

## **Metodología Building Information Modeling (BIM) en proyectos de construcción.**



Gustavo Adolfo Cortés Escobar

ID 333083

Universidad Cooperativa De Colombia

Facultad De Ingenierías

Ingeniería Civil

Villavicencio, Meta

2022

**Metodología Building Information Modeling (BIM) en proyectos de construcción.**

Autor

Gustavo Adolfo Cortes Escobar

ID 333083

Asesor

Eder Forero Mayorga

Arquitecto, Magister en gestión y dirección de proyectos

Universidad Cooperativa De Colombia

Facultad De Ingenierías

Ingeniería Civil

Villavicencio, Meta

2022

## AUTORIDADES ACADÉMICAS

Dra. MARITZA RONDON RANGEL

Rectora Nacional Universidad Cooperativa de Colombia

Dr. CÉSAR AUGUSTO PEREZ LONDOÑO

Director Académico de la Sede Villavicencio

HENRY EMIRO VERGARA BOBADILLA

Subdirector Académico de la Sede Villavicencio

Dra. RUTH EDITH MUÑOZ JIMENEZ

Subdirectora de Desarrollo Institucional y Financiero de la Sede Villavicencio

Ing. RAÚL ALARCÓN BERMÚDEZ

Decano de la Facultad de Ingeniería

Ing. PEDRO ALEXANDER QUIROGA

Coordinador de Investigación del Programa de Ingeniería

## PÁGINA DE ACEPTACIÓN

Jurado: \_\_\_\_\_

Jurado: \_\_\_\_\_

Jurado: \_\_\_\_\_

## Contenido

Agradecimiento .....	12
Dedicatoria .....	13
Resumen .....	14
Abstract .....	15
Introducción .....	16
Objetivos .....	17
Objetivo general .....	17
Objetivos específicos .....	17
Planteamiento del problema .....	17
Pregunta problema .....	17
Hipótesis .....	18
Estado del arte .....	18
Justificación .....	19
Marco Referencial .....	21
Marco Teórico .....	21
BIM (Building Information Modeling), .....	21
Marco Conceptual .....	23
CAD (COMPUTER-AIDED DESIGN) .....	23
Modelos de Información de Activos (AIM) .....	23

Plan de Ejecución del BIM (BEP) .....	23
Dimensiones BIM .....	23
BIM Manager.....	23
BIM Coordinator.....	23
Modelador BIM .....	24
LEAN Construction .....	24
Big Data .....	24
Marco Metodológico.....	24
Fase 1: .....	24
Fase 2: .....	24
Fase 3: .....	24
Fase 4 .....	25
Variables: .....	25
Variable dependiente .....	25
Variable interviniente.....	25
Diagrama de flujo, Metodología Prisma .....	26
Desarrollo.....	27
Conceptos Básicos .....	27
Building Information Modeling.....	27
Metodología BIM.....	29

Construcción 4.0 .....	30
Usos.....	32
Planeación .....	33
Diseño .....	34
Construcción .....	35
Operación.....	35
Aplicación de la metodología BIM.....	37
Roles BIM.....	38
BIM Manager. La parte estratégica. ....	39
Coordinador BIM. La parte de la gestión. ....	39
Especialista BIM. Producción.....	40
Modelador BIM. Producción. ....	40
RESPONSABILIDADES BIM .....	41
Dimensiones BIM .....	42
1. Primera dimensión: La Idea.....	43
2. Segunda Dimensión El Boceto: .....	43
3. Tercera Dimensión. El modelo:.....	43
4. Cuarta dimensión. Tiempo .....	43
5. Quinta Dimensión. Costos.....	44
6. Sexta Dimensión. Sustentabilidad .....	44

7. Séptima dimensión. Operación.....	44
8. Octava dimensión .....	45
9. Novena dimensión .....	46
10. Décima dimensión .....	46
Madurez .....	47
stage 1 .....	47
Stage 2.....	47
Stage 3:.....	47
Matriz De Madurez BIM 3 .....	49
Nivel 0.....	50
Nivel 1.....	50
Nivel 2:.....	50
Nivel 3:.....	51
Ingeniería de valor .....	51
BIM y el uso de los datos.....	51
SEGURIDAD EN LOS DATOS .....	53
Normatividad .....	54
ISO 19650 .....	54
Parte 1: conceptos y principios. ....	55
Parte 2: fase de entrega de los activos. ....	55



Parte 3: Fase operacional de los activos. ....	56
Parte 5: Enfoque orientado a la seguridad en la gestión de la información. ....	56
Parte 4: intercambio de información. ....	57
Otras normas respecto a la metodología BIM.....	57
NTC-ISO 23386:2021.....	57
NTC-ISO 23387:2021.....	57
Actualidad BIM en Colombia.....	57
Estrategia Nacional BIM 2020-2026 .....	58
BIM Forum Colombia.....	62
BIM Kit, 2019.....	63
BIM Kit 2, 2020. Documentos en Borrador .....	64
BIM Kit, Documentos técnicos.....	65
Resolución número 0441 de 2020.....	66
Camacol y casos de éxito en Colombia .....	67
Los ganadores por categoría fueron:.....	67
Categoría Proveedores .....	67
Categoría diseño – Vivienda.....	68
Categoría diseño – Proyectos especiales: .....	69
Categoría diseño – Infraestructura:.....	69
Categoría construcción – Vivienda.....	70

	10
Categoría construcción – Proyectos especiales: .....	70
Categoría construcción – Infraestructura: .....	71
Alcance BIM, realidad con ejemplo internacional .....	71
Metodología BIM vs metodología tradicional en Colombia .....	74
Costo efectividad .....	74
Diagnóstico de la industria.....	76
Presupuesto .....	76
Discusión.....	79
Otros conceptos para considerar .....	82
Propuestas .....	83
Conclusiones .....	84
Referencias.....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Usos BIM.....	33
<b>Tabla 2</b> Usos BIM V 3.0 .....	36
Tabla 3 Cuadro comparativo BIM Vs CAD .....	78

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1</b> Diagrama de flujo de la investigación.....	26
<b>Ilustración 2</b> Modelado de información de construcción en ArchiCAD.....	29

<b>Ilustración 3</b>	Responsabilidades BIM.....	41
<b>Ilustración 4</b>	Matriz de madurez ISO 19650 .....	48
<b>Ilustración 5</b>	Matriz de madurez BIM 3 .....	49
<b>Ilustración 6</b>	Adopción BIM, estrategia de adopción BIM, 2020 .....	61
<b>Ilustración 7</b>	Porcentaje de adopción BIM .....	62
<b>Ilustración 8</b>	Librería BIM Formaletas.....	67
<b>Ilustración 9</b>	Render proyecto Dammar .....	68
<b>Ilustración 10</b>	Render proyecto Lif 91 .....	68
<b>Ilustración 11</b>	Infografía Ciudad Universitaria .....	69
<b>Ilustración 12</b>	Render adecuación del sistema Transmilenio .....	69
<b>Ilustración 13</b>	Render proyecto Amazilia.....	70
<b>Ilustración 14</b>	Render Hotel San Francisco.....	70
<b>Ilustración 15</b>	Render proyecto puente Meissen .....	71
<b>Ilustración 16</b>	Render The Line City .....	72
<b>Ilustración 17</b>	The Line City iniciando construcción en 2022 .....	72

### **Agradecimiento**

Al ingeniero Raúl Alarcón Bermúdez, decano de la facultad de ingeniería, por su apoyo y sus palabras correctas en el momento correcto. Al arquitecto Eder Forero Mayorga, por su apoyo, tiempo y disposición.

### **Dedicatoria**

A mí, que soy barco,  
a mi madre por la madera,  
a mi padre por el viento,  
hermano y hermana por la marea  
mi familia que es mi puerto  
si soy puerta, ellos son marco...

el tiempo, mal ha jugado  
ha sido mar y ha sido charco.

## **Resumen**

El presente documento es el resultado de la consulta y análisis de literatura acerca de la metodología BIM con el fin de detallar los aspectos más relevantes que se deben tener en cuenta para emprender el camino del aprendizaje de esta valiosa herramienta que, aunque en ciertos países está siendo aplicada de manera obligatoria y en Colombia ya existe una ruta para su adopción, aún falta mucho conocimiento e interés por parte de los estudiantes y la academia en general. La escogencia de los artículos se hizo por medio de la plataforma Google Scholar, y bases de datos de repositorios y artículos como Sciendirect, Dialnet, ResearchGate, y se consultaron webs especializadas como SmartBIM, Bimanagement y productos web referentes a la actualidad de esta metodología con enfoque en el sector construcción en Colombia.

Palabras claves: Construcción 4.0, Metodología, BIM, Project Management, ingeniería de valor.

### **Abstract**

This document is the result of the consultation and analysis of literature about the BIM methodology in order to detail the most relevant aspects that must be taken into account to embark on the path of learning this valuable tool that, although in certain countries it is being applied in a mandatory manner and in Colombia there is already a route for its adoption, there is still a lot of knowledge and interest on the part of students and the academy in general. The selection of the articles was made through the Google Scholar platform, and databases of repositories and articles such as ScienceDirect, Dialnet, ResearchGate, and specialized websites such as SmartBIM, Bimanagement and web products referenced to the present of this methodology were consulted with Focus on the construction sector in Colombia.

Keywords: Construction 4.0, Methodology, BIM, Project Management, value engineering.

## **Introducción**

La metodología BIM representa un salto enorme en la industria de la construcción, algunos autores se refieren a esta metodología como la evolución del diseño y la gestión de proyectos. Es una disciplina en donde convergen todos y cada uno de los aspectos relevantes en un proyecto de construcción o infraestructura. Aunque se habla de BIM hace bastante tiempo, existe un claro desconocimiento por un porcentaje considerable de profesionales en formación y de la industria en general. Aunque, en Colombia desde el 2020 el gobierno está apostando por, como lo han definido en la Estrategia Nacional BIM 2020-2026, la modernización del sector de la construcción e infraestructura. Reconociendo que la adopción de esta metodología es una de las rutas económicas clave para la prosperidad del país. Es una apuesta por la mejora de la infraestructura y un mejor aprovechamiento de los recursos destinados a estos proyectos además de reducción de tiempos de ejecución. Es claro el enfoque que se tiende desde el gobierno nacional para que las empresas y los profesionales se capaciten y adopten BIM como metodología para la gestión de sus proyectos. Esta, la mala gestión, ha sido una de las mayores problemáticas en la industria de la construcción y BIM ofrece alternativas que reducen las pérdidas, optimizan tiempos y mejoran la calidad de los proyectos pues es una gestión integral de las estructuras desde la concepción de la idea hasta el fin de la vida útil de cada proyecto. Este documento es una búsqueda personal del camino profesional pero también se busca que los lectores puedan encontrar resumida en un solo documento la información necesaria para empezar en esta metodología. BIM representa un cambio en la aplicación de la ingeniería y pronto la academia tendrá que migrar a nuevas especialidades pues es una metodología que avanza de la mano de la tecnología y recae en el profesional la responsabilidad de estar a la vanguardia de la industria.



## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Implementar una revisión bibliográfica sobre la metodología BIM para definir su actual importancia en el sector construcción en Colombia.

### **Objetivos específicos**

- Identificar los conceptos básicos necesarios para entender la metodología BIM.
- Generar discusión acerca de los conocimientos y habilidades requeridos para la aplicación y adopción de la metodología BIM en Colombia.
- Identificar los usos de la metodología BIM en las fases de un proyecto de construcción.
- Comparar el proceso siguiendo la metodología BIM con el proceso de construcción convencional.

## **Planteamiento del problema**

### **Pregunta problema**

¿Es la metodología BIM una ventaja para el sector construcción en Colombia?

Esta investigación surge desde la inquietud personal, como futuros ingenieros nuestro deber es encaminar desde la academia el perfil profesional que vamos a desempeñar. En el presente el sector construcción tiene diversas disciplinas y especialidades por las que podemos optar, pero, es común escoger entre las más populares, si bien la metodología BIM no es una especialidad en sí, es necesario realizar un análisis detallado de su implementación pues hoy día está marcando el camino de la industria de la construcción y es de vital importancia reconocer que en un futuro muy cercano será de uso casi obligatorio. Es necesario también conocer el estado de aplicación en el país y determinar si, independientemente de la disciplina en la que el profesional se especialice, tendrá que aprender a trabajar dentro de la metodología BIM.

### **Hipótesis**

La metodología BIM marca el presente y el futuro del sector construcción en Colombia y el mundo. Por esta razón es imperativo empezar cuanto antes a entender su funcionamiento, alcance y aplicación, crear una familiaridad con el concepto y destinar tiempo y recursos a su aprendizaje para formarse un perfil idóneo en el actual ámbito profesional.

### **Estado del arte**

Toda edificación es producto de una serie de procesos que dependen del proceso inmediatamente anterior, hay que reconocer que estos a lo largo de los años se han venido mejorando y es notable ver como la implementación de nueva maquinaria, nuevos procedimientos, materiales

novedosos, entre otros, han aportado un avance significativo a la mejoría de la calidad del sector constructor. Aun así, es inevitable que los errores al momento de la ejecución de un proyecto se presenten, algunos son impredecibles al ojo humano, además si se tiene en cuenta que los errores se pueden encadenar teniendo como desenlace pérdidas de toda clase. Aun así, parece que la industria constructora no ha superado la barrera del CAD en 2d, se dio el salto de los planos a mano a los modelos digitales en 2D, y al 3D se le ha limitado únicamente a servir para presentaciones y diseños de concepto. Entonces, ¿Cuál es el siguiente paso?, BIM, BIM constituye la convergencia de todos los métodos tradicionales de diseño y construcción en un único modelo del cual hoy día se habla de hasta diez dimensiones (10D). Esta metodología es útil para hacer una previa construcción de cualquier infraestructura, todo en un entorno digital. Así como también remodelaciones, en BIM se puede relacionar los planes de obra, costos, cantidades, tiempos, mano de obra y un sinnúmero de posibilidades. Es una metodología que está empezando a ser casi que obligatoria en países de Europa y Asia, y que en Colombia está siendo aplicada apenas en épocas recientes por apenas algunos pocos. Se podría decir que, en gran parte del territorio colombiano, los procesos constructivos no van más allá del 2D.

### **Justificación**

La búsqueda de la excelencia en los procesos constructivos ha sido una necesidad inherente a la ejecución de un proyecto. Es claro que la industria de la construcción ha venido evolucionando de la mano de los avances tecnológicos, pero, aun así, los procesos constructivos siguen sujetos a

errores. Con la metodología convencional es común encontrar fallas, imprevistos que suponen acciones correctivas. Es por esto por lo que es inadmisibles que herramientas tan efectivas como la metodología BIM sean desconocidas para una parte significativa de los profesionales del sector construcción. Dado que BIM surge como alternativa para resolver todos esos diferentes problemas que se han presenciado a nivel mundial en la parte constructiva, y siendo comprobada su alta eficiencia, es necesario buscar alternativas de divulgación para que esta metodología sea parte de la vida profesional en el sector construcción y sea reconocida como parte esencial en el desarrollo de los futuros proyectos. Esta investigación surge como una necesidad personal, de buscar y recopilar información acerca de los conocimientos y habilidades básicas que un profesional debe tener para implementar metodología BIM, buscando que dicha información sea de primera mano y que a su vez tenga un factor de interés y pueda llegar a la mayor cantidad de personas posible. Tiene como factor diferenciador el hecho de la curiosidad y el enfoque de la visión propia como profesionales.

## Marco Referencial

### Marco Teórico

**BIM (Building Information Modeling)**, es un proceso metodológico de generación y gestión de datos de un proyecto de infraestructura durante su ciclo de vida, utilizando un conjunto de programas de diseño y modelado en tres dimensiones y en tiempo real; con el fin de disminuir la pérdida de tiempo y recursos en las distintas fases y procesos de un proyecto, desde el diseño hasta la construcción, es decir que el modelo BIM abarca la geometría, las relaciones espaciales, la información geográfica, así como las cantidades y las propiedades de los materiales. Lo anterior deja ver que BIM permite a todos los involucrados en el proyecto trabajar de forma colaborativa de la mano del uso de herramientas virtuales que contienen toda la información del proyecto, esto facilita que todas las áreas implicadas compartan y estén actualizadas sobre la misma información a lo largo del desarrollo del proyecto. El concepto de metodología BIM nace en el año 1974 producto de una investigación que lleva por nombre: “An outline of the building description system” desarrollada en la Universidad Carnegie Mellon en Pittsburg (EE. UU) por el profesor Charles M. Eastman. El resultado de esta fue el primer acercamiento al concepto de modelo virtual de un edificio y la importancia de un desglose descriptivo dentro del modelamiento en 3D; en sus inicios el concepto BIM no se alejó del sector de la construcción, pero también se pudo asociar este nuevo sistema como un cambio en la filosofía de trabajo colaborativo. Para el año 1984 la empresa húngara Graphisoft fue pionera en la aplicación del concepto BIM al implementar la metodología bajo el nombre “Virtual Building” en su programa ArchiCAD, reconocido como el primer software de CAD para computadora personal capaz de crear tanto dibujos en 2D como 3D. (Henaó Guerrero, L. F., Millán Álvarez, N. D., & Gómez

Reyes, J. E. (2019). Implementación de la metodología BIM al bloque número 4 de la universidad cooperativa de Colombia sede Ibagué Espinal (Trabajo de pregrado). Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12494/15667>) Otras fuentes dan origen al BIM en el año 1975. “The use of computers instead of drawings in building design” (C. Eastman. AIA Journal, March 1975, EE. UU) fue un artículo que estableció que gracias al modelo 3D se pueden tener todas las vistas en 2D, resumiendo que las secciones y plantas podrían derivarse del uso de ordenadores. Arrojó también el primer concepto de sistema de descripción de un edificio (BDS, Building Description System). En este artículo ya anticipaban la importancia de la exactitud de la ejecución de un proyecto, además de lo fundamental que serían las compañías proveedoras de software. Es difícil definir BIM en un solo concepto ya que carece de una única definición. La parte principal de un proyecto con esta metodología es un modelo en 3D que puede ser creado en diversos programas. La única diferencia entre estos será la facilidad con la que el modelador la trabaje, además de factores como los equipos usados para ello, rapidez de la máquina, capacidad gráfica, etc. Ahora, los involucrados en un proyecto ejecutado bajo la metodología BIM trabajan en conjunto, como ya se ha mencionado. Lo que facilita esta interacción es una especie de nube denominado: Entorno, amparados bajo el modelo de big data y cada uno de estos equipos de trabajo serán liderados por un gerente, un coordinador, como es habitual, aunque es de preferencia que estos directivos sean capacitados en una gerencia moderna que nace como otra filosofía de desarrollo y sostenibilidad, Lean Construction. Son estos directores los que se encargan de dimensionar cada proyecto.

