

<b>Fecha de elaboración: 05.10.2021.mm.aaaa [del RAI]</b>			
<b>Tipo de documento</b>	TID:	Obra Creación:	Proyecto Investigación: X
<b>Título</b>	Impacto en los costos y tiempos de ejecución en el proceso de construcción de un edificio habitacional ubicado en la colina Campestre mediante la implementación de la metodología BIM		
<b>Autor(es)</b>	<b>Mónica Andrea Bautista Sánchez – Daniela Martínez Sarmiento – Osvaldo Enrique Sánchez Bolívar</b>		
<b>Tutor(es)</b>	Carlos Hernán Fajardo Toro		
<b>Fecha de finalización</b>	27.09.2021 [del proyecto de investigación]		
<b>Temática</b>			
<b>Tipo de investigación</b>	Estudio Descriptivo		
<b>Resumen</b>			
<p>Esta investigación se enfocó en determinar el impacto de la implementación de la metodología BIM en un proyecto habitacional ubicado en el Barrio Colina Campestre, donde lo que se busca es detectar las actividades que afectan el desarrollo exitoso del ciclo de vida de este proyecto, permitiendo detallar el cumplimiento de estándares de calidad y normativo a partir de la coordinación colaborativa de todas las disciplinas que componen el proyecto, que nos permitieron obtener como resultado los costos y tiempos de ejecución en los que no se incurrió debido a las alertas tempranas, donde los especialistas pudieron ajustar sus diseños y procesos constructivos, evitando reprocesos, que conllevan a mayor consumo de materiales, mano de obra, que se traducen en incremento de costos al presupuesto, por actividades que generan conflicto al correcto desarrollo de la construcción, reparaciones posteriores, y medidas para mitigar los errores cometidos en campo, que de igual forma hacen que el cronograma de obra no se cumpla.</p>			
<b>Palabras clave</b>			
Metodología BIM, Costos, Tiempos de ejecución, costos, coordinación.			
<b>Planteamiento del problema</b>			
<p>El problema que ha motivado la realización de esta investigación radica en que el ciclo de vida de los proyectos de construcción en Colombia, especialmente lo que se refiere a los costos y tiempos de ejecución, se han caracterizado por ser muy extensos y crecientes, haciendo que se pierda mucho la trazabilidad de la información y los</p>			

proyectos no cumplan en estos aspectos, generando grandes reducciones de rentabilidad o proyectos inconclusos y sin liquidez para terminarlos. La construcción ha experimentado un crecimiento desbordado en los costos de ejecución y tiempos de realización de las obras, causando un detrimento patrimonial a los productos tanto del sector público y en el sector privado disminución de ganancias, por las múltiples razones que involucran el correcto desarrollo de un proyecto y además del costo, donde los tiempos de ejecución se hacen interminables y los recursos escasean, y es donde se abortan proyectos a mitad de la marcha. Se hace necesario adoptar una metodología que se ajuste a las necesidades locales que permita compilar todos los responsables que interfieren en cada etapa de un proyecto, por eso se ha buscado realizar un análisis en esta investigación implementando la Metodología BIM, que tiene como filosofía compilar toda la información de los proyectos de una forma digital, de manera que la vinculación 3D permita la toma de decisiones de todos los factores que influyen y determinar si es representativa su ideología dentro de un proyecto habitacional ubicado en el barrio Colina Campestre.

### **Pregunta**

¿Cuál es el impacto económico en los tiempos de ejecución de un programa de obra, en la construcción de un edificio residencial ubicado en la colina campestre en Bogotá, mediante la implementación de la METODOLOGÍA BIM para todo el desarrollo del proyecto?

### **Objetivos**

#### **Objetivo General**

Determinar el impacto económico y tiempos finales de ejecución en la construcción de un edificio residencial mediante la implementación de la metodología BIM para el proyecto de construcción de un edificio residencial ubicado en la colina campestre.

#### **Objetivos Específicos**

- Determinar las actividades de coordinación multidisciplinaria que forman parte del proyecto y conforman la modelación 3D.

- Realizar el modelamiento 3D de todas las especialidades para la construcción de un edificio residencial ubicado en la colina campestre de Bogotá.
- Detectar los conflictos técnicos, constructivos y normativos generados a partir de la inclusión de todas las especialidades al modelo 3D del proyecto.
- Realizar el balance económico del presupuesto de obra inicial respecto a los incrementos que se generaron con el modelamiento 3D en los programas Revit y Navisworks

### **Marco teórico**

Resuma únicamente los principales referentes teóricos o artísticos que siguió su trabajo. Señale los números de las páginas de su documento en los que se encuentra la información completa.

Diseñar, planear, ejecutar y operar un proyecto de construcción en un ambiente interoperable que favorece el intercambio de información entre los profesionales involucrados en cada una de las etapas (intercambio eficiente de información entre software especializado). Así con un mismo modelo se puede llevar a cabo análisis estructural, análisis de eficiencia energética, análisis de ventilación, obtención de cantidades de obra, etc. (Mojica,2012).

Considerable disminución de errores, haciendo proyectos de mejor calidad evitando reprocesos constructivos, que se traducen es mayor dinero de inversión y mayores tiempos de ejecución, que llevan a incrementar costos de personal, equipo y maquinaria requerida a lo largo del proyecto, además de los materiales en que se debe incurrir por una modificación sobre la marcha en el campo de acción.

A parte del modelo realizado por cada uno de los especialistas involucrados en cada uno de los diseños que se requieren para la ejecución del proyecto, se realiza un documento técnico llamado plan de ejecución BIM (BEP), en el cuál se incluye información como son las bases del proyecto, la normativa que se utiliza por especialidad para la aprobación de cada diseño, el nivel de detalle (LOD) de cada elemento del modelo y la manera en como se intercambiara la información de cada una de las áreas ya sea mediante un modelo central en el cuál cada especialista trabaja en simultaneo sobre un mismo modelo o si se va a compartir la información para que una persona delegada por el dueño del proyecto una los modelos y sea la persona encargada de encontrar los posibles errores o interferencias en el modelo. (Esarte,2018)

**Método**

Resuma únicamente los principales elementos metodológicos que empleó en su investigación. Señale los números de las páginas de su documento en los que se encuentra la información completa.

La metodología que se utilizó para el desarrollo de la investigación, fue información técnica dada por la constructora, donde se detalla el costo del proyecto, la entrega de la coordinación en 3D de todas las especialidades técnicas, todos los planos del proyecto, la cuantificación de los choques de especialidades y la información del programa de obra.

Esta información se encuentra entre las páginas 24 a 28.

**Resultados, hallazgos u obra realizada**

Presente el resumen de los principales resultados o hallazgos de su investigación o una sinopsis de la obra creada. Señale los números de las páginas de su documento en los que se encuentra la información completa.

El proyecto que se encuentra ubicado al norte de la ciudad arrojó interferencias de especialidades por \$1.167.698.004 más el valor de \$245.158.743 por mayor duración del proyecto, en personal técnico y operativo, es decir, un total de \$1.412.956.747 lo cual le representa a la constructora un ahorro en el proyecto por el mismo valor y a nivel de indicadores de cumplimiento de presupuesto le permite alinearse con el presupuesto de 1.0 es decir lo mantiene en su margen y en cuanto al índice de rentabilidad, de igual forma representa un indicador favorable haciendo que el valor por apartamento aumente de tal forma que precio de venta y el costo por apartamento pueda ser mayor y no que este lo haga disminuir en \$16.624.399.

Se evidencia la tendencia que tendrá el proyecto, tomando en cuenta los retrasos en que incurriría el proyecto, que se verán reflejados principalmente en las etapas de obra gris y blanca. Como se menciona anteriormente, esto no solo es extender un cronograma de ejecución, si bien estos costos no son cuantificables en el modelado BIM, si se estimo a partir de estos 161 días el costo de los profesionales técnico y operativo además del tiempo adicional del equipo requerido en obra.

**Conclusiones**

Presente el resumen de las conclusiones a las que llegó. Señale los números de las páginas de su documento en los que se encuentra la información completa.

