	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
	Dependencia	Aprobado		Pág.
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		i(96)	

RESUMEN – MONOGRAFIA

AUTORES	ANGIE ALEJANDRA MUÑOZ QUINTERO CIRO ANDREY MARTINEZ OVALLOS
FACULTAD	INGENIERIAS
PLAN DE ESTUDIOS	ESPECIALIZACION EN INTERVENTORIA DE OBRAS CIVILES
DIRECTOR	HERNANDO VILLOTA POSSO
TÍTULO DE LA TESIS	EVALUACIÓN DE LA APLICABILIDAD DE LA METODOLOGÍA BIM COMO HERRAMIENTA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA Y ADMINISTRATIVA EN PROYECTOS DE EDIFICACIONES.

RESUMEN (70 palabras aproximadamente)

EL SIGUIENTE TRABAJO REALIZA UN ANÁLISIS DE LA APLICABILIDAD DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL DESARROLLO DE LA INTERVENTORÍA TÉCNICA Y ADMINISTRATIVA. INICIALMENTE SE ANALIZAN LA FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES DEL INTERVENTOR Y POSTERIORMENTE SE EXPONEN LOS ASPECTOS RELEVANTES DE LA METODOLOGÍA BIM Y SU PAPEL EN LA CONSTRUCCIÓN.

ASÍ MISMO SE MENCIONAN LOS CONTROLES Y SEGUIMIENTOS NECESARIOS EN PROYECTOS DE EDIFICACIONES, PARA FINALMENTE ESTABLECER MEDIANTE ENCUESTAS APLICADAS A PROFESIONALES QUE SE DESENVUELVEN EN ESTA ÁREA, QUE ACTIVIDADES ESPECÍFICAMENTE SE PUEDEN DESARROLLAR MEDIANTE LAS HERRAMIENTAS QUE OFRECE LA METODOLOGÍA.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 96	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM:1
-------------	---------	----------------	----------



EVALUACIÓN DE LA APLICABILIDAD DE LA METODOLOGÍA BIM COMO
HERRAMIENTA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA Y ADMINISTRATIVA EN
PROYECTOS DE EDIFICACIONES.

AUTORES

ANGIE ALEJANDRA MUÑOZ QUINTERO

CIRO ANDREY MARTINEZ OVALLOS

Monografía presentada como requisito para optar el título de Especialista en Interventoría de
Obras Civiles.

Director

Ing. HERNANDO VILLOTA POSSO

Magister en Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESPECIALIZACIÓN EN INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES

Ocaña, Colombia

agosto de 2019

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de monografía fue posible gracias al apoyo brindado por la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, al grupo de Investigación en Construcción, Geotecnia y Medio Ambiente GIGMA, y al grupo de profesionales que aportaron su tiempo, dedicación y conocimientos entre ellos los Magister Hernando Villota Posso, Romel Jesús Gallardo Amaya y Haidee Yulady Jaramillo; adicionalmente agradecemos a los profesionales que colaboraron en el desarrollo de la encuesta aplicada como parte del objetivo investigativo.

Índice

Capítulo 1. Procesos Técnicos y Administrativos en el control de obras.....	1
1.1 Definición de interventoría.....	1
1.2 Funciones del interventor	3
1.3 Interventoría Técnica.....	8
1.4 Interventoría Administrativa.....	9
1.5 Marco jurídico normativo.....	9
1.5.1 Decreto 2090 de 1989:.....	10
1.5.2 Ley 1474 de 2011.	10
1.5.3 Ley 80 de 1993.	11
1.5.4 Ley 400 de 1997.	12
1.5.5 Ley 842 de 2003	12
Capítulo 2. Metodologías BIM.....	13
2.1 Contexto histórico.....	15
2.2 Conceptos básicos.....	23
2.2.1 BIM	24
2.2.2 BIM como herramienta tecnológica.	25
2.2.3 BIM como proceso.	26

2.2.4 BIM durante el ciclo de vida del proyecto.	27
2.2.4.1 Programación de proyectos.	27
2.2.4.2 BIM en la fase de diseño.	28
2.2.4.3 BIM en la fase de pre-construcción.	30
2.2.4.4 BIM en la fase de construcción.	31
2.2.4.5 BIM en la fase de post-construcción.	31
2.3 Modelos paramétricos.....	33
2.4 Beneficios, limitaciones, obstáculos y problemas de BIM.....	35
Capítulo 3. Seguimiento y control de edificaciones.....	38
3.1 Definición.....	38
3.2 Características.....	38
3.3 Tipos de Controles.....	39
3.3.1 Control realizado a planos.	39
3.3.2 Control realizado a las especificaciones.	40
3.3.3 Control sobre los materiales.	40
3.3.4 Ensayos para control de calidad.	44
3.3.5 Ensayos para control de calidad.	48
Capítulo 4. Análisis de la aplicabilidad de BIM en procesos de Interventoría	50
4.1 Metodología.....	51

4.1.1 Muestreo no probabilístico	52
4.2 Instrumento de Medición.....	53
4.3 Resultados.....	58
4.3.1 Resultados Sección 1.....	58
4.3.2 Resultados Sección 2.....	61
4.3.3 Resultados Sección 3.....	63
4.3.4 Resultados Sección 4.....	66
4.4 Métodos tradicionales VS. Metodología BIM.....	68
Conclusiones	¡Error! Marcador no definido.
Referencias.....	77

Lista de figuras

Figura 1 Análisis de opciones para el edificio académico de Savannah.....	29
Figura 2. Metodología empleada	52
Figura 3 Resultados ITEM 1	58
Figura 4 Resultados ITEM 2.....	59
Figura 5 Resultados ITEM 3.....	59
Figura 6 Resultados ITEM 4.....	60
Figura 7 Resultados ITEM 5.....	61
Figura 8 Resultados Sección 2.....	62
Figura 9 Resultados Sección 3.....	64
Figura 10 Resultados Sección 4.....	66

Lista de tablas

Tabla 1 Equipo de trabajo de interventoría.....	5
Tabla 2 Dimensiones de Building information modeling.....	21
Tabla 3 Aplicaciones de BIM en la fase de diseño del proyecto	28
Tabla 4 Requisitos para control de Materiales.....	40
Tabla 5 Relación Normas Técnicas Colombianas para el control de materiales	41
Tabla 6 Requisitos para control de calidad	45
Tabla 7 Relación Normas Técnicas Colombianas para ensayos de control de materiales	46
Tabla 8 Comparación entre métodos tradicionales y la metodología BIM	71

Introducción

En general los proyectos de construcción comúnmente se encuentran sujetos a errores incongruencias e incompatibilidades en sus diferentes etapas iniciando desde la etapa de diseño. Esta situación conlleva generalmente a la ejecución de inadecuados procesos constructivos, que se traducen en sobrecostos, correcciones y ajustes de los diseños durante la ejecución, retrasos en el cronograma de obra, y en general se puede ver comprometida la calidad e integridad de la obra. Esta situación hace que se replantee la forma en que se están desarrollando los diferentes proyectos, y como se pueden mejorar los métodos y sistemas tradicionales de construcción.

En este sentido la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción ha iniciado por replantear la forma de trabajar y colaborar entre los diferentes profesionales del proyecto. Las actividades de diseño y construcción involucran numerosas dependencias que trabajan juntas para proporcionar soluciones en beneficio del proyecto y cada una de las partes posee especialistas, estructuras y patrones de trabajo, así como intereses y cultura individual. Por lo cual, durante años se han buscado herramientas para que desde los diferentes roles del proyecto pueda existir una mayor apertura entre los participantes mejorando la forma de trabajar y colaborar, esto ha sido posible con el desarrollo del llamado Building Information Modeling (BIM) que ha llevado a cambios en la forma en que los diseñadores y contratistas trabajan y colaboran, así como la forma en que se comparte la información.

El BIM se define como el proceso de generar, almacenar, administrar, intercambiar y compartir información de construcción de manera interoperable y reutilizable, además requiere el desarrollo y uso de un modelo generado por computadora para simular las fases de planificación,

diseño, construcción y operación de un proyecto. Sin embargo en la industria de la construcción todavía existe una baja madurez en el uso de BIM, y persisten los métodos tradicionales basados en planos 2D, con programaciones lacónicas y poco detalladas junto con presupuestos que en algunos casos están desfasados, estas herramientas sin lugar a dudas se volvieron inadecuadas para la planeación y ejecución de proyectos.

Este trabajo pretende analizar la aplicabilidad de la metodología BIM para el desarrollo de las actividades de interventoría técnica y administrativa en proyectos de edificaciones, por lo cual se analiza inicialmente el rol del interventor y sus funciones, posteriormente se explica ampliamente las generalidades de la metodología BIM y su papel dentro de las etapas del proyecto, así mismo se describen los controles y seguimientos necesarios en proyectos de edificaciones para finalmente establecer a través de encuestas las actividades que se pueden llevar a cabo desde la interventoría técnica y administrativa.

Capítulo 1. Procesos Técnicos y Administrativos en el control de obras

1.1 Definición de interventoría

El ejercicio de interventoría se fundamenta en acciones de control, supervisión y seguimiento que pueden ser realizadas por una persona o entidad natural o jurídica (Acosta, 2016). Así mismo, es entendida como una actividad mediadora, participativa y que actúa en función de un tercero, es decir, en representación de alguien buscando dar cumplimiento a los términos pactados en un determinado contrato.

La figura del interventor como una actividad profesional, surge inicialmente en Colombia durante la década de los años cincuenta, asociado a un gran desarrollo en obras de ingeniería en el país, en particular del sector público. Las funciones de control, supervisión y vigilancia eran realizadas inicialmente por los funcionarios técnicos de las entidades, sin embargo estas actividades superaban su capacidad, por lo cual empezaron a surgir firmas dedicadas a complementar esta labor, haciendo más ágil la supervisión técnica de las obras (Sánchez, 2010).

En forma más específica, Vidal (2002) define la interventoría en forma textual como: “el servicio prestado por un profesional o persona jurídica que ejerce funciones de supervisión y control de las actividades que desarrolle el contratista y sub-contratista en la ejecución de un proyecto, estudio o diseño”. Por otro lado, el ministerio de transporte (2001) define la interventoría como: “el conjunto de actividades de vigilancia y control para la verificación del cumplimiento de las obligaciones pactadas en el contrato”. Estas definiciones coinciden en que la

interventoría se refiere al control y seguimiento de las actividades pactadas entre dos partes, y verificar que las obligaciones adquiridas se cumplan.

La legislación Colombia define la interventoría como el seguimiento técnico a la ejecución de contratos de distintas tipologías, que puede ser realizado por una persona natural o jurídica contratada para ese fin por la entidad estatal, bajo los siguientes casos: cuando la ley ha definido la obligación de contar con dicha figura en determinados contratos, cuando el seguimiento del contrato requiera del conocimiento especializado en la material objeto del mismo, o cuando la complejidad o extensión del contrato lo justifique (Colombia compra).

Sin embargo, la interventoría no solo se limita a las acciones de carácter técnico, ya que la entidad estatal puede delegarle funciones de carácter administrativo, financiero, contable y jurídico.

Un contrato de interventoría que sienta las bases de las funciones y obligaciones del interventor, busca controlar, vigilar e inspeccionar la celebración, ejecución, desarrollo y finalización de un contrato, instrumentando conocimientos científicos, técnicos y tecnológicos que son equivalentes o similares a quien presta las obligaciones en el contrato principal.

El contrato de interventoría es principal y autónomo, y aunque el objeto del mismo supone la existencia de otro con respecto al cual se realizara la función de vigilancia, el mismo es independiente de este último y por lo tanto, su existencia no depende del contrato vigilado. El contrato de interventoría debe ser supervisado directamente por la entidad estatal, en

consecuencia siempre que una entidad estatal suscriba este tipo de contratos debe designar a un funcionario que haga la supervisión del contrato y verifique que se cumplan las condiciones pactadas (Colombia compra)

1.2 Funciones del interventor

La interventoría tiene la función de ejercer el control y vigilancia sobre la ejecución contractual de los contratos, enfocada a verificar el cumplimiento de las condiciones pactadas dentro de las cláusulas del mismo, la interventoría tiene la facultad de solicitar informes y aclaraciones sobre el desarrollo de la actividad contractual, puede impartir instrucciones al contratista y hacer las recomendaciones pertinentes encaminadas a lograr la correcta ejecución del objeto contratado (Colombia compra).

La interventoría es un control que requiere de conocimientos específicos sobre un área del saber, y la persona que ejerce sus funciones debe evaluar si el contratista está desarrollando en forma adecuada y oportuna sus labores, de acuerdo a las exigencias técnicas y parámetros de calidad definidos previamente en un determinado plazo y dentro de unos costos definidos.

Al interventor le corresponde en todo caso el controlar que los diseños y proyectos en general cumplan con la normatividad y los compromisos que el contratante haya convenido en cada caso, además el interventor vigilara y controlará la elaboración y vigilancia de las pólizas, el control al cumplimiento de los contratos de estudios técnicos, de arquitectura y de ingeniería, y control sobre los trámites municipales (Sánchez, 2010).

En ocasiones para cumplir con los objetivos propuestos de calidad, tiempo y relación costo-beneficio de una obra, el interventor deberá integrar, organizar y dirigir un equipo de talento humano, al cual debe orientar en forma permanente. El tamaño del grupo de trabajo dependerá en medida de la magnitud del proyecto, de sus múltiples características y condiciones. Generalmente en los proyectos de gran envergadura debe existir un grupo interdisciplinario, con residentes parciales en las etapas o frentes de obra o por el contrario puede existir un único profesional que puede estar acompañado de auxiliares como personal de apoyo (Vidal, 2002).

La interventoría debe estar compuesta por un equipo interdisciplinario con profesionales en las áreas de la construcción, la ingeniería y la arquitectura que garanticen la ejecución, el control y el aseguramiento de la calidad de obra. Los aspectos que debe controlar son los siguientes:

- Número de personal necesario, equipos y herramientas.
- Cuidados especiales.
- Programación de actividades de obras y despachos de material.
- Administración de inventarios.
- Supervisión técnica en el desarrollo de la obra.
- Cortes de obras y liquidación final.
- Recomendaciones de mantenimiento.

Cuando el proyecto lo requiera dada la magnitud y complejidad de la obra podrá requerir tres categorías de profesionales para la conformación del equipo de trabajo como se muestra en

la Tabla 1, en general es recomendable contar con un número reducido de personal profesional y contar con un buen grupo auxiliar que sirva de apoyo a la labor de interventoría.

Tabla 1
Equipo de trabajo de interventoría

Recurso humano	Cargos
PROFESIONAL	Interventor (jefe – director) Residente de interventoría Personal de soporte (profesionales auxiliares) Especialistas (Asesores)
PROFESIONAL DE APOYO	Tecnólogos (en construcción o en obra civil) Inspectores técnicos Laboratorista (s) Comisión de topografía Dibujante (s) Auxiliar de sistemas
PERSONAL ADMINISTRATIVO	Auxiliares de contabilidad Secretaria Mensajero Aseador

Autores (2019)

Las funciones que son atribuibles al del interventor son de naturaleza variable y generalmente son de varios órdenes, algunas de las más comunes son:

Funciones generales

- Apoyar el logro de los objetivos planteados en el contrato.
- Velar por el cumplimiento de los plazos del contrato, la calidad del mismo y una adecuada administración de los recursos.
- Mantener en comunicación a las diferentes partes del contrato.

- Evitar los conflictos de intereses entre las partes y plantear soluciones rápidas en caso de presentarse.

- Solicitar informes periódicos, desarrollar comités, reuniones y otras herramientas encaminadas a verificar la adecuada ejecución del contrato.

- Desarrollar el monitoreo y el control de los riesgos asignados con los responsables de cada riesgo incluido en el mapa correspondiente, además de la identificación y tratamiento de los riesgos que puedan surgir en el desarrollo del contrato.

- Aprobar o rechazar siempre por medio escrito, la entrega de bienes o servicios que no se ajusten a los requerimientos técnicos y de calidad pactadas en el contrato.

- Documentar las diferentes situaciones presentadas en el desarrollo del contrato mediante la elaboración de actas de actas parciales de avance, actas parciales de recibo y actas de recibo final.

- Notificar a la Entidad Estatal de situaciones que puedan constituir actos de corrupción tipificados como conductas punibles, o que por determinadas circunstancias pongan en riesgo el cumplimiento del contrato; así como entregar los soportes necesarios para que la Entidad Estatal desarrolle las actividades correspondientes.

- Informar a la Entidad Estatal cuando exista un incumplimiento contractual; y suministrar los soportes necesarios para que la Entidad Estatal tome las medidas necesarias.

Vigilancia administrativa

- Procurar en materia de archivo llevar un expediente del contrato completo y actualizado.

- Coordinar las instancias internas de la Entidad Estatal relacionadas con la celebración, ejecución y liquidación del contrato. Por ejemplo: (celebración) pólizas, impuestos, y documentos para la celebración del contrato, etc.
- Entregar los informes necesarios y los que soliciten los organismos de control.
- Garantizar de acuerdo a la ley la publicación de los documentos necesarios referentes al contrato.
- Velar por el cumplimiento por parte del contratista de las obligaciones en materia de seguridad social, salud ocupacional, normas ambientales, planes de contingencia, etc. De acuerdo con la naturaleza del contrato.

Vigilancia técnica

- Verifica la existencia de las condiciones técnicas para iniciar la ejecución del contrato como: planos, diseños, estudios, licencias, especificaciones, autorizaciones, cálculos, entre otros y aprobarlos.
- Verificar que el contratista suministre y mantenga el personal o equipo ofrecido, bajo las condiciones e idoneidad que fueron pactadas inicialmente y exigir su reemplazo en condiciones equivalentes cuando fuere necesario.
- Estudiar y decidir los requerimientos de carácter técnico buscando que estos no generen modificaciones o sobrecostos al valor del contrato.
- Justificar y solicitar a la Entidad Estatal realizar las modificaciones o ajustes que se requieran para el desarrollo del contrato.

- Solicitar que la Entidad Estatal haga efectivas las garantías del contrato, cuando haya lugar a ello, y suministrarle la justificación y documentación correspondientes.

Vigilancia financiera y contable

- Realizar una revisión de los avances de obra para realizar los pagos al contrato, incluyendo el recibo a satisfacción de los bienes o servicios objeto del mismo.

- Llevar un registro documental de los pagos y ajustes realizados al contrato y controlar el balance presupuestal para efecto de pagos y de liquidación.

- Verificar y controlar la entrega de los anticipos pactados al contratista, y garantizar la adecuada amortización del mismo, en los términos de la ley y los establecidos en el contrato.

- Verificar que las actividades adicionales que impliquen aumento del valor o modificación del objeto del contrato cuenten con autorización y se encuentren justificados técnica, presupuestal y jurídicamente.

1.3 Interventoría Técnica

La interventoría técnica se enmarca en la labor desarrollada durante la fase de construcción de un proyecto denominada como interventoría de obras esto teniendo en cuenta lo descrito en el decreto 2090 de 1989, dentro de las funciones que debe desarrollar la interventoría técnica, el funcionario debe velar por el correcto desarrollo de los planos, el cumplimiento de las normas de calidad, de seguridad y economía esto de acuerdo a lo planeado en el proyecto.

