

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LA UTILIZACIÓN DEL BIM “*BUILDING INFORMATION MODELING*” FRENTE AL MÉTODO TRADICIONAL, EN LA GESTIÓN DEL DISEÑO DE REDES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PARA EDIFICACIONES**

**ALEJANDRA BERNAL CONDIA  
JOSE LUIS ANICETO GIL RODRÍGUEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**2015**

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LA UTILIZACIÓN DEL BIM “*BUILDING INFORMATION MODELING*” FRENTE AL MÉTODO TRADICIONAL, EN LA GESTIÓN DEL DISEÑO DE REDES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PARA EDIFICACIONES**

**ALEJANDRA BERNAL CONDIA  
JOSE LUIS ANICETO GIL RODRÍGUEZ**

**Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Civil**

**Director**

**HERNAN PORRAS DÍAZ  
Ingeniero Civil, M. SC. PhD**

**Codirector**

**OMAR GIOVANNY SÁNCHEZ RIVERA  
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**2015**

## **DEDICATORIA**

*Quiero dar Gracias a Dios, por permitirme culminar esta etapa en mi vida.*

*Quiero agradecer a mis padres, Julia Elizabeth Condia y Luis Alejandro Bernal, por su esfuerzo y entrega, por su amor incondicional en todo momento y que gracias a ellos, hoy me permiten ser profesional y una mejor persona.*

*Quiero agradecer a mis hermanos, Nancy Elizabeth, Rosa Isabel y Alejandro por su compañía, consejos y buenos momentos.*

*Quiero agradecer a mi tía chabela, Diana, Yiyo, Adán, Lizeth, Sofia y a toda mi familia que estuvieron presentes, personas que con sus palabras de apoyo y buenos deseos, fortalecieron mi crecimiento como persona durante mi formación académica.*

*Quiero agradecer a la Universidad Industrial de Santander, por permitirme crecer en sus espacios de enseñanza.*

**ALEJANDRA BERNAL**

## **DEDICATORIA**

*Gracias doy a dios por estar presente en las etapas de mi vida, por brindarme sabiduría, entendimiento y fortaleza para alcanzar una de mis metas propuestas.*

*A mis padres Blanca Edith Rodríguez Parrado y Aniceto Gil Castillo, quienes han hecho posible la culminación de una etapa y un comienzo de un proyecto de vida, quiero resaltar su esfuerzo y confianza depositada desde que hago parte de esta hermosa familia.*

*Agradezco a Bucaramanga y la Universidad Industrial de Santander por haberme acogido como un hijo, por permitirme realizarme como profesional y brindarme todos sus conocimientos de formación académica y cultura del departamento de Santander.*

**JOSE LUIS ANICETO GIL RODRÍGUEZ**

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	15
1. BUILDING INFORMATION MODELING .....	17
2. PROPIEDADES DEL SOFTWARE DE BIM .....	20
2.1 AUTODESK REVIT 2014.....	20
3. MÉTODO TRADICIONAL.....	21
3.1 SOFTWARE CAD.....	21
4. METODOLOGÍA.....	23
4.1 SELECCIÓN DE INDICADORES .....	23
4.2 INDICADORES A EVALUAR.....	24
4.2.1 Tiempo de ejecución de modelado.....	24
4.2.2 Disminución de interferencias en redes hidráulicas y sanitarias .....	26

4.2.3	Gestión de cambios y toma de decisiones en cuanto a espacio tiempo y forma	26
4.2.4	Visualización de modelos y detalle de la información	27
4.2.5	Reducción de costos y optimización de recursos	28
4.2.6	Intervención de equipos de trabajo en la gestión de proyecto	29
4.2.7	Asociatividad bi-direccional	30
4.3	MODELO ARQUITECTÓNICO-CASO ESTUDIO	31
5.	MODELADO DE REDES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS	32
5.1	MODELO HERRAMIENTAS CAD	32
5.2	MODELO UTILIZANDO BIM	34
6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	41
6.1	RESULTADOS BIM VS CAD	41
7.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS	50

7.1	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE MODELO BIM .....	50
7.2	VENTAJAS Y DESVENTAJAS MODELO CAD .....	51
8.	CONCLUSIONES.....	53
	CITAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
	BIBLIOGRAFÍA.....	58

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Coordinación BIM .....	18
Figura 2. Representación de CAD mediante modelos independientes.....	21
Figura 3. Curva esfuerzo-tiempo.....	25
Figura 4. Equipos de trabajo BIM.....	29
Figura 5. Modelo arquitectónico BIM, edificio de oficinas del Portal Girón de Metrolínea, Bucaramanga.....	31
Figura 6. Modelo Arquitectónico CAD, edificio de oficinas del Portal Girón de Metrolínea Bucaramanga.....	31
Figura 7. Diseño de la red hidráulica modelo CAD .....	32
Figura 8. Diseño de red sanitaria y aguas lluvias modelo CAD .....	33
Figura 9. Constitución de un modelo BIM .....	35
Figura 10. Interfaz del software Autodesk Revit, en el modelado de redes hidráulicas y sanitarias.....	35
Figura 11. Detalle de configuración de tubería PVC .....	36
Figura 12. Familias de aparatos sanitarios en Revit. ....	37
Figura 13. Comprobación de errores en Revit .....	38
Figura 14. Detalle de un sistema de tuberías, del edificio.....	39
Figura 15. Modelo BIM, edificio Portal de Girón de Metrolínea.....	40
Figura 16. Tiempo en la fase de gestión del diseño de BIM vs CAD. ....	42
Figura 17. Modelo tridimensional Revit intersecciones de redes hidráulicas y sanitarias. ....	43
Figura 18. Modelo de CAD donde se presenta la superposición de planos y la poca información que los planos proporcionan. ....	44
Figura 19. Visualización detallada de la información en BIM.....	45
Figura 20. Rendimiento de la inversión con BIM. Fuente artículo Autodesk el rendimiento de la inversión con BIM.....	47

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas del Modelo BIM .....	50
Tabla 2. Ventajas y desventajas Modelo CAD .....	51

## RESUMEN

### TITULO:

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA UTILIZACIÓN DEL BIM “BUILDING INFORMATION MODELING” FRENTE AL MÉTODO TRADICIONAL, EN LA GESTIÓN DEL DISEÑO DE REDES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PARA EDIFICACIONES\*

### AUTOR:

ALEJANDRA BERNAL CONDIA  
JOSE LUIS ANICETO GIL RODRIGUEZ \*\*

### PALABRAS CLAVES:

BIM “Building Information Modeling”, AutoCAD, Diseño de redes hidrosanitarias, Gestión del diseño, Chequeo de interferencias.

### DESCRIPCIÓN:

Las tecnologías BIM son herramientas que se fundamentan en el modelado de la información para la construcción y se están estableciendo a nivel internacional en importantes empresas u organizaciones. En la presente investigación se aborda la gestión del diseño de redes hidráulicas y sanitarias para edificaciones, mediante la utilización del BIM con el manejo del software Autodesk Revit, y el método tradicional de diseño apoyado por el software AutoCAD. Se realizó un estudio comparativo en términos de alcance tiempo y costo, a un proyecto de ingeniería, como es el edificio de oficinas del Portal de Girón de Metrolínea, también se definió una lista de indicadores para la medición de la eficacia en la gestión del diseño, de esta forma se pretende identificar las ventajas y desventajas que trae implementar a un proyecto de ingeniería, por medio de la detección de interferencias e incompatibilidades entre las disciplinas intervinientes, siendo las redes de distribución las que presentan mayor conflicto entre el sistema estructural y arquitectónico.

En Colombia la implementación de las nuevas tecnologías BIM han tenido un paso muy lento debido a que se genera un cambio organizacional adaptando sus estándares, procesos productivos y métodos de comunicación a las nuevas tecnologías, no obstante las empresas están dedicando todo su esfuerzo a la planificación o gestión de proyectos, por medio del enfoque PMI que busca cambiar el desarrollo con el que se ejecutan los proyectos dándole la mayor importancia al inicio del proyecto, para tomar las decisiones del modelado, diseño y construcción antes de que se ejecute , para prever errores que se presenten, proporcionando un beneficio-costos en las redes hidráulicas y sanitarias.

---

\*Trabajo de grado

\*\*Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Hernán Porras Díaz, M. Sc. PhD Codirector: Omar Giovanni Sánchez Rivera, Ingeniero Civil.

## ABSTRACT

### TITLE:

COMPARATIVE STUDY OF THE USE OF BIM "BUILDING INFORMATION MODELING" AGAINST THE TRADITIONAL METHOD, IN THE MANAGEMENT OF NETWORK HYDRAULIC AND SANITARY DESIGN FOR BUILDINGS\*

### AUTHOR:

ALEJANDRA BERNAL CONDIA  
JOSE LUIS ANICETO GIL RODRIGUEZ \*\*

### KEYWORDS:

BIM "Building information modeling", AutoCAD, drainage systems, design management, interference checking network design.

### DESCRIPTION:

BIM technologies are tools that are based on information modeling for construction and are being established in major international companies or organizations. In this research design management of networks for hydraulic and sanitary buildings using BIM with Autodesk Revit software management, and the traditional method supported by the AutoCAD design software addresses. A comparative study in terms of scope and time cost, an engineering project, such as office building Portal of Metrolínea Giron, a list of indicators for measuring effectiveness in managing the design is also defined in this way it is to identify the advantages and disadvantages that brings implement a project engineering, through interference detection and incompatibilities between the intervening disciplines, with distribution networks that present greater conflict between structural and architectural system.

In Colombia the implementation of new technologies BIM have had a very slow pace due to organizational change adapting their standards, production processes and methods of communication to new technologies, is generated however companies are devoting all their efforts to planning or project management, through the PMI approach that seeks to change the development projects run by giving more importance to the beginning of the project, to make decisions modeling, design and construction before it is executed, to anticipate errors they arise, providing a benefit-cost hydraulic and sanitary networks.

---

\*Bachelor Thesis

\*\*Faculty of Physical-Mechanical Engineerings. Civil Engineering school. Director: Hernán Porras Díaz, M. Sc. PhD Codirector: Omar Giovanni Sánchez Rivera, Civil Engineering.

