

**ANÁLISIS DE LA MODELACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE CONSTRUCCIÓN
(BIM) EN EMPRESAS CONSTRUCTORA DE BOGOTÁ.**

**JUAN NICOLAS NIÑO FLOREZ
KEVIN STEVENS VELASQUEZ RIVERA**

LUZ YOLANDA MORALES MARTIN



**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C., OCTUBRE DE 2022**

ANÁLISIS DE LA MODELACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE CONSTRUCCIÓN (BIM)
EN EMPRESAS CONSTRUCTORA DE BOGOTÁ.

JUAN NICOLAS NIÑO FLOREZ

KEVIN STEVENS VELASQUEZ RIVERA

LUZ YOLANDA MORALES MARTIN



UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C., OCTUBRE DE 2022

Nota aceptación

Firma de tutor

Firma de jurado 1

Firma de jurado 2

Bogotá D. C., Octubre de 2022

DEDICATORIA

Agradezco a Dios, por darme la salud y sabiduría para llevar a cabo mi proceso profesional, a mis padres Jairsinio Niño y Claudia Florez por ser el motor de mi vida y apoyo fundamental, a mi hermana por alentarme a cumplir mis metas y ser una gran persona, a mi familia por brindarme su apoyo y amor en los momentos difíciles.

En esta oportunidad dedico este trabajo a mi madre Priscila Parrado por su apoyo incondicional, comprensión y paciencia por ser el pilar fundamental que me sostiene y ser ese consejo sabio en los momentos oportunos.

A mi familia, mis tías Sandra y Jaqueline que siempre han estado presentes en mi vida para ser siempre una mejor persona.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Militar Nueva Granada y sus docentes por formarme como un buen profesional, A la Ingeniera Luz Yolanda Morales por ser nuestra tutora en este proyecto, a mis compañeros de clase y estudio por brindarme su apoyo y conocimiento para cada ser un mejor profesional, y por último agradezco a cada una de las personas que me dieron el impulso para poder terminar mi proyecto educativo que sin duda cada uno de sus aportes fue indispensable para lograr mi objetivo.

Agradezco a la Ingeniería Luz Yolanda Morales, Docente de la Universidad Militar Nueva Granada, por el tiempo y las ayudas para el desarrollo de este proyecto. A mis compañeros de estudio por sus consejos y compañía. A la Universidad Militar Nueva Granada por los conocimientos obtenidos . Agradezco a mi novia Daniela por su apoyo en cada momento.

CONTENIDO

1.	PROBLEMA	12
1.1	IDENTIFICACIÓN	12
1.2	DESCRIPCIÓN	12
1.3	PLANTEAMIENTO	13
2.	DELIMITACIÓN	14
3.	OBJETIVOS	14
3.1	OBJETIVO GENERAL	14
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
4.	ANTECEDENTES	15
5.	JUSTIFICACIÓN	18
6.	MARCO REFERENCIAL	19
6.1	MARCO TEÓRICO	19
6.1.1	DEFINICIONES SOBRE BIM	19
6.1.2	PARAMETROS DE INFLUENCIA EN LOS PROYECTOS	22
6.1.3	ENTORNO DE TRABAJO BIM	26
6.1.4	CASOS DE ÉXITO IMPLEMENTACION TECNOLOGIA BIM	29
6.1.5	PROBLEMAS EN LA APLICACIÓN PRÁCTICA DE BIM	30
6.1.6	VENTAJAS DE LA APLICACIÓN PRÁCTICA DE BIM	33
6.2	MARCO CONCEPTUAL	35
6.3	MARCO INSTITUCIONAL	36
6.4	MARCO NORMATIVO	38
6.4.1	NORMA ISO 19650	39
6.4.2	ESTRATEGIA NACIONAL BIM 2020 – 2026 (BIM FORUM COLOMBIA)	41
7.	METODOLOGÍA	43
7.1	TIPO DE METODOLOGIA	43
7.2	INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN	43
7.3	MUESTRA SELECCIONADA	44
7.4	APLICACIÓN DE LA ENCUESTA	44
7.5	RESULTADOS DE LA ENCUESTA	46
8.	RESULTADOS OBTENIDOS	58
9.	CONCLUSIONES	62
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	63
	ANEXOS	67

Lista de figuras

Figura 1. Dimensiones BIM	20
Figura 2. Zonas de influencia y dependencia.....	25
Figura 3. Ciclo de vida de un proyecto	35
Figura 4. Normas ISO de la gestión de proyectos	39
Figura 5. Ciclo de intercambio de información.....	40
Figura 6. Pilares de la estrategia Nacional	42
Figura 7. Pregunta 1 Encuesta	48
Figura 8. Pregunta 2 Encuesta	49
Figura 9. Pregunta 3 Encuesta	50
Figura 10. Pregunta 4 Encuesta	51
Figura 11. Pregunta 5 Encuesta	52
Figura 12. Pregunta 6 Encuesta	53
Figura 13. Pregunta 7 Encuesta	54
Figura 14. Pregunta 8 Encuesta	55
Figura 15. Pregunta 9 Encuesta	56
Figura 16. Pregunta 10 Encuesta.....	57
Figura 17. Pregunta 11 Encuesta.....	58

Lista de tablas

Tabla 1. Dimensiones BIM	21
Tabla 2. Normatividad Colombiana	38
Tabla 3. Muestra Empresas Constructoras	45
Tabla 4. Relación Preguntas Encuesta - Objetivos	47

GLOSARIO

Building: Construcción desde el punto de vista global de las estructuras, es decir, sin limitación a edificaciones, sino con percepción abierta a áreas de desarrollo urbano, infraestructura y procesos que demanden obras civiles. Ceron, (2017)

Information: Comprendido como los múltiples procesos, que debe seguir el registro de información, partiendo del concepto hasta verse finalizado el proyecto. Ceron, (2017)

Modeling: Modelado pasando desde el concepto original de 3D, a una estimación del proyecto, basándose en el mundo real como base del modelado. Ceron, (2017)

Management: Enfocado en la administración de un proyecto, gestando la información que se recopile, creando respuestas, enfocado en la utilización de recursos. Ceron, (2017)

Obra civil: “Se incluye las nuevas obras, reparación, adición y remodelación, la construcción de edificios prefabricados o estructuras en el lugar y también las construcciones de naturaleza temporal.”. (inec. 2022)

Tecnología: Fases de procesamiento, donde, se mejora y se proponen mejores metodologías para las técnicas que se usan, de manera que se optimizarán procesos. Derry, (1990)

Industrialización: Proceso, por el cual se lleva a cabo, la implementación de nuevas tecnologías, mejorando infraestructuras y promoviendo la mejora continua de las metodologías implementadas en la producción. Boisier (1973)

Dimensiones: Comprensibles como, las áreas de las que se encarga la supervisión del proyecto partiendo de la D1 a la D7. Esarte (2020)

Gestión: Puesta en marcha de un plan de acción trazado, actuando creativamente, para desarrollar procesos, supervisando, generando y regulando el plan según los requerimientos dados. Huergo, (2003)

Proyección: Visualizaciones, que promueven la visión en prospectos futuros, teniendo en cuenta, la caracterización, con plazos determinados, enfocados en la realidad. Ceron, (2017)

RESUMEN

El estado actual de la implementación BIM en el sector constructivo de nuestro país, muestra que, el sector se encuentra en una etapa de modernización donde se busca una ruta de expansión, por tal razón las empresas buscan una nueva forma de proceder y operar. Por esto, se realiza un análisis de la implementación del BIM en las empresas constructoras de Bogotá. Este trabajo busca analizar las ventajas y desventajas, beneficios, factores externos, efectos negativos y problemáticas, que se han tenido en la implementación de la metodología BIM, inicialmente se realizó una revisión de la literatura actual sobre los parámetros de influencia en los proyectos, el entorno de trabajo BIM y los problemas y ventajas en la aplicación práctica. Posteriormente, se realizó una encuesta dirigida a algunas empresas dedicadas a la construcción que han implementado la tecnología BIM en sus proyectos, para conocer los resultados del proceso en la ejecución de la metodología. Finalmente, se elaboró un análisis de las relaciones existentes entre los factores de influencia en el proceso de implementación del BIM.

Palabras Clave: Implementación, Metodología, Análisis, Empresas, Ventajas.

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de obra civiles, se encuentra la finalidad del progreso, avance como indica **Virgilio (1995)** *“La industria de la construcción en general se encuentra rezagada con respecto a: el nivel tecnológico alcanzado en otros sectores de la industria; el nivel tecnológico alcanzado en la investigación tanto en productos de construcción y técnicas constructivas, así como; el nivel de desarrollo de la construcción en otros países.”* Lo cual, genera una necesidad intrínseca en las metodologías, para el desarrollo, planeación, proyección y resultados de una obra.

Así bien, las tecnologías para la construcción y desarrollo de obras civiles se encuentra en procesos de implementación de evolución, como lo son las BIM, como resultante de las nuevas tendencias que requieren los proyectos, con auge en el avance, eficiencia y prospectos que en conjunto, desarrollan un cúmulo de ideas, integrándolas en los avances, siendo estos aceptados gradualmente en las sociedades y comunidades de la materia, enfocado en el desarrollo de nuevos prospectos de mejoría de las nuevas tendencias. Nawari, (2012)

Como resultado, se plantea la necesidad de análisis del uso de la metodología BIM en el sector, comprendiendo directamente a las BIM (Building Information Modeling) como una interconexión de procesos, que optimizan y maximizan utilidades, por medio de softwares, diseños, planeación y administración de un proyecto; siendo la administración, la más debatida entre teóricos, Gamez, (2014), sin embargo, bajo este enfoque, se estandariza a la metodología BIM para la realización de análisis.

Respecto a la localización, se plantea analizar la implementación de esta metodología en Bogotá, dada la tasa de crecimiento en obras civiles que ha presentado en los últimos años, pasando de 200 a 500 obras para el año 2022, Alcaldía de Bogotá, (2022), esto siendo exclusivo al sector público, sin tomar en cuenta los proyectos de obra privados que hacen esta cifra mucho mayor, por lo que el análisis se estructura en una ciudad con potencial para el desarrollo de las BIM en los proyectos.

Lo que, en conjunto, requiere de fuentes de información, siendo fuentes primarias, la sectorización específica de empresas constructoras, realizando encuestas de implementación, resultados, con visiones críticas respecto a la implementación, como fuentes secundarias de información, se realiza un análisis histórico de las investigaciones respecto a la BIM, en conjunto con el uso de los autores para asunciones metodológicas, que en conjunto establecerán respuestas.

En conclusión, el presente proyecto de investigación se enfoca en las BIM, comprendiendo su marco metodológico, en términos de proyectos de obra civil, con vistas a un análisis holístico de la implementación de las BIM en Bogotá dada la creciente ola de obras civiles, con la perspectiva por parte de las industrias, para finalmente generar juicios de valor respecto a las BIM y su implementación.

1. PROBLEMA

1.1 IDENTIFICACIÓN

El desconocimiento de información sobre los beneficios que brinda la implementación de la metodología BIM a los procesos de construcción ha llevado a que los proyectos de obra que se ejecutan en Colombia tiendan a presentar ciertas fallas, esto lleva a aumentar los tiempos y costos en su desarrollo y entrega, también genera poca competitividad en el mercado de la construcción; el método utilizado para el desarrollo de los proyectos de construcción en Colombia, el cual no interrelaciona todas las áreas, lleva a que este método sea poco adecuado en la realización de los proyectos: los retrasos y sobrecostos en los proyectos de construcción son objeto de constante preocupación por parte de los desarrolladores de proyectos, ya que incluso pueden afectar la viabilidad de estos. A partir de lo anterior se ha querido determinar el estado actual de la implementación BIM en el sector constructivo en la ciudad de Bogotá.

1.2 DESCRIPCIÓN

En Colombia la implementación de BIM está en sus primeras etapas de madurez, ya que su utilización se ha dado solo en los últimos años, la industria de la construcción enfrenta actualmente varios desafíos, principalmente una baja productividad general del sector, derivada de la incertidumbre sobre el costo final y la inestabilidad del cronograma de entrega de los proyectos de construcción; así mismo, hay una clara necesidad de implementar procesos que sean transparentes y auditables, que permitan, mostrar más confianza al sector financiero, abriendo oportunidades para subvenciones que ayuden al desarrollo del sector (Estrategia Nacional BIM, 2020). Una de las ventajas que hace llamativo a este sistema es que la implementación de BIM en un proyecto puede ahorrar entre 6% y 10% de los sobrecostos generados por los errores que se cometen en las obras. Antes, los diseñadores hacían su trabajo en planos 2D, pero cuando iban a construir se hallaban problemas en los procesos constructivos porque no se dimensionaba espacialmente (Moncada, 2019) En la gran mayoría de los casos, el uso de BIM se presenta en proyectos inmobiliarios, mientras que, en el campo de los proyectos de infraestructura, BIM es prácticamente desconocido.

Al hacer consulta de referentes bibliográficos Besné y Fonseca (2020), Casas y Giraldo (2014), Lozano, Patiño, Gómez y Torres (2017) se encontró que, en otros países, se han realizado estudios del estado actual de la implementación BIM y una revisión inicial del interés científico de estos procesos a partir de las publicaciones que relacionan los conceptos de dicha investigación: mejora educativa, implementación BIM, grados relacionados con el sector de la construcción; de los resultados, se demuestra la necesidad de continuar con el estudio en dicho campo para una mejora en los procesos de implementación que permita, a su vez, una optimización de la adquisición de competencias, todo ello en un marco científico de evaluación constante de los procesos.

1.3 PLANTEAMIENTO

Para el año 2020 las actividades de la construcción fueron parte central de la industria colombiana, representaron el 54,0 % del aparato productivo del país y a su vez significaron el 5,17 % del PIB, este sector no ha logrado mantenerse al día con el aumento de la productividad en otras industrias, lo que obstaculizo el crecimiento de la economía nacional; sin embargo, este sector se encuentra en una etapa de modernización, que busca una ruta económica clave para la expansión del sector (Estrategia Nacional BIM, 2020). Los proyectos de infraestructura son comúnmente asociados con sobre costos, incumplimiento en los plazos y cambios de especificaciones a lo largo de la ejecución de estos, no obstante, se está en la búsqueda de técnicas y metodologías que disminuyan los costos, incrementen la eficiencia y la calidad y reduzcan el tiempo de entrega del proyecto.

A partir de lo expresado en la identificación y descripción del problema, es evidente la necesidad de realizar un estudio que permitan conocer el estado actual de la implementación BIM en empresas constructoras de Bogotá, a partir del cual se pueda, no sólo mejorar los procesos constructivos, sino dar cumplimiento a políticas que el gobierno proyectó para los próximos años.

2. DELIMITACIÓN

El presente proyecto se realizará en empresas ubicadas en la ciudad de Bogotá, dedicadas a la construcción de proyectos de ingeniería civil. La utilización de la tecnología BIM tiene múltiples beneficios en las diferentes etapas del ciclo de vida de un proyecto (Diseño, Conceptualización, Generación de Documentos, Construcción, Mantenimiento, Operación y Desconstrucción) y distintas aplicaciones de cada una de estas etapas.