Adicionalmente el interventor debe exigir al constructor la realización de pruebas y ensayos, esto con el fin de realizar los diferentes controles sobre las obras ejecutadas lo cual no releva al constructor de su responsabilidad a partir de la normativa y los estudios técnicos de la obra.

1.4 Interventoría Administrativa

La interventoría administrativa se enmarca en la labor desarrollada durante la fase de construcción de un proyecto denominada como interventoría de obras esto teniendo en cuenta lo descrito en el decreto 2090 de 1989, en este caso específico el interventor deberá velar por el cumplimiento del contrato del constructor es así como debe hacer un seguimiento vigilando el avance de la obra esto conforme a lo presupuestado y programado en la fase inicial del proyecto, adicionalmente es función de la interventoría administrativa verifica el cumplimiento de pólizas de garantía, pagos prestacionales, y demás obligaciones contractuales y legales , en este sentido es necesario que el interventor autorice los pagos al constructor y revise los gastos generados por el proyecto esto con el fin de velar porque el dinero sea invertido de una manera eficiente.

1.5 Marco jurídico normativo

Para el caso específico de la aplicación de la metodología BIM, actualmente no existe ninguna norma jurídica que reglamente su aplicación o uso para el sector de la construcción ni de la interventoría específica, sin embargo es importante realizar algunas denominaciones acerca de la interventoría; en Colombia actualmente no existe una ley que reglamente específicamente el

ejercicio de la interventoría, por otro lado en la normativa se encuentran algunas leyes o decretos, que la mencionan y la definen, de igual forma se pueden evidenciar algunas variaciones con respecto a los conceptos que se encuentran a lo largo de la legislación colombiana, ya que no se establece de manera específica las funciones, el alcance, las responsabilidades, los derechos que tiene el interventor como tal. En este capítulo se estudiarán algunas normativas donde se pueden encontrar la conceptualización de la interventoría entre las cuales se tienen:

1.5.1 Decreto 2090 de 1989.: En este decreto se reglamenta lo relacionado con el reglamento de Honorarios para trabajos de arquitectura el cual contiene nueve capítulos dentro de los cuales encontramos el capítulo seis donde se describe específicamente lo relacionado con el ejercicio de la interventoría, en sus apartados se puede encontrar lo relacionado con:

La descripción de los trabajos, la interventoría del proyecto, la interventoría durante la construcción la cual incluye la interventoría técnica y administrativa, de manera adicional se presenta los conceptos relacionados, entonces el Decreto 2090 de 1989 define que “INTERVENTORIA DURANTE LA CONSTRUCCION. El servicio de interventoría durante la construcción comprende las funciones técnicas y administrativas, funciones complementarias e inseparables durante la obra, por lo cual ambas deben ser realizadas por la misma persona o entidad

1.5.2 Ley 1474 de 2011. Esta ley fija lo relacionado al estatuto anticorrupción donde se relacionan las normas orientadas a fortalecer los mecanismos de prevención, investigación y sanción de actos de corrupción y la efectividad del control de la legislación pública, en el artículo 44 se fija lo relacionado al régimen que aplica a los particulares que cumplan el ejercicio de

interventoría o supervisión en los contratos estatales, adicionalmente en esta ley se define en el artículo 86 que la supervisión e interventoría contractual tiene como fin proteger la moralidad administrativa, lo cual a su vez busca prevenir la ocurrencia de actos de corrupción y de tutelar la transparencia de la actividad contractual, es por esto que la ley define que las entidades públicas están obligadas a vigilar permanentemente la correcta ejecución del objeto contratado según lo que corresponde. Específicamente la interventoría se define como:

El seguimiento técnico que sobre el cumplimiento del contrato realice una persona natural o jurídica contratada para tal fin por la Entidad Estatal, cuando el seguimiento del contrato suponga conocimiento especializado en la materia, o cuando la complejidad o la extensión del mismo lo justifiquen. No obstante, lo anterior cuando la entidad lo encuentre justificado y acorde a la naturaleza del contrato principal, podrá contratar el seguimiento administrativo, técnico, financiero, contable, jurídico del objeto o contrato dentro de la interventoría.(Ley 1474, 2011)

1.5.3 Ley 80 de 1993. En esta ley se expide todo el Estatuto de Contratación de la Administración pública y por el ende se especifica lo relacionado con la obligatoriedad que para algunos contratos la necesidad de contratación de la interventoría, en el Artículo 32 se define que *“la interventoría deberá ser contratada con una persona independiente de la entidad contratante y contratista”*, adicionalmente en el Artículo 53 menciona que *“los interventores deberán responder de manera civil y penal por los hechos u omisiones que les fuere imputables y que causen daño o perjuicio a las entidades”*.

1.5.4 Ley 400 de 1997. Por la cual se adoptan normas sobre Construcciones Sismo Resistentes, dentro de la normativa expuesta en la ley se define en el Título I la SUPERVISION TECNICA DE LA CONSTRUCCIÓN, inicialmente se delimita el alcance de la supervisión técnica la cual forma parte de la interventoría dentro del alcance se denomina los procedimientos y controles mínimos esto teniendo en cuenta aspectos como la importancia, el área la altura o el grupo de uso de las edificaciones.

1.5.5 Ley 842 de 2003 En esta ley se modifica la reglamentación para el ejercicio de la ingeniería dentro de las cuales se incluyen según el artículo 2 “las actividades como estudios, planeación, el diseño , el cálculo , la programación, la asesoría, la consultoría , la interventoría , la construcción el mantenimiento y la administración de construcciones de edificios y viviendas de toda índole...” (*Ley 842, 2003*) Adicionalmente se mencionado en el Artículo 20 la obligatoriedad para propuestas y contratos de que para la ejecución de trabajos o interventoría los profesionales deberán estar avalados, o inscritos con tarjeta de matrícula profesional en la respectiva rama de la ingeniería.

Capítulo 2. Metodologías BIM

Esta metodología surge como respuesta a una serie de necesidades y deficiencias en la industria de la construcción para mejorar sus procesos y utilidades, pero su implementación no ha tenido una evolución muy rápida por diferentes aspectos culturales o de infraestructura necesaria, a nivel mundial la tecnología cambia con velocidades aceleradas, por esta razón debemos adoptar y manejar de buena forma la metodología BIM (Ceron y Ramos, 2017).

Los proyectos de construcción son cada vez más complejos y difíciles de gestionar (Alshawi y Ingirige, 2003; Chan, Scott y Chan, 2004; Williams, 2002). Una de dichas complejidades es la interdependencia recíproca entre las partes interesadas, tales como organismos de financiamiento, autoridades, arquitectos, ingenieros, abogados, contratistas, proveedores y oficios (Sears, Sears y Clough, 2008). Como respuesta a la creciente complejidad de los proyectos, la tecnología de la información y la comunicación [TIC] se ha desarrollado a un ritmo muy rápido (Taxén y Lilliesköld, 2008). Durante la última década, un cambio importante en las TIC para la industria de la construcción ha sido la proliferación del Modelado de Información de Construcción [BIM] en los círculos industriales y académicos como el nuevo diseño asistido por computadora (CAD).

BIM es actualmente la denominación más común para una nueva forma de abordar el diseño, la construcción y el mantenimiento de edificios. Definido como “Un conjunto de políticas, procesos y tecnologías interactivas que general una metodología para gestionar el

diseño de edificios y los datos de proyectos esenciales en formato digital durante todo el ciclo de vida del edificio” (Succar, 2009).

Anticipándose a los beneficios del uso de BIM con respecto a la reducción de los costos de transacción y menor oportunidad de cometer errores, el Gobierno del Reino Unido declaró desde el año 2014 que todos los contratos adjudicados requerirían que los miembros de la cadena de suministro trabajen en colaboración a través del uso de “fully collaborative 3D” (Smith, 2014)

Así mismo los sectores públicos y privados en los Estados Unidos están colaborando para promover el uso de BIM (Underwood & Isikdag, 2011) No obstante, existe la opinión de que el caso de BIM no está totalmente probado, con la efectividad general de la utilización de BIM aún no completamente justificada (Jung & Joo, 2010).

La definición de BIM descrita por Succar, destaca la naturaleza holística, que incluye no solo software que permite el modelado geométrico y la entrada de información, sino también herramientas y procesos relacionados con la gestión de proyectos (PM). Como tal, teniendo una perspectiva holística de BIM lo coloca firmemente en el dominio de construcción de PM, tiene un uso potencial para los gerentes de proyectos de construcción para mejorar la colaboración entre las partes interesadas, reduciendo el tiempo necesario para la documentación del proyecto y, por lo tanto, produciendo resultados beneficiosos para el proyecto.

La metodología BIM se ha popularizado lentamente en los últimos años en Colombia, aunque en varios lugares del mundo ya está implementada con estándares definidos, países como Singapur, España, Reino Unido, entre otros.

2.1 Contexto histórico

Aun cuando BIM y CAD representan procesos y conceptos que son bastante diferentes, no se puede concebir el desarrollo de BIM en forma independiente al desarrollo de las tecnologías y herramientas CAD. Con la aparición del dibujo asistido por computador (2D) se dio un gran salto a las limitaciones que planteaban los trabajos en arquitectura, ingeniería y construcción en cuanto a la necesidad de desarrollar planos y documentos de las obras desarrolladas en diferentes escalas. La modelación 2D que simula la mesa de dibujo, era prerequisite para la generación tridimensional de modelos virtuales y esta a su vez fue requisito y sustento de las primeras conceptualizaciones, herramientas y metodologías BIM (Mojica & Valencia, 2016).

El desarrollo en CAD comienza en 1957 cuando el Dr. Patrick J. Hanratty desarrolla el primer software comercial denominado CAM (Computer-Aided Machining). Luego hacia 1963 se desarrolla el primer software con interface gráfica para el usuario creado por Iván E. Sutherland con el nombre de “Sketchpad” (Silva, 2011). Con este software ahora era posible realizar diseños a partir de una interface gráfica, en la cual se manipulaban dibujos proyectados en una pantalla con un dispositivo similar a un lapicero y un teclado (Mitchell, 1977).

Hacia la década de 1960 las discusiones y conferencias en lo referente a CAD estaban en auge, con considerables desarrollos en el sistema COPLANNER y URBAN5 de Negroponte hacia 1968 (Negroponte, 1975, Vandezande, Read, & Krygiel, 2011). Y en temas de investigación el Departamento de Ingeniería Civil del MIT en conjunto con el grupo Architecture Machine Group, la Universidad Estatal de Pensilvania y el Instituto de Planeación Física de la Universidad Carnegie-Mellon enfocaron sus trabajos en el desarrollo para edificaciones y planeación espacial (Mitchell, 1974).

En la década de 1970 hubo una considerable disminución de los costos de ordenadores lo que motivo que los sectores industriales, en términos de oficinas de arquitectura, empresas de ingeniería y construcción comenzaran a implementar las tecnologías de diseño 2D. El impacto de dichas tecnologías desarrollo el interés de industrias como la automovilística, y en 1964 IBM pública el Sistema DAC-1 utilizado por General Motors para el diseño de autos y Itek Laboratories desarrolla años después un software para el diseño de lentes (Mitchell, 1977).

En forma paralela la industria de la construcción en Europa comienza a entender la practicidad de los sistemas de computador para el cálculo de las cantidades de obra y la generación de documentos, e inicia el desarrollo de los sistemas CAD que permiten vincular el dibujo bidimensional con la generación de documentos tales como los presupuestos y las cantidades de obra. Esto fue posible a la investigación desarrollada en 1959 por el arquitecto danés Bjorn Bindslev que lo condujo al desarrollo del sistema CBC (Co-ordinated Building Communication) que posibilitaba la comunicación en procesos de construcción y documentación referente al contrato, y finalmente logro desarrollar los primeros reportes de cantidades de obra

por computador en 1963 (Journal, 1964). En forma similar cerca de 1975 en Australia Government Architect's Branch del departamento de obras públicas desarrollan el programa CSIRO el cual consistía en un sistema documental de contratos cuyo uso estaba integrado a un modelo de representación espacial de edificaciones (Mitchell, 1977).

El desarrollo de proyectos de gran extensión en Inglaterra motivo el desarrollo de aplicaciones y software para el sector de la construcción industrializada. En 1970 se desarrollaron sistemas computacionales para el desarrollo de proyectos a gran escala, tal es el caso de HARNES, que se desarrolló con el patrocinio del departamento de salud y seguridad social para la construcción del hospital HARNES. Estos sistemas fueron el punto de partida para los software que existen actualmente para BIM (Mitchell, 1977).

Con los avances y desarrollados alcanzados en la época, hacia 1973 modelar figuras tridimensionales complejas en computadores ya era una realidad y en 1979 Mike y Tom Lazear lograron desarrollar el primer software CAD para PC (Tjell, 2010). Y a inicios de esa misma década se originan los primeros programas que precedieron a los software que actualmente se emplean en la modelación BIM, estos software aparecieron con el nombre de Building Description Systems (BDS) la información contenida consistía en arreglos de dibujos, cantidades de obra, costos, detalles constructivos, acabados y textos, estos modelos se basaban en los criterios planteados por Eastman en la conferencia de 1975 (Bolt, Beranek & Newman, 1965)

El ICES fue el primer sistema BDS desarrollado por Bolt, Beranek y Newman, que permitía integrar, al menos en principio, diversas áreas de diseño (Massachusetts Institute

Technology ,1967). Dicho sistema no solo permitía el diseño estructural sino que era posible realizar análisis y diseños estructurales mediante un subsistema llamado STRUDL. El sistema consistía en un conjunto de programas independientes que permitían almacenar información en una única base de datos, que puede ser compartida e integrada. (Teague, 1970).

En 1986 aparece la primera publicación que expresa el concepto de Building Information Modeling – BIM, sin embargo este concepto ya venía desarrollándose por el Profesor Chuck Eastman en 1975 del Departamento de Arquitectura del Georgia Institute of Technology, el cual es considerado el padre de BIM. Eastman logro establecer que en los procesos de diseño y construcción se desperdiciaba gran parte del tiempo en la actualización o modificación de planos y dibujos además señala que “Cualquier cambio realizado en un plano o dibujo de un arreglo debería hacerse sólo una vez y los demás dibujos derivados del mismo arreglo de elementos se actualizarían automáticamente” (Eastman, 1975).

El manual de BIM publicado por el profesor Jerry Laiserin que además incluye al profesor Chuck Eastman, menciona que los inicios de BIM lleva cerca de 30 años y la primera publicación en este tema desarrollada por Eastman realiza las primeras conceptualizaciones sobre BIM, considerando la necesidad de llevar a cabo diseños de edificaciones partiendo de arreglos de elementos geométricos a partir de los cuales fuera posible extraer información en un ambiente virtual consistente (Laiserin, 2007), Además de permitir a los diseñadores la estimación de costos y cantidades a partir de un único archivo digital que contenera toda la información necesaria (Eastman, 1975).

En diciembre de 1982 la compañía Autodesk lanza su software de mesa de dibujo CAD 2D AutoCAD, el mismo año en que se funda la compañía húngara Graphisoft la cual dos años después lanza el software ArchiCAD. Estas dos compañías tenían diferentes visiones en cuanto a la forma en que los computadores debían usarse como herramienta en el sector de la construcción. Autodesk apuntaba a la simulación de la mesa de dibujo virtual para la generación de planos y dibujos en diferentes escalas, mientras que Graphisoft tenía una visión más concentrada en la simulación del edificio. (Silva, 2011).

A principios de la década de 1980 en Estados Unidos se empezaba a hablar de los modelos BPM “Building Product Models” los cuales eran llamados PIM “Product Information Model” en Europa. Finalmente se optó por el término BIM “Building Information Modeling” a partir de la combinación de ambas denominaciones. En Alemania en forma paralela surge el concepto de BauInformatik, cuya traducción aproximada sería Information and Computer Technology (ICT) to Construction, es decir, información y tecnología computacional para la construcción, sin embargo terminó por desaparecer (Mitchell, 1977).

El término Building Information Modeling (BIM) con la interpretación que se le da actualmente aparece por primera vez en un paper titulado “Three-dimensional Input and Visualization” en 1986 escrito por Robert Aish en el cual expone las bases de los que hasta entonces se había desarrollado referente a BIM como la modelación 3D, los componentes paramétricos inteligentes las bases de datos que posibilitaban relacionarse entre sí y son funcionales para múltiples proyectos, el desarrollo de procesos constructivos en periodos de tiempo establecidos. (Mitchell, 1974).

Hacia finales de la década de 1990 ya el término de BIM tiene un gran espectro argumentativo, no obstante el enfoque de trabajo en cuanto a la planeación y la construcción se seguía desarrollando a partir de esquemas de la mesa de dibujo, trabajados principalmente por AutoCAD de la empresa Autodesk. Y en cabeza del profesor Laiserin a partir del año 2002 se intentó popularizar el acrónimo de BIM como Building Information Modeling y entenderse como un grupo de metodologías, conceptos y enfoques, las cuales ya se habían definido previamente (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008)

Con todo el avance y desarrollo en BIM, se empezó a entender la planeación y ejecución de proyectos desde un nuevo enfoque, el llamada Lean, que se originó inicialmente en la industria automor durante los 90 (Koskela, 1992). Ya entrado el año 2000 K. Boo y M. Fisher lograron una modelación 4D de un edificio, al integrar un modelo tridimensional de la estructura con la programación de diagramas de Gantt, pero fue hasta el año 2007 que se logró incorporar las cantidades de obra a la programación y finalmente a la simulación, (Tjell, 2010). Y de esta forma se lograron establecer los fundamentos para la modelación paramétrica que integra las propiedades geométricas de los modelos 3D con diferentes características que se pueden asignar, facilitando la planeación, el diseño y la ejecución de los proyectos.

En la medida que se adicionan nuevos parámetros a los modelos se crean “Dimensiones” a la modelación como se indica en la Tabla 2. Los modelos 3D solo contienen las características geométricas del proyecto, un modelo 4D incorpora la programación de obra, agregando el factor tiempo al modelo, un modelo 5D además de los antes mencionados incluye el factor del costo, y finalmente los modelos 5D incluyen además el ciclo de vida del proyecto, la gestión en etapa de

operación y los análisis de impacto al medio ambiente (eficiencia energética, ventilación, eficiencia térmica) (Smith, & Tardif, 2009).

Tabla 2

Dimensiones de Building information modeling

Dimensión	Elemento característico	Elementos asociados
2D	Documentación	Planos, esquemas, etc.
3D	Espacio Tridimensional	Visualización
4D	Tiempo	Programación de obra
5D	Costo	Presupuestos
6D	Aplicaciones operacionales y de diseño	Análisis de eficiencia energética, ventilación, iluminación, análisis estructural, etc.
7D	Aplicaciones relacionadas	Logística, contratación, compras, manejo de proveedores.

Mojica y Valencia (2012),p.29 , obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/>

11135/MojicaArboledaAlfonso2012.pdf?sequence=1

Las diferentes herramientas asociadas a la metodología BIM convergen en un proceso que permite administrar, generar, intercambiar, almacenar y distribuir información de una edificación de manera reutilizable e interoperable (Rojas, 2017) lo cual permite la reducción y ahorro considerable del tiempo durante la etapa de diseño y construcción que permite una mayor competitividad a las empresas del sector de la construcción.