## **Marco Conceptual**

### **CAD (COMPUTER-AIDED DESIGN)**

Diseño asistido por computador (CAD) es la implementación de sistemas informáticos y medios tecnológicos para la creación y gestión de un diseño normalmente en 2D.<sup>33</sup>

### **Modelos de Información de Activos (AIM)**

Fase de operación de un modelo de construcción, es el modelo complementado con los datos necesarios para la gestión del proyecto terminado. En diferencia al modelo BIM, que es el nombre que se da durante la fase de diseño y construcción.<sup>1</sup>

### **Plan de Ejecución del BIM (BEP)**

Ruta para la implementación de un modelo BIM en proyectos de construcción.<sup>44</sup>

### **Dimensiones BIM**

Cuando hablamos de BIM se habla de diferentes dimensiones 3D, 4D, 5D, 6D y 7D. Todas esas nuevas dimensiones son la esencia de flujo de trabajo BIM.<sup>13</sup>

### **BIM Manager**

Encargado de la gestión, garantiza que la información del modelo BIM y los procesos se manejen de manera correcta, es el gestor de la creación de la base de datos del proyecto a lo largo de su ciclo de vida y la coordinación técnica de los modelos para su revisión y ejecución por parte de los equipos de diseño y construcción.<sup>11</sup>

### **BIM Coordinator**

Un coordinador de modelado de información de construcción coordina el proceso de generación y gestión de modelos digitales por su disciplina específica y garantiza las buenas prácticas en el proceso de modelado y acatar los lineamientos dados en el BEP del proyecto.<sup>11</sup>

### **Modelador BIM**

Perfil cuya función es el modelado de los elementos BIM de manera que representen fielmente el proyecto o edificio, tanto gráfica como constructivamente, de acuerdo a los criterios de diseño y de generación de documentos fijados para el proyecto.<sup>11</sup>

### **LEAN Construction**

Método de gestión en la construcción, una estrategia de gestión de proyectos y teoría de la producción centrada en la minimización de los residuos en materiales, tiempo y esfuerzo y maximización de valor con la mejora continua a lo largo de las fases de diseño y construcción de un proyecto.<sup>15</sup>

### **Big Data**

Concepto que hace referencia al almacenamiento de grandes cantidades de datos y a los procedimientos usados para encontrar patrones repetitivos dentro de esos datos.<sup>19</sup>

## **Marco Metodológico**

### **Fase 1:**

Investigación y selección del material, este debe ser producto de fuentes verificables como trabajos de grado o revistas reconocidas con criterio científico, de fuentes como SciELO, ANUIES; bases de datos educativas (GoogleAcademic, Dialnet) y repositorios de universidades incluyendo el repositorio de la universidad Cooperativa.

### **Fase 2:**

Búsqueda e identificación de las generalidades necesarias para entender la metodología BIM.

### **Fase 3:**

Síntesis del análisis literario, elaboración de resúmenes y verificación de información.



#### **Fase 4**

Construcción (Redacción) de un artículo de divulgación científica que tendrá como tema principal la metodóloga BIM y la actual importancia de esta en el sector construcción.

Investigación básica (producir conocimiento y teorías), con enfoque cualitativo basado en la recolección y el análisis de artículos y publicaciones referentes a la metodología BIM buscando interpretar si existe una ventaja al implementar BIM.

#### **Variables:**

Variables independientes: - Veracidad: Las fuentes de información deben ser verificables y avaladas científicamente. - Software: Los programas que se utilizan para la metodología BIM y que se van a relacionar en este artículo deben ajustarse a la realidad de la ingeniería en Colombia.

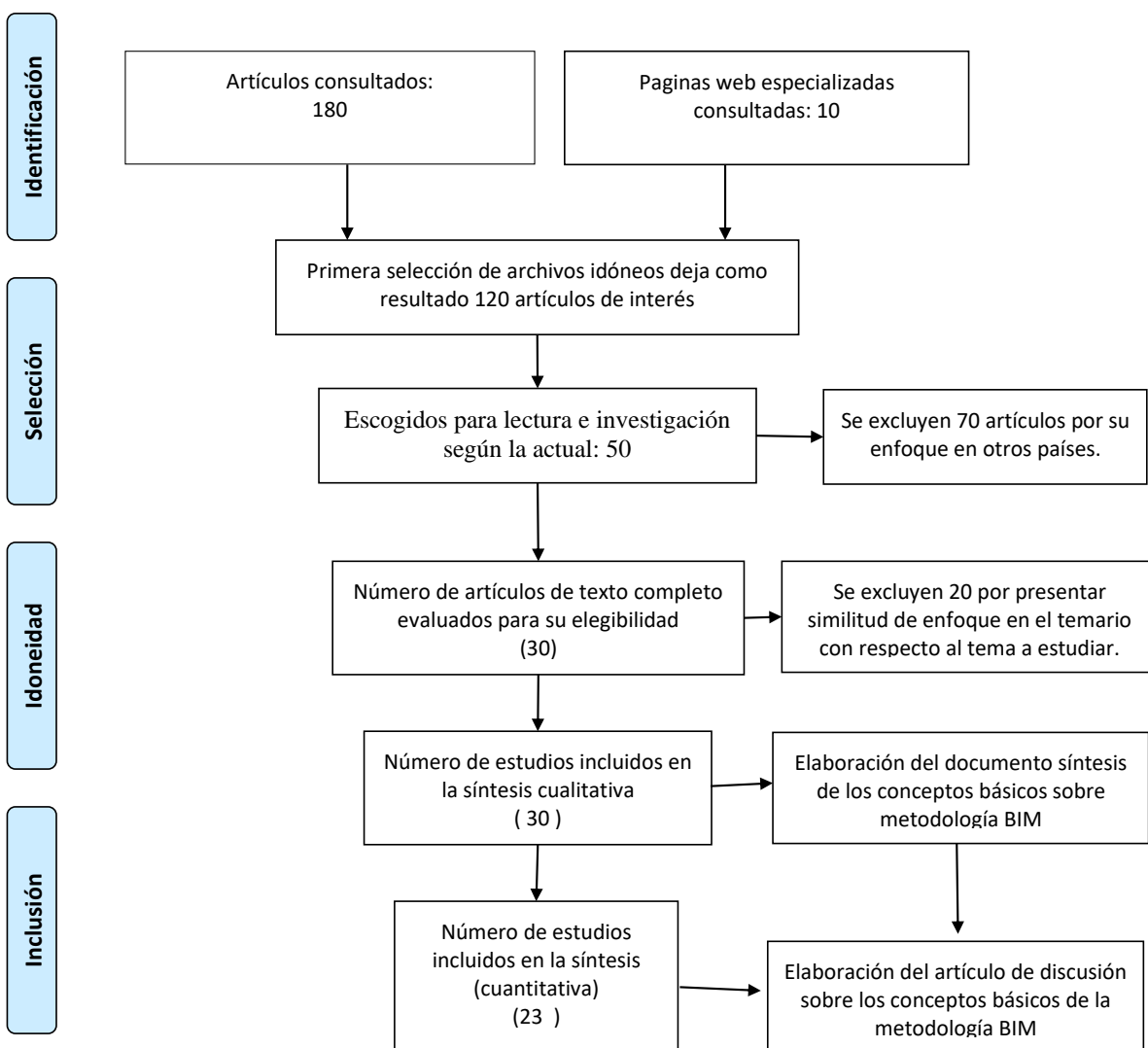
**Variable dependiente:** - El enfoque de la investigación: Debe ser basado en la actualidad de la metodología BIM en Colombia, entendiendo como parte importante el estudio y la implementación.

**Variable interviniente:** - Interpretación: La síntesis de la información debe ser la más adecuada para que los posibles lectores se familiaricen con los términos y, además, se genere en ellos un interés por el tema.

## Diagrama de flujo, Metodología Prisma.

### Ilustración 1

Diagrama de flujo de la investigación



*Nota.* Diagrama elaborado bajo la metodología Prisma.

## **Desarrollo**

### **Conceptos Básicos**

Aprender cualquier habilidad necesita cierta dedicación, tiempo e información adecuada, ya sean cursos, videos o portales web, la apuesta por la metodología BIM parece algo abrumadora teniendo en cuenta que es una metodología amplia, con muchas vertientes y por tanto la información disponible es extensa. La importancia de adoptar esta metodología en la actualidad reside en que el panorama a futuro es que esta sea una obligación en todos los proyectos de obra pública y privada a nivel nacional. Una de las barreras a vencer en cualquier campo es la falta de información adecuada; cuando se hace una consulta acerca de la metodología BIM el estudiante o el profesional se puede encontrar con una cantidad de términos, datos y más datos que pueden hacer que se pierda el interés, en esta revisión de literatura se logró encontrar conceptos referentes en gran número de publicaciones y se rescataron los conceptos básicos necesarios para empezar en el aprendizaje de esta metodología. Estos conceptos son para ubicar la metodología en el espacio digital, saber qué papel puede desempeñar un profesional dentro de esta metodología y como medir el conocimiento que se tiene al respecto, además, de la normativa vigente a la que acudir en medio de este aprendizaje. Estos conceptos son listados enseguida.

### **Building Information Modeling**

BIM son las siglas de BUILDING INFORMATION MODELING, teniendo en cuenta que Building se puede traducir al español como edificio a manera de sustantivo, o, el proceso de construcción de una edificación, como verbo. La segunda parte Information, nos acerca al manejo de datos, procesos, información, por su traducción literal. Modeling, aterriza el concepto

general en un modelo, producto gráfico con características y atributos. Entonces se dice que BIM se puede interpretar de muchas maneras: Como el proceso de construcción basado en modelos e información, una traducción casi literal sería el modelado de un proyecto a base de información, o literal, modelado de información para la construcción... Pero ¿por qué es importante saber qué significa o qué traduce? Desde el inicio es necesario entender que este término abarca o hace referencia a la construcción, como proceso, (Building), a la gestión, (Information) y al diseño (Modeling). Todo en tres siglas: BIM.

“Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción.” <https://www.buildingsmart.es/bim/>

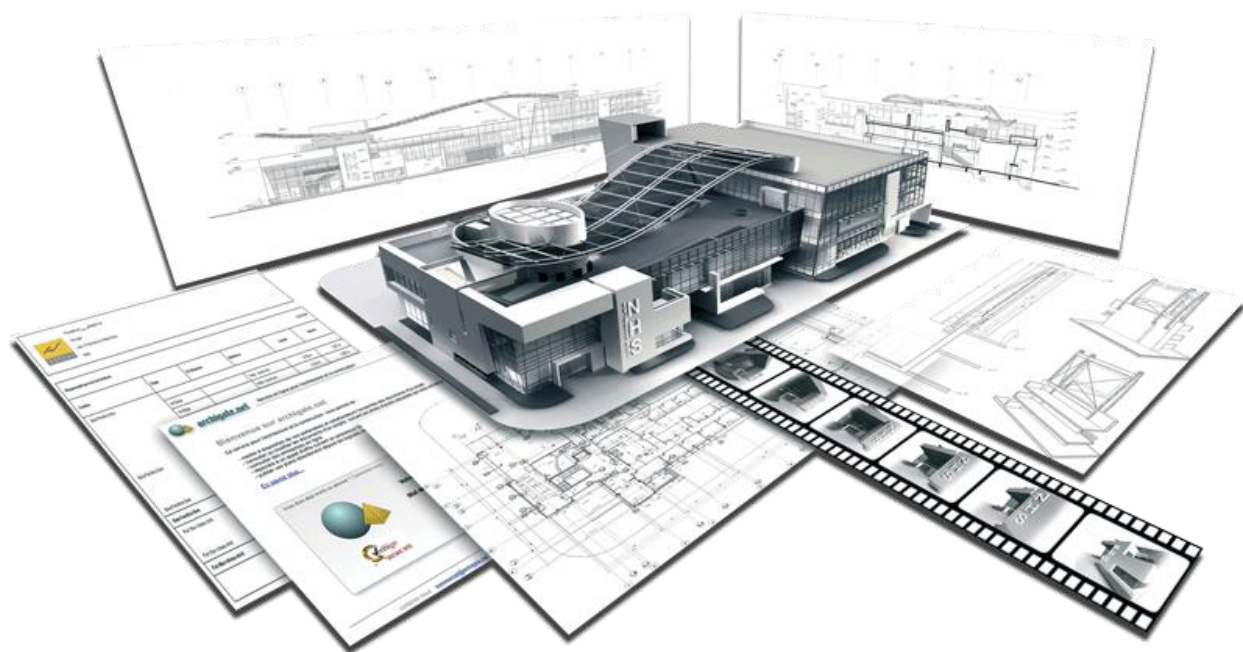
Seguimos con la otra parte importante para tener en cuenta: Metodología, que, según la RAE es el conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica, un estudio o una exposición doctrinal. Por su parte el PMBOK (publicación del PMI sobre la dirección de proyectos) la define como: “Un sistema de prácticas, técnicas, procedimientos y reglas utilizado por quienes trabajan en una disciplina”. La metodología BIM es entonces un conjunto de procesos, herramientas y técnicas para la gestión de un proyecto de construcción a base de información y modelos. Las definiciones son tan variadas como extensas. En el manual Bim Forum de CAMACOL se resalta que la BuildingSMART, organización internacional para la promoción de BIM en el mundo, la define como: Una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción.”

Después de desarrollar una idea general del concepto hay que entender la otra parte y es que existe otro termino importante para entender: Trabajo colaborativo, que es parte fundamental de

esta metodología pues se ha establecido que la metodología BIM parte de tres componentes principales que son: tecnología, procesos y personas. Una clara referencia al componente humano y es precisamente este el que funge como mediador en todos los procesos.

### **Ilustración 2**

*Modelado de información de construcción en ArchiCAD*



*Nota: Modelo BIM en ArchiCAD, fuente Freepng*

### **Metodología BIM**

Como metodología, BIM cubre todos y cada uno de los procesos que intervienen en un proyecto de construcción desde la concepción de la idea hasta la demolición de la edificación, se desarrolla como una plataforma colaborativa para la creación y gestión de proyectos que tiene como objetivo centralizar todos los procesos en un único modelo de información digital donde estos convergen, estos procesos son creados por todos sus respectivos responsables pero están disponibles para todos los involucrados. El uso de esta metodología se extiende por entre las

venas del proyecto, es minucioso, con una exactitud considerable, factores que se reflejan en una reducción de tiempos y costos, y se apoya de la digitalización de todos los aspectos del proyecto. El objetivo de la metodología BIM es evitar la pérdida de valor de la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto que es uno de los factores que más inconvenientes presenta con la metodología tradicional. La adopción BIM con el uso de modelos digitales significa una mejor dirección para la eliminación de costes resultantes de una incorrecta interoperabilidad de datos. Pero, para esto hay que desarrollar una cantidad de conceptos para entender que BIM no es simplemente el uso de software. (1)

BIM representa el siguiente paso en la industria de la construcción y es común ver que cada vez está teniendo más reconocimiento al punto de que en varios países de Europa y Asia está siendo un requisito obligatorio para la ejecución de proyectos, públicos o privados. Simboliza la reinvención o “Reevolución”<sup>2</sup>, de los procesos constructivos tradicionales y aterriza la construcción en las nuevas tecnologías, el mundo de la *revolución 4.0*

Con respecto a la metodología tradicional, el salto ha sido abismal, pasamos de los dibujos a mano alzada al CAD lo que no representaba un cambio en los procesos sino una optimización en el cómo se entrega un plano, la única ventaja que este suponía era la eficiencia y rapidez con la que se desarrollaban los entregables, pero era información vacía sin atributos y sujeta a la interpretación de los constructores.