## INTRODUCCIÓN

Los inconvenientes que se generan en una obra durante su ejecución y que retardan la finalización del proyecto, son detalles que previamente no se incluyen en la planificación de la obra, y esto representa grandes pérdidas de dinero, tiempo y fallas en la operación, es difícil coordinar este tipo de eventos sin que se generen desventajas al constructor. El proceso constructivo de una edificación en altura ha representado gran complejidad en su ejecución, en él se lleva a cabo; el diseño, la construcción y operación, que implican la colaboración de las disciplinas de ingeniería estructural, de redes y arquitectura.

Suele observarse en proyectos grandes, que el intercambio de información de datos de construcción es complejo teniendo presente que intervienen un número significativo de individuos donde cada uno consulta y produce información. “La cantidad de archivos, hace complicada su administración si no se dispone de la ayuda de un software de diseño”. Coloma, Eloi, Octubre 2008 [1]. Los investigadores de la industria de la construcción han desarrollado el Building Information Modeling (BIM), el cual es definido como una representación virtual de los elementos de construcción de un proyecto, donde se encuentra almacenada e integrada la información para el diseño construcción, operación y mantenimiento.

Un modelo BIM multidisciplinar, contiene información de las tres disciplinas más importantes en el ciclo de vida de un proyecto, estructura, arquitectura y de redes. Por otra parte se encuentra el método tradicional el cual consiste en el modelamiento de proyectos ingenieriles y su principal característica es el intercambio frecuente de planos 2D utilizando el Software AutoCAD, entre las diferentes disciplinas que intervienen en el proyecto.

La interacción de las diferentes disciplinas implicadas en el diseño y modelado, hacen que sea indispensable identificar los elementos que lo conforman y que son para el diseñador de redes la base para iniciar con una propuesta que permita satisfacer a los interesados del proyecto sin afectar la funcionalidad de cada una de ellas.

Dada la importancia que adquieren las instalaciones de redes hidráulicas y sanitarias, en los edificios, la coordinación de las mismas en un proyecto es un proceso cada vez más complejo, presentan varias dificultades en el momento que se quiere ejecutar lo proyectado en los planos a la realidad, entonces es importante identificar y evitar los errores y desviaciones tanto en tiempo y costo durante la ejecución de las obras. La gestión diseño de redes hidráulicas y sanitarias, surge de la necesidad de comunicar la información de forma eficiente entre los grupos de trabajo, esto para disminuir problemas de interferencias y conflictos entre las disciplinas.

Por consiguiente, realizando un enfoque en la gestión del diseño de redes hidráulicas y sanitarias se definen una serie de indicadores, para la medición de la eficacia de la gestión del diseño de redes hidráulicas y sanitarias. La pregunta que se desea resolver en el trabajo de investigación está relacionada con: ¿cuáles son las ventajas y desventajas de la utilización del BIM y una plataforma virtual en la nube, en la gestión del diseño de redes hidráulicas y sanitarias de edificaciones en altura frente al método tradicional de gestión del diseño de dos dimensiones? El caso de estudio el edificio de oficinas del Portal de Girón de Metrolínea, diseñado por la Universidad Industrial de Santander para la compañía Metrolínea S.A.

## 1. BUILDING INFORMATION MODELING

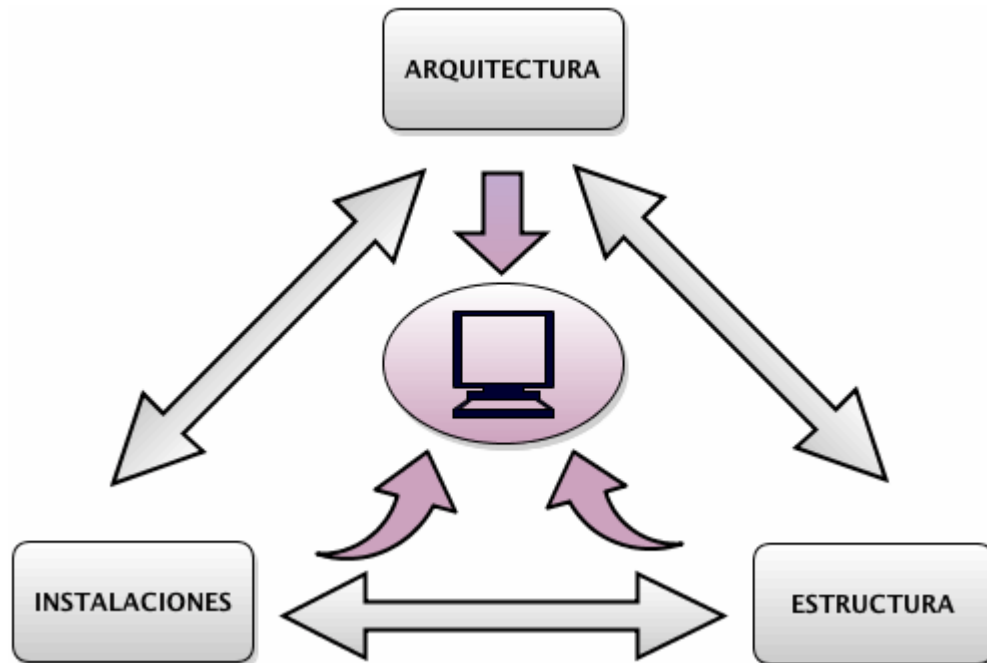
BIM es el acrónimo de Building Information Modeling, y se refiere al conjunto de metodologías de trabajo y herramientas caracterizado por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua; empleando una o más bases de datos compatibles que contengan toda la información en lo referente al edificio que se pretende diseñar, construir o usar. Coloma Eloi, 2008 [2].

Según estudios de caso presentados en publicaciones recientes, compañías mundiales comparten el gran cambio en la implementación del BIM y la conexión de las disciplinas en la industria de la arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC). Jay Rohkohl vicepresidente ejecutivo de Dunham Associates [3], expresa; “BIM ayuda a entender cómo los sistemas encajan dentro del edificio. Su enfoque integral hacia el diseño permite al mecánico, eléctrico, y el equipo de la plomería participar desde el principio del proceso...” es evidente entonces la utilización del BIM en la gestión del diseño de redes hidráulicas y sanitarias para edificaciones, porque proporciona a los diseñadores herramientas para maximizar la eficiencia de diseño y generar soluciones de gestión de contenidos, tipos de tubería específicos según la Normatividad Vigente y la documentación de todo el proyecto, asimismo esta información corresponde a un modelo virtual que contiene objetos con una representación tridimensional. Además, las herramientas BIM permiten generar fácilmente representaciones 2D: plantas, perfiles y secciones, así como perspectivas con un aspecto renderizado. El conjunto de propiedades de cada objeto permite modificar parámetros en cualquier lugar y coordinar automáticamente los cambios en todas las vistas y secciones del modelo.

BIM proporciona diseño, visualización, simulación y soluciones de colaboración entre equipos multidisciplinares, que se encargan del diseño arquitectónico,

estructural y de instalaciones mecánicas, eléctricas, de redes hidráulicas y sanitarias (Figura 1).

Figura 1. Coordinación BIM



Su uso se ha ido incrementado en países en que su progreso ha sido constante y aplicado desde la universidad, formando modeladores BIM y que puedan ofrecer grandes beneficios a la industria de la construcción. En países como El Reino Unido, Países Bajos, Dinamarca, Finlandia y Noruega ya requieren el uso de BIM para proyectos de construcción.

Según estudios encontrados en el documento 'Smart Market Report de McGraw Hill' se reportan cifras como las siguientes: "Dos tercios de los usuarios de BIM ven un retorno positivo de su inversión (ROI) en BIM, el 87% de los usuarios

expertos están experimentando un ROI positivo con BIM y el 93% de usuarios BIM creen que hay potencial para ganar más valor con BIM en el futuro”.

## **2. PROPIEDADES DEL SOFTWARE DE BIM**

### **2.1 AUTODESK REVIT 2014**

El software de diseño de edificios Autodesk Revit 2014, se creó específicamente para el Modelado de Información para la Construcción (BIM) (inglés), e incluye funciones de diseño arquitectónico, ingeniería estructural y MEP.

Autodesk Revit [4].

Autodesk Revit MEP es la solución de diseño y de documentación de la construcción para ingenieros mecánicos/eléctricos/sanitarios. La plataforma Revit se basa en la productividad de la documentación con las ventajas competitivas del modelo de información de edificios. Aumentando la productividad, exactitud, y coordinación entre los grupos interdisciplinarios. Microcad [5].

### 3. MÉTODO TRADICIONAL

#### 3.1 SOFTWARE CAD

CAD, "Computer-aided design" o dibujo asistido por ordenador, es el uso de tecnología informática que reemplaza los diseños manuales por un proceso automatizado. El software AutoCAD fue el primer programa de CAD y sigue siendo la aplicación de CAD más utilizada globalmente. Autodesk CAD Software [6].

Figura 2. Representación de CAD mediante modelos independientes.



El uso del software CAD, hace que el proceso se modernice, de tal forma que en lugar de papel crearon las capas separadas llamadas (layers), y que las utilizan para identificar los diseños de cada una de las disciplinas. Sin embargo la falta de

comunicación entre las capas genera incompatibilidades y una serie de problemas en la etapa de diseño, por ejemplo, las instalaciones de redes que interfieran con algún elemento estructural, que en principio son inevitables por la dependencia de los diseños. (Ver figura 2).

El método tradicional de diseño, reúne a los diseñadores a trabajar en modelos independientes 2D y en el área en la que son responsables, sin la posibilidad de crear un enlace que permita ver un único modelo integrando todos los diseños. Por otra parte, la comprensión del modelo en la mente del lector se limita, ya que no se dispone de más información que la que aparece en el plano. Esta tecnología basada en la representación, aparte de consumir enormes cantidades de tiempo, es muy dada a la propagación de errores en el diseño, los cuales aparecen en la fase de ejecución de la obra.

## 4. METODOLOGÍA

La metodología a emplear para el desarrollo de este trabajo de grado comprende los pasos para la selección de indicadores, el listado de indicadores sustentando el por qué y para qué se quieren evaluar en el diseño de redes hidráulicas y sanitarias. También se presenta un proceso en el diseño del modelo BIM y el método tradicional, con el uso del software Autodesk Revit y AutoCAD respectivamente.