- Se estableció que el impacto económico y tiempos finales de ejecución en la construcción del proyecto mediante la implementación de la metodología BIM requiere de trabajo arduo no solo de coordinación, sino de grandes inversiones y capacitaciones para tener éxito. Se encontró en este proyecto piloto el beneficio

de que si bien, el enfoque era comprobar la disminución de sobrecostos y el ahorro en tiempo, al poner en marcha la metodología se pudo evidenciar el ahorro en forma macro de todos los proyectos que ejecuta la compañía anualmente, aumentando las utilidades del negocio significativamente, OPMITIMIZANDO los recursos, materiales y mano de obra haciendo más productiva la compañía.

- Al poder detectar en etapa temprana los conflictos entre las especialidades, permitió a cada área, retroalimentarse en tiempo real y así mismo ajustar sus diseños acordes las normas y aspectos técnicos que se evidenciaron en el modelado 3D, con la finalidad de que estos no llegaran a plasmarse al proyecto físico.
- Una rentabilidad constante o mayor a la esperada es lo que se busca en cualquier inversión, la metodología BIM permitió aterrizar la gran mayoría de variables del proyecto, permitiéndonos ser más precisos en el control de factibilidad, diseño, construcción y cierre del proyecto, con mayor detalle en el nivel técnico, y un gran avance en la implementación de nuevas tecnologías, optimizando los procesos y recursos que tanto se requieren en el sector.

#### **Productos derivados**

Referencie los artículos, libros, capítulos de libro, ponencias, etc., que fueron resultado de su proceso investigativo.

- LÓPEZ, Leidy. (2017) Planteamiento de una estrategia de inclusión de BIM para empresas medianas de arquitectura en la etapa de diseño. Universidad nacional de Colombia.
- Monfort, P. C. (2015). Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura Escuela técnica superior de Arquitectura,
- Trejo Carvajal, N. (2019) Estudio de impacto del uso de la metodología BIM en la planificación y control de proyectos de ingeniería y Construcción. [Repositorio Digital Trabajo de grado. Ingeniero Civil. Universidad de Chile. Facultad de ciencias físicas y matemáticas.

Impacto en los costos y tiempos de ejecución en el proceso de construcción de un edificio  
habitacional ubicado en la colina Campestre mediante la implementación de la metodología  
BIM

Daniela Martínez Sarmiento

Cod. 10213056

Mónica A. Bautista Sánchez

Cod. 10213002

Oswaldo Enrique Sánchez Bolívar

Cod. 10213057

Corporación Universitaria Unitec

Escuela de Ingeniería

Especialización en Gerencia de Proyectos

Bogotá, Distrito Capital

27 de Septiembre de 2021

Impacto en los costos y tiempos de ejecución en el proceso de construcción de un edificio habitacional ubicado en la colina Campestre mediante la implementación de la metodología BIM

Daniela Martínez Sarmiento

Cod. 10213056

Mónica A. Bautista Sánchez

Cod. 10213002

Oswaldo Enrique Sánchez Bolívar

Cod. 10213057

Carlos Hernán Fajardo Toro

Docente

Corporación Universitaria Unitec

Corporación Universitaria Unitec

Escuela de ingeniería

Especialización en Gerencia de Proyectos

Bogotá, Distrito Capital

27 de Septiembre de 2021

## Tabla de Contenido

Resumen .....	5
Introducción.....	6
Justificación.....	7
Planteamiento del Problema .....	8
Pregunta de investigación.....	10
Objetivos .....	11
Objetivo General.....	11
Objetivos Específicos .....	11
Marco Teórico y Estado del Arte.....	12
Marco Conceptual.....	14
Marco Histórico.....	15
Cronograma .....	17
Marco Metodológico .....	18
Tipo de estudio .....	18
Población y muestra .....	18
Instrumentos de medidas .....	18
Procedimientos.....	19
Resultados.....	20
Conclusiones .....	29
BIBLIOGRAFÍA.....	29

## Tabla de Figuras

<b>Figura 1.</b> Qué es BIM, por qué usarlo y cuál es su futuro	11
<b>Figura 2.</b> Cronograma implementación de metodología BIM en proyecto de uso residencial en el sector de colina campestre de la ciudad de Bogotá	18
<b>Figura 3.</b> Recopilación de información para los resultados de la investigación	20
<b>Figura 4.</b> Figuración acero de refuerzo de placa de contrapiso y pilotes cimentación	21
<b>Figura 5.</b> Disposición refuerzo estructural	22
<b>Figura 6.</b> Diseño hidrosanitario	23
<b>Figura 7.</b> Render del proyecto	24
<b>Figura 8.</b> Resumen cantidades arrojadas por el modelo BIM de redes	25
<b>Figura 9.</b> Gráfico de avance programado vs. Avance real de obra	26
<b>Figura 10.</b> Tendencia del avance programado vs. Avance real estimando atrasos	27
<b>Figura 11.</b> Valor personal adicional por retraso de obra	27

## **Resumen**

Este trabajo de investigación se enfocó en determinar el impacto de la implementación de la metodología BIM en un proyecto habitacional ubicado en el Barrio Colina Campestre, donde lo que se busca es detectar las actividades que afectan el desarrollo exitoso del ciclo de vida de este proyecto, permitiendo detallar el cumplimiento de estándares de calidad y normativo a partir de la coordinación colaborativa de todas las disciplinas que componen el proyecto, que nos permitieron obtener como resultado los costos y tiempos de ejecución en los que no se incurrió debido a las alertas tempranas, donde los especialistas pudieron ajustar sus diseños y procesos constructivos, evitando reprocesos, que conllevan a mayor consumo de materiales, mano de obra, que se traducen en incremento de costos al presupuesto, y adicional a esto demoliciones, por actividades que generan conflicto al correcto desarrollo de la construcción, reparaciones posteriores, y medidas para mitigar los errores cometidos en campo, que de igual forma hacen que el cronograma de obra no se cumpla.

**Palabras Clave:** Metodología BIM, Costos, Tiempos de ejecución, costos, coordinación.

## Introducción

La necesidad de las empresas de mantenerse vigentes en el mercado las ha volcado a implementar procesos eficientes en toda su cadena de producción, donde los sectores empresariales desarrollen y ejecuten planes que les permitan ser mucho más competitivos dentro del mercado. Lo que se busca con la implementación de nuevas metodologías es principalmente disminuir costos, tiempos y hacer que la calidad de los productos sea cada vez mayor. El sector construcción no ha sido ajeno a estas necesidades, y en su afán de poder cumplir con las expectativas tanto de los clientes como de los empresarios ha incursionado principalmente en la metodología BIM, con la finalidad de optimizar todos los recursos posibles tanto en materiales como en recurso humano. Donde se ha tomado como base el retraso en la productividad que ha caracterizado al sector por muchos años. Generando así con su implementación, una evolución al gremio haciéndolo más competitivo.

La metodología BIM en Colombia ha tomado relevancia en los últimos años, sin embargo su incursión en el sector ha sido lento, debido a que su implementación genera grandes cambios dentro de una compañía, no solo una gran inversión económica a nivel de software, sino también de personas que tengan conocimiento, además de capacitar a todas las áreas interesadas, de acuerdo con la cámara colombiana de la construcción – CAMACOL, para el 2026 el 100% de los proyectos deben estar ya ejecutándose bajo esta metodología, donde “los proyectos de construcción, tiene el potencial de generar un 33% de ahorros en costos, un 50% en plazos y un 20% de aumento en la productividad, adicional a los beneficios en mejora de trazabilidad, calidad y transparencia como lo señala la Estrategia Construcción 2025, Reino Unido, asegura la presidente ejecutiva de Camacol”. ( El tiempo, 2020).

Esta Metodología lo que indica de acuerdo con sus siglas en ingles BUILDING INFORMATION MODELING, es la consolidación y modelación de absolutamente todas las disciplinas de ingeniería que hacen parte de un proyecto de construcción, utilizando como una de sus principales herramientas, los programas REVIT y Navisworks. Esto significa que es una metodología colaborativa que permite obtener información real a todos los interesados, permitiéndoles conocer en un modelamiento 3D el producto final, sin esperar a que se haya construido como ha ocurrido siempre. Adicional a esto, esta metodología permite conocer los posibles reprocesos que se pueden presentar, generando alertas a los profesionales implicados con la finalidad de actuar y corregir, antes de que estas actividades se trasladen a campo.