### **Construcción 4.0**

Se entiende como la convergencia de la producción industrial, los *CPS*, sistemas ciberfísicos y las tecnologías digitales con el objetivo final de crear un sitio de construcción digital. Permitiendo planificar, diseñar y entregar activos construidos de manera más efectiva y eficiente,

creando una correlación entre la transformación física y digital. La Construcción 4.0 constituye un paradigma que comprende los CPS y el *internet de las cosas*, datos y servicios, con el único objetivo de conectar la capa digital, BIM, y el entorno común de datos, CDE, con la parte física, que es en sí el proyecto y su ciclo de vida. BIM, encuentra su perfecto desarrollo en un ecosistema digital de característica colaborativa.<sup>3</sup>

Al igual que BIM, la Construcción 4.0. representa la actual dirección que toma la industria, se puede decir que habitan junto con BIM una serie de tecnologías y disciplinas que han demostrado no solo eficiencia en el desarrollo de un proyecto, sino que además es una apuesta enorme a la sostenibilidad pues, no solo se hace referencia a modelos digitales, gemelos, sino al uso de robots y drones para la topografía, el uso de tintas y papel amigables con el medio ambiente, impresoras 3D para edificaciones y prefabricados, y así, un sinnúmero de recursos de los que vale la pena estar enterados. Representa una optimización de la productividad de la construcción, agrega valor, complejidad, exactitud, rentabilidad al reducir costos, competitividad y productividad en la construcción. Todo lo anterior cabe dentro de otro concepto que nace en la Revolución 4.0, Lean Construcción. En teoría es priorizar las actividades que agregan valor al proyecto y descarta las que no lo hacen en pro de eliminar pérdidas por medio de la reducción de inventarios, disminución de tiempos en los procesos, automatización, cooperación<sup>4</sup>.

Todo lo anterior se puede interpretar como el alma y cuerpo de la metodología BIM donde esta adquiere un papel diferenciador dentro de la construcción sistematizada en un entorno de información que gestiona datos de un modelo virtual haciendo que el producto físico sea más eficiente.

Ya no se habla a futuro, La revolución 4.0 es una realidad y ha modernizado la industria de la construcción al conseguir que ésta avance al ritmo de todas estas nuevas tecnologías y dando el

paso que se necesitaba para sacarla de la metodología convencional que, aunque vigente, es poco provechosa.<sup>5</sup> Antolín Valero, Beatriz, en 2020, resume que la revolución 4.0 afectará a la economía y al empleo de su país, y de la industria en general. Que el impacto sea positivo o negativo depende únicamente de la preparación que tengan los profesionales para adoptar las nuevas tecnologías. Apoya la modernización y hace un llamado a crear conciencia sobre la importancia de evolucionar. Si bien, los métodos tradicionales han sido funcionales, es evidente que hay falencias que parecen interminables y ahora los profesionales tenemos múltiples herramientas que es casi que obligatorio aprender a dominar para mejorar el impacto que tiene la industria de la construcción sobre el ambiente, el medio ambiente y los ecosistemas.

### **Usos**

Son los métodos específicos usados para aplicación de BIM, estos agregan criterio a las actividades propias de los proyectos convirtiéndolas en parte de la metodología. La definición hace referencia a las aplicaciones, herramientas o soluciones que estas ofrecen.<sup>6</sup> Es un concepto que varía según la naturaleza del proyecto, dependerá del momento en el cual se aplica BIM en la ejecución o en el tiempo de vida mismo del proyecto. Depende también del nivel de especificidad requerido.<sup>7</sup> La universidad de Pensilvania, ha dedicado una constante investigación a generar conceptos sobre los usos BIM, en 2010 se hablaba de veinticinco (25) conceptos<sup>7</sup>, en la actualidad se habla de 21 usos BIM, Model Use Version 3.0.



**Tabla 1**  
*Usos BIM*

OPERATE	CONSTRUCT	DESIGN	PLAN
Maintenance Scheduling			
Building System Analysis			
Asset Management			
Space Mgmt/Tracking			
Disaster Planning			
Record Model			
	Site Utilization Planning		
	Construction System Design		
	Digital Fabrication		
	3D Control and Planning		
	3D Coordination		
		Design Authoring	
		Energy Analysis	
		Structural Analysis	
		Lighting Analysis	
		Mechanical Analysis	
		Other Eng. Analysis	
		LEED Evaluation	
		Code Validation	
		Design Reviews	
			Programming
			Site Analysis
			Phase Planning
			Cost Estimation
			Existing Conditions Modeling

*Nota:* Fuente PennSatate

Destacando, cuatro fases principales de las cuales se desprenden diversos procesos que coexisten a lo largo del proyecto siendo primarios o secundarios, pero de naturaleza conjunta.

Un uso BIM es una tarea o procedimiento único en un proyecto que. Los veinticinco usos identificados no son absolutos, pero proporcionan una buena representación de la manera en la que se aplica la metodología.<sup>7</sup>

### ***Planeación***

1. **Modelado de condiciones existentes.** Desde un modelo se plantean las condiciones iniciales, existentes y futuras del proyecto. Estableciendo el impacto en el entorno que este pueda ocasionar desde el diseño, hasta la construcción y operación.

2. **Estimación de costes.** Usar el modelo para el control de costos en cada una de las fases del proyecto: construcción, operación y mantenimiento.
3. **Planificación 3D y 4 D.** Planificar el trabajo en función del tiempo para gestionar el rendimiento de la obra.
4. **Análisis de ubicación.** Estudiar la ubicación adecuada del edificio o infraestructura dentro de un emplazamiento.
5. **Programación.** Evaluar el rendimiento de diseño para los requisitos espaciales existentes. Estudio de normativas utilizando el diseño. Toma de decisiones en las primeras fases de diseño.

### *Diseño*

6. **Revisión del diseño.** Toma de decisiones, revisión espacial y arquitectónica del edificio basados en el modelo.
7. **Validación de códigos.** Incluir códigos universales que puedan ser reconocidos, generalmente como procesos industriales de construcción.
8. **Sostenibilidad.** Evaluar la sostenibilidad de lo modelado.
9. **Análisis de las ingenierías.** Revisión y análisis de cálculos y estudios relativos a estructuras, instalaciones, estudios energéticos y demás.
10. **Análisis mecánico.** Usar el modelo para poder realizar el análisis mecánico.
11. **Análisis de las ingenierías de iluminación y electricidad.** Análisis de estudios de todo lo referido a electricidad e iluminación.
12. **Análisis estructural.** Análisis, cálculos y estudios del aspecto estructural del proyecto.

13. **Análisis energético.** Análisis, cálculos y estudios de todo lo referido a climatización y mecánica.

14. **Autoría de diseño.** Despiece gráfico para establecer el alcance del proyecto.

Individualizar los aspectos básicos a ejecutar.

### ***Construcción***

15. **Coordinación 3D.** Determinar interferencias y colisiones entre las diferentes especialidades para eliminar los conflictos en fase constructiva.

16. **Control y planificación 3D.** Usar toda la información gráfica disponible para organizar y decidir la disposición de los equipos de trabajo. Planificación de tiempos, procesos y recursos.

17. **Producción digital.** Partir del modelo para gestionar los elementos constructivos.

Formaletas, prefabricados y demás.

18. **Diseño en la construcción.** Determinar elementos y estructuras complejas para la ejecución del proyecto.

19. **Planificación de espacio en obra.** Gestionar la disposición en obra de las casetas, almacén, maquinaria, zonas comunes.

### ***Operación***

20. **Registro del modelo.** Entrega de los modelos estructurales, arquitectónicos, mecánicos, eléctricos y sanitarios con su respectiva guía de construcción, operación y el mantenimiento.

21. **Plan de emergencias.** Usar el modelo para ejecutar la gestión del riesgo.

22. **Gestión de espacios.** Organizar la distribución y gestión de espacios del edificio en según las necesidades y el uso de espacio ya establecido.

23. **Gestión de activos.** Gestionar a corto y largo plazo aspectos financieros que puedan representar los cambios físicos en el proyecto.



24. **Análisis de sistema de edificio.** Constante revisión del funcionamiento de los sistemas del proyecto, la energía que utiliza, iluminación, ventilación, según lo esperado en los diseños originales.

25. **Programación de mantenimiento.** Establecer protocolo de mantenimiento del proyecto.

Estos 25 aspectos fueron reducidos a 21, quedando de la siguiente manera:

**Tabla 2**  
*Usos BIM V 3.0*

Plan	Design	Construct	Operate
Capture Existing Conditions			
Author Design Model			
Analyze Program Requirements			
Author Cost Estimate			
Author 4D Model			
	Analyze Energy Performance		
	Analyze Structural Performance		
	Analyze Lighting Performance		
	Coordinate Design Model(s)		
	Review Design Model(s)		
	Analyze Sustainability Performance		
	Draw Construction Documents		
	Author Construction Site Logistics Model		
	Author Temporary Construction System Model(s)		
		Fabricate Products	
		Layout Construction Work	
		Compile Record Model	
			Monitor Maintenance
			Monitor Assets
			Monitor Space Utilization
			Monitor System Performance

 Essential Model Use  
 Enhanced Model Use

### Common Model Uses by Project Phase

*Note: Dark Blue are Essential Model Uses as defined in the National BIM Guidelines for Owners*

*Nota:* Fuente PennState

### **Aplicación de la metodología BIM**

Ya está dicho, BIM representa una innegable mejora para la industria de la construcción, existe gracias a la digitalización de los procesos, por lo tanto, es necesario el uso de software para su implementación, pero ¿Qué tan diverso puede ser el campo de aplicación de esta metodología?, ¿se limita solamente a la construcción de edificios? O puede usarse en un proyecto de cualquier especialidad. Es precisamente esa la razón por la cual, el concepto de “Building” se debe tomar como referencia a un proceso de fabricación. El campo de implementación es tan diverso como extenso, se puede usar desde pequeños proyectos como viviendas, hasta complejas ciudades. Es tan provechosa la implementación de esta metodología que países como Reino Unido o Francia ya la han instaurado como obligatoria en todos los proyectos gubernamentales. En otros países como EEUU o Alemania, el uso de BIM en ingeniería es ya adoptado por más del 80% de las empresas. En Colombia, desde hace varios años, empresas reconocidas han venido implementando BIM para incrementar su efectividad y valor, desde el gobierno nacional buscando mejorar la industria optó por lanzar un plan de implementación BIM llamado Estrategia Nacional BIM 2020-2026.

BIM está siendo reconocido como una herramienta tecnológica, como metodología de gestión, que agrega valor a los proyectos de edificaciones, como en los proyectos de infraestructura en general. Concluyó Alsina Saltarén, 2019, además resalta la necesidad de implementar BIM en los proyectos de infraestructura en Colombia como medida para hacer frente al actual estado de esta industria en el país, en aras de un crecimiento económico. Una apuesta además por la transparencia, la eficacia y las buenas prácticas, todas son ventajas que ofrece esta metodología, pues, BIM además de reducir costos, optimiza tiempos de ejecución y garantiza la calidad, es un cambio en la estructura del pensamiento colectivo sobre la industria que es una imagen que ha

estado marcada por años de corrupción y malos ejemplos, resaltando que el componente más importante dentro de BIM son las personas al alinear los intereses de todos los involucrados en los proyectos en un solo objetivo.<sup>9</sup>

En teoría el uso de BIM se extiende para toda clase de proyectos de construcción e infraestructura, teniendo en cuenta que cada uno tiene su especialidad, se vale de procesos distintos y el uso de software también diversos. Todos convergen en el uso de Revit como herramienta principal, pero hay que aclarar que es una herramienta más dentro de tantas, es tal vez la más usada pero no la única.

La escogencia de la medida de implementación depende de varios factores y está a cargo del profesional conocido como BIM Manager. Es aquí donde es importante conocer los roles dentro de la metodología.<sup>9</sup>

### **Roles BIM**

Luego de ver la naturaleza colaborativa y la complejidad de los procesos de la metodología según los Usos y aplicaciones, es de vital importancia reconocer que la gestión de un proyecto BIM se realiza en conjunto por un equipo de trabajo. Los roles no son cargos per se, son funciones y responsabilidades que cada profesional tiene dentro del equipo de trabajo. Un rol puede ser ejecutado por uno o varios miembros del equipo; y un miembro del equipo puede asumir más de un rol. La preparación es un factor importante para desempeñar el rol asignado, por esto, BIM también fomenta el liderazgo, la capacitación constante, la superación como profesional y demás valores necesarios para tener autoridad para desempeñarlo un rol. Estos pueden ir de una actividad a otra durante el ciclo de vida de un proyecto BIM.<sup>10</sup>

En Colombia, CAMACOL desde el BIM FORUM valida lo anterior al proponer que los roles son la descripción de la función a desempeñar y que estos pueden ser asignados de manera individual, dual o grupal, y catalogan los roles en cuatro principales:

***BIM Manager. La parte estratégica.***

Es quien se encarga de dirigir la implementación de BIM en todo el ciclo de vida del proyecto. Requiere de una constante capacitación sobre la metodología, las nuevas tecnologías y la actualidad en general del sector construcción. Es el responsable de la coordinación de los equipos y de garantizar la interoperabilidad de estos. Se relaciona mucho con el Project Management. Es quien gestiona la información, decide de qué manera es compartida y entregada. Requiere de amplio conocimiento en la metodología BIM, experiencia en procesos BIM, conocimiento en procesos de arquitectura e ingeniería, gestión estratégica de proyectos, estandarización y optimización de procesos tecnológicos, experiencia en procesos constructivos y en modelación básica y avanzada.<sup>11</sup>

***Coordinador BIM. La parte de la gestión.***

Es el encargado de coordinar los grupos de trabajo a fin de que se cumplan los requerimientos acordados con quien defina la estrategia, BIM Manager. Tiene que llevar el control y aseguramiento de la calidad de los proyectos garantizando la compatibilidad con los del resto de disciplinas. Debe tener conocimientos específicos sobre las herramientas necesarias definidas para la ejecución del proyecto buscando mejorar la gestión. Encargado de que los modelos sigan los estándares definidos según el plan de ejecución para que sean fácilmente procesables por otros agentes. Define el alcance del modelador BIM y audita la calidad de los productos entregables. Debe estar capacitado en los distintos protocolos que existen para el

intercambio de información. Consolida la información y la gestión a través del Plan de Ejecución BIM (BEP).<sup>11</sup>

***Especialista BIM. Producción.***

Es el responsable técnico según su especialidad. Encargado de modelar y analiza la información asociada a dichos modelos dentro de los proyectos para la coordinación, programación, cuantificación y fabricación. Es el primer revisor, visualiza y verifica la información propia de su especialidad en los entregables desarrollados en BIM, dependiendo de la etapa o del ciclo de vida del proyecto. (Ver Usos). Debe tener experiencia en el uso del software elegido para el modelado y análisis según su especialidad, en la elaboración y funcionamiento de Familias. Debe tener conocimiento en la metodología BIM tanto como de procesos de construcción y conocimientos técnicos en su especialidad. Debe contar con capacidad de trabajo colaborativo y conocer los objetivos técnicos y normativos del tipo de proyecto, especialidad y etapas del ciclo de vida del proyecto.<sup>11</sup>

***Modelador BIM. Producción.***

Es el encargado de ejecutar BIM como herramienta de desarrollo de las actividades propias de su disciplina. Sigue los lineamientos establecidos para la ejecución del proyecto por el encargado de la gestión para asegurar la calidad de sus entregables integrándolos con las diferentes especialidades. Debe tener formación en el uso de soluciones de software específicas para el desarrollo de su actividad. Es quien domina de primera mano el intercambio de la información en diferentes formatos. Lo primordial, es quien modela los elementos agregando o actualizando la información requerida. Usa y crea nuevos componentes de acuerdo con las necesidades del proyecto. Tiene que ser experto en el uso de software de modelado. Tener conocimiento en estándares de creación de contenidos, metodología BIM y en procesos de



construcción, arquitectura e ingeniería dependiendo de su especialidad. Necesita además capacidad de trabajo en equipo y conocimiento de objetivos técnicos y normativos del tipo de proyecto, especialidad y etapa del proyecto.<sup>11</sup>

### RESPONSABILIDADES BIM

Con los roles vienen las responsabilidades, desde el BIM FORUM también proponen una estructura para estas responsabilidades estratégicas para cada uno de los roles. En lo que respecta a las responsabilidades de apoyo, son todas aquellas que no hacen parte del flujo metodológico BIM pero que representan condiciones necesarias para la gestión efectiva de la BIM.<sup>11</sup>

**Ilustración 3**  
*Responsabilidades BIM*

Responsabilidad	Estrategia	Gestión	Especialistas	Producción	Apoyo
Objetivos Corporativos					
Investigación + Innovación					
Procesos + Estándares					
Implementación					
Capacitación					
Plan de ejecución (BEP)					
Auditoría de proyecto					
Gestión de proyecto					
Definición de contenido					
Levantamiento					
Análisis					
Revisión					
Coordinación de Modelo					
Programación					
Cuantificación					
Fabricación					
Gestión					
Operación					
Creación de Contenido					
Modelado					
Control de Calidad					
Intercambio de información					
Producción de entregables					
Análisis jurídico					
Evaluación Comercial					
Gestión Administrativa					
Soporte de tecnología					

**Nota.** Fuente BIM, BIM Kit, Guías para la adopción BIM en las organizaciones. BIM FORUM

### COLOMBIA

En medio de los conceptos de los Usos, surge un término importante, planificación 4D. Es común encontrar en la literatura y demás fuentes de información una advertencia acerca de lo

que no es BIM y es que el concepto suele asociarse comúnmente a algún software de modelado 3D lo que limita que los profesionales se interesen más por la metodología.