### 4.1 SELECCIÓN DE INDICADORES

Según estudios y lecturas realizadas por publicaciones recientes se realizó un proceso para identificar indicadores que permitieran evaluar y comparar la selección de los métodos en cuanto a la eficacia del proyecto. Se define así:

*Eficacia*: Extensión en la que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados. (ISO 9000 numeral 3.2.14).

Téllez 2014 [7], presenta el proceso para la selección de indicadores de gestión que son base para la aplicación del desarrollo de proyectos y establece la siguiente definición de indicador: “Relación entre variables cuantitativas o cualitativas, que manifiestan las tendencias de cambio generada en el objeto o fenómeno utilizado, frente a los objetivos del proyecto”. A continuación se presentan los pasos para la identificación de indicadores:

Identificar a quien le será útil esta información: Es un proyecto enfocado en las nuevas tecnologías y está abriendo paso para que los futuros profesionales en esta área de la ingeniería civil sean capacitados y estén preparados para la nueva

era del diseño de la construcción en COLOMBIA. Serán los pioneros en realizar modelos tridimensionales en el modelado de la información para la construcción. Identificar las variables necesarias para la medición: Tiempo de ejecución de los modelos, tipo de información que se genera, interacción modelo-diseñador e integración de los diseñadores multidisciplinarios.

Para definir los indicadores y variables que representan el proyecto es necesario sustentar mediante fuentes, datos históricos e investigaciones que proporcionan información detallada acerca del método tradicional y la utilización de tecnología BIM.

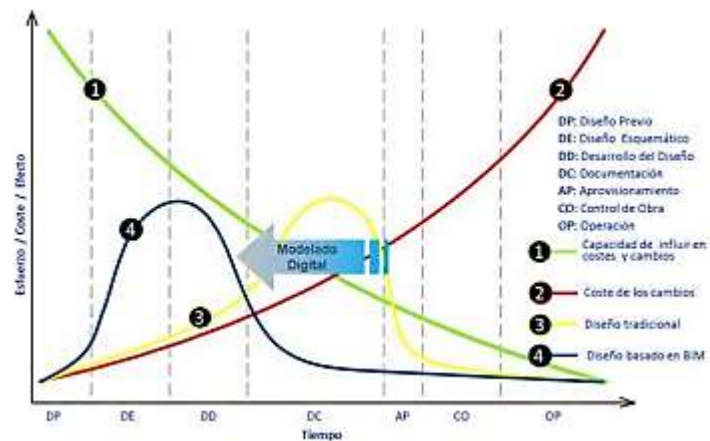
En la revista Building Smart Spanish Journal of BIM N°14/01, en una investigación publicada mediante el artículo “Introducción a la metodología BIM”, expone los beneficios que trae implementar BIM en el ciclo de vida de las edificaciones frente al método tradicional, hay varios conceptos de la metodología BIM, la definición más completa; “BIM (Building Information Modeling) es un nuevo acercamiento al diseño, construcción y gestión de los edificios, Se trata de una metodología que ya ha comenzado a cambiar la manera en la que se ven los edificios, cómo estos funcionan y la manera en la que los mismos se construyen, siendo la revolución del siglo XXI en lo que a la industria de la construcción se refiere”[8].

## **4.2 INDICADORES A EVALUAR**

**4.2.1 Tiempo de ejecución de modelado:** Para medir el rendimiento de trabajo en el diseño de redes hidráulicas y sanitarias. Entre más los proyectos de ingeniería se enfoquen en la etapa de inicio del proyecto, mayor será la probabilidad de que los costos se vean influenciados, al mismo tiempo los costos

serán menores debido a que los cambios que se realizan en el diseño no implican demoliciones, ni adicionales, por eso se genera la gran importancia de mover todo el esfuerzo hacia la parte del diseño. (Jurado, 2014) [9]. Lo anterior se ha expuesto mediante Figura 5.

Figura 3. Curva esfuerzo-tiempo.



Fuente: Patrick Macleamy, CEO HOK, FAIA.

La línea 1 indica un mayor esfuerzo en el inicio del proyecto donde se toman las decisiones para el proceso de modelado, diseño y construcción.

La línea 2 muestra como el costo aumenta debido a los cambios que se producen durante la construcción a medida que avanza un proyecto, aquí un claro ejemplo es en la red hidráulica y sanitaria cuando se presentan interferencia entre planos y tener que corregir los diseños que se realizan durante la fase de ejecución, causa pérdidas de dinero y tiempo en el proyecto

La línea 3 expone el esfuerzo y tiempo del método tradicional en la etapa de diseño

La línea 4 muestra la distribución y el esfuerzo que se da en la etapa de diseño como resultado de la implementación de tecnologías BIM en un proyecto de construcción. En los resultados estará más claro el indicador frente al proyecto.

**4.2.2 Disminución de interferencias en redes hidráulicas y sanitarias:** Para identificar problemas antes de la ejecución de un proyecto. La compatibilidad del diseño en BIM permite resolver las inconsistencias entre planos y modelos, los diseñadores resuelven problemas de interferencias en la superposición de planos, identificando si es necesario la redistribución de diferentes elementos estructurales o definir de nuevos lugares por donde se bajaran las bajantes de aguas lluvias y negras en el modelado de la red hidráulica y sanitaria, para evitar que en la ejecución del proyecto, tengan que realizarse cambios en donde se vea afectado el tiempo y costo del proyecto. [10].

La fase del servicio que proporciona BIM es el ciclo de vida del edificio, dividiéndose en tres fases: la primera fase del proyecto exige el modelo BIM incluya toda la información posible detallada (las características físicas, la geometría y toda la información base, con el objeto de obtener la medición y valoración desde el modelado), no obstante el proceso del modelado comprenderá la elaboración de tres modelos: estructural, el arquitectónico e instalaciones, esos tres modelos han de volverse uno solo, de tal manera que se visualice el modelo BIM del edificio como un todo y se muestren las interferencias que hubiesen entre los diferentes elementos constructivos y las instalaciones, para subsanar los diferentes conflictos, se es necesario que se agreguen buitrones, o se redistribuya las redes. [11].

**4.2.3 Gestión de cambios y toma de decisiones en cuanto a espacio tiempo y forma:** Para realizar análisis previos que permitan mayor facilidad en la

ejecución del proyecto. Detectar las posibles interferencias entre las distintas instalaciones es complejo por medio de CAD debido a su visualización plana de espacio tiempo y forma la cual dificulta reconocer los conflictos entre planos, no obstante suele ser habitual encontrar errores entre la estructura y las instalaciones, anticiparse a esta fase del proyecto trae muchos beneficios, como realizar cambios en la planificación del proyecto, antes de ejecutarlo.

El verificar posibles errores en la medición de los diferentes elementos del edificio antes del proceso constructivo, proporciona consistencia en la información de los planos de memoria, realizando una mejor distribución en el espacio y uso correcto del tiempo entre los agentes implicados en el proyecto, detecta los riesgos tempranos, que puedan afectar el proyecto, el poder adaptar los criterios de sostenibilidad durante el ciclo de vida de cada proyecto, facilita la toma de decisiones y la optimización de recursos.[12].

**4.2.4 Visualización de modelos y detalle de la información:** Comunicación efectiva entre las áreas multidisciplinarias. Aplicación en los proyectos: BIM representa gestión de la información, datos aportados, coordinados y compartidos por todos los participantes del proyecto, la información correcta, a la persona idónea, en el momento adecuado. BIM no solo proporciona información, representa un proceso interoperable para la entrega del proyecto y la obra, ayuda a definir los equipos de trabajos individuales y grupales que se presentaran en las distintas etapas del proyecto. Para los equipos de diseño BIM representa, el diseño integrado de las distintas áreas de la ingeniería civil y los grupos de trabajos externos, la cual permite, creatividad, aprovechamiento de los recursos tecnológicos y más información detallada de los procesos desde la etapa de planificación, que incluye (el modelado, el presupuesto y mejoras en las demoras de tiempo a la hora de la ejecución del proyecto.)

Las diferentes áreas de la ingeniería y los grupos de trabajo externos, crean sinergia (se acoplan de tal forma que se genera un solo equipo de trabajo, en el cual cada interviniente puede ver la información que genera otro y así poder trabajar en la información que queda de base mediante plataforma virtual en la nube). [13]. La interoperabilidad entre las personas intervinientes en el proyecto de red hidráulica y sanitaria estará más adelante, en consecuencia al indicador propuesto.

**4.2.5 Reducción de costos y optimización de recursos:** Para mejorar la rentabilidad de los productos y clientes. El indicador planteado en este punto es a donde queremos llegar en todos los proyectos, que proporcionen una sostenibilidad económica y se pueda optimizar recursos y tiempo en las fases de los proyectos, al hablar de BIM se ve como esta tecnología será influenciada positivamente por proyectos con enfoque PMI que buscan dedicarle el 51% en el proceso de planificación para permitir un equilibrio, a través de 47 procesos directivos para el correcto manejo de un proyecto, que se clasifican en 5 procesos: iniciación, planificación ejecución, control y cierre, que se contemplan dentro de 10 áreas del conocimiento: integración, alcance, tiempo, costo, calidad, recursos humanos, comunicación, riesgos, adquisiciones e interesados.

Esto conduce a pensar que tanto puede ayudar la metodología BIM en la industria, esto es una pequeña muestra de cómo implementar la tecnología BIM a proyectos con enfoque PMI puede aprovecharse al máximo debido a que la misma tecnología permite realizar cambios antes de la etapa de ejecución del proyecto. En CAD nos muestra información plana y menos detallada, la cual no permite, que los proyectos ingenieriles tengan influencia en el costo y optimización de los recursos. [14]

**4.2.6 Intervención de equipos de trabajo en la gestión de proyecto:** Identificar tareas específicas para mejorar el desempeño organizacional.

Figura 4. Equipos de trabajo BIM.