## **Justificación**

Desde la fase de inicio de un proyecto de construcción se deben agrupar un sin número de requisitos, profesionales, esfuerzos y recursos que hacen que la construcción de una obra dependa de múltiples variables técnicas, normativas, ambientales y hasta culturales. Pero muchos de estos aspectos por muchos años solo fueron tenidos en cuenta en la etapa de ejecución o cuando, el constructor se enfrentaba directamente al problema o riesgo. Es por esto, que se hace necesario empezar a concebir los proyectos de construcción como todo un PROYECTO bajo las metodologías vigentes, de forma tal que se desarrollará bajo estándares que permitieran medir todas las variables que hacen parte directa e indirectamente del correcto desarrollo de una obra de construcción.

Dado lo anterior se hace necesario, implementar metodologías que sean capaces de fusionarse directamente con los productos que el sector maneja, ya sean vías, obras hidráulicas, urbanismos y edificaciones. Permitiendo disminuir riesgos y factores que solo en marcha de la ejecución y terminación del proyecto se podían conocer.

Este estudio que se realizó pretendió evaluar el impacto que la metodología BIM ha tenido a nivel mundial en el sector construcción, siendo una herramienta útil, para quienes desarrollan proyectos de todas las magnitudes, en donde principalmente lo que se busca es que, a partir de la consolidación técnica y real del campo de ejecución, se puedan minimizar los dos principales factores que hacen que un proyecto pueda lograr su objetivo o definitivamente cancelarlo. Costos y tiempos.

Para esta investigación se implementó la metodología BIM en un edificio residencial puntualmente, se hizo toda la coordinación técnica de las áreas estructural, hidráulica, eléctrica, arquitectónica, especiales, tal es el caso de ventilación mecánica, ascensores, cumplimiento de normativa de seguridad y control, citofonía, CCTV, topografía. Con todos estos diseños, establecidos se procedió con la consolidación de toda esta información en los programas REVIT y NAVISWORKS. Donde después de analizada toda la información, el programa ayuda a los profesionales BIM a detectar las incongruencias técnicas que se presentan, las cuales se detallaran en el desarrollo de esta investigación.

## Planteamiento del Problema

El problema que se ha identificado y que ha motivado la realización de esta investigación radica en que el ciclo de vida de los proyectos de construcción en Colombia, especialmente lo que se refiere a los costos y tiempos de ejecución, se han caracterizado por ser muy extensos y crecientes, haciendo que se pierda mucho la trazabilidad de la información y los proyectos no cumplan en estos aspectos, generando grandes reducciones de rentabilidad o proyectos inconclusos y sin liquidez para terminarlos. Recientemente, la construcción ha experimentado un crecimiento desbordado en los costos de ejecución y tiempos de realización de las obras, causando un detrimento patrimonial a los productos tanto del sector público y en el sector privado disminución de ganancias, por las múltiples razones que involucran el correcto desarrollo de un proyecto y además del costo, donde los tiempos de ejecución se hacen interminables y los recursos escasean, y es donde se abortan proyectos a mitad la marcha. De acuerdo con lo anterior, se hace necesario adoptar una metodología que se ajuste a las necesidades locales que permita compilar todos los responsables que interfieren en cada etapa de un proyecto, por eso se ha buscado realizar un análisis en esta investigación implementando la Metodología BIM, que tiene como filosofía compilar toda la información de los proyectos de una forma digital, de manera que la vinculación 3D permita la toma de decisiones de todos los factores que influyen y determinar si es representativa su ideología dentro de un proyecto habitacional ubicado en el barrio Colina Campestre.

Hoy en día varias empresas constructoras han implementado BIM como metodología principal para el desarrollo de proyectos, uno de los proyectos más representativos fueron las torres Atrio en la ciudad de Bogotá, y adicional el metro para la ciudad de Bogotá en su fase de inicio implementó esta metodología, sin embargo aún es nuevo para muchas empresas, y en el caso puntual de la empresa que desarrollo el proyecto objeto de investigación involucrarse en las 5 fases que toma de referencia esta metodología 3D, 4D, 5D, 6D y 7D. Si bien esta metodología ha incursionado muy bien en proyectos de gran envergadura en el país se hace necesario cuantificar los impactos ya sean positivos o negativos, en cualquier proyecto de infraestructura que requiere de la sincronía de muchas especialidades que son el objeto de esta investigación.

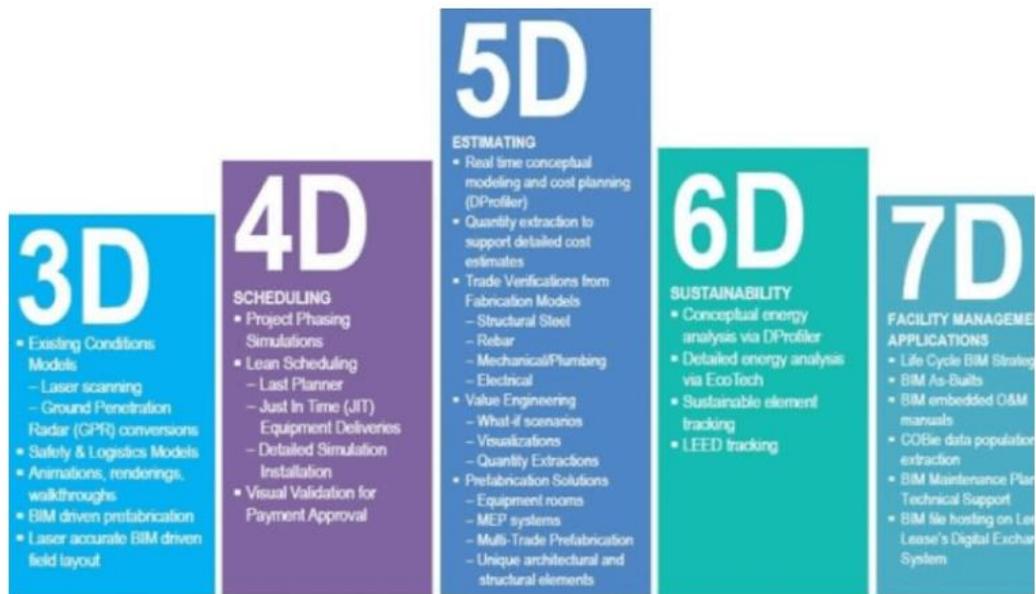


Figura 1. ¿Qué es BIM, por qué usarlo y cuál es su futuro? Tomado de

<https://www.solerpalau.com/es-es/blog/que-es-bim/>

### **Pregunta de investigación**

¿Cuál es el impacto económico en los tiempos de ejecución de un programa de obra, en la construcción de un edificio residencial ubicado en la colina campestre en Bogotá, mediante la implementación de la METODOLOGÍA BIM para todo el desarrollo del proyecto?

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Determinar el impacto económico y tiempos finales de ejecución en la construcción de un edificio residencial mediante la implementación de la metodología BIM para el proyecto de construcción de un edificio residencial ubicado en la colina campestre.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar las actividades de coordinación multidisciplinaria que forman parte del proyecto y conforman la modelación 3D.
- Realizar el modelamiento 3D de todas las especialidades para la construcción de un edificio residencial ubicado en la colina campestre de Bogotá.
- Detectar los conflictos técnicos, constructivos y normativos generados a partir de la inclusión de todas las especialidades al modelo 3D del proyecto.
- Realizar el balance económico del presupuesto de obra inicial respecto a los incrementos que se generaron con el modelamiento 3D en los programas Revit y Navisworks

## Marco Teórico y Estado del Arte

La implementación BIM ha tenido gran avance en Europa y Estados Unidos. Por lo que en Colombia se requiere no solo desarrollar metodologías y estándares de proyectos efectivos, sino que permitan optimizar todos los recursos teniendo en cuenta que en la mayoría de los proyectos macro e incluso los proyectos de empresas privadas son reducidos y no permiten mayores variaciones.