Si bien es cierto que BIM tiene su alma en el modelado en 3D, cuando se habla de dimensiones en BIM se hace referencia a los componentes que agregan valor al uso de la metodología y que van sumando aspectos importantes de los proyectos.

### **Dimensiones BIM**

En BIM "dimensión" es un término que debe tomarse literal en el contexto metodológico y las representaciones de edificios con los alcances geométricos actuales, 2D y 3D, además del contexto matemático como la representación de objetos físicos donde se conocen todos sus atributos, medida, longitud, escala, dirección, etc. En ese sentido, una dimensión BIM está ligada específica y significativamente a las propiedades fundamentales de un proyecto.<sup>13</sup>

Concluye Koutamanis, 2020, que en BIM no pueden existir más de cuatro dimensiones (4D). “Cualquier "dimensión" superior a esa se refiere a las capacidades para calcular varios aspectos sobre la base de las propiedades del símbolo en BIM 4D”. En su documento explica que en 4D BIM ya incluye todas las demás dimensiones necesarias para la ejecución de un proyecto. Y enfatiza: “BIM went beyond 3D and became  $nD$ ”, BIM fue más allá de tres dimensiones y llegó al punto de tener cualquier dimensión, es por esto por lo que en diversas fuentes y webs especializadas se puede encontrar que en BIM existen hasta 11 dimensiones. Pero, en sí ¿de cuantas dimensiones se habla entonces?

Partimos de las ya mencionadas fases de proyecto: Planeación, diseño, ejecución (construcción) y operación. Para ello, Gonzales y Lesmes, 2017, manifiestan que BIM existe en siete dimensiones (7D): La idea (1D), el boceto (2D), el modelo (3D), gestión del tiempo (4D), costos (5D), sustentabilidad (6D), operación (mantenimiento) (7D). Donde generalizan:

### ***1. Primera dimensión: La Idea.***

Es la dimensión más básica en un proyecto, marca el inicio de un proyecto, y rescatan la cita: “Con los correspondientes estudios de viabilidad, primeros croquis y estimaciones, se tomarán las bases del futuro proyecto” (García, 2017).

### ***2. Segunda Dimensión El Boceto:***

Lo que bien podría llamarse “prefactibilidad” es hacer las primeras proyecciones, según cálculos y diseños previos se establecen costos y predimensionamiento del proyecto, así mismo estimaciones estructurales y demás factores. Koutamanis, 2017, advierte “In the early days of BIM, much was made of its 3D capacities in order to suggest superiority over CAD”. Resaltando la errónea creencia de que BIM es simplemente un modelo 3D y que es superior solo por el hecho de que posee una ventaja grafica sobre los modelos 2D, que sólo pueden ser visualizados en planta, perfil o elevación.

### ***3. Tercera Dimensión. El modelo:***

La visualización grafica de las anteriores dimensiones donde se representan los atributos del proyecto en un modelo geométrico en tres dimensiones. Es importante porque permite el despiece del proyecto para generar volúmenes y cantidades. Koutamanis, 2017, dice que no hay mucho que explicar acerca de esta dimensión, el concepto se explica por sí solo.

### ***4. Cuarta dimensión. Tiempo***

Gestión de los tiempos de ejecución de los respectivos procesos del proyecto. Gonzales y Lesmes, 2017 identifican esta dimensión como una alternativa útil para la proyección de las actividades y procesos constructivos. El inicio de un plan de ejecución.

### ***5. Quinta Dimensión. Costos.***

Gestión del dinero que se va a invertir en el proyecto, habiendo determinado cantidades, procesos y costos en las anteriores dimensiones, esta dimensión administra los recursos del proyecto siguiendo los lineamientos ya establecidos, de la mano de la gestión del tiempo y con una adecuada implementación se garantiza la correcta destinación de los recursos de un proyecto. Algo para resaltar, es que BIM al ser colaborativo permite que la mayoría de involucrados estén al tanto de todos los aspectos de un proyecto, razón por la cual esta dimensión permitiría, en teoría, que los recursos sean fiscalizados por todos los involucrados permitiendo que se evite la malversación o la mala destinación del dinero.

### ***6. Sexta Dimensión. Sustentabilidad***

Simulación del comportamiento energético, los autores lo resaltan como valor agregado a las construcciones al permitir simular el posible comportamiento energético del proyecto, permitiendo un análisis para la toma de decisiones técnicas y tecnológicas para optimizar el consumo de energía durante todas las fases del proyecto mitigando así el impacto ambiental.

### ***7. Séptima dimensión. Operación***

Es el reflejo de todas las dimensiones anteriores, representa la gestión del uso, funcionamiento y mantenimiento. Un modelo virtual de la construcción que contendrá toda la información relevante del proyecto, como instalaciones y procesos constructivos para los implicados en el proyecto. Esto permitirá gestionar mantenimientos antes de que ocurran fallas en los sitios adecuados.<sup>13</sup>

Después de revisar los Usos y las Dimensiones, es claro notar que existe una enorme similitud teórica y metodológica entre las dos, hay que entender que los usos son procesos, y las dimensiones son la información que se procesa en estos procesos. Moret, 2020, expresa que particularmente las dimensiones pueden ser extensas, al igual que lo hacía Koutamani, 2017 cuando se refería a  $n$  Dimensiones.

En resumen, las dimensiones son el modo en el cual el profesional en BIM ejecuta la metodología siguiendo los lineamientos de los usos según su especialidad.

Concluye Moret, 2020, afirmando que cada profesional ejecuta BIM desde su especialidad, sea cual fuere, dando la importancia necesaria para desarrollar su parte del proyecto ya que son el medio por el que los Usos y las Dimensiones se logran convertirse en un caso de éxito al realizar la correcta gestión del proyecto, finaliza reconociendo que ambos, Uso y Dimensiones, hacen parte de un todo que es el ciclo de vida del edificio o proyecto.

Además, deja abierto el tema afirmando que las dimensiones representan el constante crecimiento de la metodología, al ser la información que la alimenta. Introduce conceptos de nuevas dimensiones reconociendo que son propuestas para llegar a 8D Seguridad y salud (SST), 9D Lean construction, e incluso 10D construcción digital.

### **8. *Octava dimensión***

Al integrar la dimensión 8D en el modelo BIM, los ingenieros pueden identificar riesgos en una etapa temprana del desarrollo del proyecto, simular posibles escenarios, evaluar estructuras, materiales y dispositivos. Y esto puede ayudar a evitar riesgos en el sector de la construcción. Desde la 4D es posible modelar una obra con elementos de seguridad y haciendo uso de las nuevas tecnologías visualizarla mediante realidad virtual o renderizados.<sup>15</sup>

### ***9. Novena dimensión***

La dimensión 9D se apoya en el concepto LEAN CONSTRUCTION, es una metodología adyacente a BIM que generaliza la industrialización del sector construcción proponiendo una optimización de los procesos al máximo con técnicas de LEAN dentro de una obra o proyecto. La filosofía de LEAN propone de eliminar todos los desperdicios posibles. Los beneficios de LEAN en BIM incluyen una mayor eficiencia, menor desperdicio, valor agregado, implicando mejores resultados del proyecto.<sup>15</sup>

### ***10. Décima dimensión***

También proviene de la filosofía LEAN. Pero no propone optimizar, sino industrializar el sector construcción. Tiene aplicabilidad en proyectos de carácter repetitivo como urbanizaciones o para constructoras que manejan un mismo modelo en sus proyectos. Es decir, una única metodología para varios proyectos. Brinda información sobre los beneficios de la construcción industrializada y detalla las barreras a la productividad en la industria de la construcción. Con esta información, la productividad aumentaría durante todo el proceso, desde la productividad hasta la gestión de la infraestructura, BIM brinda nuevas oportunidades para respaldar el diseño y la producción partiendo de modelos digitales lo que garantiza una mayor productividad y rentabilidad. El uso del diseño paramétrico BIM facilita la aplicación de modelos de edificios para explorar una amplia gama de opciones de proyectos. Para facilitar el trabajo en la construcción industrializada, se propone añadir a esta dimensión nuevas tecnologías como la impresión 3D.<sup>15</sup>

## **Madurez**

La Madurez de BIM, es una escala que permite conocer el nivel que tiene una empresa frente al uso de BIM. Es el paso inicial a la adopción de la metodología estableciendo el alcance que tiene la empresa, el profesional o el equipo de trabajo para la implementación de BIM.

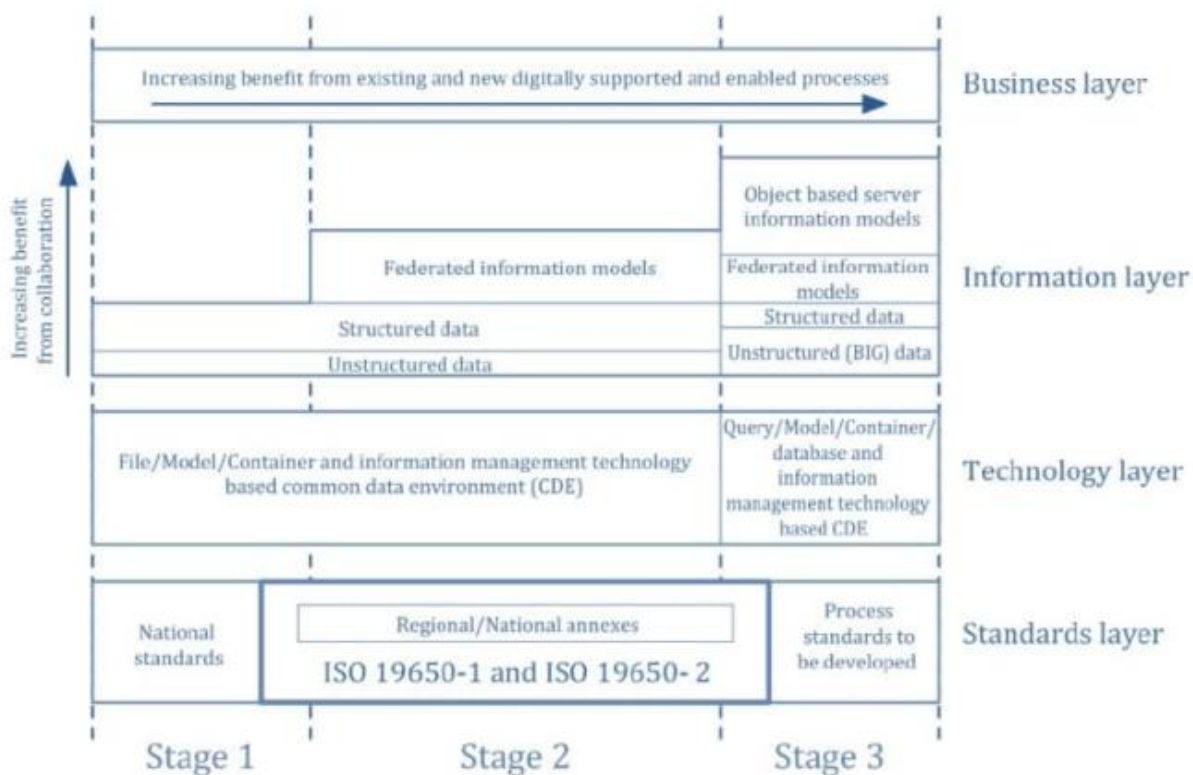
La falta de estandarización para la generación de herramientas que evalúen la madurez BIM en las empresas da lugar a muchas subjetividades por parte de los desarrolladores.<sup>16</sup>, concluye Hoyos, 2019, que además son los gobiernos quienes deben generar estos estándares. En la actualidad esto ocurre, en gran parte de Latinoamérica el uso del BIM es obligatorio desde hace unos años y se han establecido ciertos parámetros en base a la norma ISO 19650. Si bien existen normativas gubernamentales, son los propios profesionales los encargados de determinar el nivel de madurez pues no todos los proyectos necesitan el mayor nivel de aplicación de la metodología. Sabiendo que BIM es una plataforma de trabajo colaborativo basada en la generación y el intercambio de datos entre todas las partes de un proyecto es necesario entender que sobre estos datos es posible determinar su intensidad y medir su utilidad. Para ello hay varios niveles establecidos, niveles de madurez BIM. Entre más alto sea, más compleja es la interoperación de las partes del proyecto. Según la ISO 19650 actualmente existen 3 niveles de madurez BIM:

***Stage 1:*** Relaciona el uso básico de CAD 2D y modelos de información que cumplan con las normas nacionales.

***Stage 2:*** Los modelos de información cumplen con las normas internacionales ISO 19650 garantizando la colaboración dentro del proyecto. Intercambio de información entre partes.

***Stage 3:*** Total integración del BIM en el proyecto.<sup>17</sup>

**Ilustración 4**  
Matriz de madurez ISO 19650



*Nota:* Tomado de Biblus.

La matriz de resumen propuesta por la norma ISO 19650 tiene un doble orden de lectura.

Se puede leer de izquierda a derecha para seguir el crecimiento de los beneficios de la digitalización de los procesos. O de abajo hacia arriba para seguir el crecimiento de los beneficios de la colaboración entre profesionales.

La matriz consta de 3 columnas y 4 filas. Las columnas muestran los 3 grados de madurez BIM identificados por la ISO 19650.

Las filas muestran los siguientes niveles:

- *Standards Layer* – Normativo



- *Technology Layer* – Tecnológico
- *Information Layer* – Informativo
- *Business Layer* – Empresarial.

De 0 a 3 ¿Qué son los niveles de madurez BIM?, biblus.accasoftware.com, consultado noviembre 2022.

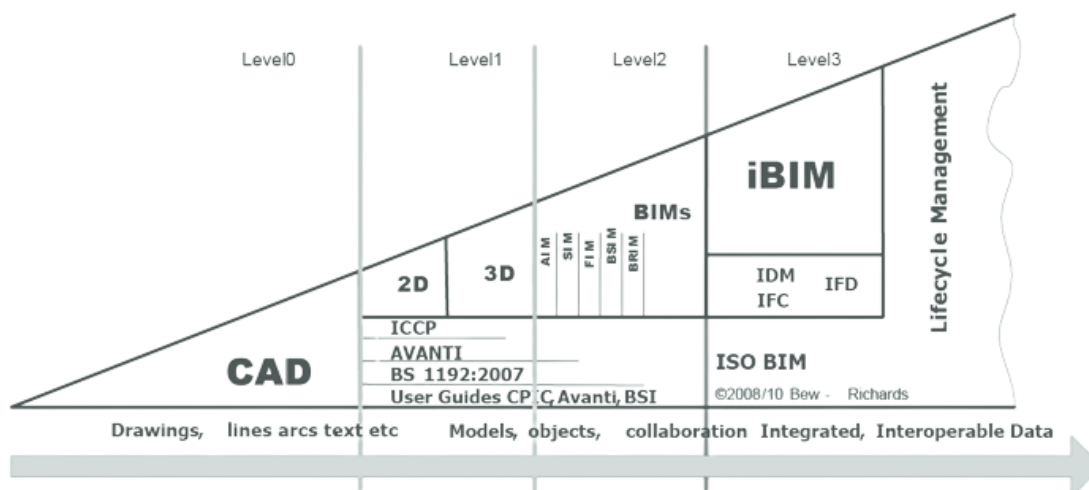
Así, sin tanto contexto es algo poco entendible, son pasos agigantados y algo confusos para un nivel introductorio, es por esto que distintos autores han hecho su parte para implementar un modo más sencillo para medir este nivel, es aquí donde nace la matriz de madurez.

### Matriz De Madurez BIM 3

Herramienta que permite medir y evaluar el avance y la madurez de la implementación BIM.

Propuesta por Bew-Richards, 2008, en la que definieron 4 niveles. Del 0 al 3. Indica la capacidad de la cadena constructiva para operar e intercambiar información, la gestión de información y cómo los equipos del proyecto colaboran en torno a ella.<sup>17</sup>

**Ilustración 5**  
Matriz de madurez BIM 3



### ***Nivel 0***

Metodología tradicional, un proyecto en el estado más básico sin nivel de cooperación, esta fase, la producción y el intercambio de los datos se llevan a cabo con la ayuda de documentos electrónicos en papel no interoperables, de uso unipersonal. CAD en 2D sin intercambio de los modelos de datos generados. Actualmente la mayoría de los técnicos están en el Nivel 0 del BIM, intercambian archivos diferentes e información en papel que no pueden interactuar entre sí.<sup>17</sup>

### ***Nivel 1***

Uso de tecnologías CAD en 2D y 3D, la información es compartida a través de un entorno digital. CAD 3D implementado en la fase de diseño, 2D usado para la documentación y la gestión de la información. Los modelos generados no se comparten entre los diferentes actores implicados. Sigue siendo un nivel básico que no implica la colaboración en la generación de información y sigue estando lejos de un enfoque totalmente BIM. Es el nivel de colaboración más popular entre los profesionales y las empresas del sector de la construcción, metodología tradicional con uso de herramientas profesionales de renderizado en 3D.<sup>17</sup>

### ***Nivel 2:***

Colaboración completa entre todos los actores involucrados en el diseño. La fase inicial de adopción BIM, la colaboración se lleva a cabo trabajando en modelos 3D BIM compartidos entre los profesionales nutridos con mucha información útil sobre el proyecto, su gestión y vida útil. Proyectos que se desarrollan en las dimensiones 4D, gestión del tiempo, y 5D, costos.<sup>17</sup>

### ***Nivel 3:***

Último nivel de madurez BIM, significa la integración completa de las herramientas y las diferentes figuras de la metodología, todas las partes pueden compartir información y trabajar en el mismo proyecto de manera simultánea; colaboración en tiempo real. En este nivel, el proyecto y sus procesos están totalmente interconectado, desde el diseño hasta la gestión de la construcción.

