

Formulación metodológica de procesos interdisciplinarios en el campo de la Ingeniería Civil y Arquitectura gestionados a través de BIM en la fase de diseño de proyectos de construcción de empresas en el Area Metropolitana de Bucaramanga, Colombia.

Luis Felipe Hernández Capacho, Dayanna Marcela Salazar Marín, María Camila Hernández Daguer

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Civil y Arquitecto

Director

Arq. Sergio Alberto Tapias Uribe

Ph.D. en Urbanismo de la era de la globalización

Codirector

Ing. Silvia Juliana Tijo López

Ph.D. in Building Construction

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División De Ingenierías Y Arquitectura

Facultad De Ingeniería Civil

Facultad De Arquitectura

2021

Dedicatoria

Agradecimiento a mis padres Luis Arturo y María Victoria quienes me han enseñado el valor de la disciplina y el esfuerzo, dejando una huella en mí para transmitirla al mundo. A mi tía Martha por apoyarme en gran parte de mi carrera y nunca darme la espalda; Y a todos aquellos amigos y compañeros quienes me motivaron cada día para ser mejor; A mis profesores y decano quienes me dictaron diversos espacios académicos. Es gracias a todos ustedes que logré estar aquí hoy, siempre con un paso adelante y ninguno para atrás.

Luis Felipe Hernández Capacho

Quiero dedicar este trabajo de grado a mis padres, quienes han sido mi apoyo incondicional y me enseñaron desde su día a día los valores de la responsabilidad, dedicación y el trabajo duro que conlleva realizar sus metas, y es gracias a ellos que he cumplido uno de mis mayores logros al graduarme con el título de arquitecto.

Dayanna Marcela Salazar Marin

A mis padres y hermano, por su amor y entrega incondicionales pues han sido mi más grande apoyo y motivación. Gracias por formarme como la persona que soy y por ayudarme a cumplir el sueño de ser arquitecta. A mis amigos, compañeros y profesores por acompañarme durante esta etapa de formación.

Maria Camila Hernández Daguer

Agradecimientos

Los autores de la presente investigación agradecen a la Universidad Santo Tomás Seccional Bucaramanga como espacio académico virtual y físico en el cual se logró desarrollar la investigación, por ser esa casa del conocimiento y donde se realizaron muchos intercambios informativos que contribuyeron a la realización del proyecto. A nuestros decanos de facultades por permitir la interacción interdisciplinaria entre ambas facultades logrando el primer proyecto piloto bajo la dirección de dos directores de cada una de las facultades (Ingeniería Civil y Arquitectura) y la realización de este. A los directores del proyecto, el arquitecto Sergio Alberto Tapias Uribe en su semillero de investigación “Bioenergía” y la codirectora, la ingeniera civil Silvia Juliana Tijó López a través del grupo de investigación “Sesco”, por la supervisión del contenido a lo largo de todas las fases de ejecución del proyecto. Al Ingeniero David Ricardo Gutiérrez Serrano, por su participación constante en la fase 1 metodológica del proyecto impulsando la investigación. A las empresas que participaron para la realización del primer objetivo de esta investigación se agradece por confiar en el avance de la metodología en la construcción y su evolución constante, sirviendo como base para la realización de este proyecto.

Contenido

	Pág.
Introducción	18
1. Formulación metodológica de procesos interdisciplinarios en el campo de la Ingeniería Civil y Arquitectura gestionados a través de BIM en la fase de diseño de proyectos de construcción de empresas en el Area Metropolitana de Bucaramanga, Colombia.	20
1.1 Planteamiento del problema	20
1.2 Justificación.....	23
1.3 Objetivos	25
1.3.1 Objetivo general	25
1.3.2 Objetivos específicos.....	25
2. Marco referencial.....	26
2.1 Antecedentes históricos BIM	26
2.1.1 Building information modeling (BIM) en el mundo	31
2.1.2 Implementación obligatoria del BIM	32
2.2 Marco teórico	32
2.2.1 ¿Qué es BIM?	32
2.2.2 Estado actual de BIM en la fase de diseño dentro de la industria AMB (Área Metropolitana de Bucaramanga)	36
2.3 Marco legal.....	40
2.3.1 Normativa BIM, ISO 19650.	40
2.3.2 BEP, CDE y modelos de información desde las iso 19650.....	42
3. Metodología de la investigación	43