De acuerdo con este trabajo se darán a conocer temas relevantes al realizar una coordinación con tecnología BIM en la etapa de construcción de un proyecto; la investigación se centrará en encontrar las falencias y aciertos en los diferentes ámbitos esenciales de un proyecto para definir la situación actual del uso de la tecnología BIM en las empresas.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Analizar el nivel de implementación de la modelación de la información de la construcción (BIM) en empresas constructoras de Bogotá.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el nivel de implementación actual de BIM en el sector de la construcción en Bogotá.
- Evaluar efectos, factores y problemáticas dentro de las empresas constructoras, con el uso del BIM; así como los tiempos y costos, una vez implementado.
- Proponer acciones a partir de la evaluación de efectos, factores y problemáticas dentro de las empresas constructoras, con el uso del BIM.

4. ANTECEDENTES

Se puede observar como la gestión de la innovación en los proyectos de construcción en Colombia se ve muy limitada, esto se puede dar por el desconocimiento y no aplicación de nuevas herramientas y metodologías para la administración de proyectos, por lo cual “el desarrollo y planificación de muchos de estos proyectos todavía se ven inmerso en problemas como retrasos, sobrecostos, cambios de diseños, entre otros” (Salazar, 2019).

Para el ciclo de vida de un proyecto se buscan herramientas que permitan lograr que este llegue a su objetivo y en ese caso una de las más útiles y uno de los temas más innovadores, es el sistema de Modelación de la Información de la Construcción (BIM). “BIM es un sistema de trabajo complejo pero muy útil ya que permite la creación de simulaciones digitales de diseño junto con la coordinación de la información que conlleva un proyecto de Ingeniería Civil, todo con el único fin de aprovechar los recursos con los que se cuenta” (Díaz, 2019).

En la mayoría de los países en vía de desarrollo, se tiene como eje fundamental realizar una adecuada planeación, ejecución y control de todos sus proyectos de infraestructura. Esto garantiza la conectividad y productividad en todo su territorio, permitiendo así convertirse en un país con mayores posibilidades de crecimiento económico.

Se han desarrollado nuevas tecnologías como la metodología BIM, en donde se focalizan todas las áreas de interés para el desarrollo de un proyecto, permitiendo diseñar, analizar, evaluar, ejecutar, controlar y auditar cualquier proyecto constructivo. Todo lo dicho encaja perfectamente con las características del territorio colombiano, con la cruda realidad de que, en muchos de los proyectos en desarrollo, se presentan problemas de sobrecostos durante su ejecución y atrasos en los tiempos de entrega, como resultado de la mala planificación, y es por esto por lo que muchos países desarrollados han adoptado la metodología BIM.

BIM es un nuevo acercamiento al diseño, construcción y gestión de proyectos de construcción de ingeniería civil, se presenta como un camino a los modelos digitales donde se busca la eliminación de costos dada la interoperabilidad de datos, se puede entender como una

metodología donde se miran los proyectos centrándose en cómo funcionan y su manera de evolución, el BIM muestra una información clara y a su vez la visualización real de las acciones, en la actualidad la incompatibilidad creada impide realizar acciones de una forma precisa y rápida, esto afecta diferentes problemas que se reflejan en el aumento de tiempos y costos (Gámez, 2014)

El entorno construido es significativamente responsable de la crisis climática actual, por lo que desarrollar proyectos más sostenibles se está convirtiendo en un objetivo urgente, la evaluación del ciclo de vida de un proyecto ayuda a calcular los impactos de la construcción, principalmente se enfoca en los procesos de diseño, donde la variabilidad de resultados de las acciones son diversos, en el proceso de diseño es posible estimar evaluaciones ambientales, económicas y sociales del proyecto, el BIM ayuda a la disminución de la variabilidad en escenarios hipotéticos donde se establecen errores de comprobaciones de los modelos así como de los diferentes cálculos de componentes o cantidades, (Bernandino, 2021)

Existen métodos y técnicas desarrolladas en la planificación y control de proyectos donde son evidentes problemas sobre la representación y programación del proyecto, la asignación de recursos, el análisis de riesgos, la evaluación del desempeño del tiempo y el costo, la previsión del tiempo, el costo y el flujo de efectivo, la sincronización óptima de los puntos de control y la toma de decisiones de acciones correctivas.

Al revisar las herramientas desarrolladas para la planificación y el control de proyectos, se evidencia una creciente atención a la naturaleza estocástica de los proyectos en los procesos y decisiones de planificación y control, del mismo modo a las mejoras en las técnicas de control de proyectos existentes y los nuevos métodos para automatizar la recopilación de datos, procesar y generar un plan de proyecto más integrado, se destaca un cambio importante en el campo de investigación de planificación y control de proyectos, que ha estado dominado en gran medida por la literatura de programación de proyectos en el pasado, ya que la toma de decisiones reactiva y a corto plazo presenta nuevos desafíos y oportunidades para las organizaciones de proyectos y los investigadores.

El trabajo colaborativo en proyectos BIM es frecuentemente entendido como “la interacción de los modeladores de forma asíncrona a través de solicitudes de modificación”, de otro modo, en el sector de la construcción la transferencia de información es limitada, BIM propone un progreso donde todas las partes del proyecto pueden intervenir, el entorno colaborativo busca nivelar las competencias de mejora y realizar una formación detallada en cada una de las áreas del proyecto, a su vez, indagar estrategias de mejora en el desempeño del equipo dado que se tienen patrones de comportamiento y productividad, del mismo modo reconocer indicadores de experiencia y estrategias para mejorar el desempeño del equipo (Forcael,2020).

BIM se basa en incorporar toda la información de la edificación con el fin de facilitar el diseño, la construcción y la operación de un proyecto de construcción, los modelos BIM tienden a confundirse con los modelos 3D, que solo incorporan geometría. El BIM, además de ser un modelo tridimensional, puede contener información relevante para el proyecto, que se almacena en la base de datos del modelo, otra característica de un modelo BIM es que tiene una inteligencia.

La tecnología BIM está teniendo su auge actualmente en países como Reino Unido, Estados Unidos, Canadá, Francia, Alemania, Corea del sur entre otras potencias del mundo; tanto es así, que el manejo de softwares BIM es un requisito indispensable para aspirar a un puesto de trabajo en más del 50% de empresas constructoras de estos países, lo cual demuestra su grado de fiabilidad e importancia, su idea principal es obtener un modelo 3D parametrizado de la construcción de la obra que se piensa llevar a cabo, para poder encontrar los errores en las diferentes fases del proyecto y poder darles soluciones antes de que empiece la etapa de la construcción (Mansolav, 2017).

5. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto se desarrolla con el fin de conocer diferentes aspectos sobre la implementación de BIM en el sector de la construcción en la ciudad de Bogotá; se quiere conocer, además de su nivel de implementación por aquellas empresas que han optado por su uso, las ventajas y desventajas, beneficios, factores externos, efectos negativos y problemáticas, que se ha tenido en la implementación de la metodología BIM, en específico el momento actual en el sector de la construcción.

Se ha evidenciado que al transcurrir el tiempo las empresas están innovando, actualizando constantemente por el tema de la globalización y las nuevas tecnologías, por tal razón las empresas están cambiando la forma de proceder y operar, adaptándose a estos nuevos cambios en la industria de la construcción, se plantea la utilización del BIM; la experiencia internacional ha demostrado que BIM es el centro de la estrategia de transformación digital del sector, siendo una pieza clave para lograr objetivos en calidad y tiempo de los proyectos de construcción, promoviendo a su vez la articulación de la cadena de valor y la optimización de recursos (Camacol, 2018)

El BIM se puede entender como un proceso de la gestión de información, establecido en un modelo inteligente que constituye datos estructurados y multidisciplinarios para originar una representación del proyecto a lo largo de su vida útil, desde la planificación hasta la construcción (Autodesk, 2021).

Así mismo el BIM ayuda a que el trabajo sea más organizado, donde los integrantes del equipo trabajen en un mismo modelo, evitando errores como se presentaban en las metodologías tradicionales cuando tenían que unir los planos de las diferentes especialidades, ahorrando así el tiempo empleado ya que se tiene la información en tiempo real para la toma de decisiones (Trejo, 2018).

6. MARCO REFERENCIAL

6.1 MARCO TEÓRICO

6.1.1 DEFINICIONES SOBRE BIM

Se encuentran diferentes definiciones acerca de BIM, lo que da origen a que el termino BIM se puede interpretar de diferentes maneras, el termino actual BIM se estandarizo como un nombre para la representación digital de los procesos de construcción con el objetivo de intercambiar e inter operacionalizar información en un formato digital.

Eastman (2011) dice que BIM es una tecnología de modelado y un conjunto asociado de procesos con el objetivo de comunicar, producir y analizar modelos de edificaciones. Según National Building Information Modeling NBIMS, (2007) define a BIM como una de las características físicas y funcionales de una instalación; Es un recurso de conocimiento compartido para así obtener información sobre una instalación formando una base confiable para su respectivo ciclo de vida hasta la demolición. El American Institute of Architects (AIA) define BIM como un modelo digital y tridimensional vinculado a una base de datos de información del proyecto. Azhar (2008) define BIM como el proceso que se enfoca en el desarrollo y uso de un modelo generado por computadora para simular el planeamiento, diseño, construcción y operación de una instalación.

En resumen, se puede decir que BIM es el proceso que abarca la generación y gestión de la información física y funcional de un proyecto. El resultado del proceso se denomina BIM o modelos de información de construcción que son, en última instancia, archivos digitales que describen todos los aspectos del proyecto y apoyan la toma de decisiones a lo largo del ciclo del proyecto para garantizar que la planificación, el diseño y la construcción de edificios sean altamente eficientes, del mismo modo, disponer de toda la información del proyecto en un espacio común que permita la interacción y colaboración de todos los participantes en cada una de las fases del ciclo de vida del proyecto.

Se confunde BIM con un software de modelado 3D, pero en realidad implica más que eso. El BIM son los subconjuntos de sistemas y tecnologías similares que ofrecen más que 3D (ancho, alto y profundidad), dispone de otras dimensiones como 4D (tiempo), 5D (costo), 6D (operación), 7D (sostenibilidad), a continuación, se muestra en la figura 1 las dimensiones de BIM y su relación con el ciclo del proyecto.

Figura 1. Dimensiones BIM



Fuente: Las 7 dimensiones BIM (Bimtool, 2019).

Se puede decir que el ciclo de vida de un proyecto BIM comúnmente comienza con una idea principal y termina con una demolición y si es posible con un reciclaje del proyecto, según Esarte (2020) este ciclo se divide en 7 dimensiones BIM, estas se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Dimensiones BIM

DIMENSION BIM	DESCRIPCION
1D - Idea	Esta dimensión parte principalmente de la idea de la construcción de una casa y sus condiciones iniciales, como por ejemplo temas de ubicación, superficie y costos entre otros. Estableciendo también el plan de ejecución inicial.
2D - Boceto	Para la segunda dimensión, se prepara el software para moldear, es decir este es el boceto del proyecto, donde se definen los materiales, las cargas estructurales y energéticas y se establecen las bases para la sostenibilidad del proyecto.
3D - Coordinación	Cuando existe el uso de la metodología BIM se otorga un gran beneficio ya que permite detectar la interferencia que puede haber en cada uno de los modelos de las diferentes especialidades, así poder lograr mucho más beneficio que no se tienen en cuenta en el momento, como brindar la posibilidad de eliminar la gran mayoría de los conflictos que puedan presentarse en la construcción de la obra.
4D - Planificación de la obra	El BIM ofrece también la ventaja de utilizar el presente modelo para poder organizar y planificar el trabajo con todos los ajustes necesarios para los procesos con la variable tiempo. El esculpir en 4D trae consigo una variedad de beneficios, ya que permite contar con una visualización y comunicación de suma importancia, que puede brindarle al equipo del proyecto, una mejor y mayor comprensión de las herramientas que se usan en la gestión de proyectos, para poder marcar puntos específicos e importantes, además para los planes de construcción.
5D - Medición y Presupuestos de la obra	Con el manejo de la metodología BIM se permite hacer uso del modelo para llevar un control sobre los gastos que se tienen en cada una de las facetas del proyecto, que se basan en construcción, operación y por último mantenimiento.
6D - Certificación energética	Con el uso de la metodología BIM también ofrece otro grande beneficio como es el modelo que permite realizar cálculos, análisis y estudios energéticos para tener un aprovechamiento de los recursos a usar.
7D - Gestión de activos	Esta es la última dimensión que se utiliza para la realización del proyecto BIM y su función en concreto es reunir en el modelo BIM todas las condiciones físicas de los elementos estructurales, arquitectónicos y MEP (Mechanical – Electrical – Plumbing), como también para las instrucciones específicas para las operaciones y mantenimiento, otro gran beneficio y de suma importancia es que se utiliza para gestionar a corto y largo plazo todas las repercusiones financieras de cualquier modificación del activo, planear dichos gastos anteriormente mencionados y establecer su programa definido para el mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia (2022).

6.1.2 PARAMETROS DE INFLUENCIA EN LOS PROYECTOS

El control y la planificación de los proyectos en la gestión de proyectos se analizan como funciones críticas, dentro de esto existen problemas de decisión donde se debe, programar el proyecto e identificar y reportar el estado del proyecto, del mismo modo se deben analizar las desviaciones o situaciones fuera de control para tomar acciones correctivas (Pellerin, 2019)

Los sobrecostos y los retrasos en los proyectos de construcción son temas de preocupación por parte de los desarrolladores de proyectos, una inadecuada planeación y una deficiente integración entre los profesionales afectan la línea base de planeación establecida, generando una fluctuación en los tiempos y costos del proyecto (Lozano, 2018)

El BIM busca la eliminación de las actividades que no generan un valor agregado a los procesos, un análisis de puntos críticos organiza los posibles impactos en los proyectos para establecer una correcta toma de decisiones ante conflictos de pérdida de eficiencia y productividad. Las fases iniciales como la planeación y el diseño son las de mayor preocupación, dado que tienden a generar grandes impactos en los proyectos con costos menores, se debe tener un conocimiento integral de la construcción para de esta forma controlar los cambios en los tres temas vitales para los proyectos, los cuales son el tiempo, el costo y el producto. (Casas, Giraldo, 2014)

Un previo conocimiento de los cambios existentes en los tiempos y costos son de gran ayuda para los constructores, la toma de acciones pertinentes permite minimizar los múltiples efectos negativos, la desviación en los tiempos se debe principalmente a errores en los diseños y las desviaciones en los costos son dados por la organización y gestión interna de los proyectos, así como por el entorno sociocultural. (Lozano, 2018)

Para visualizar y optimizar la duración de los proyectos los primeros métodos se centraron en la programación de la gestión de los proyectos, en esos se encuentra el diagrama de Gantt, el método de ruta crítica (CPM) y la técnica de evaluación y revisión de programas (PERT). (Pellerin, 2019). Los cambios en los proyectos no siempre son malos, cuando estos actúan en los proyectos generan condiciones positivas o negativas, y es en este punto donde se debe tomar en

cuenta que si las condiciones son negativas estos cambios se toman como un factor a disminuir o eliminar. (Casas, Giraldo, 2014).