Desde el año 2010 se empiezan a considerar el aspecto legal de BIM debido a que existe una clara ausencia de un marco legal que permita regular los procedimientos y permita superar sus limitaciones. Inicialmente se debe considerar la responsabilidad de los diferentes actores que intervienen en la creación de los modelos BIM, y es que no existe una forma clara de evaluar dicha responsabilidad pues a diferencia de los métodos tradicionales donde en procesos fragmentados cada profesional se encargaba de un aspecto particular del proyecto y respondía por su parte, en los procesos BIM pueden surgir alteraciones por el trabajo que desarrollan los

profesionales de distintas áreas de diseño (Oluwole, 2011). Es por ello que las bases de datos de empresas que desarrollan proyectos utilizando BIM deben proteger dichos datos de posibles alteraciones o daños (Mitchell, 1977).

Con respecto a la autoría el instituto americano de arquitectos (AIA) menciona que en términos de autorías o derechos de autor estos no los adquiere ninguna persona involucrada en el diseño, argumentando que los resultados de BIM son productos de un trabajo colaborativo y que el producto final es propiedad del cliente. Bajo esta perspectiva los equipos de diseño se deshacen de los riesgos y responsabilidades por posibles errores en los diseños generando así un perjuicio notable para los clientes (Dean, Ryan, Westra, Hart & Thomson, 2009). Aunque en el caso de los diseñadores y calculistas también pueden verse afectados por usos inapropiados de sus modelos en caso de condonar exclusividad de uso y derecho a los clientes (Oluwole, 2011).

Los diferentes errores que pueden presentarse al implementar BIM proceden de diferente naturaleza, puesto que las herramientas que maneja están sujetas a desarrollos externos en los que el usuario debe confiar para ejecutar el proyecto (Haynes, 2009), no obstante dichas herramientas y procesos no tiene garantía ni cuentan con una verificación rigurosa. Además no existen aún las herramientas legales para indemnizar a los clientes afectados, ni para distribuir la responsabilidad entre los actores involucrados en el diseño.

2.2 Conceptos básicos

Building Information Modelling (BIM) se define como el proceso de generar, almacenar, administrar, intercambiar y compartir información de construcción de manera interoperable y reutilizable (Azhar, Khalfan, & Maqsood, 2012). Requiere el desarrollo y uso de un modelo generado por computadora para simular las fases de planificación, diseño construcción y operación de un proyecto (Azhar, Hein & Sketo, 2008)

Los aspectos fundamentales de BIM son (Ceron & Ramos, 2017):

Building: Construcción genérica no solo pensada en edificaciones, sino en edificaciones en general, en la renovación urbana, todo lo que puede abarcar BIM es un concepto muy global. Incluso ya existen conceptos como City Information Modeling que ya empiezan a hablar de la ciudad como gran conjunto de datos que se articula mucho con el tema de BIM.

Information: Se debe gestionar información durante todo el ciclo de vida del proyecto, desde la conceptualización, la operación y mantenimiento, incluso hasta la demolición.

Modeling: Entendido como Proceso no hablando de modelar una geometría 3D si no creando un prototipo, un elemento virtual que representa algo de la vida normal. La M también se podría asumir como (management) gestión de la información que se ha creado.

2.2.1 BIM . El BIM - Building Information Modelin, es una tecnología y un procesos revolucionario que ha transformado rápidamente la forma en que se conciben, diseñan, construyen y operan los edificios (Hardin, 2009). Aunque las raíces de BIM se remontan a investigaciones de modelos paramétricos desarrolladas en Europa y Estados Unidos a finales de los 70 y principios de los 80. Y la industria de la ingeniería, la construcción y la arquitectura comenzaron a implementarla en proyectos a mediados de los 2000. Y a partir en estos años BIM paso de ser una acrónimo de moda a ser la pieza central de la tecnología AEC (Architecture-Engineering-Construction) (Eastman, Teicholz, Sacks & Liston, 2011)

El concepto de BIM en términos del comité *National Building Information Modeling Standards* (NBIMS) de Estados Unidos se entiende como:

BIM es una representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación. Un BIM es un recurso de conocimiento compartido para obtener información sobre una instalación que forma una base confiable para las decisiones durante su ciclo de vida; Definido como existente desde la concepción más antigua hasta la demolición. Una premisa básica de BIM es la colaboración entre diferentes partes interesadas en diferentes fases del ciclo de vida de una instalación para insertar, extraer, actualizar o modificar la información en BIM para respaldar y reflejar los roles de esa parte interesada (NBIMS, 2010).

Por otro lado la asociación de contratistas generales de América (AGC) percibió el BIM como un modelo desarrollado mediante un software que permite simular la construcción y

operación. El modelo resultante es una representación digital rica en datos, estructurada a partir de objetos, con una interface inteligente y paramétrica, desde la cual se pueden extraer y analizar vistas y datos de acuerdo a las necesidades de los usuarios en cuanto a la información requerida (AGC, 2005)

A partir de estas definiciones queda claro que BIM no es solo un software sino un proceso, BIM significa no solo usar modelos inteligentes tridimensionales sino también realizar cambios significativos en el flujo de trabajo y los procesos de entrega de proyectos (Hardin, 2009). BIM representa un nuevo paradigma dentro de AEC, uno que fomenta la integración de los roles de todas las partes interesadas en un proyecto, y tiene el potencial de promover mayor eficiencia y armonía entre los actores del proyecto, que anteriormente se vean asimismo como adversarios (Azhar, Hein & Sketo, 2008). BIM también respalda el concepto de entrega integrada de proyectos (IPD) por sus siglas en ingles *Integrated Project Delivery*, es nuevo enfoque de entrega de proyectos para integrar personas, sistemas, estructuras comerciales, y prácticas en un proceso de colaboración que permita reducir el desperdicio y optimizar la eficiencia en todas las fases del ciclo de vida del proyecto (Glick & Guggemos, 2009).

2.2.2 BIM como herramienta tecnológica. Desde la óptica de la tecnología, un modelo de información de construcción es una simulación del proyecto expresada mediante modelos 3D de los componentes del proyecto enlazados a información requerida relacionada con la planeación, el diseño, la construcción y operación del proyecto (Kymmell, 2008). La tecnología BIM proviene de la técnica de modelado paramétrico orientado a objetos (Azhar,

Nadeem, Mok & Leung, 2008), el termino paramétrico describe un proceso mediante el cual se modifica un elemento o conjunto adyacente de ellos (Stine, 2011).

La principal diferencia entre la tecnología BIM y el CAD 3D convencional es que este último describe un edificio mediante vistas 3D independientes, como planos, secciones y elevaciones. La edición de una de estas vistas requiere que todas las demás vistas sean revisadas y actualizadas, un proceso propenso a errores que es una de las principales causas de la documentación deficiente. Además, los datos en estos dibujos en 3D son solo entidades gráficas, como líneas, arcos y círculos, en contraste con la semántica contextual inteligente de los modelos BIM, donde los objetos se definen en términos de elementos de construcción y sistemas como espacios, paredes, vigas y columnas. Un modelo de información de edificios transporta toda la información relacionada con el edificio, incluidas sus características físicas y funcionales y la información del ciclo de vida del proyecto, en una serie de "objetos inteligentes". Por ejemplo, una unidad de aire acondicionado dentro de un BIM también contendría datos sobre su proveedor, procedimientos de operación y mantenimiento, tasas de flujo y requisitos de autorización (Azhar & Richter, 2009).

2.2.3 BIM como proceso. BIM puede verse como un proceso virtual que abarca todos los aspectos, disciplinas y sistemas de una instalación dentro de un solo modelo virtual, permitiendo a todos los miembros del equipo (propietarios, arquitectos, ingenieros, contratistas, subcontratistas y proveedores) colaborar de manera más precisa y eficiente con respecto a los procesos tradicionales. A medida que se crea el modelo, los actores del proyecto están constantemente refinando y ajustando constantemente sus partes de acuerdo a las

especificaciones del proyecto y los cambios de diseño para garantizar que el modelo sea el más preciso posible antes de que el proyecto se inicie físicamente (Carmina e Irwin, 2007). Los principios fundamentales de BIM consisten en dos pilares, la comunicación y la colaboración, la implementación exitosa de BIM requiere la participación temprana de todas las partes interesadas del proyecto, esto significa que los sistemas tradicionales de entrega de proyectos (Diseño-Oferta-Construcción) tiene una función muy limitada en los proyectos basados en BIM. Recientemente el concepto de Entrega Integrada de Proyectos (DIP) surge como un compañero del BIM, el DPI aporta una experiencia clave en la gestión de la construcción, los comercios, la fabricación, el proveedor y el fabricante de productos, junto con los profesionales del diseño y el propietario, para producir un diseño optimo, de calidad, estético, asequible, puntual, y flujo sin problemas hacia la gestión del ciclo de vida (McGraw-Hill Construction, 2008)

2.2.4 BIM durante el ciclo de vida del proyecto. Las aplicaciones de BIM abarcan todo el ciclo de vida de un proyecto, a continuación se describen en forma general las principales aplicaciones de BIM en las fases de programación, diseño, pre-construcción, construcción y post-construcción del proyecto.

2.2.4.1 Programación de proyectos. El uso de BIM en la fase de programación del proyecto permite al equipo de trabajo analizar el espacio y comprender la complejidad de los estándares de espacio y las diferentes regulaciones, lo que ahorra tiempo y brinda al equipo la oportunidad de realizar más actividades de valor agregado (CICRP, 2010).

Algunas investigaciones que se han realizado en el tema que relacionan BIM con SIG (Sistemas de información Geográfica) indican que esta puede ayudar en a los planificadores de

proyectos a seleccionar el sitio adecuado y realizar estudios de viabilidad y mercadotecnia (Berlo & Laat, 2011; (Isikda, Underwood & Auoad, 2008). Los siguientes son algunos beneficios del análisis de sitios basados en SIG-BIM (CICRP, 2010):

- Ayuda a determinar si los sitios potenciales cumplen con los criterios requeridos de acuerdo con los requisitos del proyecto, factores técnicos y financieros, etc.
- Disminuir los costos de la demanda de servicios públicos y demolición.
- Minimizar el riesgo de materiales peligrosos.

2.2.4.2 BIM en la fase de diseño. Tanto ingenieros como arquitectos pueden aprovechar las aplicaciones de BIM en diferentes etapas del diseño del proyecto, como el diseño esquemático (DE), el diseño detallado (DD) y detalles de construcción (DC). La Tabla 3 ilustra las aplicaciones BIM específicas en cada etapa del diseño del proyecto.

Tabla 3

Aplicaciones de BIM en la fase de diseño del proyecto

Diseño esquemático	Diseño Detallado	Detalles de construcción
- Análisis de opciones (para comparar múltiples opciones de diseño)	- Modelos 3D exteriores e interiores.	- Fase 4D y programación
- Fotomontaje (para integrar imágenes fotográficas realistas del proyecto con sus condiciones existentes)	- Animaciones de paso y de vuelo	- Análisis de sistemas de construcción (por ejemplo detección de choques)
	- Análisis de rendimiento del edificio (por ejemplo, modelado energético)	Dibujos o planos prefabricados
	- Análisis y diseño estructural	

Nota: Adaptado de Building Information Modeling (BIM): Now and Beyond, p.18 Azhar (2012), obtenido de <https://epress.lib.uts.edu.au/journals/index.php/AJCEB/article/view/3032>

Para ilustrar el uso del BIM en la fase de diseño esquemático se muestra el estudio de caso presentado por Azhar, Khalfan, y Maqsood, (2012) en el trabajo titulado “Building Information Modeling (BIM): Now and Beyond” El proyecto es una instalación de educación superior en la

Universidad Estatal de Savannah, Georgia, EE.UU. para este proyecto, el contratista general coordinó con el arquitecto y el propietario en la fase de diseño esquemático para preparar modelos de información de construcción de tres opciones de diseño diferentes. Para cada opción, las estimaciones de costos basadas en BIM también se prepararon utilizando tres escenarios de costos diferentes (presupuesto, rango medio y rango alto), como se muestra en la Figura 1







Aspect	Owner's Requirements	Option A	Option B	Option C
Front Elevation				
Plan				
Stories	Not specified	2	2	3
Cost Scenarios				
Budget:	\$147.74/sf	\$11,000,000	\$12,897,111	\$12,270,919
Mid-Range:	\$175.00/sf	\$13,030,325	\$15,276,800	\$14,535,140
High-Range:	\$200.00/sf	\$14,891,800	\$17,459,200	\$16,611,600
				\$10,910,894
				\$12,924,100
				\$14,770,400

Figura 1 *Análisis de opciones para el edificio académico de Savannah. State Building Information Modeling (BIM): Now and Beyond*, p.19 Azhar (2012), obtenido de <https://epress.lib.uts.edu.au/journals/index.php/AJCEB/article/view/3032>

El propietario pudo recorrer todos los modelos virtuales para decidir la mejor opción que se ajusten a sus requerimientos. El proceso completo tomó 2 semanas, y el propietario logró un ahorro de costos de aproximadamente \$ 1,995,000 en la etapa de diseño esquemático al seleccionar la opción de diseño más económica. Aunque podría argumentarse que el propietario pudo haber llegado a las mismas conclusiones utilizando los dibujos tradicionales, el uso de la tecnología BIM lo ayudó a tomar una decisión rápida, definitiva y bien formada.

2.2.4.3 BIM en la fase de pre-construcción. Las aplicaciones de BIM en la fase de pre-construcción se pueden resumir de la siguiente manera:

- Estimación: a partir de modelos de información de construcción, los contratistas pueden realizar una medición de cantidades bastante precisa y preparar estimaciones detalladas. La universidad de Stanford realizó una medición en 32 proyectos de gran envergadura y mencionan que las mediciones basadas en BIM estaba dentro del 3%, con una reducción de hasta el 80% en el tiempo de estimación (CRC, 2007)
- Coordinación del sitio: Utilizando modelos de coordinación de sitio 3D o 4D, los contratistas pueden planificar la logística del sitio, desarrollar diseños de tráfico e identificar los peligros potenciales en el lugar de trabajo, lo que puede ayudar a preparar un plan de seguridad del sitio más realista.
- Análisis de capacidad de construcción: al usar modelos BIM, el equipo del proyecto puede realizar un análisis de capacidad de construcción detallado para planificar la secuencia de operación en el sitio de trabajo.

Para ilustrar el uso del BIM en la planificación y gestión de la seguridad se muestra otro estudio de caso planteado por Azhar (2012). El proyecto es el edificio del centro de bienestar en el campus Auburn University, Alabama, el equipo del proyecto desarrollo el modelo BIM de la instalación en la fase de diseño del proyecto y los utilizo para la coordinación del sitio y análisis de la factibilidad de construcción. esto se realizó a través de reuniones coordinadas que involucraban a gerentes del proyecto, contratistas, supervisores, etc. Se identificaron todos los

posibles riesgos tanto mayores como menores y se desarrollaron planes de mitigación apropiados, en el desarrollo del proyecto no se presentó ningún accidente considerable en el sitio. Y se calificó el uso de BIM como "... una gran herramienta para educar a los trabajadores en tiempo rápido sobre los peligros del sitio"

2.2.4.4 BIM en la fase de construcción. En la fase de construcción, el equipo del proyecto puede usar BIM principalmente en actividades como el monitoreo de progresos del proyecto usando planes de fases 4D y ordenar cambios e información en los modelos BIM. A lo largo del periodo de construcción, el equipo del proyecto debe actualizar continuamente el modelo BIM para que refleje la información más actualizada que luego los gerentes de las instalaciones pueden utilizar para las operaciones de construcción y el mantenimiento.

Los avances en tecnología de teléfonos inteligentes y tabletas han permitido a los contratistas y subcontratistas utilizar con frecuencia modelos BIM en el lugar de trabajo para la extracción y coordinación de la información. Algunas de las aplicaciones BIM destacadas incluyen BIMX®, Bentley Navigator®, Buzzsaw®, etc. Recientemente, Autodesk® ha iniciado un servicio basado en la nube, el Autodesk 360 ©, que permite a los usuarios compartir modelos BIM en un entorno web y realizar varias tareas en el campo, como recorridos, detección de choques y preparación de RFI digitales (Engineering News Record, 2012).

2.2.4.5 BIM en la fase de post-construcción Un modelo de información de construcción contiene información completa sobre una instalación a medida que evoluciona a través de la planificación, el diseño y la construcción. Esta información puede ser aprovechada a posteriori

por los administradores del proyecto, lo que hace que la operación y el mantenimiento de las instalaciones sea más eficiente. Investigaciones desarrolladas sobre este aspecto indican que cerca del 85% del costo del ciclo de vida de una instalación se produce después de que se complete la construcción y se pierden aproximadamente 10 mil millones de dólares anuales solo en los Estados Unidos debido al acceso inadecuado de la información y los problemas de interoperabilidad durante las fases de operación y mantenimiento (Korpela, Miettinen, Salmikivi, & Ihalainen, 2015). El uso de BIM para la gestión de instalaciones puede reducir considerablemente estas pérdidas.

El beneficio fundamental de un modelo BIM es que proporciona información sobre un edificio y sus espacios, sistemas y componentes. El objetivo general es transferir estos datos a las operaciones de gestión de instalaciones y de esta manera acceder a la información sobre los sistemas y equipos de construcción simplemente haciendo clic en un objeto en un modelo BIM. Por ejemplo la información que se extrae para un equipo como una caja VAV (sistemas de aire acondicionado), es la ubicación, el nombre, el número de modelo, el tipo de producto, los manuales de operación y mantenimiento, la información de puesta en servicio y los datos de rendimiento. Esto hace que sea muy sencillo para un trabajador de mantenimiento acceder a la información requerida vital para los diferentes sistemas en el edificio (Azhar, Khalfan, & Maqsood, 2012).

2.3 Modelos paramétricos

Los sistemas de modelado paramétrico consisten en representaciones digitales que incorporan características y aspectos específicos del proyecto (Mojica y Valencia, 2012), es rico en conocimientos 3D que son fundamentales para BIM y en el ciclo de vida de la información de construcción, las principales razones consisten en:

- Un edificio está compuesto de componentes geométricos y la información geométrica es sustancial para BIM.
- El modelado paramétrico proporciona mecanismos para traducir e integrar las experiencias en el dominio como expresiones geométricas explícitas que pueden automatizar la generación de la información del edificio, especialmente la información geométrica y que puede facilitar la generación de un rico modelo.
- El mantenimiento de la validez de la información generada es crucial para la revisión y reutilización de la información del edificio. La integridad semántica de un modelo de construcción se puede mantener según las restricciones y reglas geométricas impuestas, a medida que es revisado el modelo de construcción (Rundell, 2005).