En resumen, es la parte de la metodología que sirve para que los profesionales puedan hacer una autoevaluación del estado real de la adopción BIM en un proyecto.

### **Ingeniería de valor**

En la industria de la construcción, la ingeniería de valor se reconoce como un proceso estructurado de evaluación de la funcionalidad de un proyecto para asegurar que un proyecto es lo esperado en la relación ejecución vs costo. Es un concepto que va de la mano de los avances tecnológicos y su único propósito es gestionar de manera correcta los recursos de un proyecto buscando la satisfacción de los usuarios. (León 2020)

Cuando se habla ingeniería de valor es fácil deducir que la metodología BIM existe bajo el mismo concepto, siendo que esta busca optimizar objetivamente los recursos de un proyecto. Es una metodología dedicada única y exclusivamente a la parte financiera, como ya se estableció, una de las dimensiones de BIM está dedicada especialmente a este factor.

Entonces, es BIM mejor alternativa a la ingeniería de valor se puede evidenciar que BIM es ingeniería de valor, es una metodología inmersa dentro de otra con u mismo fin.

### **BIM y el uso de los datos.**

A este punto, está establecido que BIM es la gestión de datos, información (Information), el cómo estos datos son compartidos por todos los involucrados de un proyecto es fundamental o,

como decir en palabras simples, necesario que todos puedan hablar un mismo idioma. Pero ¿Cómo se manejan estos datos dentro de la metodología?, los datos se comparten a manera de atributos que se van sumando al modelo digital, generarlos es responsabilidad de cada una de las partes según sea su especialidad, gestionarlos es función del BIM Manager, o del Coordinador BIM pues estos son los que toman las decisiones.

Ahora, como se ha dicho en varias ocasiones, BIM está en constante evolución, al ser parte de la revolución 4.0 está ligada a cambios y mejoras a medida que los avances tecnológicos van ofreciendo alternativas.

Celik, Ioan y Barati, proponen un hábitat para la metodología BIM dentro de la Blockchain para la correcta gestión de los datos. Proponen que “la gestión de proyectos de construcción requiere técnicas adecuadas para soportar el intercambio continuo de información entre disciplinas. Los avances recientes en el modelado de información de construcción (BIM) han expuesto nuevas formas de integración de procesos y datos con formatos de datos abiertos, mapeo de procesos y terminología”. Resaltan que dada la importancia de los datos dentro la metodología, es necesario que exista un modo de protegerlos, que estos, además, sean verificables y que existan dentro de un entorno que los proteja. Definen los procesos de interoperación que dan vida al BIM como una transacción. Es así como se hace necesario encontrar mecanismos para definir la prioridad de la información, la procedencia y la idoneidad para que exista coherencia en la información y que además esta pueda tener mejor trazabilidad.

Proponen un modelo de procedencia de datos BIM basado en Blockchain para apoyar el intercambio de información en proyectos de construcción. Lograron aplicar y demostrar con éxito que este enfoque puede reconocer los niveles de competencia y puede mejorar el proceso

de implementación de BIM. Este enfoque de ciencia de datos reduce aún más los costos y mejora las contingencias de riesgo en los proyectos de construcción.

Actualmente, el proceso de implantación del “Building Information Modeling” (BIM) en el sector de la construcción parece imparable. Aun así, el BIM es sólo una parte del proceso más amplio de transformación digital que está viviendo el sector. Tecnologías como el ‘Internet de las cosas’, el BIM o los sistemas de gestión integral de los edificios también representan la evolución del sector construcción, “blockchain” es una tecnología nacida para gestionar las criptomonedas, en cuanto a transacciones, puede ser de gran utilidad en el sector de la construcción, especialmente si se vincula con el BIM. (Coloma, Rivas, 2020).

### ***SEGURIDAD EN LOS DATOS***

Para completar con éxito un proceso de documentación integral de un proyecto con metodología BIM es imprescindible garantizar la fiabilidad de los datos, tanto por su fuente como por sus referencias internas y externas. Dentro de una Blockchain los datos incluyen en su propia ordenación los valores o parámetros que garantizan su autenticidad y validez de forma independiente del lector o sistema utilizado. Su implementación en BIM y el sector construcción será el siguiente paso de la construcción 4.0<sup>20</sup>. Alonso, 2020, concluye en su artículo sobre Blockchain que, una vez se alcanza un nivel 1 o 2 de metodología BIM, verificar y validar los datos es algo imprescindible. La ventaja que ofrece el uso de una Blockchain reside en la verificación de estos datos.

La esencia de BIM es la información y parece que aplicar las tecnologías actuales de manejo de datos en la construcción podría ser una fuente de innovación. Argumenta Correa, 2015, buscando responder si BIM es lo suficientemente grande para demandar cualquier solución de Big Data Analytics o el uso de Data Science. Parte del hecho de que el uso ordinario de BIM está lejos del escenario de lo que se conoce como Big Data. En su artículo analizó cómo se podrían manejar los datos en BIM a partir de la ciencia de datos. En esta metodología se podrían emplear algún tipo de análisis, para promover la automatización, integración, o simulación de procesos, mejorando el rendimiento en proyectos reales. Sin embargo, si los modelos BIM y las herramientas de software podría actualizarse de tal manera que represente toda una ciudad, según el concepto de las Smart Cities, CIM (City Information Modeling ). Entonces Big Data Analytics sería la elección correcta para hacer frente a los problemas del manejo de datos e información. Con BIM aplicado íntegramente a gestión de instalaciones, que se ocupa de todo el ciclo de vida de un edificio, su operación y mantenimiento, podría lograr algo de volumen, variedad y velocidad en el manejo de la información.<sup>21</sup>

## **Normatividad**

### ***ISO 19650***

La 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 metodología (BIM o Building Information Modeling). Esta norma tiene 6 partes, pero en Colombia se ha trabajado en la nacionalización de las partes 1, 2, 5 y actualmente está en estudio la parte 3. Además de la opción de adoptar otras normas internacionales sobre BIM, entre otros temas, se creó, en septiembre de 2020, el comité técnico de normalización de ICONTEC (CTN) 254, edificaciones y obras de ingeniería civil.<sup>22</sup>

La norma, en Colombia, es titulada como Organización Y Digitalización De La Información En Edificaciones Y Obras De Ingeniería Civil, incluyendo BIM (Building Information Modeling).

Gestión de la información usando BIM.<sup>22</sup>

En septiembre de 2020 se empezó a trabajar en la normalización de la metodología BIM desde Icontec, CTN 254, y se han adoptado las siguientes normas de la ISO 19650:

Organización y digitalización de la información en edificaciones y obras de ingeniería civil, incluyendo BIM...

***Parte 1: conceptos y principios.***

NTC-ISO 19650-1, febrero 2021

Presenta los conceptos y principios para la gestión de la información en una etapa de madurez descrita como "Building Information Modeling (BIM) según la serie de normas ISO 19650". Dicta recomendaciones para definir un marco de gestión de la información que incluye el intercambio, el registro, el control de versiones y la organización de todos los agentes. Este documento se aplica a todo el ciclo de vida de cualquier activo construido, incluida la planificación estratégica, el diseño inicial, la ingeniería, la entrega, la documentación y la construcción, las operaciones diarias, el mantenimiento, la rehabilitación, la reparación y el final de la vida útil. Puede adaptarse a activos o proyectos de cualquier escala y complejidad.<sup>23</sup>

***Parte 2: fase de entrega de los activos.***

NTC-ISO 19650-2, febrero, 2022.

Proceso de gestión de la información en la fase de entrega de los activos y los intercambios de información dentro de dicha fase, usando BIM.<sup>23</sup>

***Parte 3: Fase operacional de los activos.***

NTC-ISO 19650-3, septiembre 2022.

Proceso de gestión de la información en la fase de operación de los activos y el intercambio de información durante esta fase al utilizar BM.<sup>23</sup>

***Parte 5: Enfoque orientado a la seguridad en la gestión de la información.***

NTC-ISO 19650-5:2021.

Principios y requisitos para la gestión de la información orientada a la seguridad, conforme se define en la NTC-ISO 19650-1, así como a la gestión orientada a la seguridad de la información sensible que se obtiene, crea, procesa y almacena como parte o con relación a cualquier iniciativa, proyecto, activo, producto o servicio. Esta norma trata los pasos necesarios para crear y desarrollar una cultura y una mentalidad enfocadas a la seguridad. Adecuadas y proporcionadas en las organizaciones que tengan con acceso a información sensible, incluyendo la necesidad de vigilar y auditar el cumplimiento. El enfoque descrito es aplicable a lo largo del ciclo de vida de una actividad, proyecto, activo, producto o servicio, tanto proyectado como existente, durante el cual se obtiene, crea, procesa o almacena información sensible. Esta norma está concebida para cualquier organización que emplee tecnologías y gestione la información para en la creación, diseño, construcción, fabricación, operación, gestión, modificación, mejora, demolición o reciclaje de activos o productos, así como la prestación de servicios, en el sector de la construcción. También es de interés y relevancia para las organizaciones que deseen proteger su información comercial, información personal y su propiedad intelectual.<sup>23</sup>



Estas normas pueden aplicarse a todos los tipos de activos por organizaciones de cualquier tipo y tamaño que participen en la fase de operación de los activos. Los requisitos de estas pueden alcanzarse mediante acciones directas de la organización en cuestión o pueden delegarse a otra parte.<sup>23</sup>

***Parte 4: intercambio de información.***

NTC-ISO 19650-4,

El CTN 254, tiene programada la discusión del Estudio del anteproyecto NTC-ISO 19650-4 en noviembre 2022.

**Otras normas respecto a la metodología BIM**

***NTC-ISO 23386:2021.***

- Building information Modeling (BIM) y otros procesos digitales utilizados en la construcción. Metodología para describir, crear y mantener propiedades en diccionarios interconectados. Diciembre, 2021.<sup>23</sup>

***NTC-ISO 23387:2021.***

Building information Modeling (BIM). Plantillas de datos para los objetos de construcción utilizados en el ciclo de vida de cualquier activo construido. Conceptos y principios. Diciembre, 2021.<sup>23</sup>

**Actualidad BIM en Colombia**

Según varias fuentes consultadas, el panorama BIM en Latinoamérica es satisfactorio y representa una enorme oportunidad para quienes buscan pertenecer al sector construcción tanto

como para quienes ya hacen parte del gremio. El salto a esta metodología no debe tomarse como una decisión a largo plazo, es una transición que ya está en marcha y a diario da pasos agigantados de la mano de la tecnología. En Colombia, el panorama es el más favorecedor, para Adam Matthews, presidente de International Global BIM Network, “Colombia es uno de los líderes en América Latina”, en respuesta a Portafolio cuando le preguntaron acerca de la implementación BIM en LATAM y Colombia. En sus respuestas resalto el enfoque nacional en mejores construcciones y mejor infraestructura. Aspectos que obtienen un enorme crecimiento desde la metodología BIM. Resaltó además el potencial que tiene esta metodología como herramienta para unir a la comunidad, que son los primeros beneficiarios del sector construcción. Además, BIM en Colombia es una fuerza de mercado creativa y dinámica. Desde mi punto de vista, está agregando algo al espíritu empresarial de Colombia. Matthews, visitaba Colombia para participar en el congreso anual de Camacol en 2022. En medio de la entrevista, Matthews resaltaba los beneficios de BIM sobre la economía, el sector social, el ambiente.<sup>24</sup>

En Colombia, la metodología BIM está creciendo de la mano de entidades como CAMACOL, la CCI y del mismo gobierno nacional desde los ministerios. En el año 2020 se inició por la Estrategia de Implementación de BIM como impulso a la transformación digital del sector de la construcción, cuyos objetivos son: Consistencia, eficiencia y eficacia. Buscan respectivamente generar un marco BIM colaborativo común para el sector, que incluya orientaciones y requisitos sectoriales específicos. Lograr un ahorro en costos en proyectos de obra pública de, por lo menos, diez por ciento (10%) y mejorar el entorno digital nacional para el sector construcción.<sup>27</sup>

### **Estrategia Nacional BIM 2020-2026**

Plan de implementación BIM en el que se considera los tiempos necesarios para el desarrollo de actividades de alistamiento y la competitividad.<sup>27</sup> Esta estrategia prevé una implementación

progresiva de 7 años para la capacitación y digitalización del sector de la construcción y operación. Con un enfoque inicial desde el sector público, para la generación de demanda y progresiva capacitación de la cadena de suministro, hasta su implementación mandataria en 2026 para proyectos de orden nacional o cofinanciados por el gobierno nacional. Para el 2026, se prevé establecer una estrategia para permear los conocimientos y requerimientos también a niveles regionales.<sup>27</sup> Esta estrategia es la base de toda la industria (Público, Privado y Academia), para avanzar en la transformación digital del sector de la construcción y la infraestructura. Es una transición general que se gesta desde el sector público. De implementación gradual, esta transformación digital es una parte fundamental de esta estrategia, ya que asegurará la creación exitosa de procesos que han sido probados a nivel regional y nacional. Tales normas y procesos están siempre en constante evolución, adaptándose a las nuevas tecnologías y a los niveles de capacidad y madurez de nuestro país.<sup>27</sup>

Moreno en 2021, cerraba su investigación llamada Estado Del Conocimiento De La Aplicabilidad De La Metodología BIM En Proyectos De Infraestructura Vial En Colombia. Argumentando que la metodología BIM es una solución a las problemáticas de los proyectos de infraestructura, vial en este caso, pues es una plataforma que permite la optimización de la aplicación de recursos en la construcción, resaltó la importancia de la implementación “principalmente” desde la academia, y la reconoció, a BIM, como una herramienta novedosa en la era digital necesaria para la competitividad del país.<sup>28</sup>

A su vez, Quintero, 2022, planteaba al final de su Análisis de la implementación BIM en Colombia que esta ha venido creciendo exponencialmente gracias a la creación de los estándares BIM. Resalta que uno de los principales enemigos de este crecimiento son el desconocimiento y

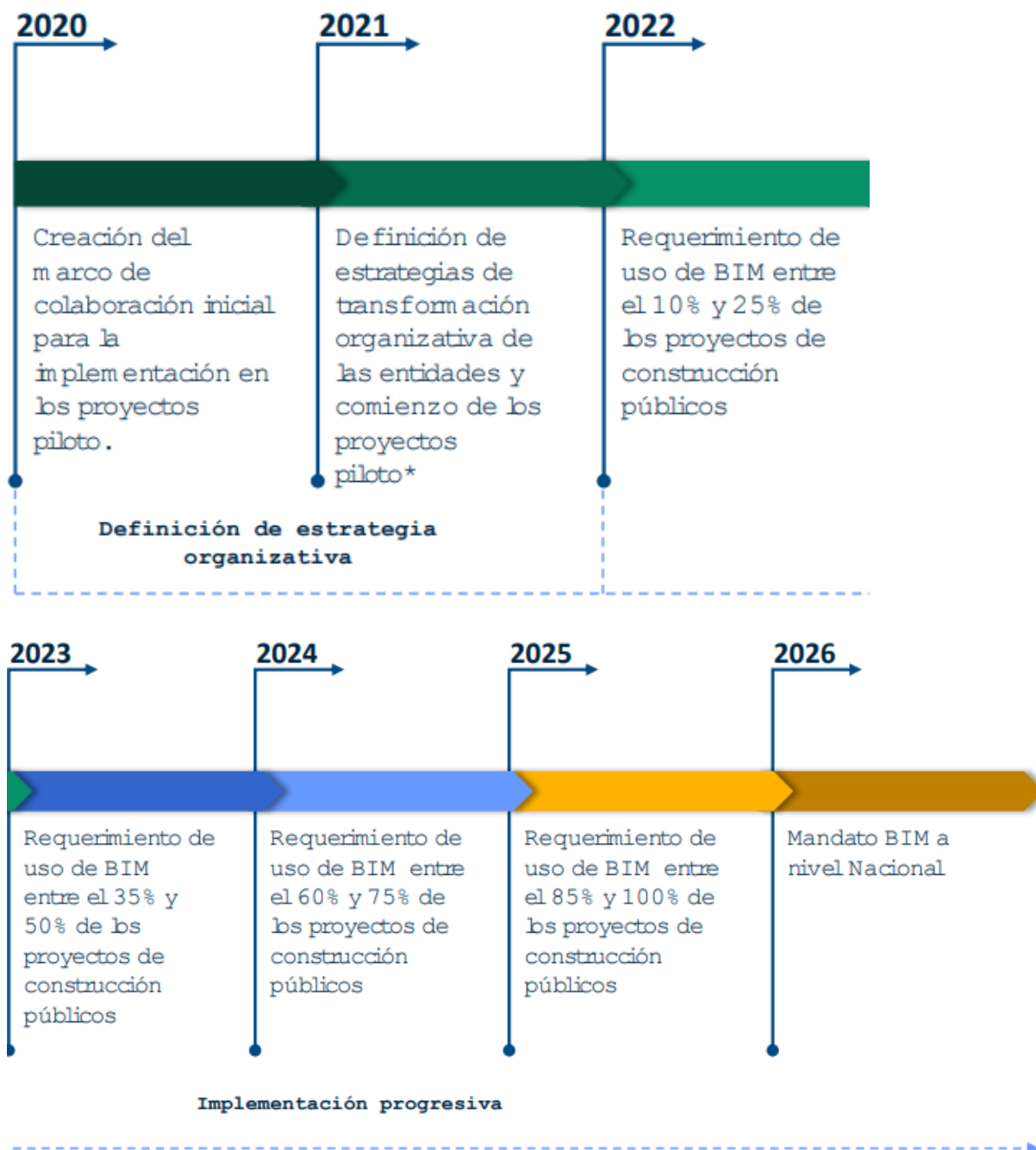
la falta de educación BIM en el país.<sup>28</sup> Lo que se espera solventar con la estrategia nacional.