Fuente: Interacción de procesos BIM de una vivienda del movimiento moderno.  
GOMEZ- HERNANDEZ

Conseguir que la información esté coordinada es esencial para que el desarrollo del proyecto pueda llevarse a término por parte de múltiples usuarios, aunque sean diferentes disciplinas que contenga el proyecto, diversos equipos de trabajo podrán trabajar en el mismo proyecto, con la certeza de que la información que se obtenga, se cambie y esté disponible para cualquiera, en CAD es posible realizarlo, aunque cuando se trabajan proyectos de gran magnitud, o proyectos que son realmente extensos de información y los diferentes equipos de trabajo que realizan sus aportes al proyecto son dependientes de cada uno se dificulta el trabajo con el método tradicional de diseño . Sin embargo BIM permite manipular la información de una forma estructurada y coordinada según los equipos de trabajo. [15]

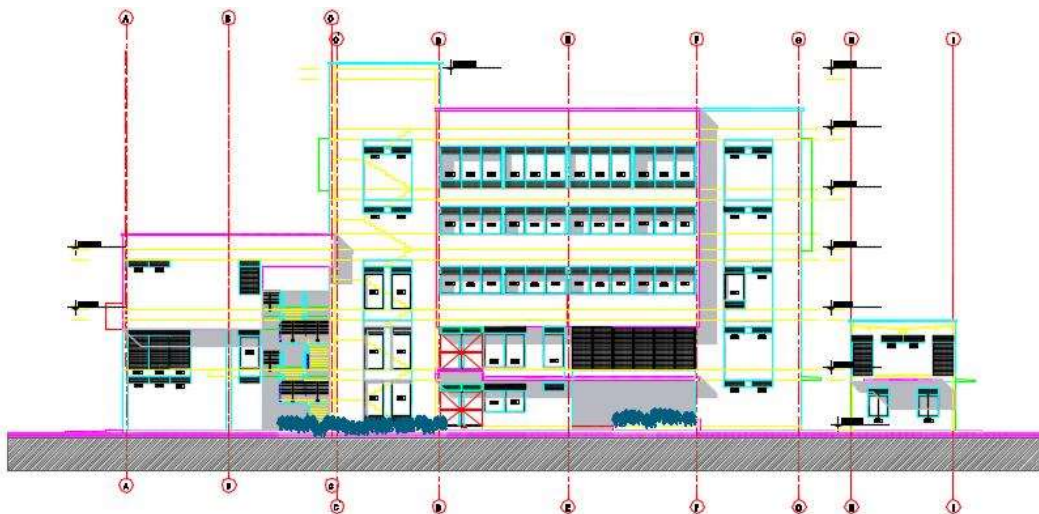
**4.2.7 Asociatividad bi-direccional:** Para identificar con qué rapidez se generan los cambios. Los cambios del proyecto que se tengan que realizar una vez modelado y documentado el proyecto, así el cambio del mismo sea grande o pequeño se actualizara automáticamente, por medio de las tecnologías BIM sin necesidad de modificar uno a uno todos los planos, como se tiene que realizar en CAD, visualizando al instante si las modificaciones hechas interferirán con el proyecto. [16]

### 4.3 MODELO ARQUITECTÓNICO-CASO ESTUDIO.

Figura 5. Modelo arquitectónico BIM, edificio de oficinas del Portal Girón de Metrolínea, Bucaramanga.



Figura 6. Modelo Arquitectónico CAD, edificio de oficinas del Portal Girón de Metrolínea Bucaramanga

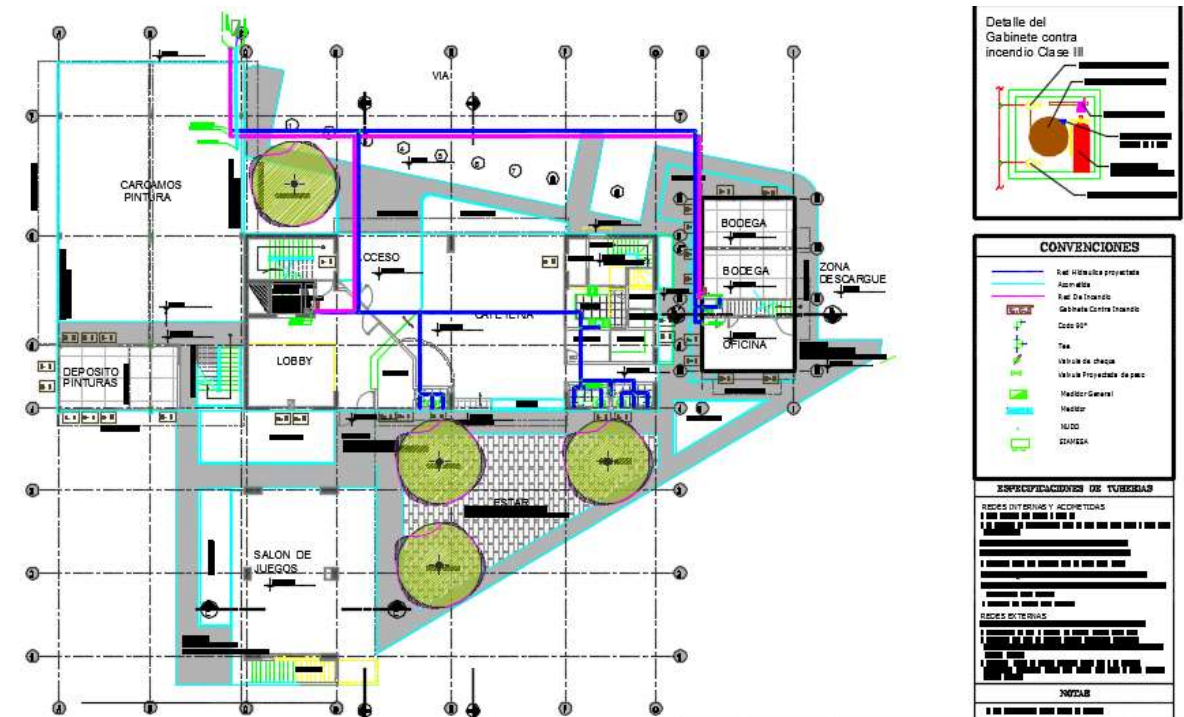


## 5. MODELADO DE REDES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS

### 5.1 MODELO HERRAMIENTAS CAD

El modelo CAD, está conformado por una serie de planos diseñados independientemente, el trazado de la red hidráulica, la red sanitaria y aguas lluvias. La identificación de la funcionalidad del edificio, de los elementos estructurales que lo conforman y la arquitectura, son fundamentales para efectos de cálculos y memorias de diseño, a partir de la normatividad vigente en Colombia, NTC 1500 (Norma Técnica Colombiana de Fontanería), esta norma proporciona las directrices y los requisitos mínimos que deben cumplir las instalaciones hidráulicas, para garantizar la protección de la salud, seguridad y bienestar públicos.

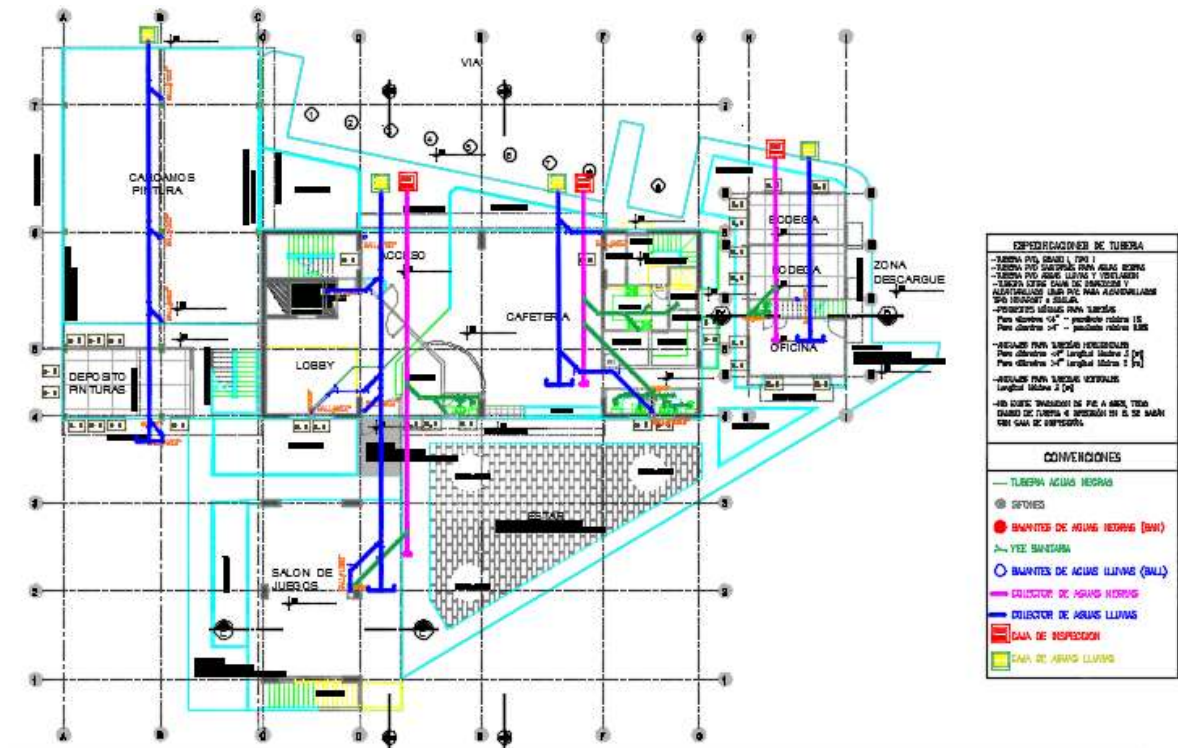
Figura 7. Diseño de la red hidráulica modelo CAD



Para iniciar un diseño como primer paso se debe identificar la red domiciliar que entrega el agua potable a la obra en ejecución, seguido de calcular el volumen de consumo que es proporcionado por la cantidad de aparatos sanitarios que hay cada nivel y el sistema de abastecimiento por bombas hidroneumáticas.

La distribución de la red hidráulica dibujada en CAD por medio de líneas agrupadas por capas o layers, en cada plano de planta correspondiente a los cinco pisos que conforman el edificio. Como parte principal se ubican los buitrones, para seguir una secuencia y ubicar el tallo distribuidor que llevara el agua a su punto final donde lo requiera el diseño.