Por eso es importante conocer los beneficios que trae esta metodología y que dos de ellas son el objeto principal de esta investigación:

- Diseñar, planear, ejecutar y operar un proyecto de construcción en un ambiente interoperable que favorece el intercambio de información entre los profesionales involucrados en cada una de las etapas (intercambio eficiente de información entre software especializado). Así con un mismo modelo se puede llevar a cabo análisis estructural, análisis de eficiencia energética, análisis de ventilación, obtención de cantidades de obra, etc. (Mojica,2012).
- Se generan controles globales de los materiales y consumos del proyecto, permitiendo minimizar los desperdicios de estos.
- Considerable disminución de errores, haciendo proyectos de mejor calidad evitando reprocesos constructivos, que se traducen es mayor dinero de inversión y mayores tiempos de ejecución, que llevan a incrementar costos de personal, equipo y maquinaria requerida a lo largo del proyecto, además de los materiales en que se debe incurrir por una modificación sobre la marcha en el campo de acción.
- A parte del modelo realizado por cada uno de los especialistas involucrados en cada uno de los diseños que se requieren para la ejecución del proyecto, se realiza un documento técnico llamado plan de ejecución BIM (BEP), en el cuál se incluye información como son las bases del proyecto, la normativa que se utiliza por especialidad para la aprobación de cada diseño, el nivel de detalle (LOD) de cada elemento del modelo y la manera en como se intercambiara la información de cada una de las áreas ya sea mediante un modelo central en el cuál cada especialista trabaja en simultaneo sobre un

mismo modelo o si se va a compartir la información para que una persona delegada por el dueño del proyecto una los modelos y sea la persona encargada de encontrar los posibles errores o interferencias en el modelo. (Esarte,2018)

## Marco Conceptual

- **BIM** “El modelado de información para la construcción (BIM, Building Information Modeling) es un proceso inteligente basado en modelos 3D que da a los profesionales de arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) la perspectiva y las herramientas para planificar, diseñar, construir y administrar edificios e infraestructura con más eficiencia” (Autodesk, 2020)
- **REVIT** Es un software desarrollado por Autodesk para el modelamiento en 3D de las estructuras.
- **NAVISWORKS** Software desarrollado por Autodesk, que trabaja de la mano de Revit, para poder hacer la revisión del modelo 3D, permitiendo determinar incongruencias en el diseño, dejando hacer comentarios en tiempo real para generar ajustes necesarios de varias disciplinas.
- **METODOLOGÍA COLABORATIVA** La visualización en tiempo real del modelo 3D, incluye todas las profesiones que se engranan en un proyecto permitiendo disminuir errores de diseño y posteriormente constructivos.
- **CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO** Según la GUIA del PMBOK “El ciclo de vida de un proyecto es la serie de fases que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su conclusión. Una fase del proyecto es un conjunto de actividades del proyecto, relacionadas de manera lógica, que culmina con la finalización de uno o más entregables. Las fases pueden ser secuenciales, iterativas o superpuestas. Los nombres, número y duración de las fases del proyecto se determinan en función de las necesidades de gestión y control de la(s) organización(es) que participa(n) en el proyecto, la naturaleza propia del proyecto y su área de aplicación. Las fases son acotadas en el tiempo, con un inicio y un final o punto de control (a veces denominado revisión de fase, punto de revisión de fase, revisión de control u otro término similar). En el punto de control, el acta de constitución del proyecto y los documentos de negocio se reexaminan en base al entorno actual. En ese momento, el desempeño del proyecto se compara con el plan para la dirección del proyecto para determinar si el proyecto se debe cambiar, terminar o continuar tal como se planificó.”

## Marco Histórico

A nivel mundial es en el año 1975 en Estados Unidos, que el profesor Chuc Eastman investiga e ilustra “el sistema descriptivo de un edificio”, desarrollando así, el primer modelo virtual de un edificio donde especifica “Muchos de los costos de diseño, realización y funcionamiento de las construcciones derivan por el hecho que se recurre a los dibujos para reportar anotaciones del edificio. Como alternativa, este documento propone un diseño de un sistema informático útil para almacenar y manipular la información de proyecto en un detalle que permite el diseño, la construcción y el análisis operativo. Un edificio se considera como la composición espacial de un conjunto de piezas. El sistema, denominado Sistema Descriptivo del Edificio (BDS) se caracteriza por:

1. Ser un medio para facilitar la inserción gráfica de formas y elementos arbitrariamente complejos
2. Ser un lenguaje gráfico interactivo para cambiar y configurar la disposición de los elementos
3. Tener capacidades gráficas en formato papel para producir perspectiva o dibujos ortográficos de alta calidad
4. Tener una función para la clasificación y la esquematización, para clasificar la base de datos para los atributos (tipo de material, proveedor o componer un conjunto de datos para el análisis).” (Charles, 1974).

Ya en un nivel más desarrollado e implementado como metodología y la utilización de herramientas digitales, se conoce como pioneros a la empresa GRAPHISOFT utilizando la herramienta ARCHICAD de Autodesk, lo desarrollaron bajo el nombre de “EDIFICIO VIRTUAL”, Sin embargo, fue en el año 2000 que el software REVIT se empieza a utilizar para el modelamiento para interoperacionalizar e intercambiar información de distintas especialidades del diseño y construcción. Pero fue en 2002 cuando AUTODESK empezó a hablar formalmente de la metodología BIM y se desarrolla en Finlandia el primer proyecto BIM integrado. En 2007, se crea la necesidad de generar guías para el correcto desarrollo de un proyecto bajo la metodología BIM, se crean en Estados Unidos la (GSA) y en Finlandia la (SENATE PROPERTIES).

En Colombia, la implementación de esta metodología se considera reciente, es menor de 5 años y muy pocos los proyectos la han desarrollado en todo el ciclo de vida de sus proyectos. Solo hasta 2020, CAMACOL (Cámara Colombiana de la Construcción) manifestó que para 2026 todos los proyectos públicos del país deben estarse consolidando bajo la METODOLOGÍA BIM, no solo para impulsar el desarrollo tecnológico en el país, sino para optimizar los recursos tanto humanos, como materiales, temporales. Que se traducen al final de un proyecto en ahorro de dinero y mejores rentabilidades.

Dentro de los grandes retos de Ingeniería, los cuales han generado gran impacto en la sociedad se encuentran proyectos que han hecho uso de la metodología BIM para la obtención de un gran producto final, dentro de los cuales se encuentran:

1. Incubadora Universidade Macquarie/Architectus. En este proyecto se utilizaron métodos antiguos como bocetos a mano, pero se trabajó de manera crucial la implementación de modelos BIM en donde trabajaron Arquitectos, Consultores y el Contratista de manera sincrónica. (Delaqua,2019)
2. Centro Cultural Juvenil de Nanjing/ Zaha Hadid Architects. Este fue el primer proyecto construido en dos direcciones simultáneas en China, es decir, se comenzó la construcción en planta baja y al mismo tiempo se trabajo de forma ascendente y descendente. (Delaqua,2019)
3. Lè Architecture / Aedas. En este proyecto se utiliza la avanzada plataforma de Green BIM en donde se logró una integración del análisis científico con la estética de la construcción. (Delaqua,2019)
4. Centro de investigación creativa global de Haier/ DC Alliance + Snøhetta. Para la ejecución de este proyecto se adopta el diseño BIM durante toda su ejecución para evitar trabajar innecesariamente y que se aproveche al máximo el espacio. (Delaqua,2019)
5. Casa Enseada/ Arquitetura Nacional. Este proyecto se realizó con un plazo muy ajustado en donde fue crucial el uso de la metodología Bim para optimizar al máximo el tiempo de ejecución. (Delaqua,2019)
6. Campus de Innovación MOEA Taiwan/Bio-architecture Formosana + NOIZ ARCHITECTS. El objetivo de este proyecto fue reducir en un 10% la compensación total de carbono durante su fase de construcción haciendo uso de la metodología BIM. (Delaqua,2019)