La gestión de los proyectos consta de dos funciones, la función de planificación que se relaciona con la programación del proyecto y la función de control que se enfoca en el seguimiento del proyecto (Pellerin 2019). Los factores externos no tienen gran incidencia en los retrasos de las obras, cuando la planeación es buena se presentan variaciones de tiempo menores, de esta forma la buena integración y desempeño de las partes involucradas en el proyecto influyen de manera positiva reflejando una baja variabilidad al final de los proyectos (Lozano 2018)

Dentro de los proyectos se pueden tener diferentes tipos de contingencias, las de fuerza mayor son de carácter extraordinario y no se pueden analizar, las imprevistas son situaciones con probabilidades de suceder que afectarían un gran campo de acciones en el proyecto y por último las previsibles que son altamente probables y se pueden determinar, de la misma forma existen cambios de menor, media y mayor magnitud, estos impactos se pueden solucionar de forma sencilla y rápida o también se pueden tener cambios que afecten de forma global el proyecto y generen alteraciones en el mismo (Casas, Giraldo, 2014).

Los cambios que afectan significativamente las diferencias de tiempo son los cambios de diseño, la falta de materiales o maquinaria y la planeación deficiente del cronograma sin contemplar los riesgos, en los costos los factores que más incidencias tienen son la falta de integración de los profesionales, el incumplimiento por subcontratistas y la fluctuación de la moneda (Lozano, 2018).

En el proceso constructivo se pueden tomar 24 parámetros generales de construcción divididos en 3 grupos (entorno, obra y planeación), estos parámetros por sí solos no determinan un cambio en el proyecto, son sus relaciones e interacciones entre ellos lo que afecta al proyecto, de este modo no se puede establecer que factor es más relevante, pues cada proyecto se puede tomar de forma particular y del mismo modo todas sus relaciones (Casas, Giraldo, 2014).

Los parámetros iniciales se pueden tomar como los que hacen parte del acercamiento inicial al proyecto y determinan el esquema inicial de diseño, a este grupo se le puede denominar parámetros de entorno y dentro de él aparecen los parámetros de lugar como lo son el terreno, los servicios e infraestructura, la accesibilidad y el clima, igualmente los parámetros de lineamiento como lo son la normatividad, seguridad, tolerancias y concepto del proyecto. Después de contemplar estos parámetros se puede seguir a los parámetros mismos de la construcción y son los que enmarcan las labores de ejecución del proyecto, a estos se les denominan parámetros de obra, centralmente se encuentran los parámetros de administración como lo son el tiempo, el sistema contractual, la coordinación y la comunicación, después se toman los parámetros de ejecución como la mano de obra, las herramientas, los materiales y el espacio interno, por último, se toman los parámetros donde se introducen los conceptos de mejora de la industria y se denominan parámetros de planeación, en estos se localizan los parámetros de eficiencia como la simplicidad, la estandarización, la modularización y la flexibilidad, del mismo modo los parámetros de construcción como lo son la prefabricación, el premontaje, los procedimientos y secuencias constructivas (Casas, Giraldo, 2014).

Se muestra que debe existir un modelo de priorización de parámetros donde se muestre la relación uno a uno entre los parámetros que intervienen en el proyecto, buscando de esta forma resultados manejables de interacción, confrontando cuanto del parámetro X influye en el parámetro Y, para de este modo localizar su relación en el entorno del proyecto.

Las relaciones existentes entre los parámetros se pueden medir mediante una correlación entre la dependencia y la influencia, si dos parámetros tienen mucha influencia pero poca dependencia se les asignara la zona de poder, los parámetro muy influyentes y muy dependientes se les determinara la zona de enlace, los parámetros muy dependientes y poco influyentes se les fijara la zona de salida y por ultimo los parámetros que no tienen ni influencia ni dependencia se les establece la zona aislada, en la Grafica 2. Zonas de influencia y dependencia se mostrará mejor la asignación de zonas.

Figura 2. Zonas de influencia y dependencia



Fuente: Método de priorización para la identificación de los parámetros determinantes que generan los cambios de gran magnitud en los proyectos de construcción (Casas, 2014)

Los parámetros localizados en la zona de enlace son los más determinantes en un proyecto, si se piensa en las contingencias esta relación se puede encontrar en el grupo denominado previsible, la industria de la construcción ha producido diversas mejoras en los parámetro influyentes y dependientes de los proyectos ya que estos determinan un correcto proceso de ejecución, (Casas, Giraldo, 2014). el BIM en su filosofía contempla la reducción de estos efectos mostrando puntos de afectación en el diseño de los proyectos, con esto se muestra que la implementación de la metodología en las empresas constructoras es fundamental para descubrir los parámetros reiterativos que pueden generar una relación general.

6.1.3 ENTORNO DE TRABAJO BIM

La mayoría de las técnicas de control de proyectos asumen la hipótesis de relaciones lineales entre las actividades del proyecto, sin embargo, los proyectos se desarrollan superponiendo fases (Pellerin, 2019), cada actividad en obra se calcula en base al nivel de recursos requeridos y al momento de planificar se calculan las horas de inicio y finalización más tempranas o tardías de las actividades para con esto reconocer la capacidad del proyecto a lo largo del tiempo.

En el entorno de la construcción se debe tener en cuenta la crisis climática actual, se deben desarrollar proyectos más sostenibles, con esto la evaluación de la sostenibilidad del ciclo de vida de los proyectos tiene relevancia al permitir una evaluación holística y analítica de la sostenibilidad de un proyecto (Bernardino, 2021).

En los últimos años el sector constructivo ha experimentado cambios en los sistemas de trabajo tradicional con la introducción de soluciones basadas en BIM, esto genera una revolución en los proyectos y de este modo una oportunidad para obtener objetivos controlables en los proyectos (Martínez, 2020). El aprendizaje de los diferentes involucrados en los proyectos se debe dar de forma globalizada, los involucrados deben tener un buen desempeño en contextos complejos y ser capaces de integrar y activar los conocimientos, habilidades, destrezas, actitudes y valores aprendidos (Besne 2020).

Durante los proyectos el cronograma y el presupuesto se convierten en los objetivos a seguir para medir el éxito de estos, el rendimiento de un proyecto se define respecto a un cronograma de referencia y se obtienen índices del proyecto los cuales ayudan a identificar los problemas potenciales cuando estos se encuentran en un rango crítico (Pellerin, 2019). El BIM contempla la mejora de todos los procesos en las diferentes etapas de diseño y construcción de un proyecto, reduciendo los problemas asociados a estas etapas se pueden evitar las diferentes dificultades actuales donde eventualmente estos factores se traducen en un incremento en los tiempos y costos (Martínez, 2020).

El entorno de trabajo colaborativo se entiende como un grupo de profesionales que trabajan simultáneamente para permitir interacciones directas y asincrónicas entre todos los involucrados

en el proyecto, este entorno se puede dividir en 2 redes, la red humana que permite una interacción física, donde se aumenta la eficiencia y la toma de decisiones se desarrolla de manera rápida, y la red eléctrica donde se intercambia información basado en sistemas en la nube existentes (Martínez, 2020).

La planificación y el control de proyectos en los métodos modernos se ocupan especialmente de identificar y mitigar los riesgos del cronograma e integrar la calidad del proyecto como una variable de control, en el proceso de planificación se presentan problemas de decisión los cuales se pueden clasificar en cuatro principales categorías que son la representación del proyecto, la programación de proyecto, la asignación de recursos y el análisis de riesgos. (Pellerin 2019)

Uno de los más importantes desafíos en las etapas de diseño es la importancia de calidad de un modelo capaz de calcular los impactos incorporados a lo largo de su proceso, dando relevancia a elementos predefinidos, enfoques simplificados o aprendizaje automático para proporcionar suposiciones y reducir la variabilidad inesperada de los resultados durante las diversas etapas (Bernandino 2021).

La programación de proyectos muestra las secuencias y duraciones de las actividades de los proyectos, es allí donde se generan los planes agregados basados en estimaciones aproximadas, estos tienen una confiabilidad de los pronósticos dado que se realizan bajo incertidumbres, para proteger al proyecto se agregan contingencias como una estrategia de amortiguamiento a lo largo del proyecto. (Pellerin 2019) .

En un nivel operativo se tienen dos enfoques principales de programación, la programación basada en conocimientos estadísticos de incertidumbre denominada programación proactiva, y la programación que implica la revisión del programa de referencia cuando ocurren eventos que regeneran este programa denominada programación reactiva, frente a un proyecto con una programación combinada se tiene una técnica de control óptima donde se determina un cronograma del proyecto y los momentos de intervenciones de control.

La asignación de recursos se da mediante una asignación bajo incertidumbre donde se tienen métodos reactivos que asignan los recursos a la fase de planificación y simultáneamente se plantea una reasignación dinámica en la fase de control, y por el contrario métodos proactivos que se limitan a incorporar factores de seguridad para absorber futuras interrupciones en los recursos. (Pellerin 2019) .

El cambio del lápiz al diseño asistido por computador (CAD) se puede comparar a la revolución actual hacia el BIM, con la variabilidad de que no solo se cambia la herramienta de trabajo sino del mismo modo se transforma la manera de trabajar como un cambio metodológico, de esta forma, se realiza un modelo digital del proyecto con toda la información necesaria para la ejecución. (Besne 2020)

En el proceso de diseño la descomposición de los elementos durante la etapa inicial del diseño y la de los materiales en la etapa de diseño detallado muestra la diferencia entre las etapas del proyecto, teniendo como base esto se puede tener una evaluación del ciclo de vida del proyecto donde el modelo BIM muestra un Nivel de desarrollo (LOD), y también , se identifican los elementos constructivos que se pueden modelar relacionando las cantidades de elementos en uso. (Bernandino 2021).

El riesgo es la posibilidad de cambiar un valor, el análisis de este consiste en evaluar las incertidumbres asociadas a los proyectos , el riesgo tiene una taxonomía de áreas de riesgo y problemas potenciales, un análisis de estos muestra la priorización en los que tienen mayor probabilidad de tener un mayor impacto negativo, la identificación del riesgo se puede producir a lo largo de periodos claves en el proyecto para medir regularmente la actividad del proyecto y determinar el impacto potencial que se tiene de la estimación de errores (Bernandino, 2021)

6.1.4 CASOS DE ÉXITO IMPLEMENTACION TECNOLOGIA BIM

CANAL DE PANAMA

Según (Editeca 2020) El canal de Panamá, es una de las obras más importantes en los últimos años, esta construcción cuenta con la ampliación de este canal lo cual fue muy impresionante para los años en los cuales se construyó. Esta obra tuvo muchos factores como por ejemplo los volúmenes de obra, su singularidad del proyecto y el ahorro extremo que se tuvo de agua mediante la realización de este proyecto.

En este proyecto se implementó diferentes innovaciones como un sistema hidráulico de llenado y vaciado, un sistema de compuertas y un sistema de control. El sistema hidráulico, permitió el ahorro de agua por medio de llenado y vaciado de las presas que se comunicaban con el mar Pacífico, en donde se recuperaba mucha del agua utilizada en la obra (Editeca 2020)

El sistema de compuertas permitió dar mantenimiento sin tener un impacto en las operaciones llevadas a cabo, en el sistema de control según (Editeca 2020) se rediseñó para que la propia esclusa pudiera operarse de forma fácil y segura para el operador. Gracias a este sistema de control, un único operador podrá manejar el sistema de control para facilitar que los buques pasen sin problemas por el Canal de Panamá.

CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE PUMAREJO, BARRANQUILLA (COLOMBIA)

Según (Editeca 2020) La construcción de esta obra del puente de Pumarejo en la ciudad de Barranquilla Colombia se implementó tecnología BIM, las características de este puente es que cuenta con 2.250 metros de longitud y 800 metros de tramo atirantado, se cataloga a nivel mundial como uno de los puentes más grandes del mundo. Este proyecto implementó la metodología BIM, en consecuencia, en la organización y gestión de proyectos con el fin de obtener mejores resultados y una mejor eficacia a cada proceso que se llevaba a cabo, fue una obra realizada por Sacyr Construcción, compañía que es famosa por la implementación de la tecnología BIM en todos sus proyectos.

CHELSEA ISLAND, DESARROLLO RESIDENCIAL DE LUJO

Según (Editeca 2020) Este proyecto conforma parte de la fase final de los proyectos de desarrollo urbanístico del máster plan de Chelsea. Su construcción cuenta con su superficie de 12.000 metros cuadrados a la parte oeste de Londres, este diseño es llevado a cabo por Arney Fender Katsalidis y se basa en tres conceptos: detalle, elegancia y confort.

Para este proyecto se tuvo en cuenta el código de calidad medioambiental, es decir se tuvieron que implementar procesos en la construcción para la contribución de forma positiva al medio ambiente, por otra parte la calidad de diseño y la instalación de implemento la tecnología BIM, según algunos ingeniero de esta obra, gracias al desarrollo del modelo BIM se pudieron detectar fácilmente interferencias y falta de coordinación las cuales pudieron dar solución de manera inmediata en la fase de diseño antes de la instalación final

Estos tres proyectos mencionados anteriormente fueron contruidos con la implementación de la tecnología BIM, por medio de esta herramienta se pudieron detectar a tiempo diferentes problemas que podrían ocasionar sobrecostos y retrasos.

6.1.5 PROBLEMAS EN LA APLICACIÓN PRÁCTICA DE BIM

En la actualidad la implementación de la tecnología BIM en proyectos de construcción aun no es fácil y se ha convertido en un gran desafío, pero al momento que se adopta este método traerá grandes beneficios, especialmente en la parte de productividad, que es uno de los más complejos ya que BIM aporta beneficios como facilitar la visualización, la libre creación de secciones y alzados, para que un proyecto tenga la facilidad de tener toda su información integrada durante la construcción y mantenimiento de equipos y de la obra (Retain 2020)

Existen algunos problemas a la hora de poner en práctica la tecnología BIM, cuando se habla de estos problemas se está hablando de la implementación efectiva del actual sistema. Según (Retain 2020) Algunos de los problemas más comunes que se enfrentan las empresas a la hora de implementar la tecnología BIM son los siguientes:

LIDERAZGO DÉBIL.

A la hora que una empresa o un directivo, como se quiera llamar decide implementar BIM sin tener un concepto claro de este y basarse únicamente en comentarios, no sale de la manera que se espera, así que lo mejor es entender de manera más clara lo que esto significa. Estos es un desafío para muchas personas ya que a veces las empresas tienen conocimiento de la Tecnología BIM y sobre los beneficios generales que traer implementar y manejar el negocio de la construcción en esta nueva forma, pero algunos clientes no terminan de entender el alcance que tiene dicha metodología ni la forma de trabajar de la empresa, se quiere decir que si no se cuenta con buen liderazgo y no se toman las medidas correctas para que los empleados se incorporen al proyecto, la posibilidad de que se obtenga un gran éxito en el proyecto serán mínimas (Retain 2022).