Los modelos paramétricos requieren objetos específicos que muestren un comportamiento, comportamiento de construcción e inteligencia, es decir:

- Comportamiento: la capacidad de un objeto para responder a estímulos internos o externos (es decir, cambiar su forma en respuesta a cambios en su contexto). La cual es diferente al enfoque de diseño de Estructura-Función-Comportamiento (Chandrasekaran & Josephson, 2000)
- Comportamiento de los Objetos de Construcción: se refiere al comportamiento de los objetos de construcción por ejemplo vigas, columnas paredes o ensambles como pisos, escaleras o fachadas.
- Inteligencia: Es la propiedad en el modelado paramétrico que mide el grado en que el comportamiento de sus objetos imita la intención del diseño lógico consistente con el modelo. Y responder a los diferentes estímulos (Sacks, Eastman & Lee, 2004)

Por ejemplo, los modelos paramétricos para sistemas de construcción proporcionan objetos de construcción tales como paredes, vigas, columnas y espacios; de manera similar, los sistemas comparables para la ingeniería mecánica proporcionan objetos mecánicos, como pernos, tuercas, tuberías y válvulas. Los objetos no solo son diferentes, sino que la funcionalidad necesaria para manipularlos también es diferentes: el diseño del edificio requiere inteligencia funcional, como muros que se incrustan automáticamente en puertas y ventanas, vigas que requieren soportes, refuerzos que deben estar contenidos dentro de elementos de concreto, etc. El diseño mecánico por otro lado, requiere el despliegue de conductos de chapa metaliza, sistemas de tuberías que mantengan la integridad de la conexión, etc.

2.4 Beneficios, limitaciones, obstáculos y problemas de BIM

En 2007, los contratistas Generales Asociados de América (AGC) publicaron la guía de contratistas AGC para BIM (AGC, 2005). Esta se basó en las experiencias y los consejos sobre la implementación BIM. La Guía se actualizó en 2010 con información sobre el proceso de incorporación BIM a la empresa AECO, la colaboración con otros participantes del proyecto, así como una matriz detallada de los tipos de herramientas de software que comprenden el modelado de información de edificios. El objetivo principal de la guía es educar a todos los participantes del proyecto sobre BIM, incluidos sus beneficios, herramientas y aplicaciones. También con la aclaración de las responsabilidades fundamentales de cada miembro del equipo en relación con el proceso BIM y la descripción de las principales áreas de la gestión de riesgos (Smith, 2014) ((Popov, Juocevicius, Migilinskas, Ustinovichius & Mikalauskas, 2010). Desde la perspectiva de la calidad del documento de diseño, el usuario del BIM puede mejorar la coordinación entre los documentos, las disciplinas y en todo el equipo o los participantes del proyecto, reduciendo el número de errores y omisiones. Con los documentos de diseño coordinados y la intención de diseño bien definida, el proceso mejorado de diseño permite un entorno mucho más informado y ahorra recursos (no limitados a materiales, dinero, tiempo) en la implementación del proyecto (Migilinskas & Ustinovichius, 2006).

Representantes de la industria de AECO y profesionales que trabajan con la implementación de BIM, dieron sus opiniones sobre el proceso basado en BIM en múltiples análisis, informes y trabajos científicos. Los pensamientos y resultados agregados de beneficios,

limitaciones, obstáculos y problemas reales de la implementación BIM, las experiencias de casi dos décadas se presentan a continuación (Thomassen, 2011):

La mayoría de los participantes del proyecto están acostumbrados a trabajar con herramientas particulares (software y hardware) y, a menudo, la transferencia de datos está limitada debido a la incompatibilidad y la transmisión de la información consistente a otros participantes. Los datos no transferidos deben recuperarse y se deben hacer esfuerzos adicionales para hacerlo o agregar la información para otras herramientas particulares.

Los participantes del proyecto están haciendo uso de modelos inteligentes para partes del alcance del proyecto para ayudarlos con sus actividades tradicionales (no se limitan a la evaluación de diseño, tiempo y costo). Principalmente se enfoca en el alcance del trabajo que era más costoso o que parecería más arriesgado y necesita ser evaluado en detalles basados en una fuente confiable de información.

La implementación de algunos enfoques inteligentes como desarrollo de proyectos virtuales por primera vez puede llevar a cometer errores por la falta de experiencia, y eso conlleva a actividades de búsqueda que llevan mucho tiempo y costosas consultas para mejorar las prácticas.

Obtener los máximos beneficios de la tecnología BIM está directamente relacionado con la capacidad de maximizar la colaboración en el proyecto. No importa quien este liderando,

entonces todos los participantes clave están liderando, ofrece la mayoría de los beneficios para todo el equipo del proyecto.

Existen muchas barreras que impiden que los participantes del proyecto utilicen la última tecnología y BIM. Las barreras incluyen los temores de un éxito demasiado bajo, fracaso bajo o grande, altos costos de inversión inicial, el tiempo para aprender a usar el software y, quizás para muchos, la barrera más grande: la falta de apoyo por parte de los líderes de la empresa (enfoque conservador).

Para llevar a cabo el modelado 4D de una manera eficiente, el conocimiento del software de modelación 3D/4D que se debe utilizar y las limitaciones de las herramientas de software de modelado 3D/4D y la gestión de información, así como los problemas que surgen del intercambio de datos y el hardware efectivo que se debe utilizar, tanto a nivel organizativo como profesional, la alineación de la calificación debe ser resuelta.

El último obstáculo en la implementación de BIM es la falta de información acerca de las normas y reglas estrictas de implementación de BIM para ciertos participantes del proyecto, las obligaciones contractuales en ciertos países o la documentación unificada para regiones como la Unión Europea, América, Asia entre otros.

Capítulo 3. Seguimiento y control de edificaciones

3.1 Definición

Las edificaciones son aquellas construcciones cuyo uso principal es la habitación u ocupación por seres humanos (Decreto 926,2010) en Colombia desde el año 2015 hasta el primer trimestre del año 2019 se han culminado 136.920.264 metros cuadrados de edificaciones y aun 719.003434 metros cuadrados continúan en proceso de construcción. (DANE, 2019)

3.2 Características

Las edificaciones según el Decreto 926,2010 y de acuerdo con el reglamento sismo resistente del 2010 deben seguir un procedimiento de diseño y construcción entre dicho proceso se resaltan 13 numerales o consideraciones entre las cuales tenemos:

- General
- Estudios geotécnicos
- Diseños arquitectónicos
- Diseños estructurales
- Diseño de la cimentación
- Diseño sísmico de los elementos no estructurales
- Revisión de los diseños
- Construcción
- Supervisión técnica
- Edificaciones indispensables

- Casas de uno y dos pisos
- Aspectos fundamentales del diseño
- Construcción responsable ambientalmente

Adicionalmente en la NSR-10 se define que las edificaciones con más de 3000 m² deberán someterse a una supervisión técnica dentro de las cuales se tienen las Edificaciones indispensables y de atención a la comunidad

3.3 Tipos de Controles

En la NSR-10 se definen seis tipos de controles exigidos para cuando se realiza la supervisión técnica de obras entre los cuales tenemos:

- El realizado a los planos
- El de las especificaciones
- A los materiales
- Ensayos de control de calidad
- A la ejecución

Dentro de cada este tipo de controles se denominan algunas funciones principales que se deben tener en cuenta en el momento de realizar el seguimiento a construcción de edificaciones.

3.3.1 Control realizado a planos. Consiste básicamente en verificar la existencia de las indicaciones necesarias para realizar la construcción de la manera adecuada, deben contemplarse todas las características del proyecto y por lo tanto de los planos incluidos en el mismo.

3.3.2 Control realizado a las especificaciones. Para el control realizado a las especificaciones deben tenerse en cuenta las establecidas por la ley, las denominadas en los planos y especificaciones que los diseñadores produzcan, de igual forma debe cumplirse como mínimo las especificaciones técnicas contenidas dentro del Reglamento Colombiano Sismo Resistente NSR-10 (Decreto 926,2010) y adicionalmente las emitidas por la Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistente. Primando sobre todas las especificaciones las denominadas por el Reglamento NSR-10.

3.3.3 Control sobre los materiales. En el momento de verificar el estado de los materiales es importante tener en cuenta las condiciones de calidad de los mismos es por esto que la reglamentación colombiana a través del título I de la NSR-10 estable ha establecido unos requisitos generales y normas técnicas de calidad como se muestran en la tabla 4 descrita a continuación:

Tabla 4
Requisitos para control de Materiales

Material o elemento Estructural	Tema
Muros Divisorios, acabados y elementos no estructurales	<ul style="list-style-type: none"> – Peso – Desempeño sísmico
Concreto estructural	<ul style="list-style-type: none"> – Normas técnicas – Ensayo de Materiales – Materiales Cementantes – Agregados – Agua – Acero de Refuerzo – Aditivos – Evaluación y Aceptación del Concreto
Casas de uno y dos pisos	<ul style="list-style-type: none"> – Unidades de mampostería – Morteros de pega e inyección – Materiales elementos de confinamiento – Materiales bahareque encementado – Materiales de cubierta

Tabla 4 Continuación

Material o elemento Estructural	Tema
Estructuras Metalicas	– Especificaciones, códigos y estándares de referencia
	– Acero estructural
	– Fundición y piezas forjadas de acero
	– Pernos, arandelas y turcas
	– Pernos de anclaje y barras roscadas
	– Metal de aporte y fundente para soldadura
	– Conectores de cortante tipo espigo
	– Concreto-secciones compuestas
	– Incendio-Resistencia de los materiales a altas temperaturas
	– Estructuras existentes-Propiedades del material
	– Acero del sistema de resistencia sísmica
	– Consumibles de soldadura
	– Acero en miembros formados en frio
– Aluminio	
Estructuras de madera	– Materiales
	– Refuerzos metálicos(protección anticorrosiva)
	– Guadua requisitos de calidad
	– Materiales complementarios y en referencia
Protección contra el fuego	– Materiales
Requisitos complementarios	– Vidrio-Definiciones

Nota: Adaptado de Tabla I.2.4-1 NSR-10 . Decreto 926,2010, obtenido de <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/9titulo-i-nsr-100.pdf>

Por otra parte para la vigilancia y el control a los materiales deben utilizarse las normas técnicas colombianas NTC en la tabla 5 se relacionan las normas según el tipo de material que se desea controlar.

Tabla 5

Relación Normas Técnicas Colombianas para el control de materiales

MATERIAL	NORMA	
	NTC	Especificación
CONCRETO	1977	Compuestos líquidos formadores de membrana para curado del concreto
	2895	Ingeniería civil y arquitectura, practica recomendada para el acabado de placas y sobrepisos de concreto aptos para recibir “in situ” un piso terminado
	3318	Producción de concreto
	31	Cementos, definiciones, terminología relacionada con el cemento hidráulico
	3459	Concretos, agua para la elaboración de concreto

Tabla 5 Continuación

MATERIAL	NORMA	
	NTC	Especificación
	4578	Cementos, cemento hidráulico expansivo
	2275	Ingeniería civil y arquitectura, procedimiento recomendado para la evaluación de los resultados de los ensayos de resistencia del concreto
	4261	Evaluación de la Uniformidad de los resultados de la resistencia del cemento de una misma fuente
	4913	Cementos, especificaciones para adiciones de procesos para uso en la manufactura de cementos hidráulicos
	4859	Cementos, especificaciones del relleno fluido
GTC-167		Concretos, Guía acerca de la contracción del concreto
	4261	Evaluación de la Uniformidad de los resultados de la resistencia del cemento de una misma fuente
	3791	Ingeniería y arquitectura, determinación microscópica de los parámetros del sistema de vacíos de aire en el concreto endurecido
	3774	Ingeniería Civil y arquitectura, practica estándar para la inspección petrográfica del concreto endurecido
	3760	Ingeniería Civil y arquitectura, concreto coloreado integralmente especificaciones para pigmentos
	3693	Ingeniería Civil y arquitectura, practica para la inspección y muestreo en construcciones de concreto endurecido
	3674	Ingeniería Civil y arquitectura, practica para la reducción del tamaño de las muestras de agregados, tomadas en campo para la realización de ensayos
	3512	Cementos, cuartos de mezclado, cámaras y cuartos húmedos y tanques para el almacenamiento de agua, empleados en los ensayos de cementos hidráulicos y concretos
	3502	Ingeniería Civil y arquitectura, aditivos incorporadores de aire para concreto
	3494	Determinación de la retención de agua de los materiales utilizados para el curado del concreto
	4253	Ingeniería Civil y arquitectura, aligerantes de concreto permanentes, para losas y muros aligerados
	4045	Ingeniería Civil y arquitectura, agregados livianos para concreto estructural
	4027	Ingeniería Civil y arquitectura, concreto hecho por bachada volumétrica y mezclado continuo
	5653	Determinación de la gravedad específica, absorción y vacíos en el concreto endurecido
	111	Cementos, especificaciones para la mesa de flujo usada en ensayos de cemento hidráulico
	3512	Cementos, cuartos de mezclado, cámaras y cuartos húmedos y tanques para el almacenamiento de agua, empleados en los ensayos de cementos hidráulicos y concretos
	1757	Mecánica. Mezcladora de hormigón, generalidades
	4953	Prefabricados de concreto, separadores y soportes para el refuerzo del concreto
	174	Concretos, especificaciones de los agregados para concreto
	3773	Ingeniería Civil y arquitectura guía para la inspección petrográfica de agregados para concreto
GTC-167		Concretos, Guía acerca de la contracción del concreto
	5541	Concretos reforzados con fibra

Tabla 5 Continuación

MATERIAL	NORMA	
	NTC	Especificación
MAMPOSTERIA	4205-1	Unidades de mampostería de arcilla cocida Ladrillos y bloques cerámicos parte 1; Mampostería estructural
	296	Ingeniería Civil y arquitectura, dimensiones modulares de unidades de mampostería de arcilla cocida, ladrillos y bloques cerámicos
	3675	Ingeniería Civil y arquitectura, determinación de la adherencia en primas de mampostería sometidos a flexión
	4076	Unidades de concreto para mampostería no estructural
	4051	Productos cerámicos para construcción. Definiciones y términos
	4050	Ingeniería Civil y arquitectura. Cemento para mampostería.
	4048	Concretos, morteros de inyección (GROUTS) para mampostería
	4050	Ingeniería Civil y arquitectura, cementos para mampostería
	2240	Concretos, agregados usados en morteros de mampostería
	2017	Adoquines de concreto para pavimentos
	2802	Ingeniería Civil y arquitectura. Cámaras de inspección para alcantarillados, construidas en mampostería de ladrillo tolete recocido
CONSTRUCCIÓN	4349	Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores. Aplicaciones particulares para ascensores de pasajeros y de pasajeros y cargas. Accesibilidad a los ascensores de personas, incluyendo personas con discapacidad
	2769-1	Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores parte 1: ascensores eléctricos
	2332	Construcción de edificaciones. Coordinación modular, principios y reglas
	45	Ingeniería Civil y arquitectura, coordinación modular de la construcción bases. Definiciones y condiciones generales.
CONSTRUCCION-PERMEABILIZACIÓN	1906	Ingeniería civil y arquitectura. Agregados minerales utilizados en la impermeabilización de cubiertas.
	2070	Ingeniería Civil y arquitectura, impermeabilización de superficies con materiales bituminosos, definiciones y clasificación.
TEJAS Y CUBIERTAS	2086	Ingeniería Civil y arquitectura. Tejas de arcilla
	4694	Placas onduladas de fibrocemento para cubiertas y revestimientos.
BALDOSAS	6050-1	Baldosas cerámicas. Material para juntas y adhesivos. Parte 1: términos, definiciones y especificaciones para adhesivos.
	2849	Ingeniería Civil y arquitectura. Baldosa con superficie de grado Terrazo.
	4321-1	Ingeniería Civil y arquitectura. Baldosas cerámicas Parte 1: Muestreo y bases de aceptación.
	919	Baldosas cerámicas. Definiciones, clasificación, características y rotulado.
	GTC-295	Guía de instalación para baldosas cerámicas. Instalación de baldosas cerámicas para uso de piso o pared.
ACABADOS	4294	Materiales y acabados, series 1000
	455	Dimensiones modulares de vanos para ventanas
CERRADURAS	4583	Cerraduras de Llave
	4746	Cerraduras, vocabulario
PUERTAS	GTC-118	Acabados de la construcción. Ventanas y puertas. Aspectos generales
	2569	Maderas. Puertas planas entaboradas de madera para interiores

Tabla 5 Continuación

MATERIAL	NORMA	
	NTC	Especificación
PANELES PREFABRICADOS	2446	Ingeniería Civil y arquitectura. Paneles prefabricados, clasificación y requisitos
ANDAMIOS	1735	Higiene y seguridad. Andamios tubulares, requisitos de seguridad
	2234	Higiene y seguridad. Andamios colgantes. Clasificación, dimensiones y usos.
	6176	Puntales telescópicos regulables de acero. Especificaciones del producto, diseño y evaluación por cálculos y ensayos.
	1642	Higiene y seguridad. Andamios, requisitos generales de seguridad.
	1641	Higiene y seguridad. Andamios. Definiciones y clasificación.
MATERIALES/ YESO	2425	Minería. Yeso para la industria de la construcción
	5262	Terminología asociada al yeso, a sus materiales y sistemas de construcción.
MATERIALES/CAL	5163	Terminología relacionada con cal y caliza
APARATOS SANITARIOS	920	Aparatos sanitarios de cerámica
	5339	Accesorios para baños
	5302	Accesorios de desagüe en fontanería
FORMALETAS	6177	Cimbras: Requisitos de comportamiento y diseño general
MADERAS	5950	Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físico mecánicas
	824	Maderas. Glosario de defectos
	1829	Maderas, Puertas de madera. Definiciones y clasificación
ESTRUCTURAS METÁLICAS	110	Guía para la inspección visual de soldaduras
	4040	Soldadura. Procedimientos de soldadura para el acero de refuerzo
	2034	Ensayos no destructivos. Calificación y certificación de personal

Autores, 2019

3.3.4 Ensayos para control de calidad. Dentro de los controles que deben realizarse es necesario que con cierta frecuencia se realice la toma de muestras y un número de ensayos de laboratorio esto con el fin de verificar los materiales utilizados y los métodos de construcción empleados en el desarrollo de las obras en la tabla 6 se especifican los tipos de controles según el material o el elemento estructural:

Tabla 6

Requisitos para control de calidad

Material o elemento Estructural	Tema
Concreto estructural	<ul style="list-style-type: none"> – Normas técnicas (Obligatoriedad y enumeración) – Definiciones – Ensayo de materiales – Acero de refuerzo – Requisitos de durabilidad – Dosificación de las mezclas de concreto – Evaluación y aceptación del concreto – Evaluación y aceptación del refuerzo – Diámetros mínimos de doblado – Doblado – Elementos prefabricados – Elementos preesfrozados – Tanques y comportamientos estancos – Concreto estructural simple
Mampostería Estructural	<ul style="list-style-type: none"> – Morteros de pega y relleno – Acero de refuerzo – Normas y especificaciones técnicas – Definiciones – Determinación de la resistencia – Evaluación y aceptación de la mampostería, Muestreo y ensayos – Colocación del mortero de relleno – Construcción de mampostería de cavidad – Construcción de mampostería de muros confinados – Construcción de muros de diafragma
Casas de uno y dos pisos	<ul style="list-style-type: none"> – Unidades de mampostería – Morteros de pega e inyección – Materiales elementos de confinamiento – Materiales bahareque
Estructuras Metálicas	<ul style="list-style-type: none"> – Acero estructural – Planos y especificaciones del diseño estructural – Soldaduras y pernos – Planos de taller y montaje – Control de calidad y aseguramiento de calidad – Planos y especificaciones de diseño estructural, planos de taller y planos de construcción – Ensayos especiales
Estructuras de madera	<ul style="list-style-type: none"> – Calidad – Secciones de las maderas – Diámetro y longitud de pernos y clavos – Guadua
Protección contra el fuego	<ul style="list-style-type: none"> – Materiales