Figura 8. Diseño de red sanitaria y aguas lluvias modelo CAD



El trazado de la red sanitaria, para el diseño implica regirse por la norma NTC 1500, como objeto, “establece los requisitos mínimos para garantizar el

funcionamiento correcto de sistemas de desagüe de aguas negras y lluvias; sistemas de ventilación; y aparatos y equipos necesarios para el funcionamiento y uso de estos sistemas”.

Idealizar y realizar un trazado en cada planta de entrepiso a 45° grados cada una de sus conexiones mediante líneas y convenciones para los accesorios de tubería como codos, yees sanitarias tee, entre otros, es un trabajo dispendioso que genera interferencias incompatibilidades en la integración de los planos. La ubicación de las bajantes de aguas negras y lluvias junto con sus respectivas ventilaciones, dibujadas en planos de corte de perfiles se realiza con un nivel de detalle bajo lo que dificulta el manejo de la información con las demás disciplinas.

## **5.2 MODELO UTILIZANDO BIM**

La tecnología BIM, permite crear y gestionar un modelo BIM multidisciplinar, paramétrico y multivista, debido a su revolucionaria forma de manejar la información contenida en un solo modelo.

Con Autodesk Revit, el modelado gráfico es completamente diferente al tradicional. A partir de un modelo arquitectónico y estructural previamente realizado por la Universidad Industrial de Santander para Metrolinea, el edificio de administración del portal de Girón de Metrolinea y la utilización de Autodesk Revit 2015 vincula los modelos y crea una plantilla MEP, MEP corresponde con las siglas en inglés de Mechanical, Electrical y Plumbing, que incluyen las especialidades de instalaciones eléctricas, sanitarias, de aire acondicionado, tuberías en general, que permiten visualizar, comunicar y coordinar el proyecto entre las disciplinas y el personal involucrado en el proyecto.

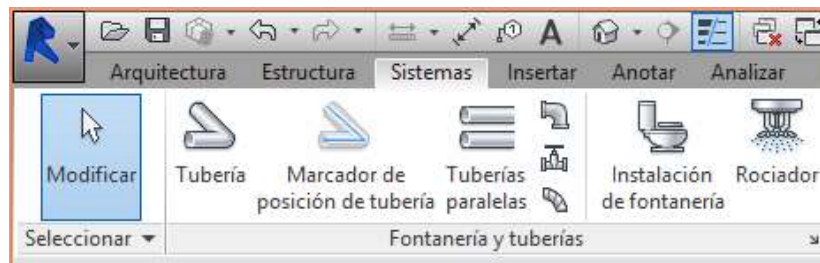
Figura 9. Constitución de un modelo BIM



Es necesario identificar la funcionalidad de cada una de las disciplinas, para iniciar el proceso de diseño de redes hidráulicas y sanitarias:

- Estructura: se constituye de elementos estructurales de la edificación, se identificó el tipo de cimentación, columnas, vigas, losas de entrepiso que conforman la armadura principal.
- Arquitectura: Mampostería, cubiertas, enchapes y acabados, que finalmente son requerimientos a satisfacción de los interesados.

Figura 10. Interfaz del software Autodesk Revit, en el modelado de redes hidráulicas y sanitarias.

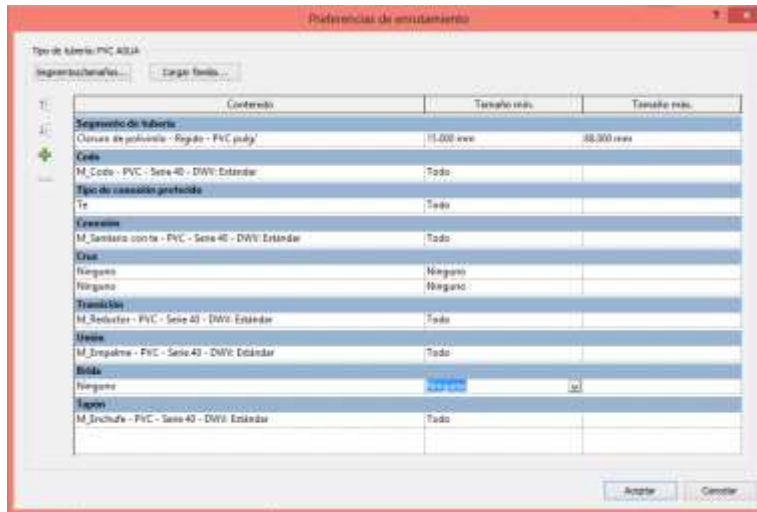


El modelado MEP de instalaciones puede empezar cuando se tiene por lo menos el modelado de un piso de estructuras y arquitectura. Por medio de esta colaboración de información entre los modelos se realizó el trazado de la red hidráulica y sanitaria, en un tiempo record, mediante una experiencia novedosa y

enriquecedora, el uso del software Autodesk Revit, ofrece un producto coherente, correctamente organizado y documentado desde el inicio.

La interfaz del software es precisa (figura 10) y se basa en objetos que son editables directamente, esto se refiere a la forma didáctica y ordenada de crear tuberías mediante parámetros que el mismo usuario puede crear antes de empezar a dibujar, los tipos de sistemas de tuberías se adecuaron a las unidades que se venden en el mercado comúnmente, según su uso, material y diámetro. (Figura 11).

Figura 11. Detalle de configuración de tubería PVC



Revit cuenta con una serie de familias cargadas previamente en el software, que son creaciones de los mismos fabricantes de materiales, que se necesitan en la construcción, en este caso, sanitarios, lavamanos, fregaderos y duchas, sus formas están dadas y parametrizadas, y permite al usuario modificar secciones a las dimensiones específicas del proyecto con su respectivo material que se espera utilizar en el lugar de la obra. (Figura 12)

Figura 12. Familias de aparatos sanitarios en Revit.



Permite a cada elemento de las familias cargadas modificar propiedades como:

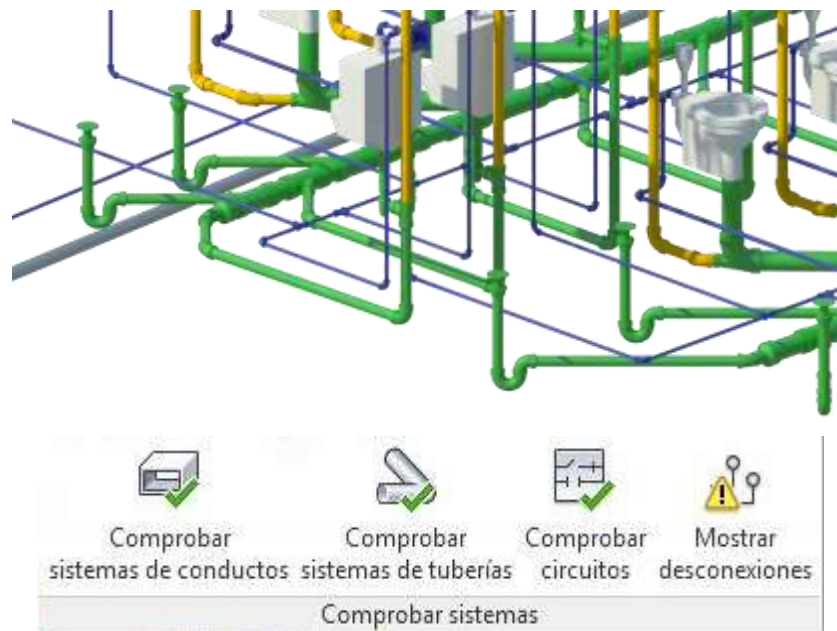
- Diámetros de tubería de entrada de agua y desagüe.
- Permite al usuario ingresar dimensiones: esto indica que se puede crear el objeto según especificaciones requeridas. Ejemplo: alto, ancho, largo.
- Materiales: permite interactuar con diferentes tipos de materiales según los requerimientos dados en las especificaciones del proyecto.
- Información del fabricante, asignación de costo.

En la implementación de un modelo BIM es necesario crear propias familias ajustadas a la norma técnica colombiana de fontanería NTC 1500, en el primer diseño implicaría de más tiempo, pero en el segundo este paso ya no se realizaría. Para el modelo de redes, todo debe estar conectado y con espacio suficiente para que se agreguen codos, yees y reducciones utilizando una herramienta en la interfaz del software que permite comprobar sistemas de tubería y mostrar conexiones. Revit proporciona un modelo muy completo pero aun sus memorias de cálculo no generan diámetros de tubería, ni el cumplimiento con nuestra norma vigente. Se requirió de hojas de cálculo aplicando la norma de diseño vigente de diámetros de tubería, para su respectiva distribución.

El espacio fue un factor importante en la toma de decisiones, desde una vista isométrica, en planta y arquitectónica 3D, se pudo observar soluciones de trazado

de la red, teniendo en cuenta interferencias e incompatibilidades entre conexiones, los accesorios de tubería realizaban una conexión rápida e identificaba desconexiones a simple vista. La red hidráulica, hace conexiones rápidas si se agrupa una serie de equipos a un mismo sistema de tuberías y un mismo punto de llegada, el cual solo era identificar el bajante al cual se conectaba la red.