3.1 Tipo de metodología.....	44
3.2 Diseño de la investigación	45
3.3 Sujeto.....	46
3.3.1 Población.	46
3.3.2 Muestra.	46
3.4 Lugar	47
3.5 Instrumento de recolección de datos	47
3.6 Procedimiento dividido por etapas	49
3.7 Fases del desarrollo metodológico	50
3.7.1 Fase 1. Planteamiento del problema	51
3.7.2 Fase 2. Alcance de la investigación.....	51
3.7.3 Fase 3. Base teórica	51
3.7.4 Fase 4. Caracterización del proceso de construcción a nivel local.....	52
3.7.5 Fase 5. Definición de etapas de un proyecto de construcción	52
3.7.6 Fase 6. Definición de roles y responsabilidades.....	52
3.7.7 Fase 7. Elaboración de un manual de implementación bim.	52
3.7.8 Fase 8. Implementación de la metodología en una microempresa del amb.	53
4. Desarrollo.....	53
4.1 Encuesta	53
4.2 Roles.....	59
4.3 Metodología BIM para el AMB	60
5. Resultados	61
5.1 Encuesta	61

5.2 Roles.....	67
5.2.1 Equipo del promotor	69
5.2.2 Equipo de gestión	69
5.2.3 Equipo de diseño	71
5.2.4 Equipo de construcción	74
5.2.5 Nivel de desarrollo BIM de los roles (NDB).....	75
5.2.6 Dimensiones BIM.....	76
5.2.7 Intercambio de información	78
5.2.8 Estructuración de modelos	82
5.2.9 Niveles de desarrollo BIM y los roles BIM.....	86
5.2.10 Entorno común de datos	87
5.2.11 Entregables	88
5.2.12 Nomenclatura de modelos	90
5.3 Metodología BIM para el AMB	91
5.3.1 Etapa 0: Pre-factibilidad	92
5.3.2 Etapa 1: Planificación del proyecto BIM	95
5.3.3 Etapa 2: Diseño conceptual	105
5.3.4 Etapa 3: Pre-diseño.....	108
5.3.5 Etapa 4: Diseño definitivo	110
5.3.6 Etapa 5: Diseño constructivo.....	112
5.3.7 Etapa 6: Construcción y entrega de la obra	114
5.3.8 Etapa 7: Uso y mantenimiento del edificio	114
6. Conclusiones.....	115

Referencias.....	118
Apéndices.....	122

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Encuesta realizada en el Área Metropolitana de Bucaramanga.</i>	54
Tabla 2. <i>Dimensiones BIM.</i>	77
Tabla 3. <i>Requisito de tipo para estándar COBie.</i>	79
Tabla 4. <i>Requisitos de Componente para estándar COBie.</i>	81
Tabla 5. <i>Participación de los modelos de los roles en el modelo BIM.</i>	83
Tabla 6. <i>Partes Para Nombrar Un Archivo.</i>	90
Tabla 7. <i>Ejemplo de capacidad BIM requerida para usos BIM.</i>	102
Tabla 8. <i>Elaboración del PEP - Etapa 2 (Diseño Conceptual).</i>	107
Tabla 9. <i>Elaboración del PEP - Etapa 3 (Pre-Diseño).</i>	109
Tabla 10. <i>Elaboración del PEP - Etapa 4 (Diseño Definitivo).</i>	111
Tabla 11. <i>Elaboración del PEP - Etapa 5 (Diseño Constructivo).</i>	113