Nota: Adaptado de Tabla I.2.4-2 NSR-10 . Decreto 926,2010, obtenido de <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/9titulo-i-nsr-100.pdf>

Por otra parte para la vigilancia y el control de los ensayos a los materiales deben utilizarse las normas técnicas colombianas NTC en la tabla 7 se relacionan las normas según el tipo de material que se desea controlar

Tabla 7

Relación Normas Técnicas Colombianas para ensayos de control de materiales

MATERIAL	NORMA	
	NTC	Especificación
CONCRETO	3726	Ingeniería Civil y arquitectura, método para determinar el contenido de cemento portland del concreto de cemento portland de concreto de cemento hidráulico endurecido
	1926	Concretos, Método de ensayo para determinar la densidad (masa unitaria) el rendimiento y el contenido de aire por gravimetría del concreto.
	6262	Concretos, Método de ensayo para determinar el potencial de reactividad de los agregados al álcali(método de barras de mortero)
	3357	Concretos, Método de ensayo para determinar la temperatura del concreto fresco de cemento hidráulico
	4025	Concretos, Método de ensayo para determinar el módulo de elasticidad estático y la relación de poisson en concreto a compresión
	3759	Ingeniería civil y arquitectura, método de ensayo para determinar la resistencia a la penetración del concreto endurecido
	3756	Ingeniería Civil y arquitectura, procedimiento para estimar la resistencia del concreto por el método de la madurez
	3752	Ingeniería Civil y arquitectura, métodos de ensayo para determinar el contenido de agua en concreto fresco
	3726	Ingeniería Civil y arquitectura, método para determinar el contenido de cemento hidraulico endurecido
	3707	Ingeniería Civil y arquitectura, método de ensayo para la determinación de la fluencia del concreto en compresión
	3689	Ingeniería Civil y arquitectura, método de ensayo para determinar el pH de una superficie de concreto o de mampostería de concreto previamente limpiada o atacada con acido
	3658	Ingeniería Civil y arquitectura, método para obtención y ensayo de núcleos extraídos y vidas de concreto aserradas
	3772	Ingeniería Civil y arquitectura, método de ensayo para determinar la resistencia al arranque del concreto endurecido
	4049	Ingeniería Civil y arquitectura, concretos, método de ensayo para determinar cloruros solubles en agua en mortero y concreto.
	5667	Método de ensayo para determinar la contracción química de la pasta de cemento hidráulico

Tabla 7 Continuación

MATERIAL	NORMA	
	NTC	Especificación
	4325	Ingeniería Civil y arquitectura, método de ensayo para la determinación de la velocidad del pulso ultrasónico a través del concreto
	4483	Ingeniería Civil y arquitectura, Concretos método de ensayo para determinar la permeabilidad del concreto al agua
	117	Cementos, método de ensayo para determinar el calor de hidratación del cemento hidráulico
	184	Cementos, métodos de análisis químico de los cementos hidráulicos
	4325	Ingeniería Civil y arquitectura, método de ensayo para la determinación de la velocidad del pulso ultrasónico a través del concreto
	225	Cementos, método de ensayo para determinar el endurecimiento temprano del cemento hidráulico(Método del mortero)
	1757	Mecánica. Mezcladora de hormigón, generalidades
	1294	Ingeniería Civil y arquitectura, método de ensayo para determinar la exudación del concreto
MAMPOSTERIA	4074	Ingeniería Civil y arquitectura, método para determinar la resistencia a la tracción indirecta en unidades de mampostería
	3495	Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de muretes de mampostería
	3690	Ingeniería Civil y arquitectura, método de ensayo para determinar la penetración y la filtración de agua a través de la mampostería
	4076	Unidades de concreto para mampostería no estructural
	4074	Ingeniería Civil y arquitectura, método para determinar la resistencia a la tracción indirecta en unidades de mampostería
	4043	Concretos, Método de ensayo para el muestreo y ensayos de mortero de inyección (GROUT)
	4017	Métodos para muestreo y ensayos de unidades de mampostería y otros productos de arcilla
CONSTRUCCIÓN	4349	Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores. Aplicaciones particulares para ascensores de pasajeros y de pasajeros y cargas. Accesibilidad a los ascensores de personas, incluyendo personas con discapacidad
	2769-1	Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores parte I: ascensores eléctricos
	2332	Construcción de edificaciones. Coordinación modular, principios y reglas
	45	Ingeniería Civil y arquitectura, coordinación modular de la construcción bases. Definiciones y condiciones generales.
CONSTRUCCION-PERMEABILIZACIÓN	1906	Ingeniería civil y arquitectura. Agregados minerales utilizados en la impermeabilización de cubiertas.
	2070	Ingeniería Civil y arquitectura, impermeabilización de superficies con materiales bituminosos, definiciones y clasificación.
TEJAS Y CUBIERTAS	2086	Ingeniería Civil y arquitectura. Tejas de arcilla
	4694	Placas onduladas de fibrocemento para cubiertas y revestimientos.

Tabla 7 Continuación

MATERIAL	NORMA	
	NTC	Especificación
BALDOSAS	6050-1	Baldosas cerámicas. Material para juntas y adhesivos. Parte 1: términos, definiciones y especificaciones para adhesivos.
	6050-2	Baldosas cerámicas. Material para juntas y adhesivos. Parte 2 Métodos de ensayo para adhesivos.
	2849	Ingeniería Civil y arquitectura. Baldosa con superficie de grado Terrazo.
	4321-1	Ingeniería Civil y arquitectura. Baldosas cerámicas Parte 1: Muestreo y bases de aceptación.
	4321-2	Ingeniería Civil y arquitectura. Baldosas Cerámicas. Parte 2: Método de ensayo para determinar las dimensiones y la calidad superficial.
	4321-7	Ingeniería Civil y arquitectura. Baldosas cerámicas. Parte 7: Método de ensayo para determinar la resistencia a la abrasión superficial para baldosas vidriadas.
	4321-8	Ingeniería Civil y arquitectura. Baldosas cerámicas. Parte 8: Método de ensayo para determinar la expansión térmica lineal.

Autores, 2019

3.3.5 Ensayos para control de calidad Durante la ejecución de la obra es indispensable que se verifiquen, vigilen e inspeccionen los trabajos, el título I de la NSR-10 dispone diez aspectos que como mínimo deben vigilarse durante la ejecución de obra entre los cuales se contemplan:

- Replanteo
- Dimensiones geométricas
- Condiciones de la cimentación las cuales deben coincidir con lo establecido en el estudio geotécnico
- Empleo de cimbras y obras falsas, esto teniendo en cuenta la seguridad y la capacidad de soporte de cargas.
- Colocación de aceros tanto de refuerzo como de preesfuerzo
- Para el concreto debe tenerse en cuenta el mezclado, transporte y colocación.

- Para los muros de mampostería durante el alzado deben tenerse en cuenta sus refuerzos si los requiere y de igual forma los morteros de pega e inyección.
- Si se usan elementos prefabricados deben tenerse en cuenta las normas que apliquen en cada caso
- En el caso del uso de estructuras metálicas, se debe verificar las soldaduras, los pernos y los anclajes.
- De manera general deben verificarse todo lo ejecutado esto de acuerdo a los planos y especificaciones

Capítulo 4. Análisis de la aplicabilidad de BIM en procesos de Interventoría

Los proyectos de construcción generalmente se encuentran sujetos a errores, incongruencias e incompatibilidades que inician en las fases de diseño y que posteriormente se materializan en la ineficiencia de procesos constructivos, retrasos, reprocesos, aumento del costo del proyecto y una disminución de la calidad (Mojica & Valencia, 2016). En este escenario aparecen las metodologías BIM frente a los métodos tradicionales de planeación y ejecución de proyectos basado en planos 2D desarticulados de la programación de obra, la cuantificación de materiales y los presupuestos.

Para que los beneficios de BIM sean percibidos en el desarrollo del proyecto es necesario que se implemente durante todo el ciclo de vida del mismo, y es justamente aquí donde la interventoría toma lugar, ya que los interventores son los llamados a velar por el beneficio y los intereses del proyecto.

El interventor tiene una labor constante que es transversal en todas las fases y ciclos, es aquí cuando los proyectos BIM deben contar con un repositorio único de información de fácil accesibilidad y acompañado de protocolos de comunicación que indiquen la manera de cómo la información recorre dentro de un flujo de trabajo colaborativo donde el interventor pueda monitorear y conocer la información en tiempo real, esto garantiza transparencia y orden.

Por otro lado la interventoría deberá ser parte activa del flujo de trabajo colaborativo, esto remite a que la función técnica pueda gestionar de manera oportuna y el cumplimiento de la calidad tenga trazabilidad y versionado. El interventor debe tener la capacidad de llevar a cabo labores de validación de información BIM como las relacionadas con la cuantificación y la

especificación de los proyectos, además de vigilar el cumplimiento de las normas mediante herramientas de análisis BIM, gestionar y auditar los modelos.

Contar con sistemas de información BIM permite al interventor ser consciente de los imprevistos que retrasan los tiempos de ejecución, esto dará pautas para mejoras y recopilar lecciones aprendidas en cada desarrollo de proyecto.

Cuando la interventoría hace parte del flujo de un trabajo colaborativo BIM se convierte en una pieza clave para el éxito del proyecto ya que muchas veces los costos y los reprocesos que se generan por la no aceptación del proyecto por parte de la interventoría pueden ser mayor que una cantidad considerable de colisiones identificadas en obra, además de promover la garantía de un entregable con un alto nivel de calidad no tiene precio para el cliente y es el mayor valor agregado que puede esperar.

4.1 Metodología

La metodología para el desarrollo de la monografía de investigación se planteó en cuatro etapas, como se muestra en la figura 2. Una primera etapa consiste en el levantamiento y recopilación de información bibliográfica para su posterior revisión, en la segunda etapa se definirá la figura del interventor y sus responsabilidades apoyados en la legislación colombiana, en la etapa tres se definirán los aspectos relevantes de la metodología BIM enfatizando su papel en los proyectos de construcción, además se realizaran encuestas a profesionales del sector de la construcción con experiencia en el uso de herramientas BIM, y finalmente en la etapa cuatro se realizara un análisis de los datos obtenidos y una comparación de los métodos tradicionales de construcción con respecto a las nuevas y tendencias que emplean las metodologías BIM.

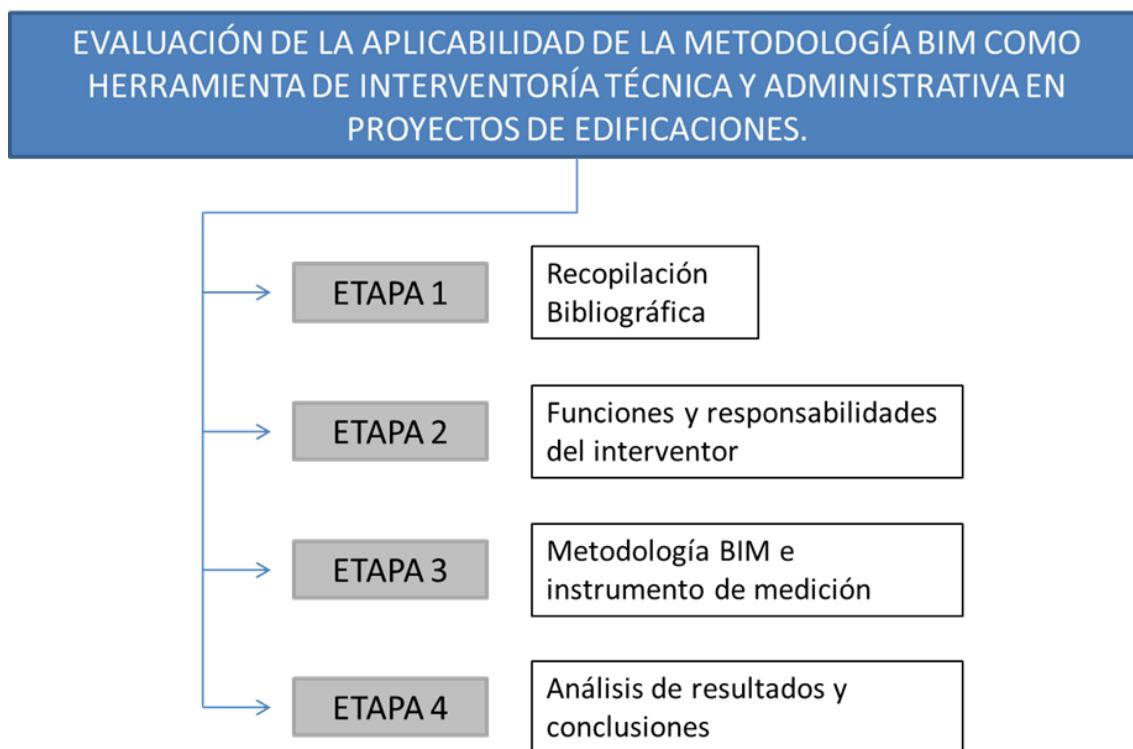


Figura 2. Metodología empleada. Autores (2019)

4.1.1 Muestreo no probabilístico. El muestreo de tipo intencional u opinático es un tipo de muestreo no probabilístico, es el sistema más común para estudios exploratorios que permite al investigador decidir directamente y en forma subjetiva los individuos que conformarán la muestra, y es por ello que no se tiene certeza de que la muestra extraída sea representativa, ya que no todos los sujetos de la población tienen la misma probabilidad de ser elegidos.

Para la aplicación del instrumento de medición seleccionado como parte de las actividades planteadas en la metodología de trabajo, se empleó una muestra de carácter intencional u opinático sobre una población con una profesión determinada (Arquitectos, ingenieros, constructores y profesionales afines), y que además tuvieran experiencia en el desarrollo de proyectos aplicando la metodología BIM, sin restricción de la experiencia, el lugar, o los tipos de

proyectos desarrollados, el número mínimo de individuos se estableció en 10, a partir de los cuales sería posible destacar aspectos relacionados al manejo de BIM en actividades de interventoría.

A propósito de la muestra empleada para este trabajo, se debe resaltar que al trabajar con muestras no probabilísticas no todos los individuos pertenecientes a la población tienen la misma probabilidad de formar parte de la muestra; además, estas muestras no ofrecen nivel de significación. Aunque para los propósitos de la investigación que consisten en aspectos netamente exploratorios no es preciso trabajar con un número excesivamente de individuos para poder describirla o explicarla.

4.2 Instrumento de Medición

A partir de los aspectos específicos que se querían extraer de los individuos de la muestra seleccionada se diseñó un modelo de encuesta que permitiría establecer las principales funciones del interventor que podrían realizarse mediante BIM. La encuesta se compone de cuatro secciones, la primera sección permite hacer la identificación de los individuos encuestados, caracterizarlos y además establecer el nivel de apropiación que poseen de la metodología BIM. La sección 2 permite cuantificar la percepción de los encuestados con respecto a las herramientas, aplicaciones y funcionalidad de la metodología. Por otro lado, la sección 3 está orientada a definir en forma específica que actividades de la interventoría técnica se pueden desarrollar a través de las herramientas que brinda la metodología. Y finalmente en la sección 4 en forma similar permite establecer que actividades de la interventoría administrativa son posibles desarrollar mediante la metodología. A continuación se muestran los ítems que conformaron cada una de las secciones de la encuesta aplicada.

Sección 1

Universidad Francisco de Paula Santander -Ocaña
Programa de Interventoría de Obras Civiles
Encuesta a Profesionales

Desde la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, como estudiantes pertenecientes al programa de interventoría de obras civiles actualmente estamos desarrollando un modelo de medición que nos permita establecer la aplicabilidad de la metodología BIM en el ejercicio de la Interventoría.

Por lo anterior, agradecemos su tiempo y disposición para diligenciar la siguiente encuesta.

Nombre:	Empresa:
Correo electrónico:	Teléfono:
Cargo	

Instrucciones: Cada pregunta debe contestarse colocando una X en la casilla según corresponda. No deje ningún ítem sin responder. La información recabada se utilizará solamente con fines educativos y es absolutamente confidencial.

1- En qué cargo se desempeña en el sector de la construcción

- Contratista
 Interventor
 Asesor
 Supervisor
 Otro: ¿Cuál? _____

2- Ha desarrollado proyectos utilizando la metodología BIM?

Si ___ No ___

3- Hace cuantos años ha estado implementando dicha metodología

- Menor a 1 año
 2 a 3 años
 3 a 5 años
 Mayor a 5 años

4- ¿Dispone de un Protocolo BIM que defina los criterios standard para la Estructuración del Modelo de Datos?

Si ___ No ___

5- ¿Existe una Metodología de Control o de Verificación de Calidad del Modelo BIM en obra?

Si ___ No ___



Sección 2

A continuación encontrará algunas herramientas típicas utilizadas en la aplicación general de la metodología BIM, por favor califique de 1 a 5 siendo 1 Deficiente y 5 Excelente.

ITEM	METODOLOGIA BIM	1	2	3	4	5
		Deficiente	Insuficiente	Parcial	Bueno	Excelente
6	Actualmente ¿Cómo consideraría la Metodología Estándar de Comunicación Trazable para actores internos y externos la cual asegura que todos estén trabajando sobre la misma versión?					
7	¿Cómo considera que es la utilización de las herramientas que brinda la metodología para el monitoreo de avance de los proyectos?					
8	¿Cómo considera que es el aporte para el trabajo colaborativo con los actores internos y externos de los proyectos?					
9	¿Cómo considera que es el acceso al modelo de datos para dar respuesta frente a las solicitudes de la documentación administrativas y legales tales como avances de obra, actas, especificaciones entre otras?					
10	¿Cómo considera que sean las solicitudes y requerimientos de presupuestación con metodología BIM en la medida de simplificar, automatizar y generar procesos confiables?					
11	¿Cómo considera que sean que sean los procesos standard de detección de interferencias relacionado a solicitudes y requerimientos de construcción?					
12	¿Cómo considera que es la relación entre los procesos standard de requerimientos de construcción con la vinculación al modelo respecto al cronograma de ejecución?					



Sección 3

A continuación encontrará algunas funciones típicas del ejercicio de interventoría, por favor califique de 1 a 5 siendo 1 Deficiente y 5 Excelente de acuerdo al grado de satisfacción que las herramientas de la metodología BIM le permiten desarrollar.