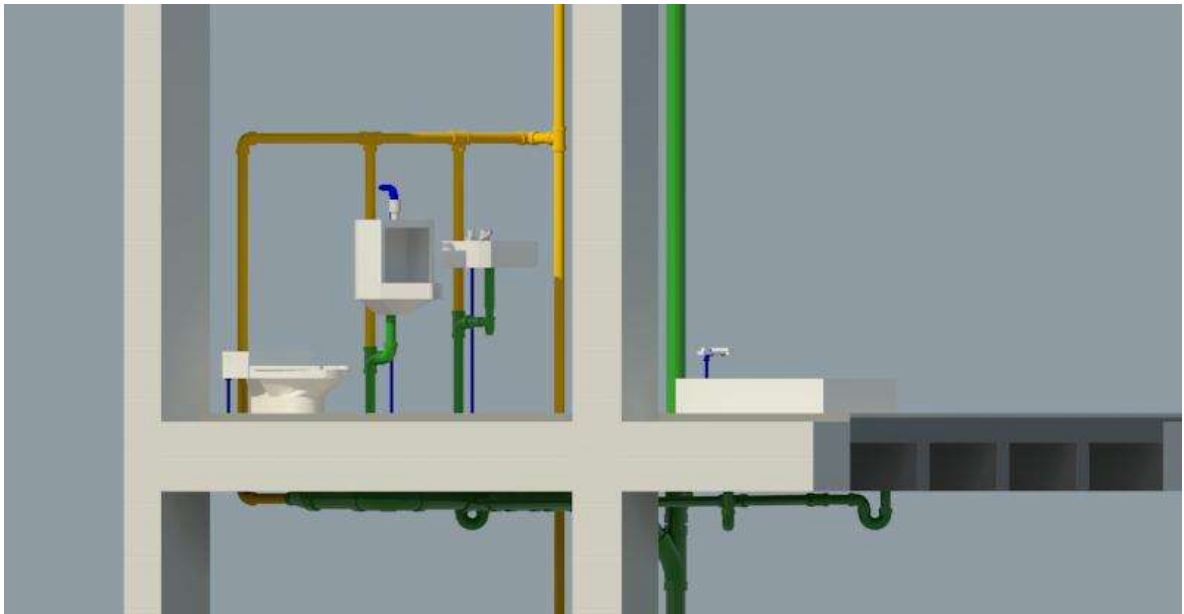
Figura 13. Comprobación de errores en Revit



El trazado y modelado de la red sanitaria requirió de más detalle, para lograr un diseño óptimo, sus conexiones a 45, junto con los accesorios y uniones de tubería facilitaron conexiones rápidas. La red contra incendio, cuenta con familias cargadas para su respectiva identificación en el modelo, es una de las redes que se hacen primero debido a su gran diámetro y es importante identificar su ubicación dentro del sistema garantizando la seguridad de las personas, protección del medio ambiente y de la edificación estructural, respectivamente en orden de prioridad, estos diseños se rigen bajo la norma NFPA.

Los sistemas de ventilación se modelaron, siendo este un requisito para el buen funcionamiento de las redes y no presentar malos olores luego de entregada la edificación. Se identifican las posibles interferencias de las instalaciones entre sí y con elementos estructurales o de arquitectura, para resolverlos de forma adecuada desde el modelo virtual. El producto final se ve reflejado en un modelo coherente, organizado y documentado desde el inicio.

Figura 14. Detalle de un sistema de tuberías, del edificio.



La herramienta de tablas de cantidades, permite cuantificar el modelo y obtener un reporte de accesorios (codos, te, uniones, reducciones), tipos de tubería, aparatos sanitarios entre otros, según su tamaño, material, longitud y cantidades que se necesitan en el modelo finalizado. Es indispensable para realizar un presupuesto y una programación de obra, encontrar reportes de este tipo, genera beneficios al proyecto de tipo costo, tiempo y alcance.

Figura 15. Modelo BIM, edificio Portal de Girón de Metrolínea.



## 6. ANALISIS DE RESULTADOS

### 6.1 RESULTADOS BIM VS CAD

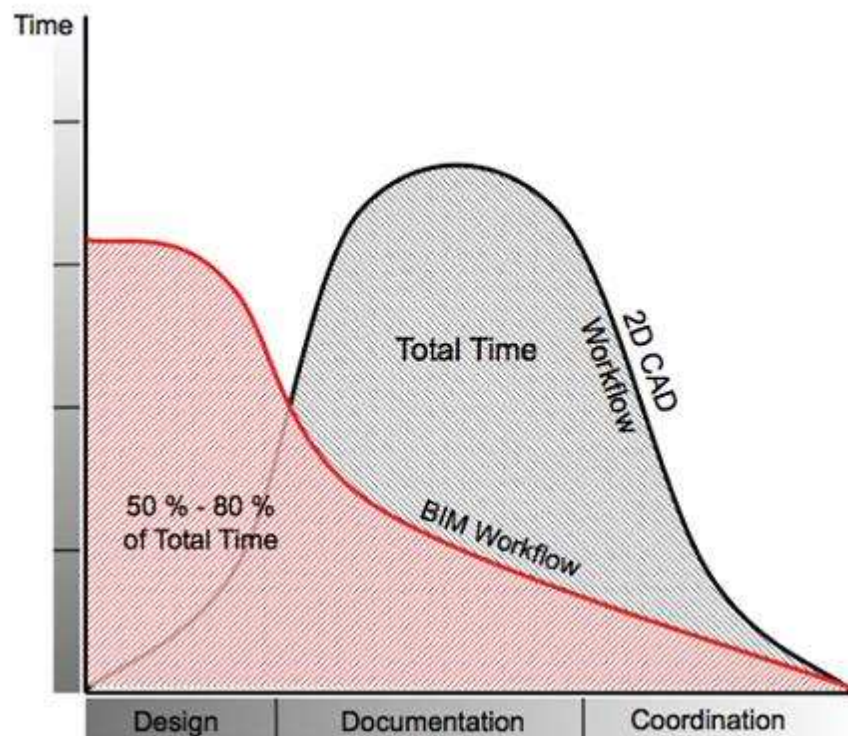
- *Tiempo de ejecución de modelado:* Se realizó una comparación en el tiempo estimado por diseño el cual permitió identificar que tecnología se lleva los créditos en el tiempo para desarrollar el proyecto, la etapa de diseño se dividió en la elaboración de los planos de redes hidráulicas, sanitarias y aguas lluvias, donde se empezó a trabajar en ambos programas en simultaneidad y se obtuvieron los siguientes resultados:

El modelo CAD requirió de más tiempo en el proceso de interpretación de planos arquitectónicos, porque se necesitó identificar los elementos estructurales para no pasar la tubería por ellos y así no afectar la resistencia de la estructura, por otra parte el software Autodesk Revit 2015, proporciona vistas de gráficos isométricos en planta y realizar cortes en cualquier dirección facilitando el trazado de las redes hidráulicas y sanitarias.

Otro factor que se vio reflejado en el tiempo de ejecución en el modelado BIM es ser inexperto o no contar con un manager que se encargue por la calidad del trabajo de ejecución que se esté elaborando, retrasando el tiempo del proyecto, el BIM manager es el experto en la tecnología BIM quien ayudara en la etapa de adaptación de la empresa para realizar un cambio que permita adaptarse al dinamismo de la industria, debido a que los usuarios del método tradicional, tendrían que salir de su confort y esto conllevaría a que tuvieran indisponibilidad de utilizar la tecnología BIM por que pueden ser mentalmente influenciados a volver a utilizar el sistema anterior si no hay enseñanza de un especialista en el tema.

La figura 16 muestra que trabajar con el modelo CAD el tiempo tiene la forma de la campana de gauss que indica que a medida que va avanzando el proyecto se va incrementando el tiempo en las etapas de documentación y coordinación mientras que en BIM proporciona una gráfica que va decreciendo a medida que va avanzado el proyecto, identificando el tiempo total que se gastaría en los métodos utilizados en el proyecto, proporcionando un aumento en la productividad de diseños coordinados y mejoras en los procesos de construcción en sus modelos.

Figura 16. Tiempo en la fase de gestión del diseño de BIM vs CAD.

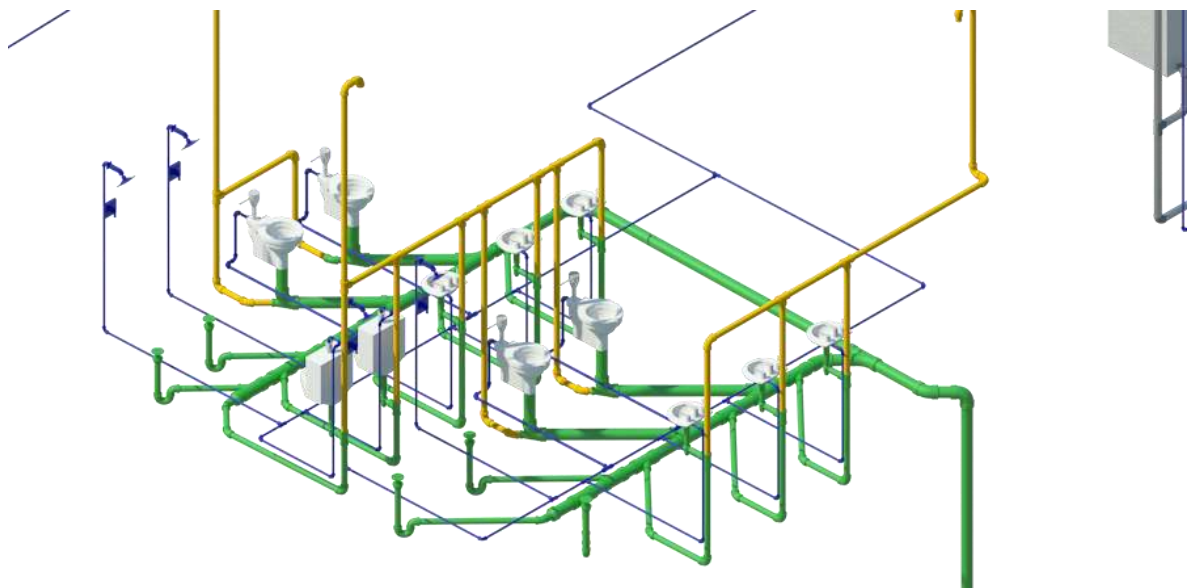


Fuente: Graphisoft.