Propone cuatro puntos que son, a su parecer, importantes para ser motivo de estudio.

- En primer lugar, que debe fortalecerse la relación entre la etapa de diseño y la de construcción.
- En segundo lugar, y es considerable, se refiere a la naturaleza de la transición BIM y el impacto que el hacerse por decreto pueda tener en licitaciones públicas, pues es “probable que una transición forzada a la metodología traiga consigo problemas para el micro empresariado de construcción de Colombia”.
- En tercer lugar, y según los resultados de su investigación, resalta que los costos siguen siendo menores al gestionar los proyectos desde la metodología tradicional, “análoga” y propone que desde el BIM Forum se genere una propuesta de evaluación de este tema.
- En cuarto lugar, discute el alcance de la metodología en cuanto a la parte gráfica, el nivel de detalle que se debe buscar para hacer llamativa la metodología.<sup>29</sup>

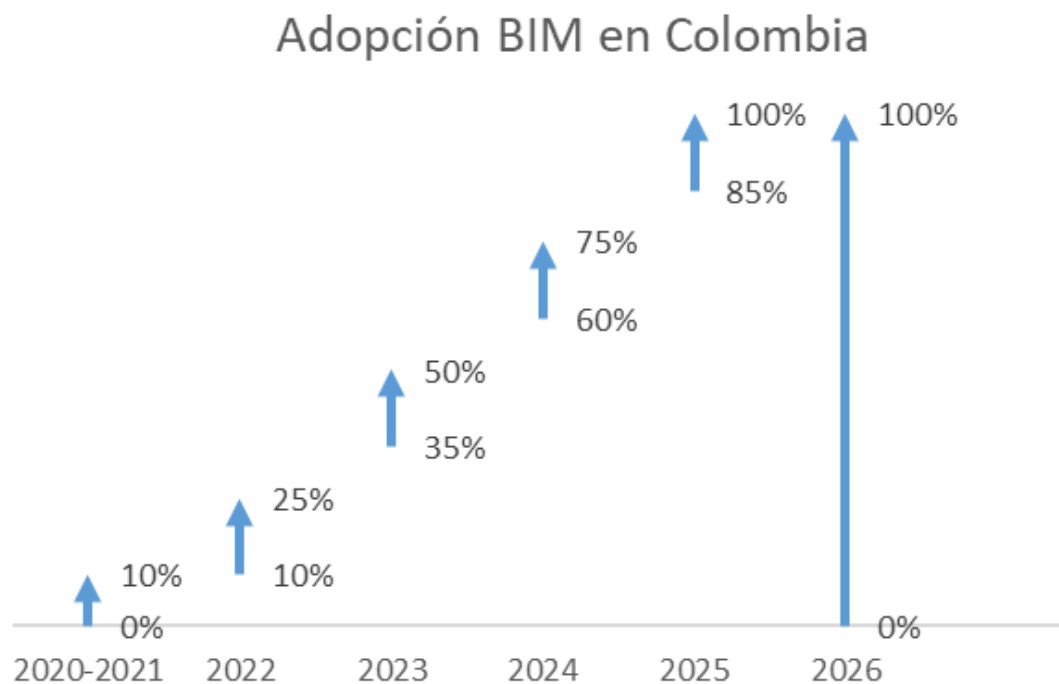
Si bien, son aspectos para considerar, ya están siendo cubiertos por las entidades y las normas están en constante desarrollo, precisamente para solventar esas necesidades. Para rescatar, afirma que el único panorama que se ve desolado en la realidad BIM en Colombia es el académico. Es muy acertado proponer y apostar porque la academia haga una rápida transición, después de todo son los académicos los que aportan al crecimiento de cualquier ámbito, en este caso la metodología BIM debe abordarse desde todos los sectores de manera simultánea para que se haga estándar con mayor rapidez. Que cuando llegue el 2026, todos los profesionales estén preparados para adoptar BIM como exigencia.

**Ilustración 6**  
*Adopción BIM, estrategia de adopción BIM, 2020*



*Nota:* Elaboración

**Ilustración 7**  
*Porcentaje de adopción BIM*



*Nota:* Elaboración propia a partir de los datos del plan de implementación BIM 2020

### ***BIM Forum Colombia***

Es la plataforma de articulación de actores y gestión del conocimiento, en torno a la digitalización del sector de la construcción, para el incremento de la productividad en las empresas y de la competitividad de la actividad edificadora en Colombia. Tiene como objetivo desarrollar una agenda estratégica para la implementación de todos los actores de la cadena de valor de la construcción. Busca Convertirse en 2025 en el referente nacional y autoridad técnica en el uso BIM en Colombia.<sup>30</sup>

Como parte de su estrategia han desarrollado el BIM Kit que definen como una recopilación de documentos como guía a seguir por parte de las empresas para tener una implementación de BIM exitosa, serie de documentos técnicos que articulan a todos los actores de BIM en un mismo lenguaje, nivelando el conocimiento.<sup>31</sup> 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.<sup>32</sup>

### ***BIM Kit, 2019.***

Serie de documentos que sirven de introducción a la metodología BIM para las empresas y los profesionales. Junto a la adaptación de la ISO 19650 por parte del CTN 254. BIM Kit hace parte de esas guías para la adopción BIM en Colombia, como lo define Acero, 2021, para lograr que la adopción de estas nuevas tecnologías sea de manera integral y que sea de la mano de profesionales de la industria nacional.<sup>33</sup>

#### **1. BIM Kit parte 1: Roles y perfiles.**

Recomendaciones para definir roles, perfiles y sus responsabilidades dentro de la metodología BIM. Este documento contiene los diferentes niveles de responsabilidad y habilidades mínimas con las que debe contar un equipo BIM<sup>34</sup>.

#### **2. BIM Kit parte 2: Guía de modelado BIM.**

Guía para estandarizar el modelado BIM desde el alcance del diseñador, con base en la experiencia adquirida por parte de las empresas participantes en el BIM fórum, como una forma de documentar las mejores prácticas profesionales.<sup>33</sup>

#### **3. BIM Kit parte 3: Flujos de trabajo.**

Es un caso de estudio donde plasmaron los resultados de un taller que se ejecutó con 45 profesionales de distintas empresas del sector construcción. Con enfoque en un proyecto de Vivienda de Interés Social, estos se formaron en grupos de manera aleatoria y tenían como objetivo generar un flujo de trabajo que funcionara bajo la metodología BIM.<sup>36</sup>

#### **4. BIM Kit parte 4: Gestión de la información.**

Resumen de las mejores prácticas para la correcta organización de la información ambientes digitales y puntos de interés en la toma de decisiones.<sup>37</sup>

#### **5. BIM Kit parte 5: Indicadores BIM.**

Indicadores de desempeño que sirven como guía para el seguimiento de métricas para identificar el rendimiento de tiempo, costo y alcance del entorno BIM en una organización.<sup>38</sup>

#### **6. BIM Kit parte 6: Creación de contenido.**

Estándar de la creación de objetos y contenido de los procesos dentro de BIM, además establece los requerimientos mínimos de información para la misma.<sup>39</sup>

#### **7. BIM Kit parte 7: Anexo contractual.**

Ejemplo para seguir de contrato que define el alcance y condiciones en un proceso de contratación que involucre metodología BIM.<sup>40</sup>

*BIM Kit 2, 2020. Documentos en Borrador*

#### **8. BIM Kit parte 8: Hoja de ruta de implementación.**

Hoja de ruta, dicta el paso a paso para implementación BIM en organizaciones.

#### **9. BIM Kit parte 9: Fichas de usos BIM.**

Recomendaciones para el manejo, aplicabilidad y alcance de los Usos BIM en un proyecto de construcción. Describe las mejores prácticas en torno a la gestión de la información y toma de decisiones en un flujo de procesos.



### **10. BIM Kit parte 10: Requerimientos BIM para trámites de licencias.**

Recomendaciones para el cumplimiento de los lineamientos establecidos por el ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, para entrega de un modelo BIM para radicación, estudio y expedición de licencias urbanísticas. Describe las mejores prácticas para la exportación y entrega de estos modelos.

### **11. BIM Kit parte 11: BEP.**

Plan de Ejecución BIM (Bim Execution Plan, BEP) establece los lineamientos para el desarrollo de un proyecto BIM. Surge para servir de guía del contenido que debe registrarse en el plan, y deberá formar parte contractual del proceso, cada proyecto deberá desarrollar su documento de acuerdo a sus condiciones particulares y lineamientos del NTC-ISO-19650.

### ***BIM Kit, Documentos técnicos***

### **12. BIM Kit, Documentos técnicos 1: Infraestructura Vial, documento en borrador.**

Guía para la aplicación de buenas prácticas para el cumplimiento de los requerimientos de la resolución 0441 - 2020... “Por la cual se fijan los lineamientos para los curadores urbanos y las autoridades municipales o distritales competentes, encargadas del estudio, trámite y expedición de licencias urbanísticas, participantes o interesadas en participar en el plan piloto para la expedición de licencias de construcción en la modalidad de obra nueva a través de medios electrónicos”

### **13. Hoja De Ruta Para La Curaduría O Autoridad Competente En El Uso De La Metodología Bim Para El Trámite De Licencias Urbanísticas.**

Guía de digitalización de licencias de construcción en la modalidad de obra nueva, siete pasos.

13.1 Preparar el entorno digital para la recepción de documentos

13.2 Radicación

13.3 Revisión y expedición del acta de observaciones

13.4 Recepción de documentos de respuesta

13.5 Viabilidad

13.6 Expedición del acto administrativo.

13.7 Archivo y reporte

#### **14. Hoja De Ruta Para El Solicitante En El Uso De La Metodología Bim Para El Trámite De Licencias Urbanísticas.**

Guía de digitalización de licencias de construcción en la modalidad de obra nueva, cinco pasos.

14.1 Preparación de documentos para radicación

14.2 Radicación

14.3 Respuesta del acta de observaciones, segunda entrega

14.4 Entrega de viabilidad

14.5 Expedición del acto administrativo.

#### ***Resolución número 0441 de 2020***

Expedida el 1 de septiembre de 2020 por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, la cual fija lineamientos para adelantar pruebas piloto de expedición de licencias de construcción, única y exclusivamente, en la modalidad de obra nueva a través de medios electrónicos. Plan piloto de procedimiento voluntario, al cual pueden acudir solamente las entidades administrativas que estén interesadas en adelantar el procedimiento de manera electrónica, vigente hasta el 31 de diciembre de 2021.

## Camacol y casos de éxito en Colombia

Con los Premio Excelencia BIM 2022, CAMACOL exalta los ocho mejores proyectos del país por sus prácticas exitosas en la adopción de la metodología BIM como parte del proceso de transformación digital para mejorar la productividad empresarial del sector construcción. Barranquilla, 20 de octubre. Junto con el BIM Forum Colombia, buscan con estos premios incentivar el buen uso de la metodología BIM en las etapas de diseño y construcción en los proyectos privados y públicos del país. La premiación se llevó a cabo en marco del panel “Transformación digital en construcción - BIM en Colombia”, espacio académico que contó con la participaron de reconocidos exponentes de la metodología BIM a nivel nacional e internacional como Adam Matthews, experto internacional y Líder del International Global BIM Network y del Centro Digital Built Britain; George Hodgson, embajador del Reino Unido; David Luna, senador de la República; Mike Penny, Country Manager de Perú Gleeds (empresa consultora global - Reino Unido); Lina Liévano, asesora BIM del Departamento Nacional de Planeación.

*Los ganadores por categoría fueron:*

### *Categoría Proveedores*

CON&CA Ingeniería con el proyecto Librería BIM Formaletas.

**Ilustración 8**  
*Librería BIM Formaletas*



### ***Categoría diseño – Vivienda***

Constructora Prodesa con el proyecto Dammar

#### **Ilustración 9**

*Render proyecto Dammar*



Constructora Colpatria con el proyecto Lif 91.

#### **Ilustración 10**

*Render proyecto Lif 91*



***Categoría diseño – Proyectos especiales:***

Universidad de Antioquia con el proyecto Ciudad Universitaria

### Ilustración 11

## Infografía Ciudad Universitaria



***Categoría diseño – Infraestructura:***

Instituto de Desarrollo Urbano, OHLA Colombia S.A. y MAB Ingeniería de valor, con el proyecto construcción para la adecuación al sistema Transmilenio.

### Ilustración 12

### Render adecuación del sistema Transmilenio





### ***Categoría construcción – Vivienda***

Constructora Amarilo con el proyecto Amazilia

#### **Ilustración 13**

*Render proyecto Amazilia*

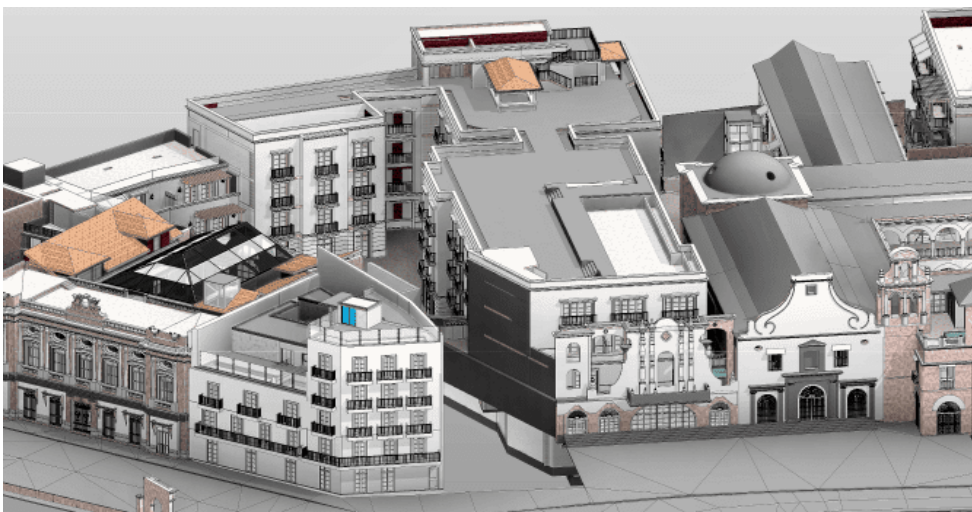


### ***Categoría construcción – Proyectos especiales:***

Constructora ARPRO con el proyecto Hotel San Francisco en Cartagena

#### **Ilustración 14**

*Render Hotel San Francisco*



### ***Categoría construcción – Infraestructura:***

MAB Ingeniería de valor y MABTEC Tecnología de valor con el proyecto Puente peatonal Meissen.

#### **Ilustración 15**

*Render proyecto puente Meissen*



### **Alcance BIM, realidad con ejemplo internacional**

Un ejemplo que vale la pena exponer es el caso de la futurista ciudad The Line, en Arabia Saudita, la cual es una industria que debido al musculo económico que poseen, están muy adelantados en cuanto a nuevas tecnologías en el sector construcción. En esta región el uso de la metodología BIM como principal herramienta de comunicación y liderazgo es la clave al integrar BIM desde la gestión de instalaciones, los profesionales al revisar proyectos anteriores, los propietarios podrían haber enfrentado pérdida de información al final de la fase de construcción. Entendieron BIM como un método para preservar esta información para la operación y el mantenimiento de las instalaciones. Majzoub y Eweda, 2021, hacen una revisión de literatura sobre la aplicación de BIM en esa región, sugieren que esta metodología puede mejorar drásticamente el rendimiento del proyecto desde la conceptualización, gestión y operación.<sup>48</sup>

Arabia Saudita es uno de los países de más rápido desarrollo con una enorme cantidad de proyectos de construcción, y se encuentra en la fase de creación de su propia regulación en el uso de BIM, donde se espera que proyectos como NEOM y THE LINE sean las primeras ciudades del mundo construidas en base a tecnologías inteligentes como BIM, en todas sus fases (diseño, construcción y operación) con un presupuesto de más de 500 mil millones de dólares.