ALTO COSTE DE LA IMPLANTACIÓN.

Este problema se puede presentar en cualquier organización empresarial, ya que el alto coste de la implantación BIM no es tanto del coste de los equipos y tecnología, sino como de gastos menos tangibles pero que son de suma importancia, al momento que se implementa la tecnología BIM se tendrá en cuenta todos y por ende cada uno de sus elementos de las operaciones empresariales, desde su aplicación de cumplimiento hasta la especificación de los componentes del proveedor, esto se debe relacionar e integrar en un solo sistema. Se deberá tener en cuenta que lo más seguro es que haya un posible coste al contratar personal que requiera con los conocimientos y experiencias suficientes en la implementación de la tecnología BIM (Retain 2022).

En el caso de las empresas grandes o medianas, su proceso será un poco más sencillo alinear sus equipos BIM, ya que contará con equipos amplios lo que se podrá adoptar de una forma más sencilla y adecuada. Pero en el caso de las empresas más pequeñas no se puede comprometer a un equipo completo para el proyecto BIM (Retain 2022). Se podrá contar con una opción para tener en cuenta en estas empresas sería aprovechar el máximo de la experiencia y conocimiento de sus consultores externos los cuales brindaran la ayuda de mantener sus equipos intactos y se facilitara la integración de la tecnología BIM al modelo de su negocio (Retain 2022).

RESISTENCIA AL CAMBIO.

En la realidad los empleados están acostumbrados a trabajar siempre con sus herramientas tradicionales de las cuales tiene conocimiento de cómo funcionan, por esta razón existirán muchas barreras a la hora de la implementación de la tecnología BIM. Estas barreras se presentarán ya que sienten miedo al fracaso, falta de tiempo para aprender a usar el software y lastimosamente ciertas veces es por la falta de apoyo de sus responsables y dirección de la empresa (Retain 2022).

Al momento de implementar una tecnología radical distinta, se deberá realizar una toma de decisiones que estén estratégicamente adecuadas por parte de la dirección, que involucre a los empleados haciendo uso de su experiencia y conocimiento disponible para la disposición de llevar a cabo la implementación sin cambiar el modelo de trabajo que haya actualmente (Retain 2022).

FALTA DE COLABORACIÓN

Para lograr esos máximos beneficios en la tecnología BIM, está relacionada con la capacidad de maximizar la colaboración de cada uno de sus integrantes, no es de relevancia que sea el líder sino de todos sus participantes, si todos están involucrados se lograra mayor parte de los beneficios para todo el equipo (Retain 2022).

INDEFINICIÓN

Como se ha mencionado anteriormente la correcta implementación de la tecnología BIM en la organización es super importante, y aunque se buscara tener un mayor beneficio, pero para que esto suceda es indispensable que exista un trabajo adecuado tanto de planificación y definición de las diferentes actividades. El proceso de incorporar BIM en los objetivos de la empresa es necesario (Retain 2022).

6.1.6 VENTAJAS DE LA APLICACIÓN PRÁCTICA DE BIM

El uso de la tecnología BIM en los sectores de arquitectura e ingeniería ha generados grandes cambios positivos, ya que cuenta con excelentes ventajas en la eficiencia de los procesos y la sostenibilidad. Y es que la tecnología BIM desde cualquier etapa de construcción ofrecerá cambiar algunas y esto brindará beneficios grandes al proyecto. Algunas ventajas del BIM, según (Edisma 2020):

- **TRABAJO COLABORATIVO Y MULTIDISCIPLINAR:** Como ya lo mencionamos anteriormente una de las principales claves de la metodología BIM, es el trabajo colaborativo en cada una de las disciplinas relacionadas. Por ende, se dice cada parte del proyecto gestiona una información que se relaciona de forma digital a un entorno común, para intercambiar datos como de estructura, instalaciones, arquitectura. Este proceso nos ayuda a tener una mejor coordinación dentro del proyecto, añadiendo que BIM brinda la posibilidad de trabajar de forma simultánea, en el caso de proyectos grandes aparecen coordinadores BIM (Edisma 2020).

Estos roles tienen la labor de gestionar los distintos modelos digitales y sus vínculos para integrarlos entre sí, para generar una mayor coordinación favoreciendo la solución de problemas con anticipación, finalmente el trabajo colaborativo es una gran ventaja en BIM, ya que los procesos son mucho más rápidos, permitiendo un mejor control y dominio de información (Edisma 2020).

- **PRODUCTIVIDAD Y EFICIENCIA:** Para estos modelos virtuales se crea un software paramétrico, todos los elementos del proyecto están relacionados entre sí, teniendo en cuenta su función estos elementos van a estar condicionados de una forma u otra, cualquier acción o modificación que se realice, se actualizará de forma automática por ejemplo un cambio de uno de sus parámetros de diseño. (Edisma 2020).

Una de sus más grandes ventajas es la coordinación en el desarrollo del proyecto, por lo cual se contará con un mayor control de elementos, así mismo se reducirán errores y el rendimiento será mucho más ágil ya que generará información técnica, como los cambios

o modificaciones de una forma más rápida. Así mismo se la compatibilidad de cada uno de los softwares que se esté implementando se podrán vincular unos con otros, favorece las creaciones de modelos de forma precisa y mejor definidos, disminuyendo así los tiempos de elaboración y planificación (Edisma 2020).

- **DETECCIÓN DE INTERFERENCIAS Y REDUCCIÓN DE ERRORES:** Su trabajo colaborativo y la integración por cada uno de sus vínculos en un mismo modelo digital brindara un mejor análisis detallado de la situación. Existen software que permiten detectar las interferencias que existen entre cada uno de los vínculos, los cuales se pueden presentar en el modelo digital de la arquitectura con el de la estructura. Se dice que en la metodología tradicional es muy frecuente encontrar estos tipos de inconvenientes en la etapa de la obra, por lo general ocurre por falta de análisis en la información que implica los sobrecostos en el empleo y demás recursos, gracias a la metodología BIM este tipo de problemas se detectara con anterioridad para así dar soluciones lo antes posible (Edisma 2020)
- **OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS:** La tecnología BIM nos ofrece herramientas de control y coordinación que nos ayudan a desarrollar proyectos con más exactitud y con un mayor rendimiento en las tareas de gestión y desarrollo, se cuenta con un control de una forma más precisa la cuantificación para los recursos se realiza de mejor manera. (Edisma, 2020)

En el momento que se cuenta con un modelo virtual de la infraestructura por completo, se reducirán posibles problemas de interferencias, como también optimizar los recorridos de sus diferentes sistemas. (Edisma 2020).

- **SOSTENIBILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA:** Esta tecnología BIM aporta la posibilidad de realizar cambios oportunos a los análisis energéticos, ya que se puede extraer los datos de cálculo del modelo. Uno de los campos que se puede estudiar con detalle son: materiales, cierta orientación del edificio y aislamiento, esto se estudiar de acuerdo con el modelo digital en entorno a la tecnología BIM esto nos permitirá maximizar la eficiencia energética en la futura construcción (Edisma 2020).

Implementando la Tecnología BIM obtendríamos optimización de materiales y recursos, como el del aumento de la eficiencia y productividad y la reducción del consumo energético con la contaminación, haciendo uso de esta metodología BIM sería más sostenible y respuesta con el medio ambiente (Edisma 2020).

6.2 MARCO CONCEPTUAL

Existen muchas empresas para el sector de la construcción las cuales involucran los conceptos de Gerencia, Diseño, Comercialización, Construcción e Interventoría en varios de sus proyectos , lo cual nos permite entender los parámetros en el tema de la construcción.

Figura 3. Ciclo de vida de un proyecto



Fuente: Redacción de proyectos BIM (Conserr, 2016)

La figura 3 nos muestra que la implementación del BIM debe tener un lenguaje estandarizado, con un flujo de trabajo y una información centralizada trabajando desde diferentes puntos de trabajo como consultores o diseñadores que participan en los proyectos, estructurales, especialistas, hidrosanitario, eléctrico que a menudo están retroalimentando sus diseños los cuales entran al servidor.

En la oficina se hacen análisis de coordinaciones los cuales también se están retroalimentando para los cambios que ellos deben hacer, la tecnología BIM aplicada a la parte de construcción nos ofrece un proceso iterativo que busca en cualquier momento cero interferencias para obtener un proyecto ordenado para así finalmente emitir los planes decisivos que se va a tomar respecto a la construcción a realizar. La distribución de todas las carpetas en el servidor es muy importante para el proceso BIM, si están todos los archivos organizados se obtendrá una información constituida y adecuada para el proyecto.

Existe un documento interno llamado BIM MANAGER el cual es el que contiene toda la información de Arquitectura, Sistema Mecánico, Estructura de esta forma se podrá retroalimentar toda la información del proyecto para así tener más eficacia en él.

6.3 MARCO INSTITUCIONAL

Las empresas constructoras en Colombia, la mayoría se dedican a la producción de bienes materiales, ya que son en si las que están a cargo de darle a la sociedad toda la infraestructura y edificaciones necesarias para un bien común y poder cumplir con sus tareas diarias, estas básicamente están integradas por el capital y el trabajo, según Emilio (2016) algunas de las funciones más importantes de las empresas constructoras son las siguientes:

- Llevar en pie laborales como restauración y rehabilitación, recurriendo a entidades profesionales para obtener dirección o coordinación y aquí es donde entran las empresas constructoras a llevar a cabo dichas construcciones de manera correcta.
- Las constructoras disponen de la infraestructura y la mano de obra que sea necesaria para poder llevar a cabo la realización de la construcción, además cuentan con el manejo de los materiales requeridos.
- Las empresas constructoras manejan el suelo ya que esta parte juega un papel notable para que el proyecto salga de manera correcta, las empresas realizan estudios de las condiciones del suelo para así poder determinar qué tipo de materiales son necesarios para levantar la construcción.

- Las empresas preparan bocetos y planes para instruir a quien contrata los servicios para absorber su aprobación o realizar los cambios, si el proyecto ya ha sido aprobado se empieza la construcción y se deben tener en cuenta todos los aspectos planteados, así como los inconvenientes a presentarse.

Por otra parte, es necesario conocer las empresas constructoras más importantes en Colombia, ya que posiblemente serán uno de los objetivos principales en consecución al desarrollo del presente proyecto. Según Gómez (2020), las siguientes son las más grandes y relevantes de la construcción en Colombia:

PRBYC INGENIEROS: Se caracterizan por sus diseños integrales, tiene aproximadamente más de 100 construcciones en el país, ya que trabajan con innovación, seguridad, comodidad e iluminación todo esto en un mismo espacio.

AMARILO: Su enfoco principal en la promoción, gerencia, venta y construcción de viviendas, es una de las empresas con más proyectos en Colombia.

AR CONSTRUCCIONES: Lleva 38 años en el mercado y cuenta con uno de los portafolios más rentables en Colombia entre otras características importante de esta constructora.

ARQUITECTURA Y CONCRETO: Tienen un catálogo muy variado son proyectos bien planificados, su trabajo se caracteriza por contar con beneficios como la economía y responsables en el ambiente social y ambiental.

MÉNSULA: Su sede lleva 29 años en Medellín y cuenta con un portafolio amplio que va desde casas, edificios, centros comerciales, clínicas y laboratorios, así que cuentan con gran variedad.

CUSEZAR: Es una constructora muy conocida en Bogotá, aunque no tiene un portafolio tan amplio, es muy conocida por sus excelentes construcciones, acabados y fachadas, sus residencias se destacan por sus grandes espacios son muy funcionales.

OSPINAS: “Esta también se caracteriza por tener hermosas y amplias construcciones comerciales. Su trabajo se enfoca mayormente en desarrollar, promocionar, gestionar, comercializar y administrar todo tipo de proyectos inmobiliarios de categorías vivienda, comercio, oficinas, salud, hotelería, logística y más”(Gómez 2020).

6.4 MARCO NORMATIVO

El marco normativo del presente proyecto este concentrado en dos documentos principales, el primero de ellos de origen internacional es la norma ISO 19650 Organización y digitalización de la información en edificaciones y obras de ingeniería civil, incluyendo BIM (Building Information Modelling), el segundo documento de origen nacional es la Estrategia Nacional BIM 2020 – 2026 (BIM FORUM COLOMBIA), de la misma forma en la Tabla 2 se muestran las leyes Nacionales que tienen afectación en el BIM.

Tabla 2. Normatividad Colombiana

LEY	DESCRIPCIÓN
Ley 388 de 1997	Permitir a los habitantes el acceso a las vías públicas y todos los espacios públicos y hacer cumplir los derechos a la vivienda. Esta ley beneficia a la metodología BIM, ya que en base en esta las empresas se ven obligadas a construir viviendas de excelencias, lo cual se logra gracias a la metodología mencionada.
Ley 80 de 1993	La exigencia de contar con una interventoría para todos los proyectos realizados por el estado. La interventoría necesaria en los proyectos puede afectar a la metodología BIM, ya que esta puede indicar que este tipo de métodos no son efectiva.
Ley 400 de 1997	Es obligatorio contar con estudios arquitectónicos, estructurales y no estructurales. Esta ley beneficia a la metodología BIM, ya que, en base en esta, las empresas se ven obligadas a construir viviendas de excelencia y calidad por medio de estudios implementados, lo cual se logra gracias a la metodología mencionada.
Ley 9 de 1997	Se deben realizar estudios por si existen amenazas y riesgos por fenómenos de inundación o remoción de masa. Esta ley beneficia a la metodología BIM, ya que, en base en esta, las empresas se ven obligadas a construir viviendas de excelencia y calidad por medio de estudios implementados, lo cual se logra gracias a la metodología mencionada

Fuente: Elaboración propia (2022).

6.4.1 NORMA ISO 19650

La industria de la construcción global plantea la necesidad de proyectos donde se necesitan herramientas eficientes como el BIM, el cual brinda a los implicados la capacidad de planificar, diseñar y administrar proyectos de una manera eficiente, creando la necesidad de tener un marco internacional que permita a la industria trabajar en conjunto a través de fronteras nacionales (Naden 2019)

La Norma ISO 19650 sigue un flujo de información que está envuelta por una norma superior que es la norma ISO 55000 la cual nos habla sobre la gestión de los activos, del mismo modo esta norma sigue la ISO 9001 sobre la gestión de calidad, estas normas son donde circula la información desde la creación del proyecto hasta su desarrollo, a continuación, se muestra la gráfica 4, donde observamos el ciclo de vida de la gestión de información genérica de proyectos y activos y su relación con las normas ISO.