- *Disminución de interferencias en redes hidráulicas y sanitarias:* El modelado en CAD no proporciona la información suficiente que permita identificar en

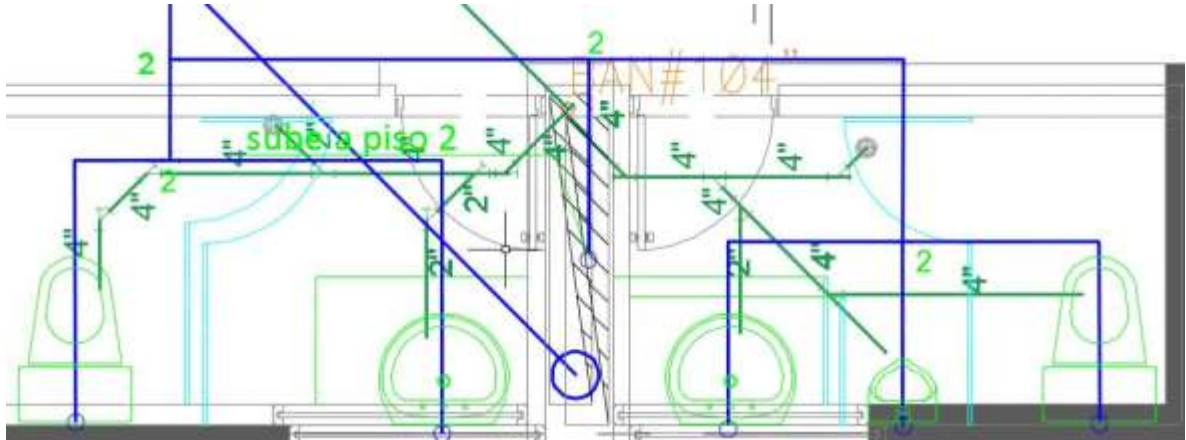
detalle los problemas de interferencia o espacio en el proyecto, en cambio BIM cuando el proyecto es complejo o maneja varias áreas de la ingeniería civil donde se presenta interposiciones de planos facilita el manejo de información, presentando una mayor importancia a la revisión de incongruencias o interferencias en la etapa del modelamiento, y reduce los conflictos entre las diferentes disciplinas de la ingeniería, reduciendo así los cambios en campo y detectando los problemas antes de la ejecución del proyecto, aumentando la productividad en el proceso constructivo, los errores más frecuentes son de tipo espacial se refiere por ejemplo a un entrecruzamiento entre la red hidráulica y la red sanitaria de la edificación.

Figura 17. Modelo tridimensional Revit intersecciones de redes hidráulicas y sanitarias.



BIM muestra a que nivel se encuentran las tuberías de la red hidráulica y sanitaria, identifica cuando hay alguna interferencia o si la red no cumple con las pendientes para el flujo se desagüe de las tuberías. (Ver Figura 18)

Figura 18. Modelo de CAD donde se presenta la superposición de planos y la poca información que los planos proporcionan.



Al superponer los planos, la información es muy lineal o plana no permite con el modelamiento del edificio observar a simple vista o identificar la interferencia de redes, el espacio necesario que se necesita en la fase de ejecución y no da soluciones a la hora de distribuir la red en el entrepiso que se esté modelando.

- *Gestión de cambios y toma de decisiones en cuanto a espacio tiempo y forma:* El plan de gestión de cambios y toma de decisiones de manera apropiada es posible en BIM porque permitió realizar análisis previos resolviendo problemas constructivos en cuanto espacio tiempo y forma, siendo posible rediseñar sin sobrecostos un ejemplo claro es la distribución que se realizó en el entrepiso 1 de la edificación en CAD, se fue a realizar de la misma forma en BIM y no fue posible distribuirla de la misma forma, por ende se cambió la distribución que tenía en ese espacio.
- *Visualización de modelos y detalle de la información :* La visualización de los modelos y el detalle de la información en CAD son insuficiente en la presentación de planos, detalles, gráficos y datos, debido a que sus modelos son

muy lineales, hasta que no termine una fase del proyecto no comienza la otra, esto dificulta la interrelación entre intervinientes lo que conlleva a que muchas veces después de avanzar el proyecto en una dirección, se deba retroceder y volver a empezar por una incompatibilidad en soluciones adoptadas, por ejemplo cuando el arquitecto, el ingeniero estructural y el ingeniero hidrosanitario, diseñan sus respectivos modelos sin tener en cuenta la información de las otras disciplinas, como consecuencia se presentan interferencias entre el sistemas estructural y las redes de distribución.

Figura 19. Visualización detallada de la información en BIM



Con base al proyecto que se realizó se puede identificar poca información en los planos arquitectónicos 2D CAD, dificultando el diseño de la red hidráulica y sanitaria. Con BIM es posible la interoperabilidad entre las diferentes disciplinas de la ingeniería y permite trabajar en tiempo real, gestionando, controlando y optimizando los recursos propios de la ejecución del proyecto desde cualquier lugar del mundo ya que se puede trabajar en una plataforma virtual, desde allí

hacer los cambios pertinentes antes de la ejecución del proyecto reduciendo los costos administrativos tanto para dueños y constructores como para operadores, de igual forma la visualización de los modelos permite tener una comunicación efectiva con los diferentes interesados del proyecto de manera que tanto el personal calificado como no calificado puede entender y resolver problemas fácilmente con la información que presentan los planos.

En la figura 19 se puede ver el detalle y la calidad de la información que proporciona BIM a través de render que le permiten hacer una visión periférica o detallada del corte o perfil que se desee ver.

- *Reducción de costos y optimización de recursos:* Para empezar un análisis de costos en una empresa en base a los diseños y modelados de la construcción de los proyectos de ingeniería con respecto a los sistemas tradicionales es necesario especificar que la empresa debe realizar o implementar un cambio organizacional para esto se necesita un apoyo completo en la gerencia y un buen BIM manager que tenga conocimiento y experiencia en la metodología del trabajo con las tecnologías BIM.

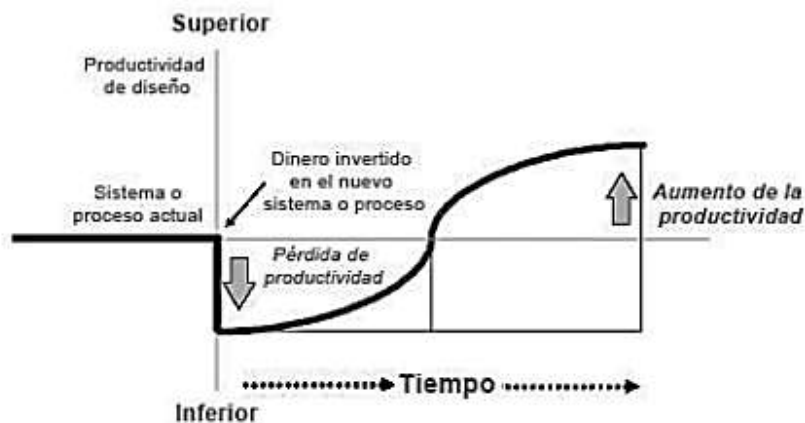
El uso de tecnologías BIM permite que el proyecto a ejecutar evite conflictos constructivos, disponiendo de información precisa, comunicando y coordinando de forma más rápida, en donde se ve beneficiado el propietario a la hora de poner en venta la infraestructura construida debido a la optimización en la fase de ejecución de proyecto, así por cada trabajo y costo invertido en la fase de diseño, se ahorra un 30 % en la fase de ejecución, ahorrando en el proceso operativo y funcional del edificio.

Otros factores a tener en cuenta en la implementación de la tecnologías BIM, es el entrenamiento en el uso del sistema de BIM lo que afectara la productividad de la empresa y la persona que esté en aprendizaje por el tiempo de formación, no

obstante el empleado tiene que alcanzar un nivel óptimo de productividad lo cual reducirá el costo operacional de la empresa debido al cambio en la estructura organizacional, al principio se experimentara solo costos de inversión, pero para generar un cálculo en el retorno de la inversión, se tendría que medir las ganancias en la facturación, calidad del proyecto, mejora de comunicación entre clientes y los respectivos implicados en la etapas del proyecto.

No obstante la información o datos que se generan en un modelo BIM reduce y beneficia costos en la etapa de diseño y construcción de un proyecto, también se puede utilizar en todo el ciclo de vida de la estructura para ayudar a reducir el costo de operación y gestión del edificio.

Figura 20. Rendimiento de la inversión con BIM. Fuente articulo Autodesk el rendimiento de la inversión con BIM.



**Figura 1**  
Productividad del diseño durante la implementación del sistema BIM.

La figura 20 muestra el rendimiento de la inversión (ROI) donde se debe tener en cuenta los cambios de productividad de los usuarios durante el fortalecimiento del nuevo sistema o implementación del producto. Se produce una pérdida inmediata de la productividad mientras los usuarios se adaptan al nuevo sistema, con el

tiempo se recupera la productividad hasta el mismo nivel del sistema tradicional, inclusive alcanza un punto más elevado a medida que se afianza la nueva tecnología.

- *Intervención de equipos de trabajo en la gestión de proyecto:* Con la necesidad de aumentar y desarrollar un equilibrio en el ciclo de vida del proceso constructivo en los proyectos de ingeniería, se buscó desarrollar nuevas metodologías y procesos e implementando plataformas o herramientas que permitan a los implicados integrar sus conocimientos desde el inicio de etapa del proyecto, esto implicó incrementar la eficiencia, optimizar recursos y reducir riesgos con la finalidad de mejores resultados en el proyecto a ejecutar, trabajar con BIM es trabajar en equipo, pues una de las bases es compartir la información, trabajando varios usuarios a la vez en el mismo archivo al mismo tiempo en una plataforma virtual intercambiando información coordinada, coherente y cuantificable facilitando las necesidades en las etapas de modelamiento tridimensional, diseño y ejecución.

El flujo de la información CAD/BIM hacia otras aplicaciones se realiza a través de formato IFC (industry foundation classes) es un formato de datos de especificación abierta con el propósito de convertirse en un estándar que facilite la interoperabilidad entre programas de la construcción, no obstante cada programa tiene sus características y paquetes de información, sin embargo el hecho de pasar cierta información básica de un programa a otro, esto permite la comunicación entre los diferentes agentes que intervienen en el proceso constructivo.

- *Asociatividad bi-direccional:* Para identificar con qué rapidez se generan los cambios: Es un indicador al cual le merece la calificación a la utilización de tecnologías BIM, porque gracias al software, permite que cualquier dato que se modifique, se actualice en todo el modelo. Revit maneja información mediante

componentes paramétricos, que facilitan el manejo de la información de una forma ordenada. El software CAD mediante layer o capas se identifican representaciones literales que permiten cambiar propiedades básicas de tamaño, color, grosor de línea, tipo de línea, entre otros. La cantidad de información que se maneja en un proyecto mediante estas representaciones resulta muy compleja de identificar incongruencias en el modelo.