ITEM	INTERVENTORIA TECNICA	1	2	3	4	5
		Deficiente	Insuficiente	Parcial	Bueno	Excelente
13	¿En que rango la metodología le brinda un conocimiento completo y detallado del proyecto; de sus condiciones y sus especificaciones?					
14	¿Considera usted que las herramientas de la metodología le brindan conocimiento de las características del sitio, la ubicación, las vecindades, los accesos, las áreas de trabajo y de almacenamiento, y todas las condiciones de la obra?					
15	¿En qué rango la metodología le permite evaluar el funcionamiento, la calidad, la cantidad, el estado del equipo de la obra y verificar su disponibilidad?					
16	Con respecto a la inspección de los trabajos realizados ¿Considera que las herramientas que ofrece BIM le permiten verificar el cumplimiento de las normas técnicas y las especificaciones exigidas?					
17	¿En qué medida las herramientas BIM le permiten ejercer un permanente control sobre la calidad de los materiales y elementos, vigilando su utilización almacenamiento y su cumplimiento con las especificaciones?					
18	¿En qué medida considera que las herramientas BIM le brindan la información necesaria para efectuar, dentro del transcurso de la ejecución de la obra, mediciones periódicas de actividades ejecutadas, las cuales se consignan en bitácoras o libros de obra?					
19	¿En qué medida considera que las herramientas de BIM le permiten modificar la programación de obra cuando por razones técnicas, o dada la naturaleza de la obra, esto se hace necesario?					
20	¿En qué medida las herramientas BIM le permiten verificar que las cantidades de obra del contrato y las especificaciones particulares del proyecto estén definidas?					
21	¿En qué medida considera que la metodología le permita obtener información para la toma de decisiones en cambios o modificaciones de obra?					

Sección 4

ITEM	INTERVENTORIA ADMINISTRATIVA	1	2	3	4	5
		Deficiente	Insuficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
22	¿En qué medida considera que la metodología le permite asesorar a quienes realizan diseños, presupuestos y elaboran pliegos para las condiciones reales de construcción?					
23	Considera que la metodología permite con respecto al plazo del contrato: – Avisar su vencimiento. – Notificar posible incumplimiento. – Notificar posible entrega anticipada.					
24	¿Considera que las herramientas BIM le permiten vigilar y comprobar la inversión de los diferentes anticipos a los subcontratistas y demás personal que se ajusten al plan de inversiones del proyecto?					
25	¿En qué medida considera que la información obtenida de las herramientas BIM le permite estudiar oportunamente las sugerencias, reclamaciones y consultas de la empresa?					
26	¿Considera que las herramientas BIM le permiten vigilar el cumplimiento de los cronogramas de ejecución de obra y en general el plazo del proyecto?					
27	Con respecto a la revisión y control sobre una programación gráfica de los trabajos realizados y un flujo mensual de fondos ¿Cómo consideraría la eficiencia de la metodología?					
28	¿En qué medida considera que las herramientas BIM le permiten verificar el avance de la obra, tanto desde el punto de vista de las metas, como de la inversión acumulada?					

Agradecemos por haber completado esta encuesta su colaboración es muy valiosa para nosotros.

Martínez, C. A. & Muñoz, A. A.



4.3 Resultados

En la aplicación del instrumento de medición se obtuvieron los resultados que se relacionan a continuación

4.3.1 Resultados Sección 1. El objetivo de esta sección era identificar a los individuos encuestados, caracterizarlos y además establecer el nivel de apropiación que poseen de la metodología BIM, en la Figura 3 se evidencia que el 40% de los individuos encuestados se desempeñan como consultores BIM o Diseñadores, de igual forma un 30% son asesores y un 20% se dedican a supervisores de obra.

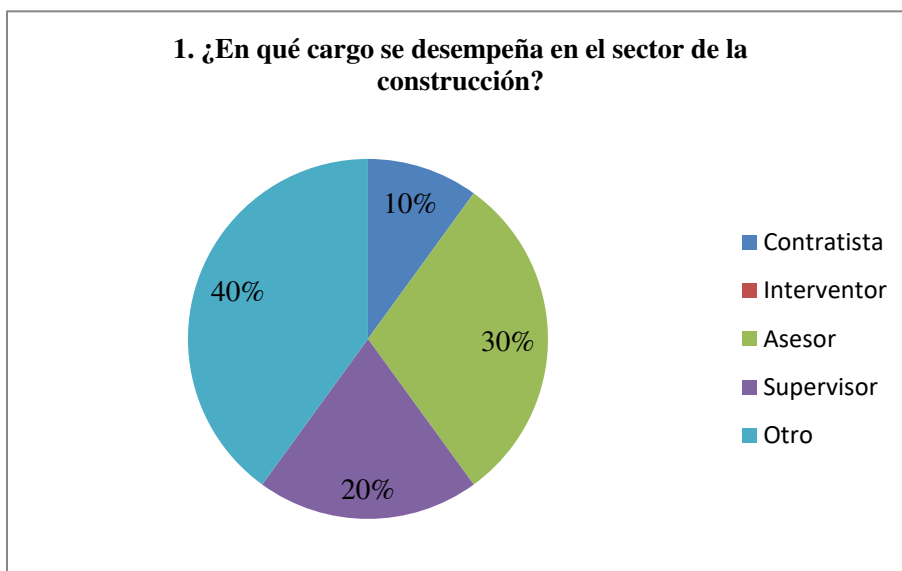


Figura 3 Resultados ITEM 1 Autores (2019)

En la pregunta numero dos se consultó al grupo la utilización de la metodología BIM para el desarrollo de sus proyectos en la Figura 4 se evidencia que el 100% de los encuestados ha utilizado la metodología.

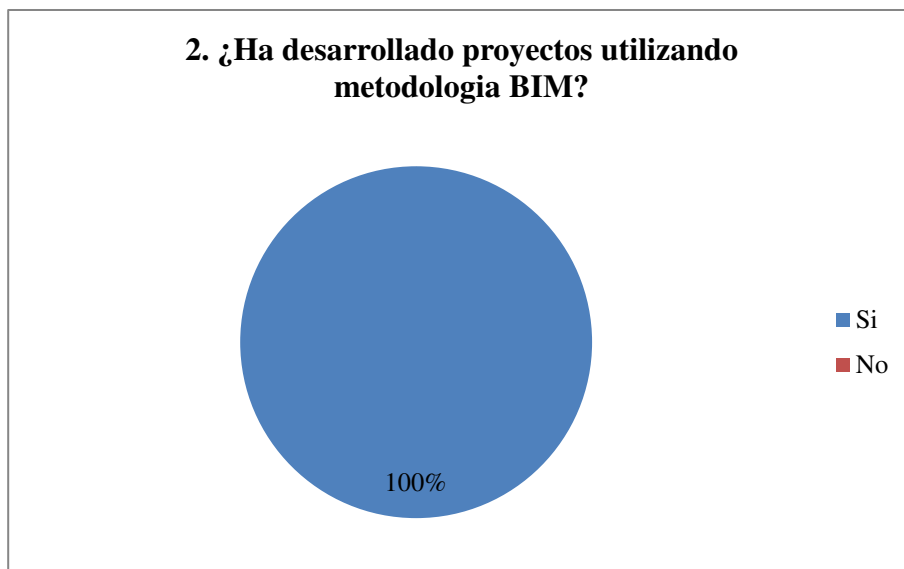


Figura 4 Resultados ITEM 2 Autores (2019)

De igual forma se consultó los encuestados el tiempo durante el cual han utilizado la metodología en sus proyectos para lo cual en Figura 5 se muestra que solo el 10% ha utilizado la metodología durante 2 a 3 años, por otra parte el 50% de los entrevistados han implementado la metodología de 3 a 5 años y el otro 40% han utilizado la metodología durante más de 5 años.

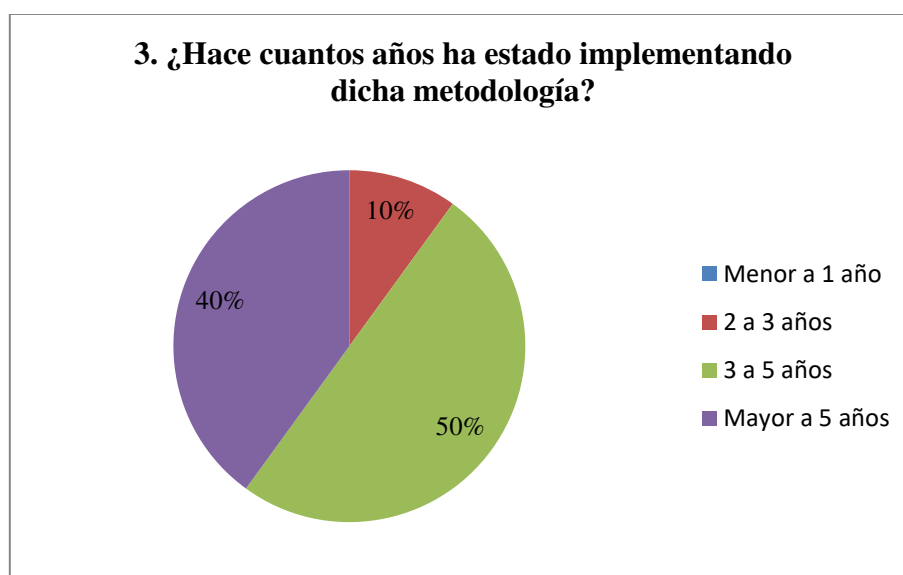


Figura 5 Resultados ITEM 3 Autores (2019)

En la pregunta número 4 se consultó a los encuestados se disponían de un protocolo BIM el cual definiera los criterios estándar para la estructuración del modelo de datos, esto con el fin de considerar como es el proceso actual con el cual se está aplicando la metodología en los proyectos en los cuales están involucrados los encuestados, para lo cual el 100% dijo que contaba con el mismo como se muestra en la Figura 6

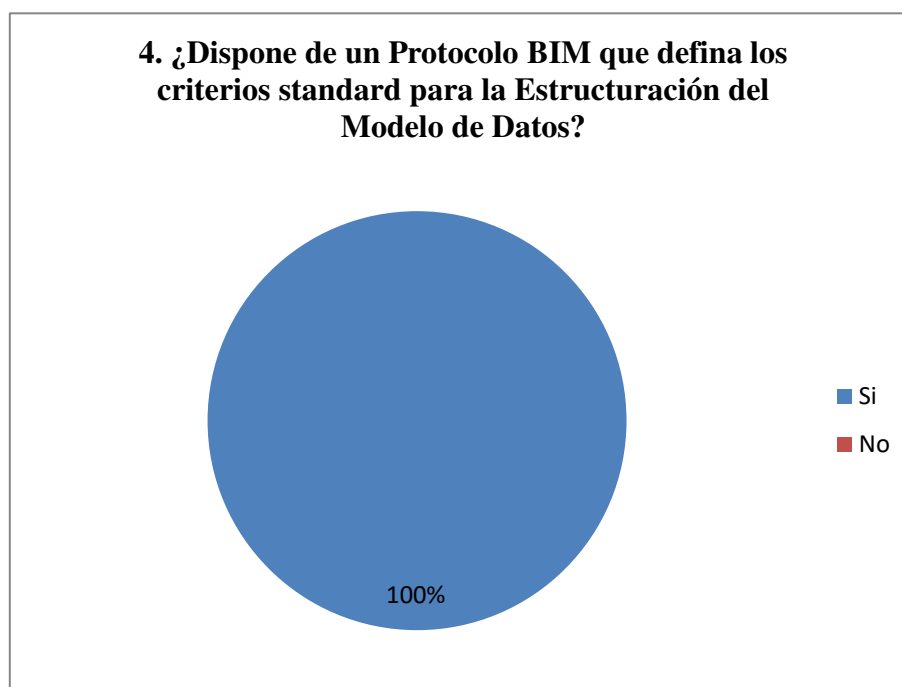


Figura 6 Resultados ITEM 4 Autores (2019)

Adicionalmente se consultó a los encuestados si dentro de los proyectos que han participado utilizaban existía una metodología de Control o de verificación de calidad esto considerando la relación que se tiene con la interventoría de obras tanto en términos administrativos como técnicos, para lo cual el 70% de los encuestados respondió que se han tenido este tipo de experiencia y el 30% restante dijo que no han tenido este tipo de actividad como se muestra en la figura 7.

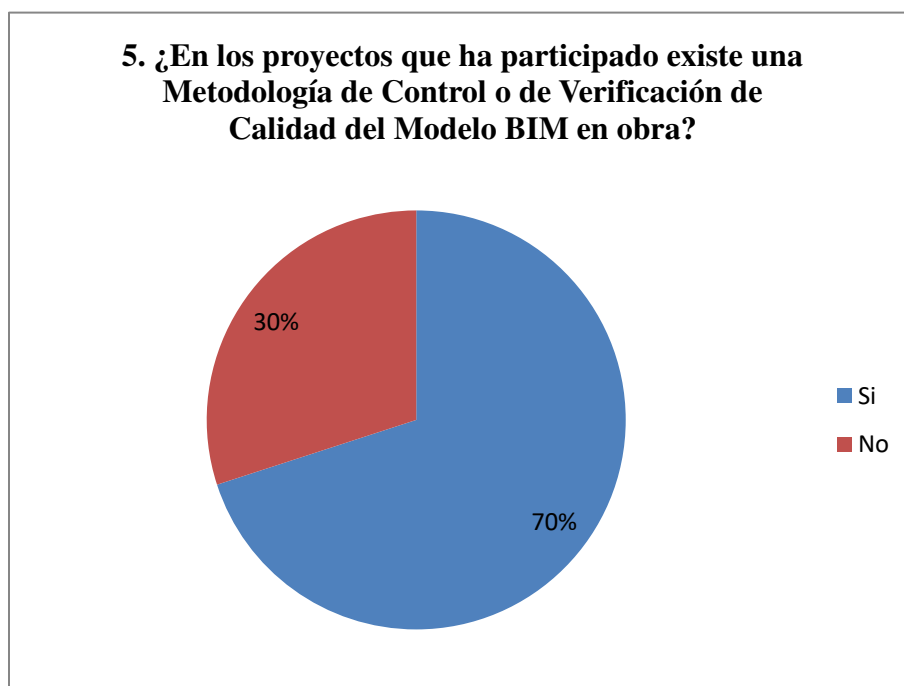


Figura 7 Resultados ITEM 5 Autores (2019)

4.3.2 Resultados Sección 2. El objetivo de esta sección permitió cuantificar la percepción de los encuestados con respecto a las herramientas, aplicaciones y funcionalidad de la metodología BIM en la Figura 8 se cualifica por ítems el nivel de satisfacción en cada uno de los ítems planteados en total se abordaron 7 preguntas.

De manera general todos ítems obtuvieron un nivel de satisfacción en el rango bueno entre el 20% y 40% de los encuestados y un nivel de excelente entre el 30% y el 70%, solo para dos de los siete ítem se obtuvo un valor del 10% en el rango insuficiente, pero para ninguno de los ítems se obtuvieron los rango deficientes.

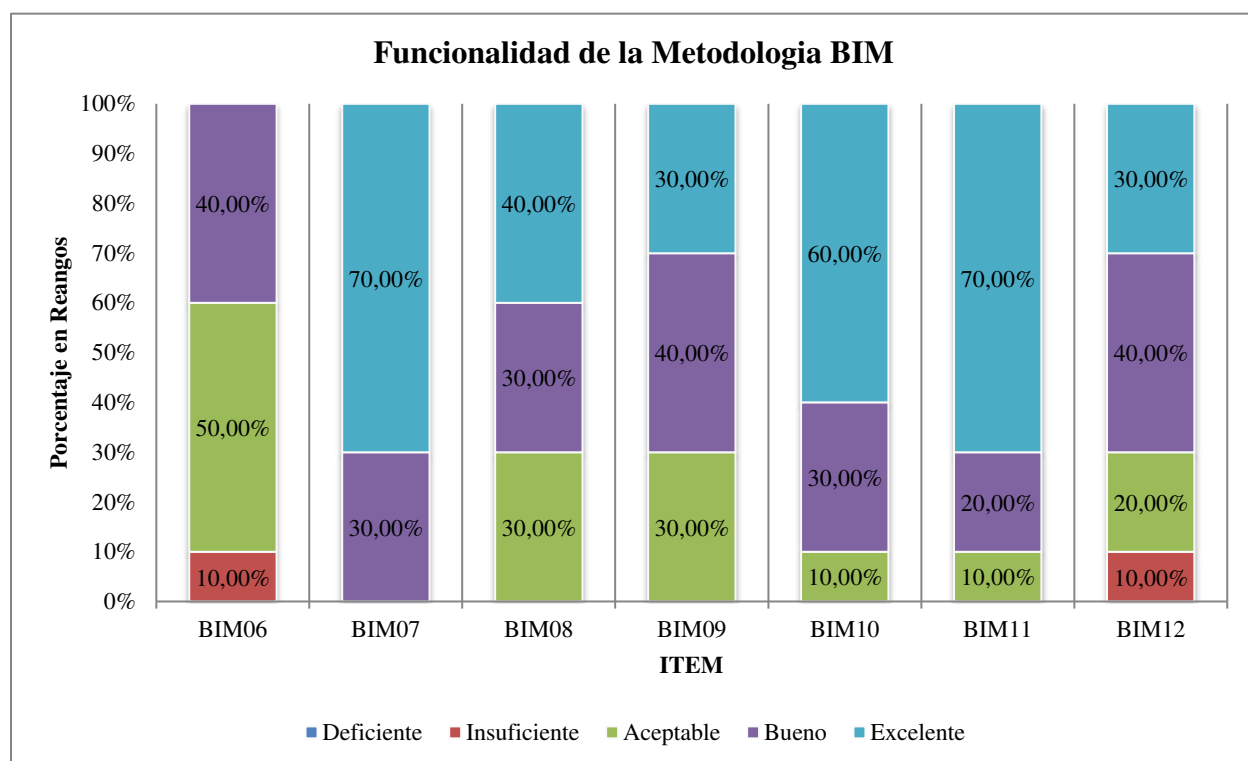


Figura 8 Resultados Sección 2. Autores (2019)

De manera específica para el ítem BIM06, el cual consultaba acerca del nivel de eficiencia de comunicación trazable entre actores internos y externos el 90% de los encuestados se refirió a que este era bueno y aceptable lo cual asegura que todos los actores trabajen sobre la misma versión del modelo del proyecto específico. Con respecto al ítem BIM07 se consulto acerca de la versatilidad que ofrecen las herramientas de la metodología para realizar el monitoreo de avance de los proyectos para la cual se obtuvo un nivel en el rango de excelente del 70% y el 30% restante en el rango Bueno. Para el ítem BIM08 se consultó a los encuestados la eficiencia de las herramientas BIM para realizar un aporte colaborativo de los actores internos y externos para lo cual se obtuvo un 70% en el rango Bueno y excelente y un 30% en el rango aceptable. En el Item BIM09 se consultó a los encuestados como consideraban que era el nivel de acceso al

modelo de datos esto con el fin de dar respuesta frente a las solicitudes de documentación tanto administrativa como legal a lo cual el 70% respondió que las herramientas son Excelentes y Buenas y el 30% restante se encuentra en el rango aceptable. Para el ítem BIM10 se consultó a los encuestados como consideraban que es el nivel de respuesta a las solicitudes y requerimientos relacionados con la presupuestación en la medida de simplificar automatizar y generar procesos confiables, los resultados obtenidos relacionan que el 90% consideran que esta en el rango excelente y bueno, solo un 10% lo ubica en el rango aceptable. Para el ítem BIM11 se consultó a los encuestados como consideraban que son los procesos estándar de detección de interferencias relacionados a las solicitudes y requerimientos de construcción para lo cual el 90% ubico las herramientas en el rango excelente y bueno y un 10% en el rango aceptable. Finalmente en el ítem BIM12 se consultó a los encuestados como consideraban que es la relación entre los procesos estándar de requerimientos de construcción y la vinculación al modelo con respecto al cronograma de ejecución del proyecto para lo cual se obtuvo que el 70% ubica las herramientas en un rango de Excelente o Bueno, el 20% en el rango aceptable y solo un 10% lo ubica en insuficiente

4.3.3 Resultados Sección 3 El objetivo de esta sección permitió cuantificar la percepción de los encuestados con respecto a la aplicación de la metodología BIM y sus herramientas en lo relacionado a las funciones de la Interventoría Técnica en la Figura 9 se cualifica por ítems el nivel de satisfacción en cada uno de los casos, en total se evaluaron 9 ítems, de manera general todos los ítem obtuvieron un nivel de satisfacción en el rango excelente entre el 40% y 70%, en el rango bueno entre el 10% y 60%, solo para 5 ítems se obtuvo un 10% en el rango aceptable, y para 3 ítems se obtuvo un resultado de insuficiente con solo dos con 10% y uno con el 20%.