Figura 4. Normas ISO de la gestión de proyectos



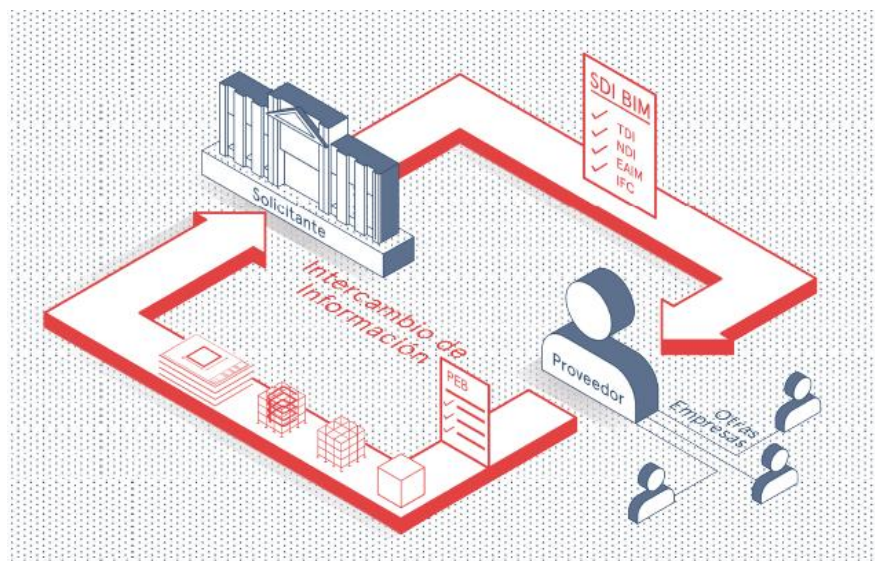
Fuente: Planbim (Manríquez , 2020)

La norma ISO 19650 es una norma internacional de gestión de la información a lo largo de todo el ciclo de vida de un activo construido utilizando el BIM, contiene todos los principios y requisitos de alto nivel alineados con los estándares británicos actuales BS 1192, la norma ISO se

divide en 5 partes fundamentales las cuales son: conceptos y principios, fase de entrega de los activos, fase de explotación de los activos, intercambio de información y enfoque de seguridad en la gestión de la información, actualmente las ultimas 3 partes no se encuentran totalmente establecidas. La parte 1 de la norma establece los conceptos y principios recomendados para los procesos en el sector de la construcción y la parte 2 permite al contratante establecer los requisitos de información durante la fase de desarrollo de los activos (Manríquez , 2020)

El estándar BIM muestra que el ciclo de un proyecto se puede dividir en una fase de entrega y una fase operacional donde la primera fase se subdivide en diseño conceptual, diseño anteproyecto, diseño básico, diseño de detalle, coordinación de construcción, construcción, manufactura y montaje y el AS-BUILT, mientras que la fase operacional solamente se subdivide en la puesta en marcha y la gestión y mantenimiento del activo, la gestión de la información muestra que se debe trabajar colaborativamente entre todas las partes involucradas para una correcta implementación de la norma ISO 19650, a continuación, la gráfica 5 , presenta un ciclo correcto de información (Manríquez, 2020).

Figura 5. Ciclo de intercambio de información



Fuente: Planbim (Manríquez , 2020)

La gestión de los activos se desarrolla marcando un flujo de información coherente donde se establecen las pautas de información, requisitos y organización, para esto la norma ISO 19650 muestra 4 iniciativas principales, los requisitos de información de la organización (OIR) donde se

plasma como se va a desarrollar la actividad y cómo será la consecución de sus objetivos, los requisitos de información del proyecto (PIR) donde se pretende unificar lo mencionado en el OIR y ponerlo sobre un proyecto en concreto, los requisitos de información del activo (AIR) los cuales sirven para la operación y mantenimiento una vez se tiene terminado un activo y por ultimo los requisitos de intercambio de información (EIR) que son los documentos que realiza el promotor para utilizarlos en la contratación y licitación. (Adrián de Santiago, 2021)

La norma ISO 19650 trae diversas ventajas, a nivel de la industria tomado desde un nivel macro crea una forma correcta de abordar la implementación del bien y brindar un marco de trabajo y buenas prácticas donde diversas partes puedan integrarse en una solución a las necesidades, a nivel organizacional permite la alineación de las empresas a esquemas de aceptación internacional permitiendo impulsar las iniciativas de expansión a otros países y de esta forma tener referentes en el sector de forma global , a nivel de los proyectos robustece la agilidad en la concepción de los proyectos y facilita la toma de decisiones en base a un modelo digitalizado del proyecto reduciendo las desviaciones en tiempos y costos, fortaleciendo las etapas de construcción, operación y mantenimiento del proyecto. (Ramírez, 2022)

6.4.2 ESTRATEGIA NACIONAL BIM 2020 – 2026 (BIM FORUM COLOMBIA)

El BIM FORUM COLOMBIA es la plataforma de articulación en torno a la digitalización del sector de la construcción, con el fin de incrementar la productividad y competitividad de las empresas, su misión es desarrollar una agenda estratégica para la implementación de la cadena de valor de la construcción, y a su vez, promover el conocimiento a través de documentos técnicos para la implementación de BIM en Colombia, todo esto se logra a partir de diferentes documentos que logran mostrar el paso a paso para las empresas articulando a todos los involucrados. (CAMACOL, 2021)

La estrategia nacional BIM 2020 – 2026 es el documento base del gobierno nacional donde se muestran las oportunidades y beneficios que se tiene con la implementación del BIM, en el sector económico muestra una eficiencia en los procesos de los proyectos en las fases de planificación, diseño y construcción, en el sector ambiental se evidencia la gestión por mejorar el impacto ambiental de los proyectos, en el sector social muestra una mejoría en la comunicación

donde se visualiza y minimiza los riesgos durante la construcción, todo esto permite una entrega de infraestructura más económica y de mejor calidad, los pilares de esta estrategia se muestran en la Figura 6, donde se evidencian sus principales acciones a desarrollar (Estrategia Nacional BIM, 2020)

Figura 6. Pilares de la estrategia Nacional



Fuente: Estrategia Nacional BIM 2020 – 2026

La organización de la documentación oficial del BIM en Colombia, se contempla en la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL) estos documentos se divide en 2 fases, la primera fase muestra lo relacionado con la creación de la metodología publicando 7 documentos los cuales se caracterizan por exponer, los roles y perfiles, los flujos de trabajo, la gestión de la información, los indicadores BIM y la creación de contenido, la segunda fase muestra el proceso de implementación dividido en 4 documentos como lo es la hoja de ruta para la implementación BIM, las fichas de usos BIM, los requerimientos BIM para tramites de licencias y el BEP. (BIM FORUM COLOMBIA, 2021)

La hoja de ruta de implementación BIM, se desarrolla con el fin de tener una guía práctica para estructurar y replantear a las empresas en sus procesos de implementación, representa las actividades recomendadas mediante una línea continua de 5 etapas según la metodología PMI, la primera etapa denominada INICIO se encarga de la preparación en la organización mediante un

diagnóstico inicial, la segunda etapa PLANEACION es donde se establece el alcance y la estrategia recomendada según las objetivos de cada organización para así designar obligaciones, la tercera etapa EJECUCION es donde se involucran a las personas y se inician los cambios en la infraestructura y los procedimientos mediante proyectos piloto, la cuarta etapa MEDICION Y SEGUIMIENTO se encarga de medir la eficacia identificando oportunidades de mejora, y por último la quinta etapa RETROALIMENTACION es donde se sugiere volver a rectificar la estrategia planteada mediante un proceso iterativo donde se mejore continuamente. (BIM FORUM COLOMBIA, 2021).

7. METODOLOGÍA

7.1 TIPO DE METODOLOGIA

La metodología implementada en la presente investigación es de tipo cualitativa. Esta metodología se encarga de la recopilación de datos e información en distintas fuentes de consulta. Según QuestionPro (2022) “Los datos cualitativos son información abierta que el investigador suele recopilar mediante entrevistas, grupos de discusión y observaciones. El análisis de los datos cualitativos (palabras, textos o comportamientos) suele consistir en separarlos por categorías para conocer la diversidad de ideas reunidas durante la recopilación de datos”.

Teniendo en cuenta lo anterior, esta investigación aplica la metodología cualitativa, ya que busca, recolectar y analizar información de acuerdo con los objetivos planteados de los beneficios tras la metodología BIM y las mejoras procedentes a este, que se han implementado en estudios anteriores.

7.2 INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

Para determinar cuáles son los beneficios de la implementación de la metodología BIM en el proceso constructivo de los proyectos, se implementará a una muestra determinada una encuesta, la cual es de metodología, pregunta cerrada y consta de 11 preguntas muy puntuales y concisas, que permiten obtener información precisa, para dar respuesta a los objetivos del presente proyecto.

La encuesta consta de 2 componentes principales, las primeras preguntas se dirigen con la función de conocer el momento actual del sector constructivo, después se indaga según la

experiencia de las empresas por elementos representativos para la investigación, el anexo 1 muestra las 11 preguntas realizadas a las empresas, con la intención de conocer a profundidad todos los aspectos relevantes algunas de las preguntas se realizaron con opción de respuesta múltiple debido a que se quiere conocer un panorama general de las empresas.

7.3 MUESTRA SELECCIONADA

La muestra se seleccionó teniendo en cuenta que la investigación es de tipo cualitativa, por tal razón no será estadísticamente representativa sobre una población o universo, corresponde a un tipo de muestra por conveniencia, es decir se aprovecharán aquellas empresas que voluntariamente quieran participar en el presente proyecto de investigación. La selección de la muestra se desarrolla de esta forma ya que es difícil que cualquier compañía se preste para brindar información relevante en el sector o responder una encuesta investigativa, al final de este proceso de selección se contó con 10 empresas voluntarias, corresponden a aquellas empresas que han implementado la tecnología BIM en sus proyectos de construcción, la búsqueda de estas empresas se realizó teniendo en cuenta el mercado actual en el sector de la construcción, la Tabla 3 nos da a conocer el campo de acción y la experiencia de las empresas.

7.4 APLICACIÓN DE LA ENCUESTA

La aplicación de la encuesta se realizó por medio del aplicativo Google Forms, en el momento de selección de las empresas se realizó una consulta interna en cada una de las organizaciones con el fin de reconocer al grupo encargado de la Implementación del BIM, una vez se puso en contacto con este grupo se les realizó el envío de la encuesta para su diligenciamiento por medio de correo electrónico, en el cual se efectúa la mención del objetivo principal de la encuesta para su conocimiento.

Tabla 3. Muestra Empresas Constructoras

MUESTRA - EMPRESAS CONSTRUCTORAS		
Empresa	Objeto de la empresa	Experiencia
A	Diseño, comercialización y construcción de proyectos inmobiliarios	52 años
B	Compañía dedicada al desarrollo, gestión y diseño de espacios inmobiliarios. Comprometida con nuevas tecnologías de la industria de la construcción	40 Años
C	Construcción de viviendas de calidad para miles de familias colombianas.	39 Años
D	Construcción de edificios residenciales.	29 Años
E	Su objeto es la concepción, diseño, planeación, control, ejecución y comercialización de soluciones de vivienda o cualquier tipo de edificación u obra de infraestructura.	44 Años
F	Construcción proyectos de Vivienda de Interés Prioritario, Vivienda de Interés Social y NO VIS	30 Años
G	Compañía líder en el sector de la infraestructura y edificación. Con conocimientos técnicos, innovación y estructuras financieras de acuerdo con el tipo de negocio.	60 Años
H	Empresa de servicios de promoción, gerencia, venta y construcción de proyectos de vivienda.	29 Años
I	Esta constructora tiene como fin la implementación y desarrollo de procesos industrializados de diseño y construcción de proyectos de inversión, vivienda y oficinas, obras de infraestructura y ejecución de macroproyectos urbanísticos y comerciales.	65 Años
J	Empresa constructora en todo tipo de obra civil.	30 Años

Fuente: Elaboración propia (2022).

7.5 RESULTADOS DE LA ENCUESTA

El presente proyecto tiene como finalidad generar un análisis al BIM en empresas constructoras de Bogotá, esto se debe, principalmente, a que no se tiene una visión clara de la implementación del BIM, del mismo modo, no se cuenta con un análisis de los elementos, positivos y negativos, predominantes dentro de este proceso, se quiere determinar el nivel de implementación actual de BIM en el sector de la construcción, realizar una evaluación de los efectos, factores y problemáticas dentro de las empresas constructoras, con el uso del BIM; así como el impacto en los tiempos y costos, una vez implementado, a su vez, con esta evaluación, proponer mejoras al sector en el proceso de construcción para contribuir a la reducción de problemas, así como posibles soluciones a falencias en el sector.

Se evaluará en un primer componente, el momento actual en el sector constructivo, para esto es indispensable reconocer aspectos dentro de las empresas como lo son, el nivel de implementación, la perspectiva de su uso y sus dimensiones en práctica; una vez se tiene esto se sigue a un segundo componente, en este punto se valorarán, los elementos positivos y negativos que se evidencian en la implementación del BIM, en este caso se toma como base el criterio de cada una de las empresas así como su experiencia en el sector; del mismo modo, se valora el beneficio final de las empresas en los tiempos y costos de los proyectos.

En el presente proyecto se realizó una encuesta a empresas constructoras de la ciudad de Bogotá, las cuales han implementado BIM en sus proyectos de construcción, como se mencionó la encuesta evalúa 2 componentes principales, a continuación, en la Tabla 4 se muestra una correlación, entre los objetivos del proyecto y las preguntas realizadas.

Tabla 4. Relación Preguntas Encuesta - Objetivos

RELACIÓN DE PREGUNTAS - OBJETIVOS		
Objetivo general	Analizar el nivel de implementación de modelación de la información de la construcción (BIM) en empresas constructoras de Bogotá.	
Objetivos Específicos	Preguntas No	Preguntas
Determinar el nivel de implementación actual de BIM en el sector de la construcción en Bogotá.	1, 2 y 3	<p>1. ¿Qué nivel de implementación BIM considera que tiene su empresa en el desarrollo de proyectos?.</p> <p>2. Durante la implementación del BIM en su empresa, de acuerdo con la siguiente escala, cómo considera su uso:</p> <p>3. De las 7 dimensiones del modelo de desarrollo de proyectos BIM cuales ha realizado.</p> <p>4. Con respecto a su experiencia ¿Cuáles considera que son las ventajas más importantes en la implementación del modelo BIM?</p>
Evaluar efectos, factores y problemáticas dentro de las empresas constructoras, con el uso del BIM; así como los tiempos y costos, una vez implementado.	4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10	<p>5. Con base en la experiencia ¿Cuáles considera que son los beneficios que ha obtenido la empresa a partir de la utilización del BIM?</p> <p>6. ¿Qué porcentaje de reducción de tiempos se podría evidenciar al momento de la finalización de un proyecto desarrollado con BIM?</p>
Proponer acciones a partir de la evaluación de efectos, factores y problemáticas dentro de las empresas constructoras, con el uso del BIM.	9, 10 y 11	<p>7. ¿Qué porcentaje de reducción de costos se podría evidenciar al momento de la finalización de un proyecto desarrollado con BIM?</p> <p>8. De las siguientes características del modelo BIM ¿Cuál considera que es la mejor para reducir los tiempos y costos del proyecto?</p> <p>9. ¿Qué factores externos a los proyectos considera que tienen un impacto negativo en la implementación del BIM?</p> <p>10. ¿Qué efectos negativos considera que tuvo la empresa con la implementación del BIM?</p> <p>11. ¿Qué problemáticas encuentra para la implementación del modelo BIM en su empresa?</p>

Fuente: Elaboración propia (2022).