## 7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

### 7.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE MODELO BIM

Tabla 1. Ventajas y desventajas del Modelo BIM

Ventajas de Modelo BIM	Desventajas de Modelo BIM
El modelo permite realizar cambios de información en los planos y vistas 3D, sin tener que realizar dichos cambios uno a uno.	El software no genera memorias de cálculo en cuanto a diseño de la red hidráulica y sanitaria.
Los accesorios de tubería realizan conexiones automáticas e identifican desconexiones en la red, dando consistencia al diseño.	La implementación de la tecnología BIM genera un cambio organizacional en el manejo de la información y productividad de la empresa.
La interfaz del software muestra soluciones en la distribución de las redes hidráulicas, y permite modificar los trazados auto-generados, reduciendo tiempo y espacio, fijando un punto final al cual se quiere llevar la red.	No hay disponibilidad de elementos como válvulas y accesorios de tubería que se utilizan en la realidad hechos por fabricantes y que son difíciles de encontrar de acuerdo a la normatividad Colombiana.
Las reducciones son insertadas automáticamente cuando es necesario, para emparejar las dimensiones de los segmentos de tubería.	La necesidad de un adecuado entrenamiento y aprendizaje por parte del profesional para manejar el software.
Detección de Interferencias entre los diseños de las diferentes disciplinas.	
Coordinación de las disciplinas	

intervinientes en el proyecto, arquitectura, estructuras y redes.	
Sistema de dialogo y actualización constante por medio de la plataforma virtual.	
Permite asignar tipos de materiales y productos de acuerdo a los requerimientos del proyecto.	
La configuración de los diámetros de tubería, material PVC y accesorios, son editables directamente.	

## 7.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS MODELO CAD

Tabla 2. Ventajas y desventajas Modelo CAD

Ventajas de modelo CAD	Desventajas de modelo CAD
CAD es una herramienta global, que es utilizada por la mayoría de los diseñadores, lo que permite su fácil acceso y comodidad de trabajo.	Limita el proceso real de la construcción, no permite ver en forma virtual los elementos de la estructura.
CAD facilita trabajar la información para proyectos pequeños.	En proyectos de gran complejidad el nivel de detalle para la comprensión de la lectura de planos es dispendioso y no permite tener una visión más clara de las redes hidráulicas y sanitarias.
CAD tiene años de conocimiento, es	No permite ver interferencias con

<p>más seguro hacer una estimación del tiempo que se necesitara para realizar los modelos y así ocurran errores, se está preparado para defenderse de los problemas.</p>	<p>elementos estructurales antes de la ejecución del proyecto.</p>
<p>CAD utiliza conceptos muy sencillos y generales para definir la geometría como: líneas, puntos y círculos.</p>	<p>La realización de planos requiere más tiempo del diseñador y la comunicación entre las disciplinas es mínima debido a que los cambios que se generan son independientes.</p>
<p>CAD proporciona detalle en los planos y permite que el medio físico se trabaje a la escala que se requiera.</p>	<p>La optimización del proyecto no se asegura al realizar la compatibilización de planos bidimensionales, ya que hay gran cantidad de información y detalles que se pierden en perfiles y cortes de elevación.</p>

## 8. CONCLUSIONES

En proyectos de edificaciones, la calidad de los documentos y planos de redes hidráulicas y sanitarias, mediante BIM con el manejo del software Autodesk Revit, ofrece un modelo completo de información en la etapa de inicio del proyecto y esto permitiría prever errores en cuanto a espacio tiempo y costo en los sistemas de redes. Teniendo en cuenta que el método tradicional pasaría a un segundo plano en la industria de la construcción.

La gestión del diseño de redes hidráulicas y sanitarias mediante BIM, permitió identificar los problemas de compatibilidad e interferencia entre el sistema estructural, de redes y la arquitectura, representando para la empresa una relación de beneficio-costos altamente efectiva. Mientras que en el método tradicional las interferencias son un problema común al que tienen que enfrentarse durante la ejecución, lo que genera atrasos en la obra y entrega del proyecto.

BIM requiere en su proceso de implementación, la intervención de profesionales capacitados en el manejo de las tecnologías y la constante comunicación entre el equipo de trabajo.

Los beneficios que proporciona BIM frente a CAD, son significativos en cuanto alcance, tiempo y costo, debido al manejo de la información contenida en un único modelo, y se convierte en una herramienta de análisis para revisar los criterios de diseño y la funcionalidad entre las disciplinas del proyecto.

BIM provee las bases para mejorar la planificación y programación de obra, mediante el seguimiento del modelo virtual y la ejecución en obra.

CAD es una herramienta global es por eso que la transición de CAD a BIM en Colombia ha dado pasos muy lentos, los diseñadores se sienten en un ambiente de confort con CAD, y se les dificulta hacer un cambio organizacional en la forma de trabajar, debido a que las empresas deben reestructurar sus procesos productivos adaptando sus estándares y métodos de comunicación.

Mediante el estudio comparativo de BIM frente al método tradicional de diseño, se concluye que BIM en la gestión del diseño de redes hidráulicas y sanitarias tiene la capacidad de realizar un cambio en el proyecto y verse reflejado en planta, perfil, sección y todos sus elementos que lo contienen, no obstante tiene la particularidad de ofrecer al proyecto propiedades físicas, tales como materiales, acabados, precios y las cantidades de obra que están presentes, luego generar informes automatizados que permiten el recuento de elementos constructivos, algo difícil de conseguir en CAD.

## CITAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] COLOMA, Eloi. Definir BIM, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. Universidad Politécnica de Barcelona, 2010.

[2] COLOMA, Eloi. Introducción a la tecnología BIM, Octubre del 2008.

[3] Autodesk Revit, [web en línea].  
<http://latinoamerica.autodesk.com/products/revit-family/overview> [Consulta: 07-9-2015].

[4] Autodesk Revit Productos, Ingeniería MEP, “Dunham Associates, Inc.” [Documento en línea] Design, visualize, simulate, document, and build. MEP Engineering Solutions for Building Systems.

[5] MICROCAD S.A.S, Medellín-Colombia. (Web en línea)  
<http://microcad.co/portafolio/curso-revit-mep/>

[6] Autodesk CAD Software, [web en línea].  
<http://www.autodesk.es/solutions/cad-software> [Consulta: 16-9-2015].

[7] Téllez 2014, Sistemas de integración de gestión, “Indicadores” U. Quindío. [Documento en línea]

[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/102030/ENCUENTRO\\_TUTORIAL\\_09-05-2014/indicadores.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/102030/ENCUENTRO_TUTORIAL_09-05-2014/indicadores.pdf)

[8]. Choclán Gámez Felipe, Soler Severino Manuel, González Márquez Ramón Jesús. “INTRODUCCION A LA METODOLOGÍA BIM” *BUILDING SMART Spanish Chapter GUIA DE USUARIOS BIM*, Edición 14/01, pp 4-10.

[9] Jurado Carlos, Agosto 2014, “Los Beneficios del BIM en el Diseño de Proyectos”

[10] Quiroz Mory, Luis Felipe, IDandBIM Internacional; Lima, Perú, “Construcción virtual del casco estructural del centro de información e investigación de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI (CIIFIC-UNI)”, *BUILDING SMART Spanish Chapter GUIA DE USUARIOS BIM*, Edición 15/01, pp 12-17.

[11] Miguel Ángel Gea, Andrés. “caso de éxito: Ciudad de la Justicia de Córdoba (España)” Miguel Ángel Gea & Arquitectos, Director General de Total BIM Consulting. Sevilla, España. *BUILDING SMART Spanish Chapter GUIA DE USUARIOS BIM*, Edición 15/01, pp 18-28.

[12] Choclán Gámez Felipe, Soler Severino Manuel, González Márquez Ramón Jesús. “BUILDING INFORMATION MANAGEMENT: Gestión Con La Norma Internacional ISO 21500” *BUILDING SMART Spanish Chapter GUIA DE USUARIOS BIM*, Edición 14/01, pp 48-54.

[13] Gómez Fernández Iván, Proyecto de grado Escola Universitaria De Arquitectura Técnica. “Interacción De Procesos BIM Sobre Una Vivienda Del Movimiento Moderno. La Ville Savoye”. Junio de 2013

[14] Miguel Ángel Álvarez Pérez, Manuel Bouzas Cavada. “La conexión entre el Project Management y el BIM”. BUILDING SMART Spanish Chapter GUIA DE USUARIOS BIM, Edición 15/01, pp 30-38.

[15] Gómez Fernández Iván, Proyecto de grado Escola Universitaria De Arquitectura Técnica. “Interacción De Procesos BIM Sobre Una Vivienda Del Movimiento Moderno. La Ville Savoye”. Junio de 2013.

[16] Gómez Fernández Iván, Proyecto de grado Escola Universitaria De Arquitectura Técnica. “Interacción De Procesos BIM Sobre Una Vivienda Del Movimiento Moderno. La Ville Savoye”. Junio de 2013.

## BIBLIOGRAFÍA

BUILDING SMART Spanish Chapter GUIA DE USUARIOS BIM [Documento 4].  
Versión 1.1. Octubre 2014. “Diseño de Instalaciones MEP”  
<http://bimchannel.net/documentos-bim/guia-04-diseno-de-instalaciones-mep/>  
[Consulta: 10-9-2015].

MACLEAMY. Curva de Macleamy.

UK BIM TASK GROUP. [Web en línea] <http://www.bimtaskgroup.org/bim-faqs/>  
[consulta: 19-9-2015.]

“Building Information Modeling (BIM): Una Oportunidad Para Transformar La Industria De La Construcción” *BUILDING SMART Spanish Chapter GUIA DE USUARIOS BIM*, Edición 14/01, pp 12-18.

10 Razones de por qué Autodesk Revit MEP es el software BIM para ingenieros mecánicos, eléctricos y sanitarios. [Web en línea]. <http://triaxis.blog.com/revit-mep/>  
[Consulta: 05-9-2015].

Curso Instalaciones BIM Revit MEP, Animum 3D school. [Web en línea]  
<http://www.animum3d.com/productos/curso-instalaciones-bim-revit-mep>  
NTC 1500 (Norma Técnica Colombiana de Fontanería)