### **Ilustración 16**

*Render The Line City*



### **Ilustración 17**

*The Line City iniciando construcción en 2022*





El proyecto, que ya está en ejecución, tendrá solo 200 metros de ancho, 170 kilómetros de largo y 500 metros sobre el nivel del mar. The Line eventualmente acomodará a 9 millones de residentes y se construirá en una huella de 34 kilómetros cuadrados, lo cual es inaudito en comparación con otras ciudades de capacidad similar. Esto, a su vez, reducirá la huella de carbono de la infraestructura y creará eficiencias nunca vistas en las funciones en una ciudad. Apuntan a una movilidad revolucionaria, con un tren de alta velocidad que atravesará la ciudad en 20 minutos.

Esta ciudad se planeó enteramente con la metodología BIM, en su artículo Majzoub y Eweda, establecieron un cuestionario a ingenieros y especialistas con la experiencia requerida, incluyeron el uso de BIM en cada criterio enumerado. La justificación detrás de estos resultados fue proporcionada a través de entrevistas y la revisión de literatura. Encontraron que la implementación de BIM influye positivamente en la evaluación del contratista que la maneja. Para resaltar en los resultados, manifiestan que los beneficios que BIM residen en la eficacia de la comunicación entre contratistas y subcontratistas y la capacidad del contratista para llevar a cabo un control efectivo y preciso de los costos del proyecto al utilizar el BIM durante la fase de construcción.

Concluyen que el impacto de BIM en el proceso de licitación genera un efecto y positivo podría alentar a los contratistas a usarla como recurso, incluso si no es un requisito. Una de las mejores maneras de convencer a los contratistas de usar BIM es presentar su capacidad para aumentar la probabilidad de ganar la licitación sobre otro contratista que no use BIM. Sin embargo, la aplicación de BIM en la licitación podría ser más atractiva para los propietarios que para los contratistas porque la implementación de BIM garantiza una alta calidad de construcción, mitiga errores y repetición de trabajos, y proporciona una reducción de costos del ciclo de vida debido a

las ventajas de BIM en las fases de operación y mantenimiento, etc. Tomando Arabia Saudita como estudio de caso encontraron que la implementación de la estrategia BIM en la propuesta de licitación tiene un impacto positivo en cada criterio de selección de licitación; podría aumentar la probabilidad de ganar la oferta al 9,42% y al 5,5%. Las entrevistas con expertos revelaron que BIM podría tener un impacto tangible en ciertos criterios de selección de licitaciones, como el costo ofrecido, el ciclo de vida y el mantenimiento de las instalaciones, la capacidad de gestión, la programación y el control de costos. Sin embargo, debe haber un estudio de mercado exhaustivo para evaluar la viabilidad del uso de BIM a la luz de estos resultados, para saber si vale la pena apostar por BIM o no, especialmente si no se requiere la tecnología BIM. Además, se requieren estudios consistentes para resaltar las ventajas de la tecnología BIM para los contratistas; de lo contrario, la extensión del uso de BIM se limitaría a la iniciación de los propietarios; la mejor manera de alentar a los contratistas hacia BIM es resaltar su viabilidad financiera.<sup>48</sup>

### **Metodología BIM vs metodología tradicional en Colombia**

En su investigación acerca del estado de la metodología BIM en Colombia, Acero, 2021, concluye que en el país hay un evidente interés por esta metodología desde todos los campos. Partiendo desde la comparación de metodologías tradicionales revisando costos y presupuestos y demás factores.<sup>33</sup>

#### **Costo efectividad**

En su investigación del 2014, Duarte concluye que, después de comparar los índices económicos del proyecto en cuestión durante la ejecución y la fase operativa, la relación de costo efectividad resulta satisfactoria al aplicar la metodología BIM. Según el resultado es satisfactorio debido principalmente a que la “efectividad de la metodología es mayor a la influencia en

términos de costo”, indica que los costos de los procesos de modelación paramétrica se acercan a lo planeado y la utilidad es mayor que los sobrecostos, para una relación de costo – efectividad con tendencia a cero, advierte, como es habitual en todos los parámetros de la industria, en cálculos es favorable, pero la viabilidad es determinada por el profesional.<sup>54</sup>

Respecto a la metodología tradicional los resultados de su investigación arrojan que la relación costo - efectividad supera el valor de 1.0 con un factor de 4.5. Significando que después de seis coretes de obra, los procesos no se ajustaron a lo planeado, ligando este resultado a procesos y reprocesos administrativos y operativos, desfase en cantidades, mala gestión del tiempo, entre otras cosas. De nuevo, resalta que es un resultado desfavorable que hace inviable el proyecto, en esas condiciones, pero que no se limita únicamente a la metodología tradicional, sino que dependió de la ejecución por parte de distintas partes involucradas. Termina este análisis resaltando que la empresa ejecutora del proyecto presentó un alto interés por adoptar la metodología BIM después de los resultados.<sup>54</sup>

Con su investigación, Duarte buscaba establecer un concepto acerca de BIM en la fase de costos de un proyecto real para obtener datos cuantitativos de los beneficios, condiciones y validar los resultados cualitativos. En resumen, los resultados son positivos, al obtener por medio de simulación datos de avance relevantes para el proyecto que, de haberse tenido en cuenta desde la planeación o en simulaciones durante la ejecución, se habría podido detectar errores causantes de pérdidas representadas en tiempo y dinero. En resumen, este proyecto pudo haberse visto beneficiado enteramente con la metodología BIM pues, todas las falencias encontradas se pueden gestionar efectivamente desde esta metodología.

Finaliza considerando necesario fomentar el interés por la metodología BIM en empresas y personas de la industria construcción en Colombia, en pro del mejoramiento continuo de sus

procesos. Para esto es necesario que aclaren los conceptos y se adopte BIM como una herramienta útil en el desarrollo de las diferentes etapas de un proyecto<sup>53</sup>.

### **Diagnóstico de la industria**

En el análisis del cumplimiento de la implementación BIM realizado por Ramírez, 2022, en la ejecución de un proyecto bajo el estándar colombiano, realiza un diagnóstico de la industria resultado de los encuentros con los participantes del proyecto Centro Cívico Universitario, además de una revisión bibliográfica. Encontrando que la implementación BIM en el país ha ido avanzando considerablemente. Muchos de los involucrados indicaron que desde que empezaron a aplicar la metodología BIM en sus proyectos la productividad se ha visto mejorada hasta en un sesenta por ciento (60%). Resaltando que es necesaria la estandarización para la implementación BIM. Pero, a pesar del creciente interés por dicha implementación, las empresas pequeñas se ven reacias a adoptar la metodología pues sigue siendo elevado el costo inicial para esto, por la adquisición de licencias, hardware y capacitación del personal.

### **Presupuesto**

Ojeda, 2021, en su investigación buscaba identificar los beneficios que ofrece la metodología BIM respecto al control de cantidades, tiempos y costos de una obra de vivienda de interés social, además, verificar como se optimiza el proceso en comparación con la metodología tradicional, en este caso el uso de CAD. Con el fin de, entre otras cosas, comparar estadísticamente estas fases del proyecto.

En el desarrollo de su ejercicio, encontró que desde BIM, especialmente usando Revit, se puede llevar el avance en tiempo real de las fases de la obra evidenciando que con AutoCAD los procesos se llevan de una manera netamente informativa y que sirve de poca ayuda para el control de procesos. Usando Revit, resalta, la viabilidad de un proyecto se incrementa, pues, al

usar modelos 3D se puede observar en pleno el total de la obra, en el confluyen todas las secciones y vistas del dibujo, además del manejo de cantidades, materiales y recursos necesarios. Es decir que la creación de modelos mediante BIM desde Revit representa una nueva y mejorada forma de construcción. En contraste, resalta que ejecutar un proyecto de construcción mediante metodología BIM, es actualmente poco rentable debido a la falta de capacidad y de conocimiento. En su mayoría, los componentes de la metodología BIM no son económicos, son de difícil adquisición y requieren de una gran inversión. Si bien su trabajo no tenía en cuenta el costo de la implementación para la empresa, los costos y tiempos del proyecto se vieron mejorados significativamente. Como resultado obtuvo que la metodología tradicional CAD tiene un impacto negativo en el proceso de costos y que al estar ligado al tiempo y cronogramas los valores pueden incrementar considerablemente. En comparación con BIM, el impacto es positivo al reducir los costos totales del proyecto significativamente, y, se puede gestionar el cronograma enteramente mejorando los tiempos<sup>55</sup>.

Acero, 2021, resumía esta diferenciación en un cuadro que vale la pena resaltar.

Tabla 3  
Cuadro comparativo 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.
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.

Nota: Tomado de Estado del arte de la metodología BIM en la infraestructura de Colombia, Pag 65 <sup>33</sup>

## **Discusión**

Distintos autores han coincidido al concluir que BIM es una herramienta que ofrece enormes ventajas y que, al ser implementado de manera correcta, las mejoras en la ejecución de un proyecto son notables casi de manera inmediata. Bello Morales, 2022, sintetiza que dadas las circunstancias y los efectos que ocasionan las pérdidas y desperdicios en los proyectos de construcción, los avances tecnológicos en el mundo a través de la herramienta BIM, representan significativos beneficios, pero también traen consigo algunas falencias que vale la pena discutir.<sup>49</sup> De igual manera lo hace Amórtegui, en su Análisis Comparativo De La Implementación De La Metodología BIM En Un Proyecto De Vivienda En La Ciudad De Bogotá, al concluir que con respecto a una metodología tradicional de planificación y durante el análisis cualitativo de la implementación de la metodología BIM la evidencia no arroja variación en actividades altamente importantes. Continúa afirmando que esto puede representar inconvenientes en las etapas de ejecución del proyecto. Y que así mismo es posible evidenciar que la magnitud de estas diferencias podría ser realmente representativa en proyectos de una mayor complejidad en los que no se tenga un rango de control tan manejable.<sup>50</sup>

Surge un primer punto de debate y es determinar en qué clase de proyecto se puede implementar o no la metodología BIM, si bien es importante aprovechar los recursos, no todos los proyectos cuentan con esa idoneidad o no encajan con el perfil de carencia de gestión, el propósito de este documento es llegar a una conclusión respecto a interrogantes similares. En general la evidencia arrojó que los beneficios, en efecto, se evidencian mejor en grandes proyectos, con mayores tiempos de ejecución o con una mayor necesidad de recursos. Por otro lado, Giraldo, 2019, afirma que ante la implementación de BIM en una organización, no es suficiente con mejorar o implementar nuevas tecnologías, sino que también es fundamental adelantar los cambios

necesarios en los procesos e involucrar a todos los actores de la organización, en medida de la importancia que estos tengan en su grupo de trabajo. Esa escogencia, continua, es de fundamental para la obtención de buenos resultados en la adopción de BIM. Termina esta conclusión recomendando centrar la atención en la capacitación del personal y posterior a esto, darle seguimiento a ese proceso de aprendizaje evitar retrocesos en la curva de aprendizaje.<sup>51</sup>

Lo anterior significa el enfoque correcto que debe tener la adopción BIM, si bien, es un proceso que beneficia enteramente a las organizaciones, es el profesional quien debe emprender este camino de adopción de manera personal. En esta investigación se encontró qué en Colombia, y el mundo, la metodología BIM no será una opción, es una realidad que ya está presente, en ejecución y crecimiento, a pocos años de ser decretada obligación para la ejecución de proyectos públicos y privados.

Es aquí donde hay que resaltar los pros y contras de la metodología BIM.

En el ámbito de Colombia, CAMACOL de nuevo reluce con la simplicidad de sus conceptos, entre los beneficios resaltan que desde BIM se puede:

- Optimizar la planeación
- Identificar los riesgos
- Evaluar los proyectos en etapas tempranas
- Mejorar el diseño
- Mejorar la comunicación
- Agilizar la toma de decisiones
- Optimizar la construcción
- Agregar valor
- Facilitar el control efectivo de la ejecución de una obra.



Ahora, las desventajas son notorias también, aunque, más que desventajas se pueden interpretar como falencias a solventar. Quizá el enfoque más acertado consultado fue el de Quintero, 2022, que destacó que existen varias desventajas en BIM para la industria, tales como:<sup>29</sup>

- Los costos de las licencias de los softwares especializados (Autodesk Revit, Graphisoft ArchiCAD, Tekla Structures, entre otros).
- Cambios en la estructura organizacional de las empresas dedicadas a la construcción.
- La capacitación adicional para profesionales
- La alta complejidad que implican estas nuevas tecnologías (curva de aprendizaje).
- La dependencia de los medios tecnológicos y con ello la liberación de las responsabilidades.

Con lo anterior deja abierta la discusión e invita a considerar los costos monetarios de su implementación en comparación con las ganancias tanto monetarias como las no económicas que trae BIM. Relaciona el nivel de desarrollo del país y la madurez de la implementación de esta metodología, y muchos países desarrollados se encuentran realizando el anterior análisis.

La demás información consultada muestra entonces una concordancia con la síntesis de Quintero, cabe resaltar que la mayoría de artículos que presentaban una opinión desfavorable en cuanto a BIM eran los más antiguos, fueron descartados por el enfoque desactualizado que dejaba mucho a la interpretación, la realidad es que, si bien las brechas más relevantes en cuanto a la adopción BIM son la alta exigencia tecnológica y económica, la información relevante crece a diario, en conclusión, es el profesional quien pone los límites, la información es asequible, los elevados costos se ven reflejados en la certificación profesional, el software y el hardware, pero no son, a la fecha noviembre 2022, mayor impedimento. Las desventajas actuales son solo una

falta de desarrollo, frente a las ventajas representan una inversión de tiempo y capital, un cambio en la mentalidad de los profesionales y una apuesta por la modernización.

### **Otros conceptos para considerar**

#### **Gemelos digitales**

Son representaciones idénticas a elementos físicos, pero en un entorno digital. Estas representaciones pueden ir, tanto desde el corazón de una persona, hasta un ecosistema, pasando por edificios, turbinas hidráulicas o coches. A diferencia de los modelos tridimensionales tradicionales, estos vienen siendo actualizados de manera dinámica, ya sea por una persona o por una serie de sensores.<sup>52</sup>

#### **LOD (Level of Development)**

Define el nivel de desarrollo o madurez de información que posee un elemento del modelo.

Descripción de contenido gráfico en modelos en cada una de las etapas definidas.

#### **Protocolo BIM CIC (Construction Industry Council)**

Acuerdo legal complementario utilizado por los clientes de construcción y clientes del contratista. Contiene los compromisos de servicios profesionales y contratos de construcción, representa la modificación de los términos estándar, creando derechos y obligaciones adicionales para el empleador y la parte contratada para facilitar el trabajo colaborativo, salvaguardando al mismo tiempo la propiedad intelectual y la diferenciación de responsabilidades entre los involucrados.

## **Propuestas**

El actual panorama de la metodología BIM en Colombia brinda muchas oportunidades para la academia y la investigación en general. La Encuesta BIM Latam 2020 fue un proyecto colaborativo que permitió obtener datos que para que fuese posible generar una visión sobre el estado de BIM en la región de Latinoamérica y el caribe. Si bien en Colombia se han hecho indagaciones, no existe evidencia o resultados con rigor estadístico real, sería una oportunidad para gestionar desde la academia un análisis estadístico del panorama real de adopción BIM a nivel local, nacional o a nivel de Latinoamérica, un sondeo nacional de adopción BIM ayudaría a conocer la realidad de las empresas acerca de esta implementación que está puesta en marcha desde el gobierno nacional. Además, este sondeo permitiría que las empresas que no están familiarizadas con la metodología empiecen a generar esa visión de cambio.

Para las universidades, la metodología BIM sugiere un cambio de enfoque en el plan de estudios por lo menos en cuanto a la ingeniería civil y arquitectura, se requiere de nuevos perfiles profesionales, nuevas especialidades, foros, diplomados, posgrados etc. Lo ideal sería que para el 2026 las universidades hayan incorporado la metodología BIM como un importante componente académico.

En caso de la Universidad Cooperativa sede Villavicencio se hace necesario, teniendo en cuenta que el proceso de aprendizaje sobre la metodología BIM parece ser, en primer lugar, extenso, en segundo lugar, costoso por las licencias y los equipos necesarios que son de una gama media alta, en el entorno local un gran porcentaje de los estudiantes no poseen estas herramientas y que la universidad desde el laboratorio de diseño implemente una ruta de aprendizaje sobre esta metodología sería lo ideal para enriquecer los perfiles de los futuros profesionales.

No existe actualmente una caracterización oficial de software especializado en BIM, puede ser parte de un sondeo independiente o una revisión bibliográfica independiente.

### **Conclusiones**

La terminología que contiene la metodología BIM es extensa, la implementación de esta y la adopción en los proyectos de construcción en Colombia sigue siendo un reto, pero una vez entendida y aceptada los beneficios que se obtienen son significativos, es por esto por lo que se hace necesario seleccionar los conceptos básicos que se necesitan para tener una idea inicial y no llegar a ese mar de términos y sentirse abrumado, que es una de las razones por las que los profesionales no se encaminan en este aprendizaje. Inicialmente se tiene que entender cuál es el alcance que tiene la metodología, en qué medio habita y se desarrolla, qué perfiles son necesarios y en qué campo se puede operar, conocer estos conceptos pueden guiar al profesional en el sentido indicado para empezar este importante aprendizaje.