7. Oficina Regional e Internacional de Statoil/a-lab. Este proyecto logró ser ejecutado en menos tiempo de lo estipulado gracias al dialogo fructífero entre todas las partes encargadas de la ejecución del proyecto. (Delaqua,2019)
8. Casa Piedra Blanca/ Pablo Lobos Pedrals, Angelo Petrucelli. Haciendo uso del sistema BIM se constituyeron elementos representativos incluidos a la Arquitectura. (Delaqua,2019)
9. Campus Örebro: Casa Nova/ Juul Frost Architects. En este proyecto fue indispensable el dialogó entre los profesionales para crear la plataforma adecuada para la formación de un nuevo edificio. (Delaqua,2019)
10. Biblioteca Nacional de Sejong/ Samoo Architects & Engineers. En este proyecto los elementos principales, como losas, columnas y núcleos, se modelaron mediante un modelo Bim. (Delaqua,2019)

## Cronograma

ACTIVIDAD	IMPLEMENTACIÓN METODOLOGÍA BIM EDIFICIO RESIDENCIAL BARRIO COLINA CAMPESTRE- BOGOTÁ											
	DURACIÓN											
	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10	SEM 11	SEM 12
Revisión y aprobación de diseños	■											
Modelación de cada una de los especialistas del proyecto	■											
Análisis y solución de errores y/o interferencias							■					
Nombrar cada elemento respecto a la programación de obra									■			
proceso constructivo de cada área del proyecto									■			
Revisión de la triple restricción, alcance, costo y tiempo											■	

Figura 2. Cronograma implementación de metodología BIM en proyecto de uso residencial en el sector de colina campestre de la ciudad de Bogotá. Fuente propia.

En la figura anterior se presenta el cronograma general de las fases que se deben tener en cuenta para la correcta implementación de la metodología BIM, en donde se le da prioridad y mayor tiempo a la modelación por parte de cada una de las especialidades del proyecto, debido a que estas deben estar correctamente coordinadas para evitar al máximo la presencia de errores e interferencias. Otra fase que debe tener un trabajo detallado para lograr una buena simulación del proceso constructivo en el software Navisworks es la programación de obra, ya que, en esta se definirán los tiempos para la ejecución de cada una de las actividades del proyecto y la cual permitirá conocer con certeza la duración del proyecto permitiendo obtener menos error a la hora de calcular el costo total del proyecto.

## **Marco Metodológico**

Una vez realizado el planteamiento del problema y teniendo en cuenta la importancia que hay en los proyectos de obra civil, en los proyectos residenciales, el cumplimiento del cronograma y del presupuesto detallado. Se procede a dar inicio en este proyecto ubicado en colina campestre, teniendo en cuenta la parte legal en cuanto al tema de la licencia de construcción y licencia ambiental y en cuanto a los estudios y diseños, la aprobación por parte de todos los profesionales de Ingeniería.

### **Tipo de estudio**

El estudio descriptivo utilizado en esta investigación permite realizar un acompañamiento de todo el proceso tanto de la fase previa la cual contiene los estudios y diseños y la fase de ejecución. Este tipo de estudio permite identificar todos los posibles inconvenientes que se presenten dentro de cada fase, lo cual permite recopilar la mayor cantidad de información posible.

### **Población y muestra**

Esta investigación está planteada para realizar un acompañamiento único y exclusivo a un proyecto de conjunto residencial ubicado en el barrio de Colina campestre en la ciudad de Bogotá, el cual busca analizar la importancia del uso de la metodología en todas las fases de un proyecto de este tipo. Este proyecto el cual tiene por nombre Cusezar za es un proyecto de uso residencial para una de las zonas más habitadas de Bogotá, en este proyecto se busca cumplir con los estudios y diseños sin la presencia de interferencias o errores en los diseños y que el presupuesto se mantenga de principio a fin de la ejecución sin la presencia de sobre costos y retrasos.

### **Instrumentos de medidas**

Para proyectos de envergadura como lo es el del caso de estudio de esta investigación, se necesita de un gran trabajo de los profesionales encargados de la planeación del proyecto y más en una zona tan transitada y habitada como lo es la del sector de La Colina en la ciudad de Bogotá, en esta fase se deben tener en cuenta la planeación estratégica del proyecto en donde se tendrá en cuenta la ubicación de los campamentos, la ubicación de la torre grúa la cual debe cumplir con su radio de giro para que trabaje con el rendimiento esperado, la ubicación de los acopios de material, los accesos de material a la obra, las jornadas de fundida y el personal necesario para la ejecución del proyecto. El instrumento de mediada para esta fase del proyecto

es el seguimiento a los planos de dicha planeación estratégica y en los meses en los cuales se implementarán nuevos espacios al proyecto, dichos planos nombrados anteriormente deben estar realizados en REVIT herramienta la cual va a permitir la visualización de toda el área donde se ejecutará el proyecto con sus vías de acceso y ubicación de estructuras aledañas al terreno del proyecto. Para la fase de estudios y diseños la cual contara con aprobación y modelamiento de las diferentes especialidades y áreas del proyecto, la cual está en la primera fase del cronograma , para esta fase se cuenta con un modelo central el cual permite el monitoreo de las diferentes áreas del proyecto , en donde no se presenten interferencias entre diseños , que las normas aplicadas para especialidad estén entre los rangos aceptados para cada uno de los reglamentos por los cuales se rigen, para la fase de ejecución lo que se busca es que las cantidades de obra necesitadas en el proyecto sean extraídas por tablas resumen del modelo , en el cual se identifique el tipo de elemento , sección a utilizar , tipo de material y cantidad a ejecutar , en esta fase del proyecto, esta investigación busca que las cantidades cumplan con las tablas resumen del modelo y que los tiempos estipulados en la programación de obra y en el proceso de ejecución realizado en NAVISWORKS, se cumpla a excepción de que se presenten eventos naturales que impidan con el desarrollo normal del proyecto.

### **Procedimientos**

Los procedimientos necesarios para la realización de esta investigación, son los expresados a continuación:

1. Fase de planeación- se realiza la revisión de los planos de planeación estratégica, se realiza revisión de presupuesto detallado para ejecución del proyecto.
2. Fase de estudios y diseños- para los estudios esta investigación y la metodología BIM no cuentan con un procedimiento, debido a que los estudios se realizan a partir de las recomendaciones realizadas por el especialista de cada área. Para la fase de diseños se realiza un monitoreo al modelo central, supervisando que todos los diseños estén anclados a este modelo centra para supervisar la presencia de errores o intersecciones.
3. Fase de ejecución- en esta fase del proyecto, esta investigación está involucrada en todas las fases y diseños del proyecto, desde la localización y replanteo hasta la fundición de una columna en concreto reforzado, debido a que esta investigación busca como se dijo anteriormente, cumplir con los costos y tiempos del proyecto.

## Resultados

Seguimiento y control de diseños						
	Diseño					
Especialidad	Aprobado	Corregir	Observaciones	Presencia de interferencias	Corrección de interferencias	Ajuste de cantidades

Figura 3. Recopilación de información para los resultados de la investigación. Fuente propia

Para el seguimiento de los resultados y la recopilación de información se utiliza la tabla mostrada en la Figura 3. la cual permite controlar los cambios que se realizan al proyecto, la implicación tanto presupuestal como el cambio en el cronograma del proyecto.

Para revisar el estado de avance por cada uno de los diseñadores involucrados en la realización de diseños en este proyecto, se les solicita enviar sus avances semanales con el fin de que se toma el menor tiempo posible en la realización de los diseños, algunas figuras se presentan a continuación.

