (Octubre de 2019). *Nuevas perspectivas que ofrece la tecnología BIM para el desarrollo de proyectos de infraestructuras de telecomunicaciones*. Recuperado el Enero de 2021, de <https://blog.bimserver.center/es/nuevas-perspectivas-que-ofrece-la-tecnologia-bim-para-el-desarrollo-de-proyectos-de-infraestructuras-de-telecomunicaciones/>

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

- bnamericas. (27 de Enero de 2021). *Programa colombiano de infraestructura 5G avanza a toda marcha*. Recuperado el 30 de Enero de 2021, de <https://www.bnamericas.com/es/reportajes/programa-colombiano-de-infraestructura-5g-marcha-a-todo-vapor>
- bsi. (s.f.). *¿Qué es la norma ISO 19650?* Recuperado el Enero de 2021, de <https://www.bsigroup.com/es-ES/iso-19650/>
- Bsi. (17 de Mayo de 2019). Introducción a la nueva norma internacional de BIM, ISO 19650. *BSI*, 4. Recuperado el Enero de 2021
- Camara Colombiana de la construcción. (2018). *BIM KIT guías para la adopción BIM en las organizaciones*. Recuperado el Enero de 2021, de <https://camacol.co/documentos-bim-forum-colombia>
- Cardenas, M. (2016). *Incorporacion de la metodologia BIM en la Gestion integrada de proyectos*. Universidad Europea, España. Recuperado el Enero de 2021, de https://bimchannel.net/wpcontent/uploads/2017/01/201701_TFM_Margarita-C%C3%A1
- Cemex. (s.f.). *Oferta de valor BIM*. Recuperado el Enero de 2021, de <https://www.cemexcolombia.com/bim>
- clarin-ARQ. (2018). Recuperado el Enero de 2021, de http://arq.clarin.com/arquitectura/Normativa-BIM-obras-publicas_0_1315668780.html
- construccion, C. c. (2020). *BIM Forum Colombia*. Recuperado el Enero de 2021, de <https://camacol.co/bim-f%C3%B3rum-colombia-2020-0>
- Correa, F. X. (2016). *Aplicación de modelo BIM para proyectos de Infraestructura vial*. Recuperado el Enero de 2021
- Cortes Millan , B. S. (2018). *Desarrollo de estructura Bim para la coordinación de ingeniería primaria y secundaria en subestaciones de alta tension*. Recuperado el Enero de 2021
- Dataedro. (2017). *Dataedro*. Recuperado el Enero de 2021, de Definicion BIM: <http://www.dataedro.com/index.php/es/acercadelbim/20-definicion>
- Diamonte. (2019). *Gerencia de Proyectos BIM+PMI*. Recuperado el Enero de 2021, de <https://www.diamonte.co/gerencia-proyectos-bim-pmi>
- Diaz Granados, M. (2018). *Cambiando el CHIP en la construcción, dejando la metodología tradicional de diseño CAD para aventurarse a lo moderno de la metodología BIM*. Bogotá: Universidad Catoloca de Colombia. Recuperado el Enero de 2021
- Eastman, C. (1975). *A Building Description System Pittsburgh*. Pennsylvania Institute for Physical Planning: Carnegie-Mellon University. Recuperado el Enero de 2021

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

- El tiempo. (28 de Mayo de 2020). *BIM una herramienta que esta trasformando la construccion Colombiana*. Recuperado el Enero de 2021, de <https://www.eltiempo.com/mas-contenido/bim-una-herramienta-que-esta-transformando-la-construccion-colombiana-499610>
- Financiera de desarrollo Nacional. (2018). *Financiera de desarrollo Nacional*. Recuperado el 2021, de <https://www.fdn.com.co/sites/default/files/fdncomunicadojun2018mouebcyfdn.pdf>
- Furukawa Electric. (15 de Diciembre de 2020). Recuperado el Enero de 2021, de <https://www.furukawalatam.com/es/conexion-furukawa-detalles/infraestructura-de-telecomunicaciones-desafios-2020-y-tendencias-2021>
- Gaitan Cardona, J. S., & Gomez Cabrera, A. (2014). Uso de la Metodología BRIM (BRIDGE INFORMATION MODELING) como herramienta para la planificación de la construcción de un puente de concreto en colombia. *Neogranadina*. Recuperado el Enero de 2021
- Giraldo Aguirre, J. (2019). *Propuesta para la implementación de la metodología BIM en el desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura en la Policía Nacional de Colombia*. Recuperado el Enero de 2021
- Hill Posada, D. (2015). *Civil information modeling (CIM) como complemento en el proyecto de un diseño hidroelectrico*. Medellin: Universidad Eafit. Recuperado el Enero de 2021
- iac. (2016). *El bim en Colombia*. Recuperado el Enero de 2021, de <https://www.iac.com.co/el-bim-en-colombia/>
- IDU. (Octubre de 2020). *El IDU, a la vanguardia de la metodología BIM en Bogotá*. Recuperado el Enero de 2021, 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>
- infraestructura, C. c. (2020). *preinversion en proyectos de infraestructura*. Bogotá. Recuperado el Enero de 2021, de <http://www.infraestructura.org.co/bibliotecas/VPT/PREINVERSION%20EN%20PROYECTOS%20DE%20INFRAESTRUCTURA%20>
- Lievano Ramos , D., & Cerón , I. A. (2017). *Plan de implementación de metodologia BIM en el ciclo de vida de un proyecto*. Bogotá: Universidad Catolica de Colombia. Recuperado el Enero de 2021
- MAB. (s.f.). *Guia de buenas practicas de implementación BIM. Guia de buenas practicas de implementación BIM*. Bogotá. Recuperado el Enero de 2021, de <https://www.mab.com.co/gracias-implementacion-bim/>