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Iván Sutherland utilizando el ordenador TX-2.....</i>	27
Figura 2. <i>Línea de tiempo de acontecimientos importantes para el concepto de BIM.....</i>	30
Figura 3. <i>Países con Mandato BIM en el Mundo.</i>	31
Figura 4. <i>Multiples usos BIM por parte de los equipos de trabajo.</i>	33
Figura 5. <i>Dimensiones BIM según la literatura.</i>	33
Figura 6. <i>Equipos de trabajo en la metodología BIM.</i>	37
Figura 7. <i>Equipo de gestión del proyecto en la metodología BIM.</i>	38
Figura 8. <i>Equipo de diseño del proyecto en la metodología BIM.</i>	39
Figura 9. <i>Diagrama general de roles y responsabilidades en el ciclo de vida del proyecto BIM en el proceso constructivo.</i>	44
Figura 10. <i>Diagrama del intercambio de información entre los agentes y las fases del proceso en el Entorno Común de Datos.....</i>	35
Figura 11. <i>4 Pasos De La Implementación BIM En Las BIG.....</i>	38
Figura 12. <i>Indicadores Kpi de desempeño BIM en empresas Colombianas.</i>	40
Figura 13. <i>Esquema general del desarrollo de información según ISO 19650-1.</i>	41
Figura 14. <i>Jerarquía de los requisitos de información según ISO 19650-1.....</i>	43
Figura 15. <i>Diagrama metodológico del proyecto.....</i>	44
Figura 16. <i>Desarrollo metodológico establecido para la investigación.</i>	49
Figura 17. <i>Fases del desarrollo metodologico del proyecto.</i>	50
Figura 18. <i>Resultado de la pregunta 1 de la encuesta.....</i>	61
Figura 19. <i>Resultado de la pregunta 2 de la encuesta.....</i>	61

Figura 20. <i>Resultado de la pregunta 3 de la encuesta.</i>	62
Figura 21. <i>Resultado de la pregunta 4 de la encuesta.</i>	62
Figura 22. <i>Resultado de la pregunta 5 de la encuesta.</i>	62
Figura 23. <i>Resultado de la pregunta 6 de la encuesta.</i>	63
Figura 24. <i>Resultado de la pregunta 7 de la encuesta.</i>	63
Figura 25. <i>Resultado de la pregunta 8 de la encuesta.</i>	63
Figura 26. <i>Resultado de la pregunta 9 de la encuesta.</i>	64
Figura 27. <i>Resultado de la pregunta 11 de la encuesta.</i>	64
Figura 28. <i>Resultado de la pregunta 12 de la encuesta.</i>	64
Figura 29. <i>Resultado de la pregunta 13 de la encuesta.</i>	64
Figura 30. <i>Resultado de la pregunta 14 de la encuesta.</i>	65
Figura 31. <i>Resultado de la pregunta 15 de la encuesta.</i>	65
Figura 32. <i>Resultado de la pregunta 16 de la encuesta.</i>	65
Figura 33. <i>Resultado de la pregunta 17 de la encuesta.</i>	65
Figura 34. <i>Resultado de la pregunta 18 de la encuesta.</i>	66
Figura 35. <i>Resultado de la pregunta 19 de la encuesta.</i>	66
Figura 36. <i>Resultado de la pregunta 20 de la encuesta.</i>	66
Figura 37. <i>Resultado de la pregunta 21 de la encuesta.</i>	66
Figura 38. <i>Resultado de la pregunta 22 de la encuesta.</i>	67
Figura 39. <i>Roles adaptados para el Área Metropolitana de Bucaramanga.</i>	68
Figura 40. <i>Niveles de desarrollo BIM que manejan los roles.</i>	76
Figura 41. <i>Participación de Roles BIM en las entregas del proyecto.</i>	82
Figura 42. <i>Roles, NBD y software BIM en las actividades de la ejecución BIM.</i>	86

Figura 43. <i>Entorno Común de Datos y sus procesos.</i>	87
Figura 44. <i>Metodología BIM propuesta para el AMB.</i>	91
Figura 45. <i>Cuadro de especificaciones de requisitos ERP.</i>	96
Figura 46. <i>Gráfico explicativo del PEP BIM.</i>	97
Figura 47. <i>Gráfico De Usos BIM.</i>	98
Figura 48. <i>Esquema de entregables del desarrollo del diseño BIM entre roles.</i>	103
Figura 49. <i>Ejemplo del esquema de entregables junto al uso BIM para las diferente disciplinas.</i>	104

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. <i>Producto Interno Bruto En Colombia Extraído Del DANE.</i>	122
Apéndice B. <i>Implantación BIM en el mundo.</i>	122
Apéndice C. <i>Valor anual añadido del PIB 2014-2019 del sector de la construcción de algunos países de América Latina.</i>	123
Apéndice D. <i>Usuarios BIM y No Usuario en Colombia.</i>	123
Apéndice E. <i>Porcentaje De Usos BIM.</i>	124
Apéndice F. <i>Top 10 de los factores más influyentes en las variaciones de tiempo.</i>	124
Apéndice G. <i>Top 10 de los factores más influyentes en las variaciones de tiempo.</i>	124
Apéndice H. <i>BIM en Latinoamérica,</i>	125