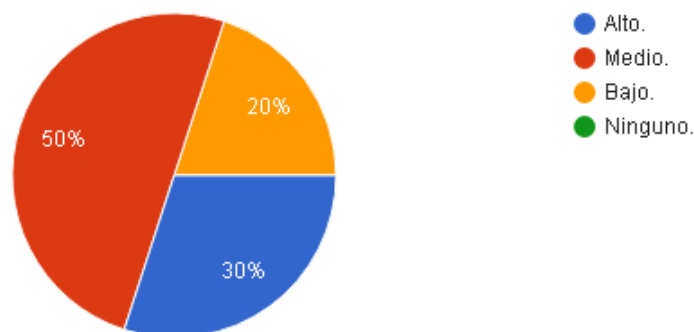
Una vez realizada la encuesta se obtuvieron un total de 10 respuestas, mediante un análisis general de cada una de ellas, se generaron diferentes tipos de resultados: a continuación, se va a realizar inicialmente un análisis unitario para después correlacionar los datos importantes y generar una proyección más asertiva de los mismos.

- Pregunta 1: ¿Qué nivel de implementación BIM considera que tiene su empresa en el desarrollo de proyectos?

Figura 7. Pregunta 1 Encuesta

1. ¿Qué nivel de implementación BIM considera que tiene su empresa en el desarrollo de proyectos?.

10 respuestas



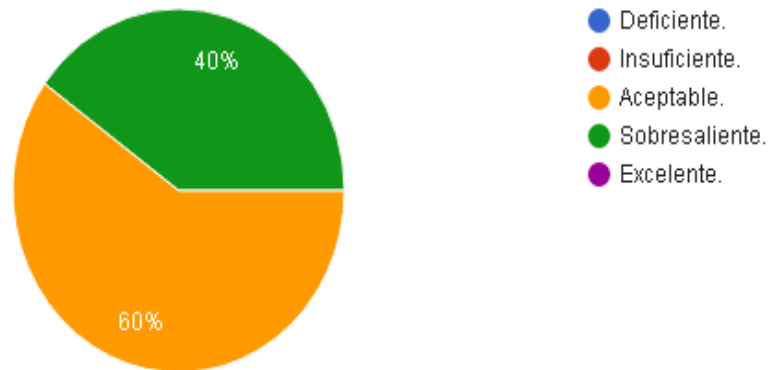
El nivel de implementación se analizó en cuatro (4) factores principales (Alto, Medio, Bajo y ninguno), de las respuestas se puede observar que el 50% de los encuestados dice tener un nivel medio de la implementación, el 30% un nivel alto y solo un 20% un nivel bajo, el BIM contempla diferentes aspectos dentro de una empresa, al tratarse de un proceso a largo plazo la mayoría de empresas que no tienen tanta trayectoria en sector se sitúa en el nivel medio y solo un 30% se sitúa en un nivel alto, las empresas con nivel bajo muestran que el proceso de implementación del BIM se está promoviendo como algo innovador.

- Pregunta 2: Durante la implementación del BIM en su empresa, de acuerdo a la siguiente escala, cómo considera su uso:

Figura 8. Pregunta 2 Encuesta

2. Durante la implementación del BIM en su empresa, de acuerdo a la siguiente escala, como considera su uso:

10 respuestas



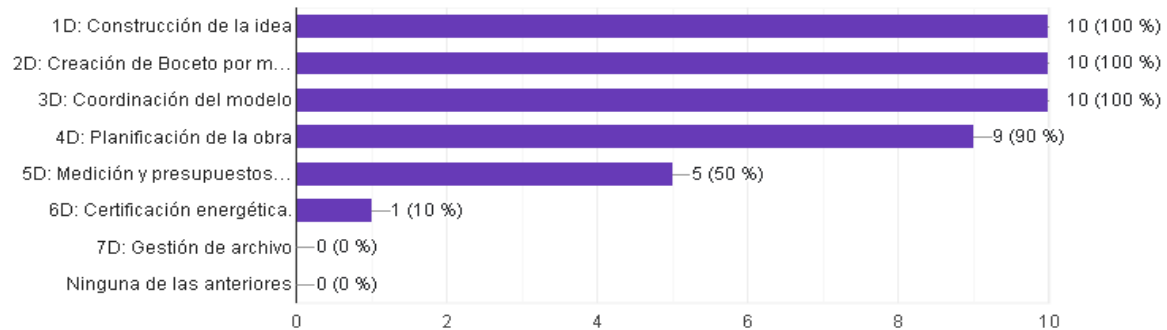
El uso del BIM en las empresas se estudió en una escala entre deficiente y excelente, de acuerdo con las respuestas se obtuvo una clara predominancia hacia las respuestas Aceptable con un 60% y Sobresaliente con un 40%, puede ser a causa de que , en el proceso de implementación del BIM, se puede tener un buen control de su avance, de este modo, el uso se puede desarrollar de acuerdo con planificaciones existentes.

- Pregunta 3: De las 7 dimensiones del modelo de desarrollo de proyectos BIM cuales ha realizado. Colocar nombre de la dimensión

Figura 9. Pregunta 3 Encuesta

3. De las 7 dimensiones del modelo de desarrollo de proyectos BIM cuales ha realizado.

10 respuestas



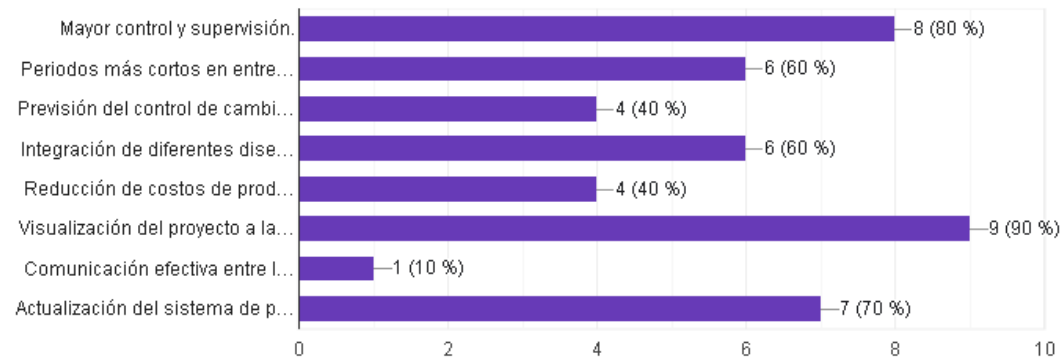
El BIM posee 7 dimensiones, según las respuestas, las 3 primeras dimensiones (1D – Idea, 2D – Boceto, 3D – Coordinación) el 100% de las empresas las están realizando, la cuarta dimensión (4D – Planificación de obra) solamente un 90%, la quinta dimensión (5D – Medición y Presupuesto de obra) un 50% y la sexta dimensión (6D – Certificación energética) solo un 10% , esto nos muestra un panorama más visible del momento actual del BIM en el sector, dándonos a conocer que las empresas están en un avance hacia la quinta dimensión.

- **Pregunta 4: Con respecto a su experiencia ¿Cuáles considera que son las ventajas más importantes en la implementación del modelo BIM?**

Figura 10. Pregunta 4 Encuesta

4. Con respecto a su experiencia ¿Cuáles considera que son las ventajas más importantes en la implementación del modelo BIM?

10 respuestas



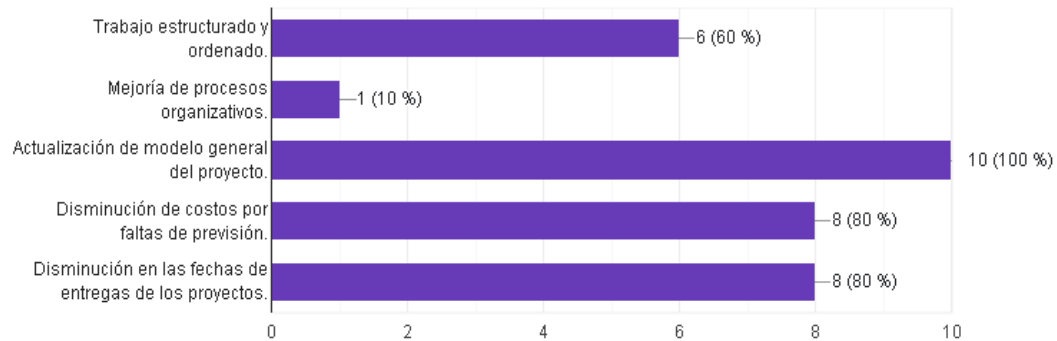
El BIM en su proceso de implementación genera diferentes ventajas a las empresas, según la experiencia de ellas, el 90% muestra que la visualización del proyecto a largo plazo es una de ellas, el 80 % el mayor control y supervisión, seguido de un 70% con la actualización del sistema de planeación, a su vez el 60% dice que una de ellas son los periodos más cortos en entrega y también la integración de diferentes diseños, por último el 40% menciona la previsión del control de cambios y la reducción de costos de producción, solo un 10% menciona la comunicación efectiva entre los interesados del proyecto.

- Pregunta 5: Con base en la experiencia ¿Cuáles considera que son los beneficios que ha obtenido la empresa a partir de la utilización del BIM?

Figura 11. Pregunta 5 Encuesta

5. Con base en la experiencia ¿Cuáles considera que son los beneficios que ha obtenido la empresa a partir de la utilización del BIM?

10 respuestas



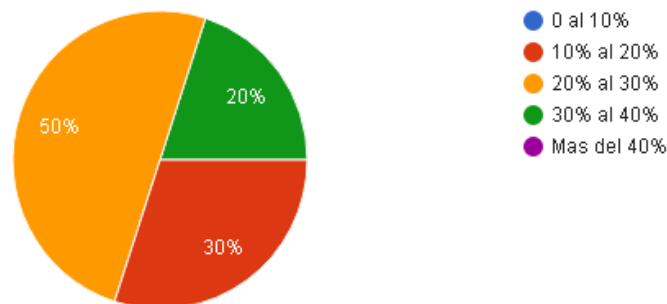
Durante la implementación del BIM se obtienen diferentes beneficios, el 100% de las empresas dice que uno de ellos es la actualización del modelo general del proyecto, un 80% la disminución de costos por faltas de previsión y del mismo modo la disminución en las fechas de entregas de los proyectos, sumado a esto un 60% menciona que uno de los beneficios es el trabajo estructurado y ordenado y solo el 10% la mejoría de procesos organizativos.

- Pregunta 6 : ¿Qué porcentaje de reducción de tiempos se podría evidenciar al momento de la finalización de un proyecto desarrollado con BIM?

Figura 12. Pregunta 6 Encuesta

6. ¿Qué porcentaje de reducción de tiempos se podría evidenciar al momento de la finalización de un proyecto desarrollado con BIM?

10 respuestas



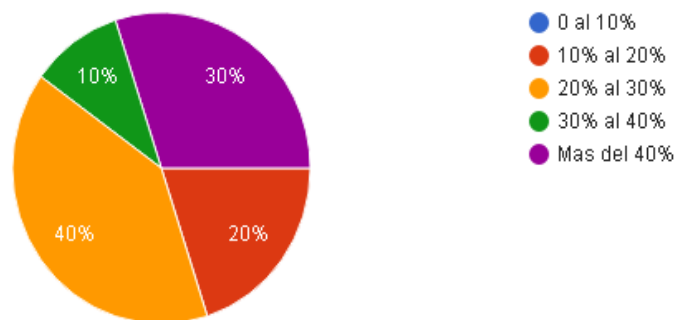
La reducción de los tiempos es un punto vital a evaluar dado que un buen manejo conlleva una mejoría significativa en el proyecto, según los datos recolectados, el 50% de las empresas menciona que su reducción al momento final del proyecto estuvo entre el 20% y el 30%, un 30% entre el 10% y el 20% y solo un 20% entre el 30% y 40%, la previsión del tiempo en el ciclo de vida del proyecto es de gran impacto en los costos del mismo, tener a una buena parte de las empresas en un mismo porcentaje puede demostrar una tendencia de aprovechamiento del BIM.

- Pregunta 7: ¿Qué porcentaje de reducción de costos se podría evidenciar al momento de la finalización de un proyecto desarrollado con BIM?

Figura 13. Pregunta 7 Encuesta

7. ¿Qué porcentaje de reducción de costos se podría evidenciar al momento de la finalización de un proyecto desarrollado con BIM?

10 respuestas



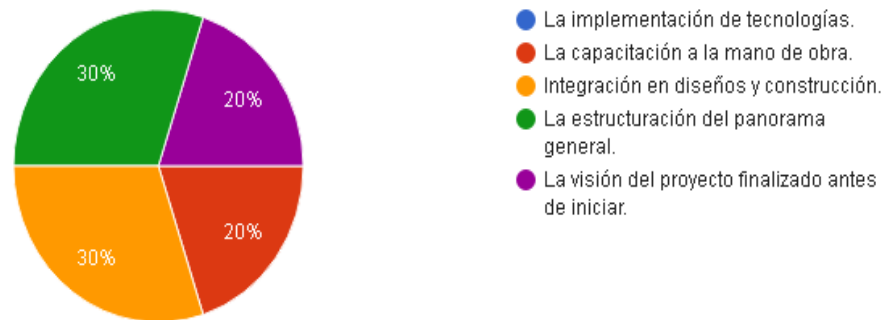
Los costos al igual que los tiempos son importantes en los proyectos, estos se ven influenciados directamente en la programación dado a que teniendo en cuenta los tiempos se hace una proyección asertiva de los costos, como se observó el BIM tiene un porcentaje importante de reducción de tiempos, respecto a los costos los datos muestran que un 40% de ellas evidencia una reducción de los costos de un 20% a un 30%, el 30% de más del 40%, un 20% del 10% al 20% de reducción y solo un 10% entre el 30% y el 40%, esto nos muestra que existen una pequeña tendencia a que si se tiene una reducción aceptable de los tiempos, los costos van tener un porcentaje mayor de reducción.

- Preguntas 8: De las siguientes características del modelo BIM ¿Cuál considera que es la mejor para reducir los tiempos y costos del proyecto?

Figura 14. Pregunta 8 Encuesta

8. De las siguientes características del modelo BIM ¿Cuál considera que es la mejor para reducir los tiempos y costos del proyecto?