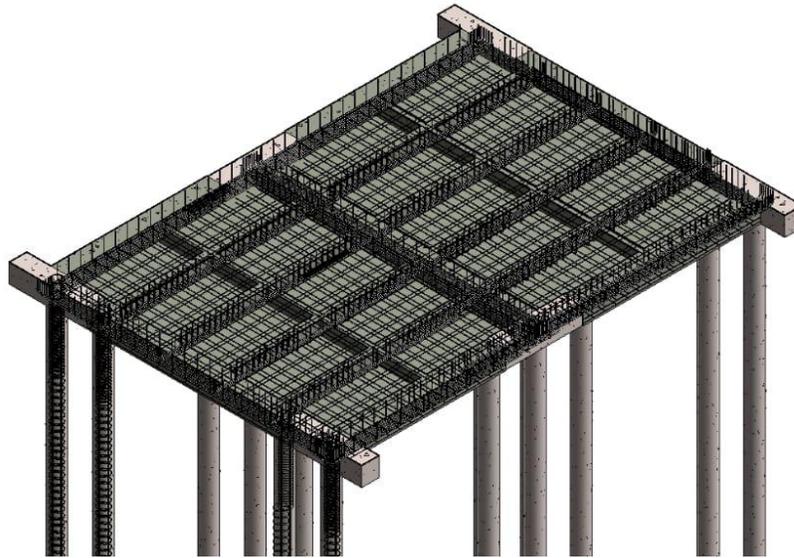


Figura 4. Figuración acero de refuerzo de placa de contrapiso y pilotes cimentación. Fuente propia.

La modelación de la estructura y de cualquier especialidad se realiza a partir de unos planos realizados en su mayoría en AutoCAD con visualización 2D, en la metodología BIM en el tema de los diseños y modelos se trabaja en una visualización 3D como se muestra en la Figura 4. Donde se puede observar la figuración y distribución del acero de refuerzo para la cimentación, para la realización de este modelo se necesita el trabajo multidisciplinario de la especialidad de Geotecnia y de Estructuras. La primera de estas realiza la recomendación del tipo de cimentación de la estructura dependiendo de los estudios de suelos, cartas de diseño y la capacidad portante del suelo y la segunda de estas realiza el despiece (disposición del acero) dependiendo de las cargas que serán soportadas por la cimentación. Este trabajo multidisciplinario es de vital importancia debido a que es la que garantiza la estabilidad del proyecto.

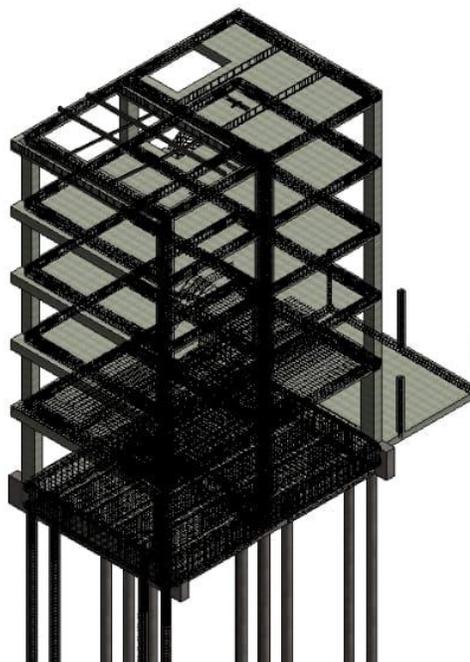


Figura 5. Disposición refuerzo estructural. Fuente propia

En la Figura 5. Se muestra la disposición del refuerzo estructural, de los elementos estructurales como vigas, columnas, placas de contrapiso y entrepiso. El diseñador Estructural muestra en este avance de su modelo la continuidad de las columnas y la ubicación de las vigas, lo cual permite al momento de la ejecución identificar cuales llevan la misma disposición de acero y si tienen las mismas dimensiones.

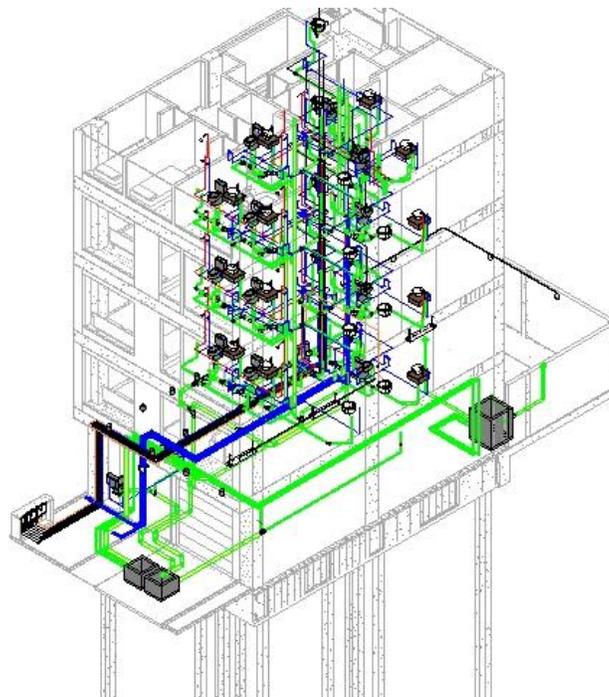


Figura 6. Diseño hidrosanitario. Fuente propia.

Dentro de los proyectos de vivienda y de gran envergadura se presenta gran cantidad de errores a la hora de ejecutar esta fase de la obra, siendo de vital importancia para los propietarios de los apartamentos ya que, dependiendo de una buena ejecución de esta área, se va a recibir un óptimo servicio de agua.

En estos diseños se presentan los problemas de interferencias en los modelos ya que son los que menos cuentan con espacio para su elaboración, los diseñadores hidráulicos tienen como reto diseñar sus redes, teniendo en cuenta la presencia de todos los elementos estructurales del proyecto y llegado el caso de tener que pasar por uno de estos, debe cumplir con las especificaciones del proyecto y la reglamentación que tiene.

En la Figura 5. Se presenta el diseño de aguas residuales, como llegan estos a los diferentes tanques de agua residual, bombas, ubicación del cuarto de máquinas y ubicación de sanitarios.



Figura 7. Render del proyecto. Fuente propia.

Una vez finalizados los diseños, se proceden a enlazar todas las áreas para realizar el modelación que simula la ejecución del proyecto en **NAVISWORKS**, a partir de este modelo central también se obtiene el render del proyecto, el cual muestra lo que se espera obtener del proyecto, a partir de este modelo central se procede a sacar cantidades de obra, las cuales permiten obtener las cantidades exactas que necesita el proyecto para su ejecución. De igual forma, entrega información muy relevante, que se conocen como conflictos o interferencias, lo que se resumiría en la ejecución real del proyecto como reprocesos, que representan a nivel presupuestal incrementos, además de retrasos en los tiempos de ejecución proyectos. En la figura 8 se detallan las actividades que generaron conflictos, las cuales se cuantificaron en su totalidad para así obtener un valor que representa que al usar BIM que reprocesos se pueden evitar.