Asimismo, es necesario saber que existen normas o manuales en producción, que están en desarrollo planes nacionales que sirven de guía también; de la misma forma en la que se usa la Norma Sismo Resistente (NSR), las NTC basadas en la ISO 19650 dictan el panorama general de la metodología BIM a nivel nacional. Si bien existen muchas barreras, al resolver las dudas iniciales se espera que se genere confianza e interés por esta metodología, no solo porque es necesario el aprendizaje sino porque el camino es extenso, independientemente de la especialidad del profesional, BIM, al ir de la mano de la tecnología está en constante crecimiento. Como conceptos principales se tiene entonces: BIM, Metodología, Usos, Roles, Dimensiones, Madurez, BlockChain, ISO 19650, Gemelos Digitales y BEP

El profesional debe saber entonces que BIM existe en un plano de tres dimensiones, por lo que el modelado 3D es indispensable, además confluye en otras nueve dimensiones que complementan los proyectos según su necesidad. Entonces, aun sabiendo que BIM representa el avance de la metodología tradicional, el camino del aprendizaje debe arrancar desde el CAD y los conceptos de geometría analítica y descriptiva además del dibujo técnico.

El campo de acción de la metodología BIM es tan grande como la industria de la construcción, se puede usar en todos y cada uno de los proyectos, desde puentes y vías hasta túneles y edificaciones, aplica también para infraestructura hidráulica, para la geotecnia. En fin, la necesidad del uso y adopción de la metodología radica en los profesionales, es preciso que sean estos los que adopten herramientas BIM según su campo de acción, aunque los proyectos ejecutados bajo esta metodología se unifiquen en un único modelo tridimensional, este se alimenta de todas las especialidades y un solo profesional no puede ocuparse de todos los campos, entonces es indispensable que los proyectos sean de orden colaborativo, que si bien existen roles, responsabilidades y perfiles dentro de la metodología, todos los procesos tienen que migrar a un único entorno digital haciendo que adoptar nuevas herramientas sea imperativo. Si hacemos una analogía BIM es como un tren, uno muy muy largo, que ya está en marcha en Colombia y depende de los profesionales subirse a este tren para llevar la industria nacional al siguiente nivel o quedarse sentado en una banca en la estación viendo como el transporte al futuro los va dejando atrás. El boleto es el conocimiento, la disciplina para adquirirlo y las ganas de participar en proyectos enriquecidos con la colaboración de todos y cada uno de los involucrados.

Con respecto a la metodología tradicional, análoga, a gran escala BIM representa una significativa ventaja, es importante aclarar que pequeñas empresas o pequeños proyectos aún

pueden verse algo impedidos al momento de adoptar esta metodología, por lo menos se espera que se puedan beneficiar al implementarla hasta la tercera dimensión, existen alternativas como licencias educativas, de prueba, demostraciones, incluso software de código abierto para implementar BIM, lo importante no es qué tipo de software o hardware se implemente, es la filosofía colaborativa la que importa realmente en esta metodología.

## Referencias

1. González Márquez, Ramon Jesús & Gámez, Felipe & Severino, Manuel. (2014).  
INTRODUCCION A LA METODOLOGÍA BIM. The Spanish Journal of BIM. 14. 48-54.
2. López Vidal, Alejandro, UNA (R) EVOLUCIÓN LLAMADA BIM. [Cemento Hormigón](#), ISSN 0008-8919, N°. 974, 2016, págs. 46-49,  
[http://www.andece.org/images/BIBLIOTECA/revolucion\\_bim\\_cementohormigon.pdf](http://www.andece.org/images/BIBLIOTECA/revolucion_bim_cementohormigon.pdf)
3. Begić, H.; Galić, M. A Systematic Review of Construction 4.0 in the Context of the BIM 4.0 Premise. *Buildings* **2021**, *11*, 337. <https://doi.org/10.3390/buildings11080337>
4. Villena Manzanares, Francisco; Marçal Gonçalves, Marta; Lucena González, Carlos. LA CONSTRUCCIÓN 4.0: HACIA LA SOSTENIBILIDAD EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN. <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/2443>
5. Antolín Valero, B. (mayo, 2020). El otro punto de mira de la construcción 4.0 del que nadie habla. VIII Edición de la Convención Internacional de la Edificación, CONTART, Ibiza, España. <http://hdl.handle.net/20.500.12251/1737>
6. Murguía Sánchez, Danny Eduardo; Prado Luján, Guillermo Antonio. (2018-11-14) Determinación de los usos BIM que satisfacen los principios valorados en proyectos públicos de construcción.  
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13009?show=full>

7. Kreider, Ralph G. and Messner, John I. (2013). "The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses". Version 0.9, September, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA. <http://bim.psu.edu>
8. Messner, J., Anumba, C., Dubler, C., Goodman, S., Kasprzak, C., Kreider, R., Leicht, R., Saluja, C. y Zikic, N. (2021). Guía de planificación de ejecución de proyectos BIM, versión 3.0. Computer Integrated Construction Research Program, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA, disponible en <http://bim.psu.edu>
9. Alsina Saltarén, Santiago. (2017) Implementación de BIM en infraestructura: la necesidad de abordarlo desde el sector público. <http://hdl.handle.net/1992/39728>
10. Felipe Choclán Gámez, Hugo Sánchez, Manuel José Soler Severino. (2018) Definición de roles y responsabilidades en el ciclo de vida del proyecto BIM en el proceso constructivo. Spanish Journal of Building Information Modeling, ISSN-e 2386-5784, N°. 18, 1, 2018, págs. 14-24 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6756238>
11. BIM KIT, Guías para la adopción BIM en las organizaciones, 2019  
<https://camacol.co/productividad-sectorial/digitalizacion/bim-forum/bim-kit>
12. Alexander Koutamanis, 2020, Dimensionality in BIM: ¿Why BIM cannot have more than four dimensions?, Automation in Construction, Volume 114, ISSN 0926-5805,  
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103153>.  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580519314426>)
13. Lesmes Fabián, Camilo & Gonzalez, Wilmer. (2017). Siete dimensiones de un proyecto de construcción con la metodología Building Information Modeling. Revista L'Esprit Ingenieux 8 (1) 2017. 8. 2017.  
[https://www.researchgate.net/publication/339300817\\_Siete\\_dimensiones\\_de\\_un\\_proyect](https://www.researchgate.net/publication/339300817_Siete_dimensiones_de_un_proyect)



[o de construccion con la metodologia Building Information Modeling Revista LEsp  
rit Ingenieux 8 1 2017](#)

14. Moret Colomer, Salvador. (2020) Dimensiones BIM vs Usos BIM. *Linkedin*.  
<https://www.linkedin.com/pulse/dimensiones-bim-vs-usos-salvador-moret-colomer?originalSubdomain=es>
15. Piaseckienė, G. (2022). Dimensiones del BIM en la literatura: revisión y análisis.  
Mokslas – Lietuvos Ateitis / Ciencia – Futuro de Lituania, 14.  
<https://doi.org/10.3846/mla.2022.16071>
16. Hoyos Vergara, J. M. (2019). Medición de la madurez BIM en empresas.  
[https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/13147/1/JuanHoyos\\_2019\\_PCI12675.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/13147/1/JuanHoyos_2019_PCI12675.pdf)
17. <https://biblus.accasoftware.com/es/niveles-de-madurez-bim-bim-nivel-3/>
18. Yasin Celik, Ioan Petri, Masoud Barati, Blockchain supported BIM data provenance for construction projects, Computers in Industry, Volume 144, 2023, 103768, ISSN 0166-3615, <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103768>.  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361522001646>)
19. Coloma Picó, Eloi, Rivas Di Geronimo, Ricardo A. 2020, BIM y "blockchain" dos exponentes de la digitalización del sector de la construcción, revista Cemento Hormigón, ISSN 0008-8919, N°. 1000, 2020 (Ejemplar dedicado a: Transición digital. El reto de los materiales base cemento) <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7609342>
20. Alonso, Javier, 2018, Acción BIM, Verificación, validación y certificación. Journal of Building Information Modeling, ISSN-e 2386-5784, N°. 18, 1, 2018, págs. 54-58  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6756243>

21. Correa, Fabiano. 2015, Is BIM Big Enough to Take Advantage of Big Data Analytics? Proceedings of the 32nd ISARC, Oulu, Finland, ISBN 978-951-758-597-2, ISSN 2413-5844. Pages 1-8.k [https://www.researchgate.net/profile/Fabiano-Correa/publication/320388773\\_Is\\_BIM\\_Big\\_Enough\\_to\\_Take\\_Advantage\\_of\\_Big\\_Data\\_Analytics/links/5c75ab39299bf1268d283718/Is-BIM-Big-Enough-to-Take-Advantage-of-Big-Data-Analytics.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fabiano-Correa/publication/320388773_Is_BIM_Big_Enough_to_Take_Advantage_of_Big_Data_Analytics/links/5c75ab39299bf1268d283718/Is-BIM-Big-Enough-to-Take-Advantage-of-Big-Data-Analytics.pdf)
22. López, Maritza.2020, ISO 19650: CONCEPTOS BÁSICOS Y TERMINOLOGÍA, <https://bimanagement.co/category/novedades>, consultado septiembre 2022.
23. Icontec.org, <https://tienda.icontec.org/catalogsearch/result/?q=+254+EDIFICACIONES+Y+OBRAS+DE+INGENIER%3%8DA+CIVIL>, consultado en octubre de 2022.
24. Galeano Balaguera, Paula. Octubre 2022, Colombia es uno de los líderes en América Latina en el uso de BIM, [www.portafolio.co](http://www.portafolio.co), <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/colombia-es-uno-de-los-lideres-en-america-latina-en-el-uso-de-bim-572902> , consultado en noviembre de 2022.
25. La calidad en la transformación digital: una discusión actual y necesaria, Foro Internacional de Calidad, septiembre 2021 <https://www.politecnicojic.edu.co/images/downloads/biblioteca/ediciones-digitales/normas-calidad/normas-calidad-128.pdf>
26. Gómez Gaviria, Daniel, 2020, Estrategia de Adopción de BIM en COLOMBIA, CAMACOL

<https://camacol.co/sites/default/files/LANZAMIENTO%20DE%20LA%20ESTRATEGIA%20DE%20ADOPCI%C3%93N%20BIM%20EN%20COLOMBIA.pdf> consultado

septiembre 2022

27. Estrategia Nacional BIM 2020-2026, noviembre 2020. Departamento Nacional de Planeación. [www.dnp.gov.co](http://www.dnp.gov.co), <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Estrategia-Nacional-BIM-2020-2026.pdf>
28. Moreno, R. (2021). Estado del conocimiento de la aplicabilidad de la Metodología BIM en proyectos de infraestructura vial en Colombia. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/40445>
29. Ramírez Quintero, M. (2022). Análisis de la implementación BIM en Colombia: Caso de estudio y diagnóstico de industria de la construcción. Universidad de los Andes. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/59246>
30. BIM Forum, Camacol, 2022, <https://camacol.co/productividad-sectorial/digitalizacion/bim-forum>
31. BIM Kit, Camacol, 2022, <https://camacol.co/productividad-sectorial/digitalizacion/bim-forum/bim-kit>

32. López, Maritza, López Hernández, Julián, noviembre 2019 PRIMERAS GUÍAS ESPECIALIZADAS PARA IMPLEMENTACIÓN BIM EN ORGANIZACIONES EN COLOMBIA Bimmanagement.com, <https://bimmanagement.co/2019/11/14/primeras-guias-especializadas-para-implementacion-bim-en-organizaciones-en-colombia/>  
Consultado en septiembre 2022.
33. Acero Vaca, Angie Vanessa, 2021, Estado del arte de la metodología BIM en la infraestructura de Colombia. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/28736>
34. 1- Roles y Perfiles\_BIM.pdf (camacol.co)  
[https://camacol.co/sites/default/files/descargables/1-%20Roles%20y%20Perfiles\\_BIM.pdf](https://camacol.co/sites/default/files/descargables/1-%20Roles%20y%20Perfiles_BIM.pdf)
35. 2- Guia de Modelado BIM-co.pdf (camacol.co)  
<https://camacol.co/sites/default/files/descargables/2-%20Guia%20de%20Modelado%20BIM-co.pdf>
36. 3- Flujos de trabajo.pdf (camacol.co)  
<https://camacol.co/sites/default/files/descargables/3-%20Flujos%20de%20trabajo.pdf>
37. 4 - Gestion\_de\_la\_Información.pdf (camacol.co)  
[https://camacol.co/sites/default/files/descargables/4-%20Gestion\\_de\\_la\\_Informacio%CC%81n.pdf](https://camacol.co/sites/default/files/descargables/4-%20Gestion_de_la_Informacio%CC%81n.pdf)

38. 5- Indicadores BIM.pdf (camacol.co)

<https://camacol.co/sites/default/files/descargables/5-%20Indicadores%20BIM.pdf>

39. 6- Creacion de contenido.pdf (camacol.co)

<https://camacol.co/sites/default/files/descargables/6-%20Creacion%20de%20contenido.pdf>

40. 7- Anexo\_Contractual (camacol.co) [https://camacol.co/sites/default/files/descargables/7-%20Anexo\\_Contractual.pdf](https://camacol.co/sites/default/files/descargables/7-%20Anexo_Contractual.pdf)

41. 08\_Hoja\_de\_Ruta\_.pdf (camacol.co)

[https://camacol.co/sites/default/files/descargables/08\\_Hoja\\_de\\_Ruta\\_.pdf](https://camacol.co/sites/default/files/descargables/08_Hoja_de_Ruta_.pdf)

42. 09\_Usos\_BIM (camacol.co)

[https://camacol.co/sites/default/files/descargables/09\\_Usos\\_BIM.pdf](https://camacol.co/sites/default/files/descargables/09_Usos_BIM.pdf)

43. 10\_Licencias\_.pdf (camacol.co)

[https://camacol.co/sites/default/files/descargables/10\\_Licencias\\_.pdf](https://camacol.co/sites/default/files/descargables/10_Licencias_.pdf)

44. 11\_BEP.pdf (camacol.co) [https://camacol.co/sites/default/files/descargables/11\\_BEP.pdf](https://camacol.co/sites/default/files/descargables/11_BEP.pdf)

45. 01\_Infraestructura\_Vial.pdf (camacol.co)

[https://camacol.co/sites/default/files/descargables/01\\_Infraestructura\\_Vial.pdf](https://camacol.co/sites/default/files/descargables/01_Infraestructura_Vial.pdf)

46. Hoja de ruta para la Curaduría (camacol.co)

<https://camacol.co/sites/default/files/descargables/Hoja%20de%20ruta%20para%20la%20Curadur%C3%ADa%20%2822%29.pdf>

47. Hoja de ruta para Solicitante (camacol.co)

<https://camacol.co/sites/default/files/descargables/Hoja%20de%20ruta%20para%20Solicitante%20%282%29.pdf>

48. Majzoub, M.; Eweda, A. **2021**, Probability of Winning the Tender When Proposing Using BIM Strategy: A Case Study in Saudi Arabia. *Buildings*, *11*, 306.

<https://doi.org/10.3390/buildings11070306>

49. Bello Morales, Valeria, Galindo Osorio, Santiago. 2022. Caracterización De Los Beneficios De La Metodología Bim Identificando Las Principales Causas Que Ocasionan Falencias Dentro De La Construcción Generando Una Consulta A Profesionales Del Sector. Universidad Católica de Colombia.

<https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/27568>

50. Amórtegui Guzmán, Estefanía, 2021, Análisis Comparativo De La Implementación De La Metodología BIM En Un Proyecto De Vivienda En La Ciudad De Bogotá,  
<http://hdl.handle.net/11349/30211>
51. Giraldo Aguirre, Juan David, 2019, Propuesta para la implementación de la metodología BIM en el desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura en la Policía Nacional de Colombia. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/47308>
52. Delgado Cobo, C. (2022). Análisis y aplicación de gemelos digitales en el sector de la construcción. (Trabajo Fin de Grado Inédito). Universidad de Sevilla, Sevilla.  
<https://idus.us.es/handle/11441/130309>
53. Los 20 Términos BIM Clave Que Usted Necesita Saber, 2020,  
[https://bimanagement.co/2020/03/26/los-20-terminos-bim-clave-que-usted-necesita-saber/#Nivel\\_de\\_detalle\\_LOD\\_Nivel\\_de\\_informacion\\_LOI](https://bimanagement.co/2020/03/26/los-20-terminos-bim-clave-que-usted-necesita-saber/#Nivel_de_detalle_LOD_Nivel_de_informacion_LOI) consultado octubre 2022
54. Duarte, N. (2014). Razón de costo efectividad de la implementación de la metodología BIM y la metodología tradicional en la planeación y control de un proyecto de construcción de vivienda en Colombia. <http://hdl.handle.net/10554/12691>
55. Ramírez Quintero, M. (2022). Análisis de la implementación BIM en Colombia: Caso de estudio y diagnóstico de industria de la construcción. Universidad de los Andes.  
<https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/59246>

56. Ojeda -Álvarez, D. F. (2021). Análisis de control presupuestal de una obra de vivienda de interés social, mediante metodología BIM y comparando con el método tradicional CAD, estudio de caso proyecto San Nicolás ubicado en el Dorado Meta. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Especialización en Gerencia de Obras. Bogotá, Colombia.
- <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/26294>