10 respuestas



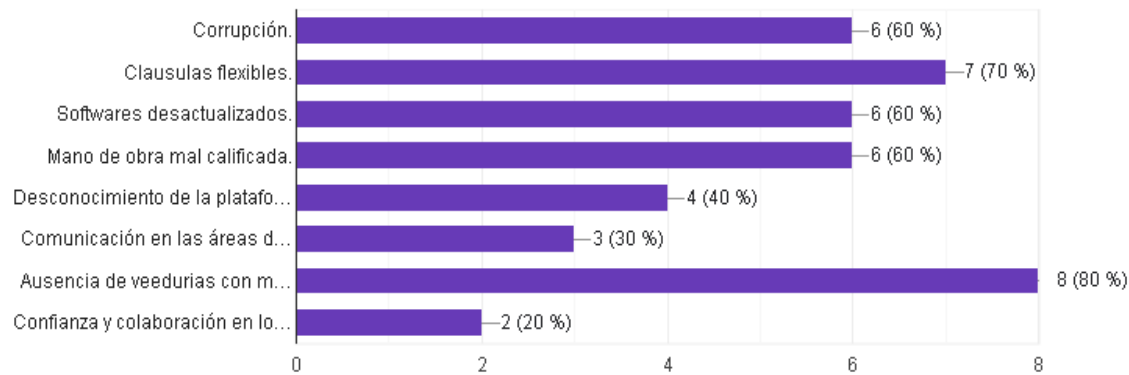
Una vez analizados los tiempos y costos por aparte, ahora se cuestiona cual de todas las características principales del BIM ayuda de forma general a estos dos aspectos en el proyecto, el 30% de las empresas muestra que la estructuración del panorama general y en el mismo porcentaje la integración de diseños y construcción ayudan a esto, en menor medida con el 20% la capacitación a la mano de obra y la visión del proyecto finalizado antes de iniciar.

- Preguntas 9: ¿Qué factores externos a los proyectos considera que tienen un impacto negativo en la implementación del BIM?

Figura 15. Pregunta 9 Encuesta

9. ¿Qué factores externos a los proyectos considera que tienen un impacto negativo en la implementación del BIM?

10 respuestas



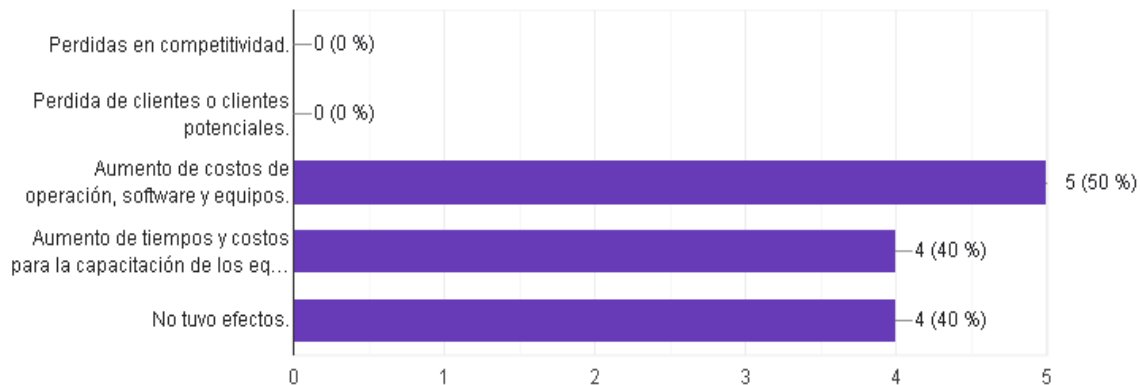
El BIM al ser una metodología nueva puede presentar falencias en su implementación, como pueden ser elementos externos del sector, el 80% mira que la ausencia de veedurías con más constancia es una de ellas, el 70 % que las cláusulas flexibles, el 60% que la corrupción, los software desactualizados y la mano de obra mal calificada, en menor media con un 40% el desconocimiento de la plataforma, con un 30% la comunicación en las áreas del proyecto y con un 20% la confianza y colaboración en los equipos de trabajo.

- Pregunta 10: ¿Qué efectos negativos considera que tuvo la empresa con la implementación del BIM?

Figura 16. Pregunta 10 Encuesta

10. ¿Qué efectos negativos considera que tuvo la empresa con la implementación del BIM?

10 respuestas



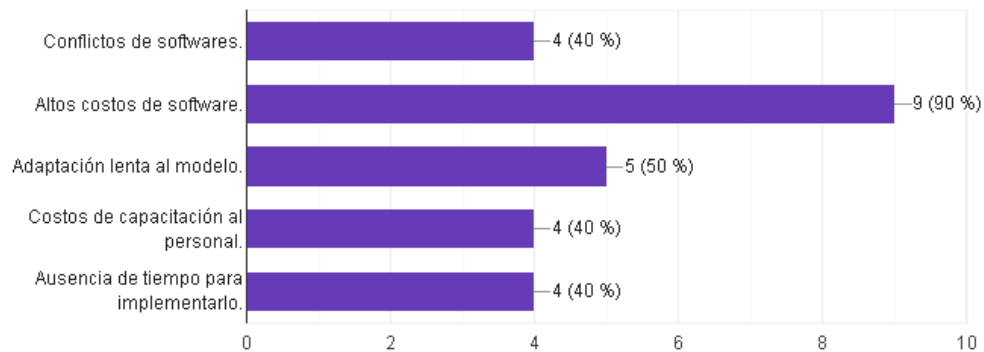
La implementación de BIM en las empresas es un reto de la actualidad, con el avance en este proceso se pueden tener efectos negativos que solo se evidencian con su uso, el 40% de las empresas dice que no se tuvo ningún efecto, mientras que otro 40% menciona que el aumento de tiempos y costos para la capacitación de los equipos trabajo y un 50% el aumento de costos de operación, software y equipos, en ningún caso las empresas muestran una pérdida en la conectividad, ni una pérdida de clientes existentes o posibles clientes.

- Preguntas 11: ¿Qué problemáticas encuentra para la implementación del modelo BIM en su empresa?

Figura 17. Pregunta 11 Encuesta

11. ¿Qué problemáticas encuentra para la implementación del modelo BIM en su empresa?

10 respuestas



La implementación del BIM es un proceso a largo plazo, en su desarrollo se pueden tener diferentes problemas, el 90% de las empresas menciona que los altos costos de softwares es uno de ellos, el 50% la adaptación lenta al modelo y el 40% los conflictos de softwares, los costos de capacitación al personal y la ausencia de tiempo para implementarlo

8. RESULTADOS OBTENIDOS

Teniendo en cuenta el análisis realizado a las respuestas de las preguntas de la encuesta de forma unitaria, se va a generar un análisis general, en este se va a indagar sobre las relaciones existentes entre las preguntas; como se dijo anteriormente la encuesta se subdivide en 2 componentes.

Del primer componente se puede apreciar que el 80% de las empresas tiene un nivel de implementación entre medio y alto, esto es muy importante para el sector ya que se evidencia un alto nivel de implementación del BIM, del mismo modo el 20% restante que dice tener un nivel bajo, esto da a conocer que el sector se encuentra en el proceso de transición al BIM.

Las empresas muestran que su uso se sitúa entre sobresaliente y aceptable. Las empresas con un nivel alto optaron por decir que su uso era sobresaliente, mientras que las empresas con un nivel medio y bajo se inclinaron por decir que su uso era aceptable, el proceso de implementación al ser a largo plazo genera que se esté en un constante avance del mismo, de esta forma las empresas se están actualizando, se evidencia que la mayoría de ellas ya se encuentra en el avance a la quinta dimensión del BIM denominada (5D – Medición y Presupuesto de obra), el 50% de ellas ya plantea que se está ejecutando y muestra que su avance ahora se está desarrollando a la sexta dimensión (6D – Certificación energética), según la información solamente un 10% ya se encuentra en la implementación de esta dimensión, con esto se concluye el primer componente de la encuesta el cual muestra el estado actual del sector.

Como segundo componente de la encuesta se plantea evaluar los elementos positivos y negativos de la implementación. El BIM en su proceso de implementación genera diferentes ventajas a las empresas, según la experiencia de las empresas, se puede observar como las más relevantes son la visualización del proyecto a largo plazo, un mayor control y supervisión y la actualización del sistema de planeación y trabajo con la versión definitiva del proyecto, estas ventajas son unas de las principales funciones del BIM, poder plantear de forma organizada el proyecto desde un inicio y tener herramientas para solucionar los posibles problemas en la ejecución, se evidencian las siguientes ventajas: periodos más cortos en entrega e integración de diferentes diseños, estas dos ventajas están relacionadas ya que al tener una integración de las diferentes áreas del proyecto se pueden observar inconsistencias futuras y de este modo intervenir posibles problemas en los retrasos de tiempos, después de esto se demuestra que del mismo modo el BIM tiene como ventajas la previsión del control de cambios y la reducción de costos de producción, a estos factores se les puede prestar atención al momento de tener construcciones con modelos repetitivos, ya que la realización de cualquier cambio se tiene que replicar y de esta forma su impacto es más significativo.

Durante la implementación del BIM se obtienen diferentes beneficios, el más notorio para las empresas es una correcta actualización del modelo general del proyecto, se tiene certeza de esto debido a que uno de los puntos favorables del BIM es poder tener una integración de las áreas implicadas y obtener un mejor proceso de diseño, del mismo modo, se observa que se tiene una disminución en los tiempos de entrega y en los costos asociados del proyecto, estos dos

componentes son el principal aporte del BIM, una correcta planificación en los tiempos con una guía más real de la vida del proyecto, genera la disminución de los costos y su proyección total, en menor medida se obtiene un beneficio en la realización del proceso, mostrando una estructuración y un orden en el ciclo de vida de los proyectos.

El BIM en su organización tiene un punto vital en la reducción de tiempos y costos, las empresas muestran que en los tiempos se genera una reducción entre el 10% y el 40%, las empresas de nivel alto tienden a incrementar este rango pasando a un 20% como valor mínimo, el nivel medio y bajo que es donde se muestra gran cantidad de empresas si mantiene este rango estable, respecto a los costos se genera un aumento en el rango estudiado, se mantiene el punto base con un 10% de reducción pero este también se aumenta hasta más del 40% de reducción, este aumento se obtiene debido a que con una reducción notable de los tiempos los costos se relacionan de una forma más acentuada ya que su impacto es exponencial, en este punto no se obtiene ninguna tendencia marcada, debido a que los costos también tienen elementos externos.

Una vez analizados los tiempos y costos por aparte, ahora se cuestiona cual de todas las características principales del BIM ayuda de forma general a los dos aspectos en el proyecto, las empresas muestran que las dos mejores características son la estructuración del panorama general y del mismo modo la integración en diseños y construcción, estos elementos tienen un impacto directo en estas áreas, ya que al revisar el proyecto de una forma general se pueden observar las dificultades con una previsión óptima, también el integrar los diseños y la construcción ayuda a que en el avance del proceso no se encuentren inconsistencias o problemas críticos, estos dos factores tienden a generar un aumento en los tiempos y costos del proyecto.

Las características como la capacitación a la mano de obra y la visión del proyecto finalizado antes de iniciar son las siguientes en la elección de las empresas, los proyectos deben tener una buena selección del personal, este debe comprender el alcance del BIM y la afectación directa de sus acciones en el proyecto, la visión del proyecto finalizado en todos los proyectos no se puede lograr debido a que estos van a tener modificaciones en su proceso constructivo, si se llega a tener esta visión, se pueden observar factores de relevancia en la planificación del mismo y así su actualización multidisciplinar genera una reducción de los tiempos y costos.

El BIM al ser una metodología nueva puede presentar falencias en su implementación, como pueden ser elementos externos del sector, teniendo en cuenta las respuestas de las empresas el aspecto más relevante es la ausencia de veedurías con más constancia y las cláusulas flexibles, estos dos factores tienen una correlación directa dado a que si no se desarrolló un proceso óptimo de revisión no se conoce el avance del proyecto y de esta forma se incurren en aplazamientos en el proceso, los siguientes factores relevantes son, la corrupción, la mano de obra mal calificada y los software desactualizados, todos estos elementos son muy notorios en el sector, tienen una relación, debido a que cuando se genera la corrupción esta desvía los recursos del sector y no se cuenta con los capitales óptimos para la ejecución del proyecto, esto conlleva a que no se cuente con la actualización deseables en los softwares y de la misma manera en la contratación no se opte por el personal adecuado, seguido a estos factores se contemplan el desconocimiento de la plataforma, la comunicación en las áreas del proyecto y la confianza en los equipos de trabajo, BIM al ser una metodología de integración requiere una estructura organizacional y las empresas en muchos casos no pueden generar el resultado esperado en este proceso, por este motivo se crea el impacto negativo en la implementación.

La implementación de BIM en las empresas es un reto de la actualidad, con el avance en este proceso se pueden tener efectos que solo se evidencian con su uso, para algunas empresas no tuvo un efecto claro la implementación, del mismo modo los más relevantes son el aumento de costos de operación, software y equipos, y en menor medida el aumento de tiempos y costos para la capacitación de los equipos de trabajo, estos efectos se van a desarrollar en el momento inicial del proceso, pero a medida que la implementación avanza también se pueden evidenciar, estos aumentos se deben planear dentro de las empresas.

La implementación del BIM es un proceso a largo plazo, en su desarrollo se pueden tener diferentes problemas, el principal son los altos costos de software, las empresas incurren en esto dado que los programas son actualizados, del mismo modo se crean los conflictos del software en el proceso, porque no todas las empresas pueden hacer su implementación de forma completa, la adaptación lenta al modelo también tiene una consecuencia en las empresas, la metodología muestra que se debe realizar de forma planificada, las empresas muchas veces desean acortar los tiempos y se trazan este objetivo para cumplir el proceso de implementación, lo que lleva a que en su desarrollo se intensifique la ausencia del tiempo.

9. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la encuesta se identifica que la implementación del BIM en las empresas constructoras de Bogotá se encuentra en un proceso de transición, este proceso se desarrolla hacia las dimensiones de medición y presupuesto de obra (5D) y certificación energética (6D), un punto trascendente para las empresas es la reducción de tiempos y costos, la gran mayoría muestra que el impacto de BIM es de gran relevancia, la integración de las diferentes áreas del proyecto pueden mostrar inconsistencias futuras y en este sentido se tiene una prevención e intervención de los posibles problemas, con ayuda de BIM los tiempos de entrega y los costos tienen una disminución debido a la integración de las áreas implicadas y una mejoría en el proceso de diseño, al momento de la integración de diseños y construcción se tiene una previsión de las inconsistencias y problemas críticos.

El sector de la construcción muestra que el nivel de implementación de BIM se desarrolla de forma aceptable, al tener diferentes tipos de empresas muchas de ellas con experiencia exponen que el proceso se desarrolla a largo plazo, con esto, aunque se encuentren niveles bajos de implementación esto se podrían denominar de avance en el sector, a medida que se tienen factores de éxito se crean derivaciones verdaderas.