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

- Mendigaño, D. F. (2019). *Metodología BIM aplicada a la fase de prefactibilidad de un proyecto vial de tercer orden en Colombia*. Bogotá: Universidad Santo Tomas. Recuperado el Enero de 2021
- Metro de Bogotá. (2018). *Interior de una estación de la primera línea del metro en BIM (Building Information Modeling)*. Recuperado el Enero de 2021, de <https://www.youtube.com/watch?v=Qz-JW1PMRYg>
- Mitchel, W. (1977). *Computer aided architectural design*. Van Nostrand Reinhold Company. Recuperado el Enero de 2021
- Mojica Arboleda, A., & Valencia Rivera, D. (2012). *Implementación de las metodologías bim como herramienta para la planificación y control del proceso constructivo de una edificación en bogotá*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado el Enero de 2021
- Mosquera Gordillo, A. F., Hernandez Oviedo, D. C., Donato Gorgora, D. A., & Cuchimba Murcia, K. A. (2019). *Implementacion de la metodologia bim para la empresa w&d obras y servicios s.a.s, en la postulacion de proyecyo de infraestructura educativa*. . Neiva: Universidad Cooperativa de Colombia. Recuperado el Enero de 2021
- Multitubo. (2020). *Obras de referencia a nivel mundial que han utilizado la tecnología Bim*. Recuperado el Enero de 2021, de <https://multitubo.es/obras-de-referencia-a-nivel-mundial-que-han-utilizado-la-tecnologia-bim/>
- Naucher Global. (8 de Julio de 2019). *Los gemelos digitales y la tecnología 'bim', al servicio de la logística*. Recuperado el Enero de 2021, de <https://www.naucher.com/actualidad/tecnologia/los-gemelos-digitales-y-la-tecnologia-bim-al-servicio-de-la-logistica/>
- Norma ISO 19650. (2018). Norma ISO 19650-2: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information. Recuperado el Enero de 2021
- Orozco Rivera, G. (s.f.). *Bim en la infraestructura Alcantarillado*. BIM, Asociacion Colombiana. Recuperado el Enero de 2021, de <http://asociacioncolombianabim.co/bim-la-infraestructura-alcantarillado/>
- Ospina, E., & Baena, J. (2019). *Modelacion y diseño Bim en subestaciones electricas*. cigre colombia. Recuperado el Enero de 2021
- Portafolio. (28 de Enero de 2020). *Infraestructura aeroportuaria requiere decisiones urgentes*. Recuperado el 30 de Enero de 2021, de <https://www.portafolio.co/economia/infraestructura-aeroportuaria-requiere-decisiones-urgentes-537556>

ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA (BIM) EN LA INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA

- Revista maquinaria pesada. (Enero de 2014). *Renacer portuario en colombia*. Recuperado el Enero de 2021, de <http://revistamakinariapesada.com/renacer-portuario-en-colombia-2/>
- Revista Semana. (2018). *Metro de Bogotá: 6 cosas que usted no sabia del proyecto*. Recuperado el Enero de 2021, de <https://www.semana.com/edicion-impres/pais/articulo/metro-de-bogota-datos-importantes-sobre-el-proyecto/261031/>
- Sacry. (2020). *Puente pumarejo: Proceso constructivo*. Recuperado el Enero de 2021, de <https://www.youtube.com/watch?v=O9-UpSs2uKY>
- Sánchez Bonilla , J. H., Rivas Varón , A. F., & Ott Serrano, J. P. (2019). *Diseño y modelación de proyectos en dos y tres dimensiones con la metodología BIM soportado en herramienta Autodesk Revit*. Ibagué-Tolima: Universidad Cooperativa de Colombia. Recuperado el Enero de 2021
- Semana. (Septiembre de 2020). *Construcción 4.0*. Recuperado el Enero de 2021, de <https://www.semana.com/hablan-las-marcas/articulo/construccion-40/202043/>
- Seys. (2018). *Estandares Bim internacionales*. Recuperado el Enero de 2021, de <https://seystic.com/conoce-los-estandares-bim-internacionales-para-2018/>
- Skyscrapercity. (14 de 10 de 2017). *Bogotá-Torre Atrio*. Recuperado el Enero de 2021, de <https://www.skyscrapercity.com/threads/bogot%C3%81-torres-atrion-270m-202m-59p-44p-e-c.1607531/page-163>
- SMART, B. (Septiembre de 2019). Introducción a la serie EN-ISO 19650 partes 1 y 2.
- Structuralia. (28 de Agosto de 2020). *Panorama BIM en Colombia*. Recuperado el Enero de 2021, de <https://blog.structuralia.com/bim-colombia>
- Track Puertos. (6 de Febrero de 2020). *Integración GIS y BIM Caso Práctico en la Autoridad Portuaria de Valencia*. Recuperado el Enero de 2021, de <https://www.youtube.com/watch?v=HCUtj0xQZ5Q>
- Universidad distrital. (s.f.). *Biblioteca Universidad Distrital*. Recuperado el Enero de 2021, de <http://bdigital.udistrital.edu.co/>