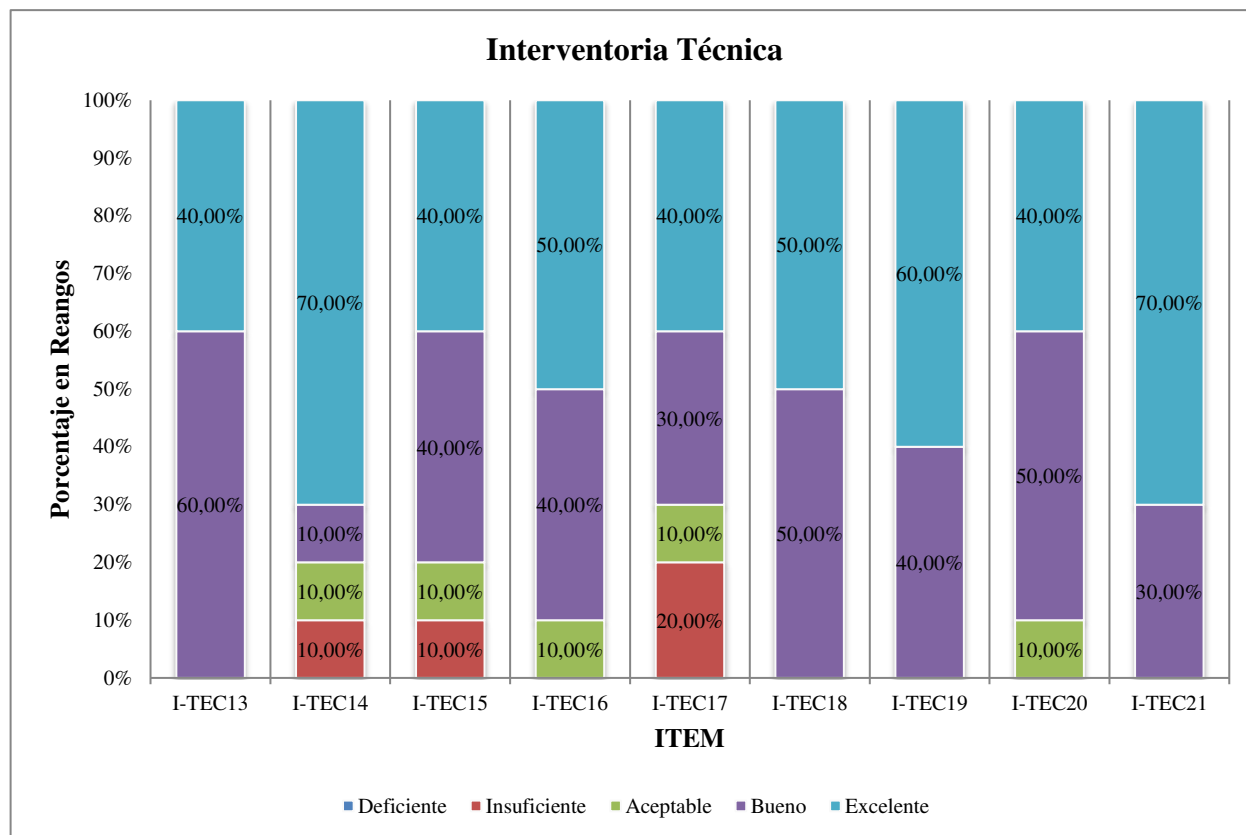


Figura 9 Resultados Sección 3. Autores (2019)

De manera específica para el ítem I-TEC13, el cual consultaba acerca del conocimiento completo y detallado del proyecto incluyendo sus condiciones y especificaciones para lo cual el 60% de los encuestados se refirió a que este era bueno y el 40% restante indicó que era Excelente. Con respecto al ítem I-TEC14 se consultó acerca de cómo las herramientas de la metodología brindan conocimiento acerca de las características del proyecto, la ubicación, las vecindades, los accesos, las áreas de trabajo y de almacenamiento además de todas las condiciones de obra para lo cual se obtuvo un nivel en el rango de excelente del 70% y un 10% para cada uno de los niveles Bueno, Aceptable y Deficiente. Para el ítem I-TEC15 se consultó a los encuestados en que rango la metodología permite evaluar el funcionamiento, la calidad, la cantidad el estado del equipo de la obra y adicionalmente verificar su disponibilidad para lo cual

se obtuvo un 80% en el rango Bueno y excelente y un 10% para cada uno de los niveles Aceptable e insuficiente. En el Item I-TEC16 se consultó acerca de los procesos de inspección de los trabajos que se desarrollan durante el proyecto y si las herramientas BIM permiten verificar el cumplimiento de las normas técnicas y las especificaciones exigidas a lo cual el 90% respondió que las herramientas son Excelentes y Buenas y el 10% restante se encuentra en el rango aceptable. Para el ítem I-TEC17 se consultó a los encuestados en que medida las herramientas BIM permiten ejercer un control permanente relacionado con la calidad de los materiales y elementos esto considerando su utilización, el almacenamiento y el cumplimiento con las especificaciones, los resultados obtenidos relacionan que el 70% consideran que esta en el rango excelente y bueno, un 10% lo ubica en el rango aceptable y el 20% restante se encuentra en el rango insuficiente. Para el Item I-TEC18 se consultó a los encuestados como consideraban que las herramientas BIM brindaban la información necesaria para efectuar dentro del transcurso de la ejecución de obra las mediciones periódicas de las actividades ejecutadas lo cual se resumía en la consignación de las mismas en bitácoras o libros de obra, para lo cual el 100% ubico las herramientas en el rango excelente y bueno 50% en cada uno respectivamente. Para el Item I-TEC19 se consultó a los encuestados en qué medida las herramientas BIM permiten modificar la programación de obra, para lo cual el 100% estuvo en el rango excelente y bueno con un 60% y un 40% respectivamente. En el Item I-TEC20 se consultó acerca de cómo la metodología permite verificar que las cantidades de obra contratadas y las especificaciones particulares del proyecto estén definidas del modo adecuado a lo cual el 90% respondió que las herramientas son Excelentes y Buenas y el 10% restante se encuentra en el rango aceptable. Finalmente en el Item I-TEC20 se consultó a los encuestados en qué medida consideraban que la metodología permitiera obtener información para la toma de decisiones en cambios o modificaciones de obra

para lo cual se obtuvo que el 100% ubica las herramientas en un rango de Excelente y Bueno, con un 70% y un 30% respectivamente.

4.3.4 Resultados Sección 4 El objetivo de esta sección permitió cuantificar la percepción de los encuestados con respecto a la aplicación de la metodología BIM y sus herramientas en lo relacionado a las funciones de la Interventoría Administrativa en la Figura 10 se cualifica por ítems el nivel de satisfacción en cada uno de los casos, en total se evaluaron 7 ítems, de manera general todos obtuvieron un nivel de satisfacción en el rango excelente entre el 40% y 60%, en el rango bueno entre el 30% y 60%, solo para 5 ítems se obtuvo un 10% .

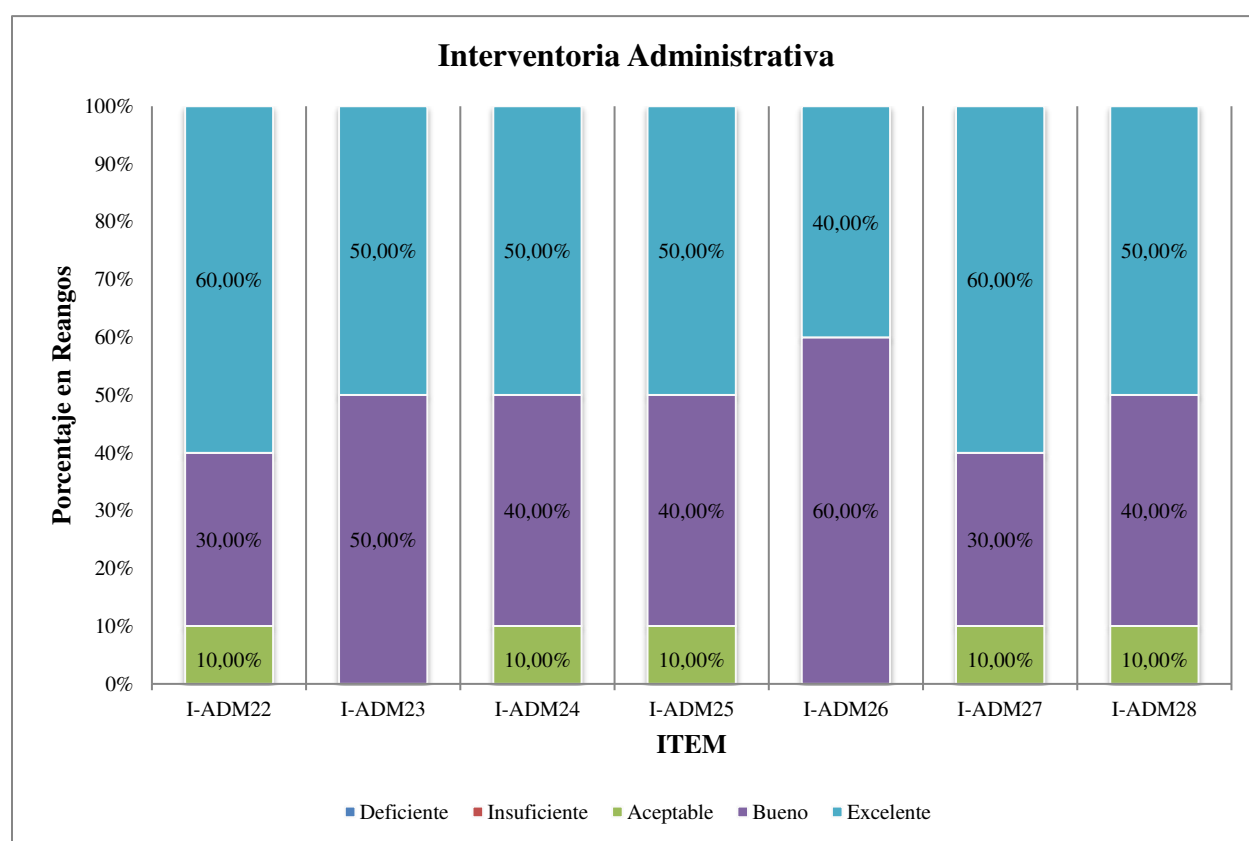


Figura 10 Resultados Sección 4. Autores (2019)

De manera específica para el ítem I-ADM22, el cual consultaba acerca de en qué medida la metodología permite asesora a quienes realizan los diseños, presupuestos y elaboran pliegos de condiciones reales de construcción para lo cual el 60% de los encuestados se refirió a que este era excelente, el 30% restante indico que era bueno y solo el 10% lo ubico en el rango aceptable. Con respecto al ítem I-ADM 23 se consulto acerca de la metodología permite con respeto al plazo del contrato obtener información acerca de avisar su vencimiento, notificar el posible incumplimiento y notificar la posible entrega anticipada para lo cual se obtuvo el 100% ubico las herramientas en el rango excelente y bueno 50% en cada uno respectivamente. Para el ítem I-ADM24 se consultó a los encuestados en que rango las herramientas de la metodología BIM permiten vigilar y comprobar la inversión de los diferentes anticipos a los subcontratistas y demás personal, esto considerando el plan de inversiones inicial del proyecto, para lo cual se obtuvo un 50% en el rango excelente, un 40% en Bueno y un 10% en Aceptable. En el Item I-ADM25 se consultó acerca de cómo las herramientas BIM permiten vigilar el cumplimiento de los cronogramas de ejecución de obras y en general del plazo del proyecto, para lo cual se obtuvo un 50% en el rango excelente, un 40% en Bueno y un 10% en Aceptable. Para el ítem I-ADM25 se consultó a los encuestados en que medida consideraban que la información obtenida de las herramientas BIM le permite estudiar oportunamente las sugerencias, reclamaciones y consultas de la empresa, los resultados obtenidos relacionan que el rango excelente obtuvo un 50%, en bueno un 40% y aceptable un 10%. Para el Item I-ADM26 se consultó a los encuestados como consideraban que las herramientas BIM permitían vigilar el cumplimiento de los cronogramas de ejecución de obras y en general el plazo del proyecto, para lo cual el 60% de los encuestados se refirió a que este era bueno y el 40% restante indico que era Excelente.

Para el Item I-ADM 27 se consultó a los encuestados la eficiencia de la metodología con respecto a la revisión y control sobre una programación grafica de los trabajos realizados y un flujo mensual de fondos, para lo cual en el rango excelente se obtuvo un 60%, en bueno un 30% y el 10% restante en el rango aceptable. Finalmente en el Item I-ADM28 se consultó acerca de cómo la metodología permite verificar el avance de obra tanto desde el punto de vista de las metas como de la inversión acumulada, a lo cual el 90% respondió que las herramientas son Excelentes-Buenas con un 50% y un 40% respectivamente, y el 10% restante se encuentra en el rango aceptable.

4.4 Métodos tradicionales VS. Metodología BIM

Los métodos y procesos que tradicionalmente se han utilizado para la elaboración de proyectos de construcción, han tenido siempre varios hincapiés que actualmente se están solucionando con la evolución de la metodología BIM. Dividiendo los procesos en sus dimensiones, podemos comparar ambas metodologías a través del 2D (planos), el 3D (visualización), y el 4D y 5D (mediciones y presupuestos).

La metodología tradicional enfoca el proyecto de una manera unitaria en su referencia, pero de una manera completamente desconectada en cuanto a procesos y a una base de datos única. Con esta metodología, el 2D tiene que dibujarse plano a plano, es decir, que si para un proyecto de una vivienda se necesitan tres planos de planta, ocho secciones, y cuatro alzados, hay que dibujar uno a uno cada uno de ellos. Estos planos están referenciados al mismo proyecto, eso es evidente, pero no están directamente conectados ni entre ellos ni al proyecto, lo que

básicamente quiere decir que cualquier cambio o modificación que se realice en el proyecto, hay que realizarlo individualmente en todos los planos.

Para la obtención de visualizaciones en 3D, se debe recurrir a una maqueta, o, ya en la última década, a una maqueta virtual. Sin embargo, aunque esta maqueta permite visualizar volumétricamente el proyecto, además de sus materiales, este modelo no contiene ninguna información de los elementos que lo componen, más allá de la geometría pura. Con el modelo 3D ocurre igual que con los planos 2D: no está interconectado con el resto del proyecto más que por referencia, por lo que cada cambio en el proyecto, además de tener que realizarlo en cada plano, hay que modificarlo también de manera independiente en el 3D.

Las mediciones y presupuestos se hacen igualmente a mano, obteniendo mediciones de todos los paños, suelos, etc., del proyecto, para incorporarlos en un presupuesto aplicándoles precios unitarios. Y se encuentra nuevamente el mismo problema de esta metodología: cualquier modificación hay que actualizarla manualmente en el presupuesto. Si, por ejemplo, se eliminan dos ventanas se tendrá que acceder al presupuesto y borrar esas dos ventanas manualmente.

La metodología BIM aporta una nueva visión y una nueva manera de enfocar el proceso proyectual. Entre otras muchas ventajas, la principal es la unificación de todos los aspectos del proyecto en una única base de datos, de la cual parte toda la información. Esta base de datos es el modelo BIM y contrariamente al método tradicional, el sistema BIM se basa en la creación de un modelo central, que consiste en una recreación virtual exacta del edificio a construir, del cual parte toda la producción y la extracción de información necesaria para el proyecto. En la

metodología BIM toda la producción está automatizada, los planos 2D están directamente extraídos del modelo, a través de la definición de plantas, secciones y alzados que se van a necesitar, e interrelacionado directamente con él, de modo que los cambios que se realizan en el modelo se actualizan automáticamente en todos los planos.

La visualización 3D es otra gran ventaja que igualmente está en directa relación con el modelo central. Dado que el modelo BIM contiene toda la información de cada uno de los elementos de los que consta el proyecto, contendrá de igual manera toda la información relativa a los materiales que lo componen. Así, las visualizaciones 3D están también automatizadas en función de las posibles modificaciones de materiales que se realicen, además de contener toda la información física de los materiales, lo que lleva a una representación virtual cada vez más cercana a la realidad. Los softwares de BIM están incorporando mejores métodos de visualización, evolucionando desde el tradicional render estático, a los actuales recorridos virtuales y visualizaciones de 360°.

Las mediciones parten directamente de la información contenida en cada uno de los elementos del proyecto. El software extrae del modelo de manera automática la medición de todos ellos, obteniendo no sólo su medida geométrica, sino también su identificación y cuantificación. El precio puede aplicarse directamente en el propio modelo, con lo que se automatiza asimismo el presupuesto.

La mayor ventaja que nos aporta la metodología BIM respecto a la tradicional, aparte de un mayor control del proyecto y de todas sus partes, es la liberación de un trabajo tedioso de

producción de información y repetición de procesos, automatizando la producción y permitiendo que se le dedique una mayor cantidad de tiempo al diseño, obteniendo como resultado proyectos de mayor calidad, y con menores errores, desviaciones y problemas en su construcción.

A continuación se muestra la tabla 8 que contiene una comparación entre los métodos tradicionales y la metodología BIM, con respecto a la elaboración de planos, cantidades de obra y presupuestos.