La implementación de BIM en las empresas trae factores de importancia a las empresas, entre ellos se muestra una visualización a largo plazo con un mayor control y supervisión de los proyectos, a su vez se crea una actualización de los sistemas de planeación y trabajo para plantear los proyectos de forma ordenada con niveles de contingencia ante problemas de ejecución. La metodología presenta falencias en el sector, las más recurrentes son la ausencia de veedurías con más constancia y la cláusulas flexibles, lo que lleva a no tener un proceso óptimo de revisión de indicadores o parámetros de interés, la ejecución de los proyectos se afecta de manera directa por la falta de recursos los cuales se desvían en el sector, el no tener un plan de integración hacia la metodología donde se tenga una estructura organizacional provoca un impacto negativo en la implementación causando retrasos en los resultados y procesos.

La capacitación de los equipos de trabajo y los altos costos de software se pueden desarrollar de una manera progresiva, el BIM se debe desarrollar con planeación sin olvidar que es un proceso de largo plazo, con esto la adaptación se realiza progresivamente, las empresas muchas veces tienden a acortar tiempos y trazar objetivos esperanzadores en el proceso de implementación lo que lleva a que su desarrollo no sea el adecuado, se debe planear una ruta de implementación, seguir los lineamientos nacionales es de gran relevancia para el proceso.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Casas Rivera, G. A., & Giraldo Gómez, H. (2014). Método de priorización para la identificación de los parámetros determinantes que generan los cambios de gran magnitud en los proyectos de construcción : A prioritisation technique to identify key parameters that generate large changes in construction projects. *Dearq*, (. 14), 224.
- Casas Rivera, G. A., & Giraldo Gómez, H. (2014). Método de priorización para la identificación de los parámetros determinantes que generan los cambios de gran magnitud en los proyectos de construcción : A prioritisation technique to identify key parameters that generate large changes in construction projects. *Dearq*, (. 14), 224.
- Besne, A., Fonseca, D., & Navarro, I. (2020). Why Building Information Modelling and why now : Literacy study of BIM implementation in architecture. 2020 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Information Systems and Technologies (CISTI), 2020 15th Iberian Conference On, , 1.
- Díaz Consuegra, L. A. (2019). Modelación de la Información de la Construcción (BIM) y el ciclo de vida del proyecto de construcción.
- EDISMA. (2020). Ventajas y desventajas de trabajar con BIM. Recuperado de: <https://esdimas.com/ventajas-del-bim/>
- Editeca. (2022). Tres grandes casos de éxito recientes con BIM en empresas españolas. Recuperado de: <https://editeca.com/casos-de-exito-con-metodologia-bim/>
- Forcael, E., Martínez-Rocamora, A., Sepúlveda-Morales, J., García-Alvarado, R., Nope-Bernal, A., & Leighton, F. (2020). Behavior and performance of bim users in a collaborative work environment. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(6)
- Gerrish, T., Ruikar, K., Cook, M., Johnson, M., Phillip, M., & Lowry, C. (2017). BIM application to building energy performance visualisation and management: Challenges and potential. *Energy and Buildings*, 144, 218-228. <https://doi.org/https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.enbuild.2017.03.032>
- Retain. (2022). Problemas en la aplicación práctica de BIM. Recuperado de: <https://retaintechnologies.com/problemas-en-la-aplicacion-practica-de-bim/>
- Soust-Verdaguer, B., Bernardino Galeana, I., Llatas, C., Montes, M. V., Hoxha, E., & Passer, A. (2022). How to conduct consistent environmental, economic, and social assessment during the building design process. A BIM-based Life Cycle Sustainability Assessment method. *Journal of Building Engineering*, 45, 103516. <https://doi.org/https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.job.2021.103516>

- Salazar Trillos, A. J. (2019). Incorporación de tecnologías emergentes bajo el concepto de la filosofía lean para innovar en proyectos de construcción.
- van Eldik, M. A., Vahdatikhaki, F., dos Santos, João Miguel Oliveira, Visser, M., & Doree, A. (2020). BIM-based environmental impact assessment for infrastructure design projects. *Automation in Construction*, 120, 103379. <https://doi.org/https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.autcon.2020.103379>
- Gámez, F. C., Severino, M. J. S., & Márquez, R. J. G. (2014). Introducción a la metodología BIM. *Spanish Journal of Building Information Modelling*, 4-10.
- Nawari, N. O. (2012). BIM standard in off-site construction. *Journal of Architectural Engineering*, 18(2), 107-113.
- Ghio Castillo, V. A. (1995). Innovación tecnológica en la construcción ahora es cuando.
- Cerón Cuevas, I. A. & Liévano-Ramos, D. A. (2017). Plan de implementación de metodología BIM en el ciclo de vida en un proyecto. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Especialización en Gerencia de Obras. Bogotá, Colombia
- Derry, T. K., & Williams, T. I. (1990). *Historia de la tecnología (Vol. 4). Siglo XXI de España Editores.*
- Boisier, S. (1973). Industrialización, urbanización, polarización: hacia un enfoque unificado. *El Trimestre Económico*, 40(157 (1), 19-61.
- Huergo, J. (2003). Los procesos de gestión. Material de lectura para los cursos de “Comunicación en las organizaciones públicas”. Provincia de Bs. As.: IPAP, 2004.
- Besne, A., Fonseca, D., & Navarro, I. (2020). Why Building Information Modelling and why now : Literacy study of BIM implementation in architecture. 2020 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Information Systems and Technologies (CISTI), 2020 15th Iberian Conference On, , 1.
- Casas Rivera, G. A., & Giraldo Gómez, H. (2014). Método de priorización para la identificación de los parámetros determinantes que generan los cambios de gran magnitud en los proyectos de construcción : A prioritisation technique to identify key parameters that generate large changes in construction projects. *Dearq*, (. 14), 224.
- Clavijo Lozano, R. E. (2016). Realización de un OVA para la electiva conceptualización en modelación de la información en construcción BIM.

- Díaz Consuegra, L. A. (2019). Modelación de la Información de la Construcción (BIM) y el ciclo de vida del proyecto de construcción.
- Forcael, E., Martínez-Rocamora, A., Sepúlveda-Morales, J., García-Alvarado, R., Nope-Bernal, A., & Leighton, F. (2020). Behavior and performance of bim users in a collaborative work environment. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(6)
- Gerrish, T., Ruikar, K., Cook, M., Johnson, M., Phillip, M., & Lowry, C. (2017). BIM application to building energy performance visualisation and management: Challenges and potential. *Energy and Buildings*, 144, 218-228. <https://doi.org/https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.enbuild.2017.03.032>
- Heaton, J., Parlikad, A. K., & Schooling, J. (2019). Design and development of BIM models to support operations and maintenance. *Computers in Industry*, 111, 172-186. <https://doi.org/https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.compind.2019.08.001>
- Hernández, Y. L. (2021). Elaboración protocolo BIM para inicio de una construcción vertical en Colombia.
- Identificación de factores que generan diferencias de tiempo y costos en proyectos de construcción en Colombia : Identifying Factors Causing Delays and Cost Overruns in Construction Projects in Colombia. (2018). *Ingeniería Y Ciencia*, 14(. 27), 117.
- Jobim, C., Gonzalez Stumpf, M., Edelweiss, R., & Kern, A. (2017). Analysis of the implementation of BIM technology in project and building firms in 2015 in a Brazilian city. *Revista Ingenieria De Construccion*, 32(3), 185.
- M. Esther Gómez-Martín, Ester Gimenez-Carbo, Ignacio Andrés-Doménech, & Eugenio Pellicer. (2021). Boosting the sustainable development goals in a civil engineering bachelor degree program. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 22(8), 125.
- Migilinskas, D., Popov, V., Juocevicius, V., & Ustinovichius, L. (2013). The Benefits, Obstacles and Problems of Practical Bim Implementation. *Procedia Engineering*, 57, 767-774. <https://doi.org/https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.proeng.2013.04.097>
- Muñoz-La Rivera, F., Vielma, J. C., Herrera, R. F., & Carvallo, J. (2019). Methodology for Building Information Modeling (BIM) Implementation in Structural Engineering Companies (SECs). *Advances in Civil Engineering*, , 1.
- Pellerin, R., & Perrier, N. (2019). A review of methods, techniques and tools for project planning and control. *International Journal of Production Research*, 57(7), 2160.
- Pinzon Rinxon, J. L., & Remolina Millán, A. (2017). Evaluación de herramientas para la gerencia de proyectos de construcción basados en los principios del PMI y la experiencia/Evaluation of tools for construction projects management based on PMI fundamentals and experience : Evaluation of tools for construction projects management based on PMI fundamentals and experience. *Prospectiva*, 15(. 2), 51.

- Planificación de recursos humanos a partir de la simulación del proceso constructivo en modelos BIM 5D : Planejamento de recursos humanos a partir da simulação do processo construtivo em modelos BIM 5D = Planning of human resources from the simulation of the construction process in BIM 5D models. (2018). *Entramado*, 14(1), 252.
- Porras Díaz, H., Sánchez Rivera, O. G., & Galvis Guerra, J. A. (2015). Metodología para la elaboración de modelos del proceso constructivo 5d con tecnologías “building information modeling”. *Gerencia Tecnológica Informática*, 14(38), 3.
- Propuesta de herramienta para la integración de BIM a la toma decisiones financieras en proyectos de construcción : Proposal of a Tool for Integrating BIM and Financial Decisions in Construction Projects. (2019). *Ingeniería Y Ciencia*, 15(29), 75.
- Salazar Trillos, A. J. (2019). Incorporación de tecnologías emergentes bajo el concepto de la filosofía lean para innovar en proyectos de construcción.
- Sanchez, B., Rausch, C., Haas, C., & Hartmann, T. (2021). A framework for BIM-based disassembly models to support reuse of building components. *Resources, Conservation & Recycling*, 175
- Sánchez-Barroso, G., González-Domínguez, J., García-Sanz-Calcedo, J., & Zamora-Polo, F. (2020). Analysis of learning motivation in industrial engineering teaching in university of extremadura (Spain). *Sustainability (Switzerland)*, 12(12)
- Soust-Verdaguer, B., Bernardino Galeana, I., Llatas, C., Montes, M. V., Hoxha, E., & Passer, A. (2022). How to conduct consistent environmental, economic, and social assessment during the building design process. A BIM-based Life Cycle Sustainability Assessment method. *Journal of Building Engineering*, 45, 103516. <https://doi.org/https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.jobe.2021.103516>
- Tomek, A., & Matějka, P. (2014). The Impact of BIM on Risk Management as an Argument for its Implementation in a Construction Company. *Procedia Engineering*, 85, 501-509. <https://doi.org/https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.proeng.2014.10.577>
- Yunhua Zhang, & Fanchao Meng. (2017). Research on Optimization Technology and Application of BIM in Building Optimization. *Revista De La Facultad De Ingenieria*, 32(6), 233.
- Zamora-Polo, F., Sánchez-Cortés, M. M., Reyes-Rodríguez, A. M., & Sanz-Calcedo, J. G. (2019). Developing project managers' transversal competences using building information modeling. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(19)

ANEXOS

ANEXO 1 . ENCUESTA

1. ¿Qué nivel de implementación BIM considera que tiene su empresa en el desarrollo de proyectos? *

- ☐ Alto.
- ☐ Medio.
- ☐ Bajo.
- ☐ Ninguno.

2. Durante la implementación del BIM en su empresa, de acuerdo a la siguiente escala, como considera su uso: *

- ☐ Deficiente.
- ☐ Insuficiente.
- ☐ Aceptable.
- ☐ Sobresaliente.
- ☐ Excelente.

3. De las 7 dimensiones del modelo de desarrollo de proyectos BIM cuales ha realizado. *

- ☐ 1D: Construcción de la idea
- ☒ 2D: Creación de Boceto por medio de Softwares
- ☐ 3D: Coordinación del modelo
- ☐ 4D: Planificación de la obra
- ☐ 5D: Medición y presupuestos de la obra
- ☐ 6D: Certificación energética.
- ☐ 7D: Gestión de archivo
- ☐ Ninguna de las anteriores

4. Con respecto a su experiencia ¿Cuáles considera que son las ventajas más importantes en la implementación del modelo BIM? *

- ☐ Mayor control y supervisión.
- ☐ Periodos más cortos en entrega.
- ☐ Previsión del control de cambios.
- ☐ Integración de diferentes diseños.
- ☐ Reducción de costos de producción.
- ☐ Visualización del proyecto a largo plazo.
- ☐ Comunicación efectiva entre los interesados en el proyecto.
- ☐ Actualización del sistema de planeación y trabajo con la versión definitiva del proyecto.
- ☐ Otro: _____

5. Con base en la experiencia ¿Cuáles considera que son los beneficios que ha obtenido la empresa a partir de la utilización del BIM? *

- ☐ Trabajo estructurado y ordenado.
- ☐ Mejoría de procesos organizativos.
- ☐ Actualización de modelo general del proyecto.
- ☐ Disminución de costos por faltas de previsión.
- ☐ Disminución en las fechas de entregas de los proyectos.
- ☐ Otro: _____

6. ¿Qué porcentaje de reducción de tiempos se podría evidenciar al momento de la finalización de un proyecto desarrollado con BIM? *

- ☐ 0 al 10%
- ☐ 10% al 20%
- ☐ 20% al 30%
- ☐ 30% al 40%
- ☐ Mas del 40%

7. ¿Qué porcentaje de reducción de costos se podría evidenciar al momento de la finalización de un proyecto desarrollado con BIM? *

- ☐ 0 al 10%
- ☐ 10% al 20%
- ☐ 20% al 30%
- ☐ 30% al 40%
- ☐ Mas del 40%

8. De las siguientes características del modelo BIM ¿Cuál considera que es la mejor para reducir los tiempos y costos del proyecto? *

- ☐ La implementación de tecnologías.
- ☐ La capacitación a la mano de obra.
- ☐ Integración en diseños y construcción.
- ☐ La estructuración del panorama general.
- ☐ La visión del proyecto finalizado antes de iniciar.

9. ¿Qué factores externos a los proyectos considera que tienen un impacto negativo en la implementación del BIM? *

- ☐ Corrupción.
- ☐ Clausulas flexibles.
- ☐ Softwares desactualizados.
- ☐ Mano de obra mal calificada.
- ☐ Desconocimiento de la plataforma.
- ☐ Comunicación en las áreas del proyecto.
- ☐ Ausencia de veedurias con más constancia.
- ☐ Confianza y colaboración en los equipos de trabajo.
- ☐ Otro: _____

10. ¿Qué efectos negativos considera que tuvo la empresa con la implementación del BIM? *

- ☐ Perdidas en competitividad.
- ☐ Perdida de clientes o clientes potenciales.
- ☐ Aumento de costos de operación, software y equipos.
- ☐ Aumento de tiempos y costos para la capacitación de los equipos de trabajo.
- ☐ No tuvo efectos.
- ☐ Otro: _____

11. ¿Qué problemáticas encuentra para la implementación del modelo BIM en su empresa? *

- ☐ Conflictos de softwares.
- ☐ Altos costos de software.
- ☐ Adaptación lenta al modelo.
- ☐ Costos de capacitación al personal.
- ☐ Ausencia de tiempo para implementarlo.
- ☐ Otro: _____