ACTIVIDADES ARROJADAS POR LA EVALUACION BIM	ACTIVIDAD EN QUE SE INCURRIA SIN EVALUACION BIM	UM	CANTIDAD	VR UNITARIO	VR TOTAL
Diferencia entre tubería de gas y las placas de concreto en los 21 pisos (la tubería quedaba por fuera la placa)	Sobre espesor en Afinado de piso (incluye material y mano de obra)	M2	5760	\$ 93,540	\$ 538,790,400
Error en diseño de pisos de puntos fijos, no se contempló como antideslizante	Cambio de pisos - incluyendo cenefas en gravilla evitando el deslizamiento	M2	2880	\$ 25,967	\$ 74,784,960
Aislamiento de tubería eléctrica de tubería hidráulica y RCI	Instalación de superboard para cumplir con norma	ML	318.5	\$ 75,245	\$ 20,754,143
El nivel de placa en arquitectura no coincidía con nivel de estructura a nivel de zonas comunes piso 1	Crear placa de sobrepiso	M2	550	\$ 77,989	\$ 42,894,000
Diferencia entre el vano de ventanería de apto tipo 1 con mampostería	Romper mampostería y disminuir tamaño de ventanas	UN	38	\$ 2,120,000	\$ 80,560,000
Diferencia en los niveles de placa de entrepiso y acabado de fachada en enchape	Renivelación de techos en balcones (incluye materiales y mano de obra)	M2	980.12	\$ 85,820	\$ 84,113,898
Tubería de suministro de agua a nivel de placa de entrepiso y techo en superboard interna de aptos estaba diseñada en 3" y se debe cambiar a 2"	Cambio de tubería a 2" (desmontaje de tubería + suministro de nueva tubería + pérdida de suministro de tubería de 3")	ML	579	\$ 23,869	\$ 13,820,151
Falta conexión eléctrica de la ventilación mecánica en los sótanos	Instalación eléctrica	GB	1	\$ 12,813,574	\$ 12,813,574
El diseño hidráulico omitió la planta de tratamiento de recirculación de agua	Planta de tratamiento de recirculación	UND	1	\$ 70,375,851	\$ 70,375,851
Pases de tuberías no contemplados en la estructura	Extracción de núcleos cortes de mampostería y concreto	CM	2895	\$ 3,560	\$ 70,375,851
Ajuste de vanos de ascensores	Platinas de sujeción de ascensores	UND	78	\$ 110,188	\$ 8,594,656
Ajuste dimensiones de cocina con la arquitectura	Disminución de medida real de cocinas	UND	74	\$ 745,963	\$ 55,201,262
Diferencia entre dintel de puerta de emergencia y las puertas	Sobre techo en superboard resistente al fuego	UND	44	\$ 89,745	\$ 3,948,780
Implantación de topografía con longitudes reales de pilotaje	Adición de acero, concreto y mano de obra	ML	180	\$ 88,500	\$ 15,930,000
Desague de materas de balcones en el sentido incorrecto	Inclusión de tubería de desague incluyendo llaves	UND	74	\$ 43,784	\$ 3,240,016
Diseño eléctrico embebido en placa, no se contempló el techo en drywall	Incremento de bajadas y alambre por cada salida	UND	5990	\$ 9,852	\$ 59,013,480
Diferencia entre un punto eléctrico y la ubicación en mampostería	Traslado de puntos eléctricos	UND	74	\$ 168,743	\$ 12,486,982
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 1,167,698,004</b>

Figura 8. Resumen cantidades arrojadas por el modelo BIM de redes. Fuente propia.

De acuerdo con lo anterior, el diseño de las redes es donde más se presenta interferencias y errores a la hora de ejecución, por lo que, al tener exactitud en las cantidades y costos de esta área, permite tener menores variaciones en el presupuesto, y poder garantizar a la compañía que las rentabilidades calculadas al inicio y esperadas durante todo el proyecto, serán las mismas o en su defecto con alteraciones mínimas, debido a que con la metodología colaborativa, se pueden modelar todas permitiendo ver en tiempo real como será el proyecto. Este modelado, permitió a los especialistas de todas las áreas que se tuvieron en cuenta para el desarrollo del proyecto, poder modificar y verificar que sus diseños fueran totalmente compatibles con las otras especialidades y cumplieran con los requisitos normativos de diferentes índoles.

Posterior a la fase de diseño y análisis de la información, se evaluaron todas las variables, entre ellas los retrasos ocasionados, por las inconsistencias encontradas en el modelado. Si bien, nos arroja un dato en función del tiempo implica unos costos significativos medibles y otros estimados. Se realizó la trazabilidad del programa de obra real vs. El programa de obra con estos retrasos, mostrando un atraso de 161 días, los cuales se detallan en la figura 9.

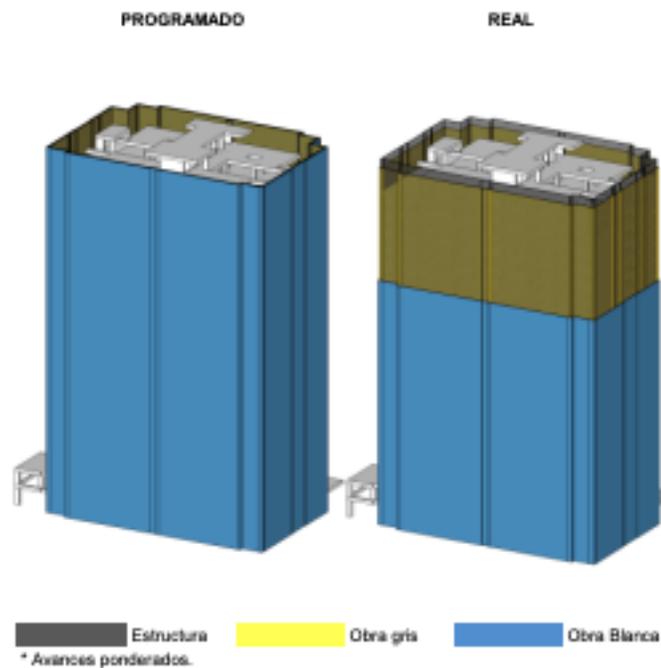


Figura 9. Gráfico de avance programado vs. Avance real de obra

De igual forma, la figura 10, evidencia la tendencia que tendrá el proyecto, tomando en cuenta los retrasos en que incurriría el proyecto, que se verán reflejados principalmente en las etapas de obra gris y blanca. Como se mencionó anteriormente, esto no solo es extender un cronograma de ejecución, si bien estos costos no son cuantificables en el modelado BIM, si se estimó a partir de estos 161 días el costo de los profesionales técnico y operativo además del tiempo adicional del equipo requerido en obra.



Figura 10. Tendencia del avance programado vs. Avance real estimando atrasos

Con base en lo anterior, se estimaron estos costos arrojando un valor adicional al reproceso por \$245.258.743 (Doscientos cuarenta y cinco millones setecientos cuarenta y tres mil pesos) el cual se detalla en la siguiente figura:

PERSONAL TECNICO Y OOPERATIVO	Salario incluyendo prestaciones	Tiempo atraso (meses)	Total
Director de obra	\$ 15.800.000	5,367	\$ 84.793.333
Residente de estructura	\$ 6.800.000	5,367	\$ 36.493.333
Residente de acabados	\$ 6.500.000	5,367	\$ 34.883.333
Ingeniero HSE	\$ 4.200.000	5,367	\$ 22.540.000
Secretaria	\$ 1.480.500	5,367	\$ 7.945.350
Almacenista	\$ 1.480.500	5,367	\$ 7.945.350
Aux de almacen	\$ 1.365.200	5,367	\$ 7.326.573
oficial	\$ 1.480.500	5,367	\$ 7.945.350
Ayudante	\$ 1.323.887	5,367	\$ 7.104.860
Maestro de obra estructura	\$ 2.634.900	5,367	\$ 14.140.630
Maestro de obra Acabados	\$ 2.634.900	5,367	\$ 14.140.630
			\$ 245.258.743

Figura 11. Valor personal adicional por retraso de obra

Este valor se sumaria al presupuesto del proyecto incrementando aun más la variación del presupuesto inicial, más el costo de los reprocesos identificado.

El proyecto que se encuentra ubicado al norte de la ciudad arrojó interferencias de especialidades por \$1.167.698.004 más el valor de \$245.158.743 por mayor duración del proyecto, en personal técnico y operativo, es decir, un total de \$1.412.956.747 lo cual le representa a la constructora un ahorro en el proyecto por el mismo valor y a nivel de indicadores de cumplimiento de presupuesto le permite alinearse con el presupuesto de 1.0 es decir lo

mantiene en su margen y en cuanto al índice de rentabilidad, de igual forma representa un indicador favorable haciendo que el valor por apartamento aumente de tal forma que precio de venta y el costo por apartamento pueda ser mayor y no que este lo haga disminuir en \$16.624.399.

## Conclusiones

- Se estableció que el impacto económico y tiempos finales de ejecución en la construcción del proyecto mediante la implementación de la metodología BIM requiere de trabajo arduo no solo de coordinación, sino de grandes inversiones y capacitaciones para tener éxito. Se encontró en este proyecto piloto el beneficio de que si bien, el enfoque era comprobar la disminución de sobrecostos y el ahorro en tiempo, al poner en marcha la metodología se pudo evidenciar el ahorro en forma macro de todos los proyectos que ejecuta la compañía anualmente, aumentando las utilidades del negocio significativamente, OPMITIMIZANDO los recursos, materiales y mano de obra haciendo más productiva la compañía.
- Al poder detectar en etapa temprana los conflictos entre las especialidades, permitió a cada área, retroalimentarse en tiempo real y así mismo ajustar sus diseños acordes las normas y aspectos técnicos que se evidenciaron en el modelado 3D, con la finalidad de que estos no llegaran a plasmarse al proyecto físico.
- Una rentabilidad constante o mayor a la esperada es lo que se busca en cualquier inversión, la metodología BIM permitió aterrizar la gran mayoría de variables del proyecto, permitiéndonos ser más precisos en el control de factibilidad, diseño, construcción y cierre del proyecto, con mayor detalle en el nivel técnico, y un gran avance en la implementación de nuevas tecnologías, optimizando los procesos y recursos que tanto se requieren en el sector.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abrishami, S. & Goulding, J. Pour Farzad, Ganh Abdulkadir. (2014). Integration of BIM

and generative design to exploit AEC conceptual design innovation. University of Central Lancashire, Preston.