Tabla 8

Comparación entre métodos tradicionales y la metodología BIM

	Métodos tradicionales	Metodología BIM
Planos	Para el sistema tradicional se tiene que dibujar los planos arquitectónicos en CAD, teniendo en cuenta los detalles constructivos, instalaciones de piezas sanitarias y acabados básicos. El diseño tradicional se realiza generalmente en el programa AutoCAD y Civil 3D, tanto el 2D como el 3D, teniendo en cuenta que son dibujos lineales y sin propiedades avanzadas, a más de un nombre y ubicación.	Para realizar los planos con el método BIM, se utiliza el programa de computadora Revit, en el cual se crean entidades paramétricas que guardan información de cada muro o columna dibujada con este programa
Cantidades de obra	Con los planos en CAD, se procede a la cuantificación de las cantidades requeridas. El cálculo de cantidades es manual, sacando áreas y distancias con ayuda de los planos, y se realiza una hoja de cálculo para cada rubro, para proceder a realizar el presupuesto referencial.	Con una extensión del programa Revit, es posible obtener un listado de cantidades por rubros para el cálculo automático de cantidades. Y con el uso de una hoja de cálculo para cada rubro, se puede proceder a realizar el presupuesto referencial con ayuda del programa Microsoft Project.
Presupuesto	Teniendo las cantidades, se procede a conseguir los costos por valor unitario de los rubros necesario para la superestructura, acabados y accesorios, para esto se utiliza una hoja de cálculo de Excel, para realizar los cálculos.	Al igual que para el sistema tradicional, se procede a conseguir los costos por valor unitario de los rubros necesario para la superestructura, acabados y accesorios, para esto se utiliza el programa Microsoft Project, para generar el cronograma y Microsoft Excel para el presupuesto.

Autores, 2019

En general los métodos tradicionales de construcción basados en planos 2D, programaciones de obra escuetas y poco detalladas que se complementan en algunos casos con presupuestos desfasados de la realidad, se tornan en herramientas inadecuadas para la planeación y ejecución de proyectos de Ingeniería Civil teniendo en cuenta que desde hace más de una década están disponibles las metodologías de trabajo BIM. Según un estudio llevado a cabo por la Universidad de los Andes que expone los resultados de implementar un sistema de gestión de obras basado en Lean Construction en una constructora del país, los atrasos por errores en diseños, planeación inadecuada y logística deficiente de contratistas representan el 51% de los incumplimientos en los cronogramas de obra, en este sentido es evidente que las metodologías BIM representan una gran ventaja frente a los métodos tradicionales, proporcionando mejoras significativas para el ciclo de vida de los proyectos.

Conclusiones

Es claro que el uso de las metodologías BIM ofrecen gran cantidad de beneficios principalmente reflejados en los factores de tiempo y costo, no obstante, su verdadero valor es realmente apreciable por el cliente. Adicionalmente es necesario que para que las bondades de BIM se perciban, este debe implementarse durante todo el ciclo de vida de proyecto y tener en cuenta diferentes factores y mediciones, y aquí es donde el rol del interventor adquiere relevancia pues estos son los llamados a velar por los intereses del cliente durante todo el proyecto.

Las funciones del interventor son transversales en todas las fases del proyecto, y su intervención es necesaria en cada etapa, por lo cual los proyectos desarrollados mediante BIM deben contar con un repositorio único de información que sea de fácil accesibilidad y cuente con protocolos de comunicación que indiquen la manera en que la información circula dentro de un flujo de trabajo colaborativo donde el interventor pueda monitorear y conocer la información en tiempo real, esto garantiza transparencia y orden. No obstante, las herramientas actuales con las que cuenta la metodología no satisfacen plenamente las funciones que debe desarrollar el interventor, entendiendo que la metodología no se centra en la labor del mismo, es necesario considerar el uso de nuevas herramientas que puedan optimizar los procesos desarrollados durante los proyectos por ejemplo se podrían incluir nuevas herramientas de monitoreo que incluyan la aplicación de técnicas de fotogrametría con el uso de drones para realizar procesos de inspección de obras en tiempo real.

A partir de los resultados obtenidos con las encuestas desarrolladas es posible afirmar que en general todas las actividades planteadas se pueden desarrollar con el uso de las herramientas que ofrece BIM, aunque visto de manera general la metodología ofrece de manera más precisa datos que resultan útiles en los procesos de la interventoría administrativa, este es el caso particular de las actividades involucradas en el seguimiento al cumplimiento del cronograma del proyecto y de igual forma a la inversión de los recursos en el mismo. Con el uso de la metodología BIM a diferencia de la interventoría tradicional, los procesos se realizan de manera más eficiente teniendo en cuenta la unificación de todos los aspectos del proyecto ya que se tiene una única base de datos y además es posible que los costos puede aplicarse directamente en el propio modelo, con lo que se automatiza asimismo el presupuesto permitiendo vigilar la inversión de los recursos del proyecto.

Con respecto a la metodología según la percepción de los encuestados las principales ventajas que ofrece BIM es la detección de interferencias, al permitir en un mismo modelo la yuxtaposición de planos e identificar en forma específica que puntos, uniones o elementos generan interferencia con respecto a otros, los cuales si no se detectan a tiempo en la fase de diseño se podrían generar sobrecostos en la etapa constructiva. De igual forma, otra de las ventajas es la facilidad para el monitoreo de los avances de los proyectos esto considerando la facilidad de la obtención de datos e informes generados por los modelos que incluyen el porcentaje de las actividades tanto de obra física como de presupuesto.

Dentro de las funciones de interventoría técnica, la metodología BIM permite principalmente un conocimiento amplio y detallado de las características técnicas del proyecto,

además facilita la medición periódica de las actividades ejecutadas, optimizando los procesos a través de la articulación de los software y herramientas que tradicionalmente se utilizaban de manera individual y en la metodología se hace de manera recíproca con un único modelo de datos. Aunque es importante resaltar que esta información debe ser comprobada por el interventor mediante visitas de obra para la elaboración de las bitácoras o las actas parciales. Adicionalmente BIM también facilita la modificación del cronograma cuando por razones técnicas es necesario realizar ajustes, es decir se evitan los reprocesos, y además permite analizar la información del proyecto en forma global y específica para la toma de decisiones con respecto a los cambios o modificaciones de obra.

Finalmente, es claro que la metodología BIM comienza a modificar la forma en que se concibe la construcción y en el caso de Colombia ya son varias las empresas que han iniciado la adopción de estas herramientas, y en el momento que el estado comience a entender los beneficios de desarrollar proyectos en BIM, se iniciaran procesos de licitación que consideren esta metodología lo cual es el caso particular del proceso de licitación para la construcción de la primera línea del metro de Bogotá donde se involucró el uso de la metodología BIM para presentar formalmente los diseños del proyecto.

A futuro es inevitablemente que los interventores se vean involucrados es procesos relacionados con la metodología, donde dadas las características del proyecto la interventoría sea necesaria, y además debido a la complejidad del mismo se justifique la inversión en el uso de los diferentes software y herramientas BIM. De esta forma los interventores deberán ser parte del equipo de trabajo vinculado a la metodología, lo cual genera a su vez la necesidad de aprender el

uso de las herramientas ya que este debe tener la capacidad de llevar a cabo labores de validación de información BIM, como las relacionadas con la cuantificación y la especificación de los proyectos, además de vigilar el cumplimiento de las normas mediante herramientas de análisis BIM, gestionar y auditar los modelos.

Referencias

- Acosta, J. M. (2016). *Guía práctica de interventoría para construcciones modulares realizada a partir de las pasantías como auxiliar de ingeniería en el área interventoría en IDEXUD* (Tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá. Obtenido <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5276/1/AcostaCorredorJonathanMarlewis2017.pdf>
- Alshawi, M. & Ingirige, B. (2003). Web-enabled project management: an emerging paradigm in construction. *Automation in construction*, 12(4), 349-364.
- Associated General Contractors of America - AGC (2005). *The Contractor's Guide to BIM*. Obtenido de https://www.engr.psu.edu/ae/thesis/portfolios/2008/tjs288/Research/AGC_GuideToBIM.pdf
- Autodesk Steers Users Toward the Cloud With Expanded Subscription-based Services (16 de abril de 2012). *Engineering News Record*, 16. Obtenido de: <https://www.enr.com/articles/8830-autodesk-steers-customers-toward-the-cloud-with-new-subscription-based-services?v=preview>
- Azhar, S. & Richter, S. (2009). Building Information Modeling (BIM): Case Studies and Return-on-Investment Analysis. *Proceedings of the Fifth International Conference on Construction in the 21st Century (CITC-V)*, Istanbul, Turkey.
- Azhar, S., Hein, M. & Sketo, B. (2008). Building Information Modeling: Benefits, Risks and Challenges. *Proceedings of the 44th ASC National Conference*, Auburn, AL.
- Azhar, S., Khalfan, M., y Maqsood, T. (2012). Building Information Modeling (BIM): Now and Beyond. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 12(4), 15-28.

- Azhar, S., Nadeem, A., Mok, J. & Leung, B. H. (2008). Building Information Modeling (BIM): A New Paradigm for Visual Interactive Modeling and Simulation for Construction Projects. *Proceedings of the First International Conference on Construction in Developing Countries (ICCIDC-I)*, Karachi, Pakistan.
- Berlo, L., & Laat, R. (2011). Integration of BIM and GIS: The development of the CityGML GeoBIM extension. *Advances in 3D Geo-Information Sciences*, 1(1), 211-225
- Bolt, Beranek & Newman. (1965). *Computer-Aided Cheking of Design Documents for Compliance with Regulatory Codes*. Massachusetts: BBN Technologies
- Carmona, J. & Irwin, K. (2007). BIM: Who, what, how and why. *Building Operating Management*, 54(10), 37-39.
- Cerón, I. A., & Liévano, A. (2017). *Plan de implementación de metodología BIM en el ciclo de vida en un proyecto* (Proyecto de especialización). Universidad Católica de Colombia, Bogotá. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15347/1/PLAN%20DE%20IMPLEMENTACI%C3%93N%20DE%20METODOLOGIA%20BIM.pdf>
- Chan, A. P., Scott, D. & Chan P. L. (2004). Factors Affecting the Success of a Construction Project. *Journal of construction engineering and management*, 130(1), 153-155.
- Chandrasekaran, B. & Josephson, J. R. (2000). Function in Device Representation. *Engineering with Computers*, 16(3), 162-177.
- Colombia compra eficiente, Guía para el ejercicio de las funciones de supervisión e interventoría de los contratos del estado.
- Congreso de Colombia. (12 de Julio de 2011), Normas orientadas a fortalecer los mecanismos de prevencion, investigacion y sancion de actos de corrupcion y la efectividad del control de

- la gestión pública [Ley 1474 de 2011]. Recuperado de
http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1474_2011.html
- Congreso de Colombia. (19 de Agosto de 1997), Normas sobre Construcciones Sismo Resistentes [Ley 400 de 1997]. Recuperado de
http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0400_1997.html
- Congreso de Colombia. (28 de Octubre de 1993), Estatuto General de Contratacion de la Administracion Pública [Ley 80 de 1993]. Recuperado de
http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0080_1993.html
- Congreso de Colombia. (9 de Octubre de 2003), Reglamentacion del ejercicio de la ingenieria, de sus profesiones afines y de sus profesiones auxiliares, se adopta el codigo de etica profesional y se dictan otras disposiciones [Ley 842 de 2003]. Recuperado de
https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-105031_archivo_.pdf
- Construction Innovation - CRC (2007). Adopting BIM for facilities management: Solutions for managing the Sydney Opera House. *Cooperative Research Center for Construction Innovation*, Brisbane, Australia.
- DANE. (2019). Censo de edificaciones (CEED). *DANE información para todos*. Obtenido de
<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/censo-de-edificaciones>
- Dean, T., Ryan, M., Westra, Hart, & Thomson, P. A. (2009). Building Information Modeling-BIM: Contractual Risks are Changing with Technology. *GREEN Real estate Law Journal*. Obtenido de <http://www.greenrealestatelaw.com/2007/02/building-information-modeling-bim-contractual-risks-are-changing-with-technology/>
- Eastman, C. (1975). *A Building Description System*. Pennsylvania: Carnegie-Mellon University.

- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. (2008). *BIM Handbook A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. (1 Ed.) New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. (2011). *BIM Handbook A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. (2 Ed.) New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Glick, S. & Guggemos, A. A. (2009). IPD and BIM: Benefits and Opportunities for Regulatory Agencies. *In Proceedings of the 45th ASC National Conference*, 2(4), 1-8.
- Hardin, B. (2009). *BIM and Construction Management*. Indianapolis: Wiley Publishing.
- Haynes, D. (2009). Reflections On Some Legal And Contractual Implications Of Building Information Modeling (BIM). *Pepe & Hazard LLP Construction Watch*, 2(9), 1-4.
- Isikda, U., Underwood, J. & Auoad, G. (2008). An investigation into the applicability of building information models in geospatial environment in support of site selection and fire response management processes. *Advance Engineering Informatics*, 22(4), 504-519.
- Journal, A. S. (1964). CBC: Coordinated Building communication. *Architect's Journal*, 670-672.
- Jung, Y. & Joo, M. (2011). Building information modelling (BIM) framework for practical implementation. *Automation in Construction*, 20(2), 126-133.
- Korpela, J., Miettinen, R., Salmikivi, T. & Ihalainen, J. (2015). The challenges and potentials of utilizing building information modelling in facility management: the case of the center for properties and Facilities of the University of Helsinki. *Journal Construction Management and Economics*, 33(1), 3-17. doi: 10.1080/01446193.2015.1016540.
<https://doi.org/10.1080/01446193.2015.1016540>

- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. Finland: Stanford University.
- Kymmell, W. (2008). *Building Information Modeling: Planning and Managing Projects with 4D CAD and Simulations*. USA: McGraw Hill Inc.
- Laiserin, J. (2007). BIM Handbook Foreword. NY: John Wiley & Sons.
- Massachusetts Institute Technology (1967). *ICES System: General Description*. Massachusetts: Civil Engineering Systems Laboratory, Department of Civil Engineering
- McGraw-Hill Construction. (2008). *Building Information Modeling: Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity*. New York: McGraw-Hill Construction.
- Migilinskas, D. & Ustinovichius, L. (2006). Computer-aided modelling, evaluation and management of construction projects according to PLM concept. *In International Conference on Cooperative Design, Visualization and Engineering*, 242-250.
- Mitchell, W. J. (1974). *Computer-Aided Design and the Architecture Student in the United States*. L.A: University of California.
- Mitchell, W. J. (1977). *Computer-Aided Architectural Design*. New York: Mason Charter Pub Inc.
- Mojica, A. & Valencia, D. F. (2016). Planificación y control de proyectos aplicando “Building Information Modeling” un estudio de caso. *Ingenieria*, 20(1), 34-35.
- Mojica, A. y Valencia, D. (2012). Implementación de las metodologías BIM como herramienta para la planificación y control del proceso constructivo de una edificación en Bogotá (trabajo de grado) Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá DC.

- NBIMS. (2010). National Building Information Modeling Standard, Obtenido de http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMSV1_p1.pdf
- Negroponte, N. (1975). A Computational Paradigm for Personalized Searching. *Journal of Architectural Education*, 29(2), 26-29. doi.org/10.1080/10464883.1975.10758025
- Ministerio de Transporte (2001). Procesos de contratación, interventoría y seguimiento a procesos de infraestructura educativa y dotación. Obtenido de <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-167820.html>
- Oluwole, A. O. (2011). A Preliminary Review on the Legal Implications of BIM and Model Ownership. *Journal of Information Technology in Construction*, 16, 687-696. ISSN: 1874-4753. Obtenido de: https://www.itcon.org/papers/2011_40.content.01646.pdf
- Popov, V., Juocevicius, V., Migilinskas, D., Ustinovichius, L. & Mikalauskas, S. (2010). The use of A Virtual Building design and Construction model for developing an effective Project concept in 5D environment. *Automation in construction* 19(3), 357-367.
- Presidencia de la Republica (13 de septiembre de 1989) Reglamento de Honorarios para los Trabajos de Arquitectura [Decreto 2090 de 1989]. Recuperado de [http://www.suin-juriscol.gov.co/clp/contenidos.dll/Decretos/1398076?fn=document-frame.htm\\$f=templates\\$3.0](http://www.suin-juriscol.gov.co/clp/contenidos.dll/Decretos/1398076?fn=document-frame.htm$f=templates$3.0)
- Presidencia de la Republica (19 de marzo de 2010) Requisitos de caracter técnico y científica para construcciones sismorresistentes NSR-10 [Decreto 926 de 2010]. Recuperado de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=39255>
- Rojas, J. S. (2017). *Aplicación de la metodología BIM para uso eficiente de los recursos en la construcción (redes hidrosanitarias y estructura). Caso de estudio: proyecto nueva sede politécnico gran colombiano* (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia,

- Bogotá. Obtenido de
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14779/2/resumen-analitico-en-educacion.pdf>
- Rundell, R. (2005) Revit: parametric building modeling: Part 2. Why parametric building modeling matters, *Cadalyst*. Obtenido de
<http://aec.cadalyst.com/aec/article/articleDetail.jsp?id=150779>
- Sacks, R., Eastman, C. M., & Lee, G. (2004). Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete. *Automation in Construction*, 13(3), 291-312.
- Sánchez, J. C. (2010). *Interventoría de Proyectos y Obras*. Obtenido de
http://bdigital.unal.edu.co/4958/2/978-958-719-284-1._2010_1.pdf
- Sears, K. S., Sears G. A. & Clough, R. H. (2008). *Construction Project Management, A Practical Guide to Field Construction Management*. New York: John wiley & Sons, Inc.
- Silva, V. (2011). *BIM The Summary of a Long History*. Obtenido de:
<https://es.scribd.com/doc/76835106/BIM-The-Summary-of-a-Long-History>
- Smith, D. K. & Tardif, M. (2009) *Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide For Architects, Engineers, Constructors, And Real Estate Asset Managers*. United States of America: John Wiley & Sons.
- Smith, P. (2014). BIM Implementation - Global Strategies. *Procedia Engineering*, 85(1), 482,492
- Stine, J.D. (2012) *Design Integration Using Autodesk Revit® 2012*. Mission, Kansas: SDC Publications
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction* 18 (3), 357–375.

Taxén, L. & Lilliesköld, J., 2008. Images as action instruments in complex projects.

International Journal of Project Management 26 (5), 527–536.

Teague, L. C. (1970). *Emerging Methods in Environmental Design and Planning*. Cambridge:

MIT Press.

The Computer Integrated Construction Research Program - CICRP (2010). *BIM Project*

Excution Planning Guide. Obtenido de

https://vdcscorecard.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj8856/f/bim_project_execution_planning_guide-v2.0.pdf

Thomassen, M. (2011). *BIM & Collaboration in the AEC Industry* (Master thesis). Aalborg

University, Aalborg, Denmark. Obtenido de

http://projekter.aau.dk/projekter/files/55376698/BIM_Collaboration_in_the_AEC_Industry_by_Mats_Thomassen.pdf

Tjell, J. (2010). *Building Information Modeling (BIM) in design Detailing with Focus on Interior*

Wall Systems(Master thesis) University of California, Berkeley. Obtenido de

<http://www.leanconstruction.dk/media/9094/Building%20Information%20Modeling%20-%20BIM.pdf>

Underwood, J., Isikdag, U. (2011). Emerging technologies for BIM 2.0. *Construction*

Innovation: Information, Process, Management, 11(3), 252–258.

Vandezande, J. Read, P. & Krygiel, E. (2011). *Mastering Autodesk Revit Architecture 2012*.

N.Y: John Wiley & Sons.

Vidal Vanegas, H. (2002). *Interventoría de Edificaciones: para: arquitectos, ingenieros,*

constructores y tecnólogos.