- BIM Forum Chile, (2017). Incorporación de tecnologías Laser 3D en proyectos BIM. Grupo de técnico de trabajo de gestión de proyectos.
- Briones, C. (2017) Metodología BIM y su adopción a nivel nacional e internacional.
- CAMARA COLOMBIANA DE LA INFRAESTRUCTURA. (2019) La CCI es una asociación gremial empresarial que promueve el desarrollo socioeconómico a través de una infraestructura.
- Carbó, A. T. (2014). Desarrollo de un proyecto de construcción con la tecnología Building Information Modeling (BIM). Edificio La Venta (Llíria, Valencia). Valencia: Universidad politécnica de valencia.
- Consejo Superior de Colegios Arquitectos de España. (s.f). Todas las claves para conocer BIM en 8 puntos. Recuperado de:  
<https://www.cscae.com/index.php/es/conocecscae/areatecnica/bim/documentos-y-actualidad-bim/225-bim-documentos/4442-todas-las-claves-para-conocer-bim-en-8-puntos>
- Construction Industry Council. (2015). CIC Building Information Modelling Standards Guia bim hong kong. Recuperado de:  
[https://www.cic.hk/cic\\_data/pdf/about\\_cic/news\\_and\\_update/BIM/Eng/CIC%20BIM%20Standards\\_FINAL\\_ENG\\_v1.pdf](https://www.cic.hk/cic_data/pdf/about_cic/news_and_update/BIM/Eng/CIC%20BIM%20Standards_FINAL_ENG_v1.pdf)
- C. Robinson. (2007) "BIM estructural: discusión, estudios de caso y desarrollos", Diseño estructural de edificios altos y especiales.
- DATAEDRO. (2017). Definición BIM [En línea] Recuperado de  
<http://www.dataedro.com/index.php/es/acercadelbim/20-definicion>
- Eloi Coloma Pico. (2008) Introducción a la Tecnología BIM. Barcelona.

- F. MUÑOZ. (2017) “Metodología para la implementación de BIM (modelado de información de construcción) en el desarrollo de proyectos estructurales”, Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- LÓPEZ, Leidy. (2017) Planteamiento de una estrategia de inclusión de BIM para empresas medianas de arquitectura en la etapa de diseño. Universidad nacional de Colombia.
- LOYOLA, M. La difusión y masificación de BIM en la Industria: El caso chileno. Disponible en:

[http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/140347/La\\_difusi%C3%B3n\\_y\\_masificaci%C3%B3n\\_de\\_BIM\\_en\\_la\\_industria.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/140347/La_difusi%C3%B3n_y_masificaci%C3%B3n_de_BIM_en_la_industria.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Monfort, P. C. (2015). Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura Escuela técnica superior de Arquitectura,
- PILES, B. Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura: Un proyecto utilizando REVIT. Recuperado de:

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/94613/PILES%20%20EGAF0071.%20Impacto%20del%20BIM%20en%20la%20gesti%C3%B3n%20del%20proyecto%20y%20la%20obra%20de%20Arquitectura%3A%20Un%20proye.pdf?equence=1>

- Porras, H., Sánchez, O., Galvis, J., Jaimez, N., Castañeda, K. (2015). Tecnologías BIM en la elaboración de presupuestos de construcción de estructuras en concreto reforzadas. Vol. I I. No. I.
- Proinpa. (2017). Recuperado de: <http://www.proinpa.com>
- QUICENO CARDONA, M. A. (2015) IPD (INTEGRATED PROJECT DEVELOPMENT). Propuesta para la implementación del IPD (Integrated Project Delivery) en la construcción de proyectos de infraestructura pública en Colombia.
- Revista Building Smart Jam. (2015). LOD, Recuperado de:

<https://www.buildingsmart.es/2015/05/18/disponible-el-nuevo-n%C3%BAmerodel-journal-sjbim-1501/LOD>

- Sánchez Ortega, A. (2016) LOD podría definirse como una escala que informa hasta qué punto se ha desarrollado un elemento del modelo (geometría + información). En: Espacio BIM. Recuperado de: <https://www.espaciobim.com/que-es-el-lod-nivel-de-detalle/>

- STRUCTURALIA. PEB – Plan de Ejecución BIM. (2019) Explica la metodología, los sistemas, los procedimientos, los equipos que van a intervenir en determinado proyecto. Recuperado de: <https://cutt.ly/myRqTRo>
- Trejo Carvajal, N. (2019) Estudio de impacto del uso de la metodología BIM en la planificación y control de proyectos de ingeniería y Construcción. [Repositorio Digital Trabajo de grado. Ingeniero Civil. Universidad de Chile. Facultad de ciencias físicas y matemáticas.
- Tomek Y P. Matějka (2014) "El impacto de BIM en la gestión de riesgos como un argumento para su implementación en una empresa de construcción", Procedia Engineering.
- Succar, B. (2008) Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction.
- VERA, Carmen. (2018) Aplicación de la metodología BIM a un proyecto de construcción de un corredor de transporte para un complejo industrial modelo BIM 5D costes.
- Departamento de Construcciones arquitectónicas I, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla. Recuperado de: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/71274/fichero/TFM-1274-VERA.pdf>
- EL TIEMPO (2020). BIM una herramienta que está transformando la construcción colombiana
- Esarte Eseverri, A. (2018) ESPACIO BIM. BEP o plan de ejecución BIM (Qué es) guía de elaboración. Recuperado de: <https://www.espaciobim.com/bep>

Por intermedio del presente documento en mi calidad de autor o titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra que adjunto, titulada **Impacto en los costos y tiempos de ejecución en el proceso de construcción de un edificio habitacional ubicado en la colina Campestre mediante la implementación de la metodología BIM**, autorizo a la Corporación universitaria Unitec para que utilice en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador o titular de la obra objeto del presente documento.

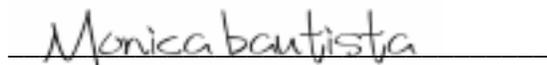
La presente autorización se da sin restricción de tiempo, ni territorio y de manera gratuita. Entiendo que puedo solicitar a la Corporación universitaria Unitec retirar mi obra en cualquier momento tanto de los repositorios como del catálogo si así lo decido.

La presente autorización se otorga de manera no exclusiva, y la misma no implica transferencia de mis derechos patrimoniales en favor de la Corporación universitaria Unitec, por lo que podré utilizar y explotar la obra de la manera que mejor considere. La presente autorización no implica la cesión de los derechos morales y la Corporación universitaria Unitec los reconocerá y velará por el respeto a los mismos.

La presente autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato electrónico, y en general para cualquier formato conocido o por conocer. Manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y la realicé sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es de mi exclusiva autoría o tengo la titularidad sobre la misma. En caso de presentarse cualquier reclamación o por acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión asumiré toda la responsabilidad, y saldré en defensa de los derechos aquí autorizados para todos los efectos la Corporación universitaria Unitec actúa como un tercero de buena fe. La sesión otorgada se ajusta a lo que establece la ley 23 de 1982.

Para constancia de lo expresado anteriormente firmo, como aparece a continuación.

Firma



Nombre Mónica Andrea Bautista Sánchez  
CC. 1.014.195.273



Nombre: Osvaldo Enrique Sánchez Bolívar  
CC.1.049.649.244



Nombre Daniela Martínez Sarmiento  
CC. 1.049.647.562