Resumen

El sector de la construcción en Colombia y el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) se enfrenta a grandes obstáculos que impiden el avance de los proyectos en términos de eficiencia y productividad, generando una brecha económica entre la tasa de crecimiento y la variación anual dentro del PIB. La metodología BIM aparece como una respuesta para aumentar los niveles de eficiencia, sin embargo, la adopción de la metodología en el país se contempla en un uso incipiente debido a que no hay demanda del promotor, no hay marco contractual para trabajar con BIM, falta de experiencia de las empresas, costos elevados en la implementación, falta de tiempo para actualizarse, falta de herramientas y falta protocolos estandarizados. Como respuesta a esta necesidad, se propone una metodología BIM para el AMB como base para la implementación e implantación en todo el sector que permita la interoperabilidad de las diferentes disciplinas de Ingeniería Civil y Arquitectura permitiendo la identificación de cada profesional dentro de un rol específico para lograr un cambio de la metodología tradicional y avanzar a la metodología BIM en este mismo sector; buscando integrar todos los procesos de la fase de diseño en los proyectos de construcción y respondiendo a la necesidad del sector en establecer un manual de ejecución que permita a las empresas tener una directriz clara dentro la implementación de esta metodología, por medio de un centro común de datos (CDE), determinación de unos niveles de ejecución BIM y la adopción de cada dimensión BIM en el proceso metodológico.

Palabras Clave: BIM, procesos interdisciplinarios, fase de diseño, proyectos de construcción

Abstract

The construction sector in Colombia and the Metropolitan Area of Bucaramanga (AMB) faces great obstacles that prevent the progress of projects in terms of efficiency and productivity, generating an economic gap between the growth rate and the annual variation of PIB. The BIM methodology appears as a response to increase efficiency levels, however, the adoption of the methodology in the country is considered incipient since there is no demand from the developer, no contractual framework to work with BIM, no experience of the companies, high costs in the implementation, lack of time to update, lack of tools and lack of standardized protocols. In response to this need, a BIM methodology is proposed for the AMB as a basis for the implementation and implantation throughout the sector that allows the interoperability of the different disciplines of Civil Engineering and Architecture, allowing the identification of each professional within a specific role for achieve, a change from the traditional methodology and advance to the BIM methodology in this same sector; seeking to integrate all the processes of the design phase in construction projects and responding to the need of the sector in establishing an execution manual that allows companies to have a clear guideline within the implementation of this methodology, through a common center of data (CDE), BIM execution levels and the adoption of each BIM dimension in the methodological process.

Key Words: BIM, building information modeling, construction projects, desing process, interdisciplinary process

Glosario

BIM: Building Information Modeling o Modelaje y Construcción de la información (Diseño, Documentación, Seguimiento y Construcción Virtual de la obra).

AEC: Sector de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción por sus siglas en inglés (Architecture, Engineering and Construction).

BID: Banco Interamericano de desarrollo.

DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas.

TICs: Tecnología de la información y de las telecomunicaciones.

CAMACOL: Cámara Colombiana de la Construcción.

AIM: Modelo Informativo de activos por sus siglas en inglés (Asset Information Model), generado por cada uno de los diferentes equipos de trabajo como parte de sus entregable para el seguimiento de los diseños.

BEP: Plan de Ejecución BIM por sus siglas en inglés (BIM Execution Plan), es un documento elaborado por el contratista donde se ilustra en detalle cómo se gestionan los aspectos del modelo de información durante las fases de ejecución y planificación.

bSI: BuildingSMART International. Organización internacional sin fines de lucro, abierta e independiente. La asociación está estructurada en “Capítulos Nacionales» (que representan estados o grupos de estados), y reúne a profesionistas, empresarios, propietarios y/o administradores, fabricantes de software y de materiales para la construcción, agencias gubernamentales, organizaciones de investigación etc.

BSI: British Standard Institution. Autoridad de Normalización de Gran Bretaña. Fundada en 1901, es la más antigua institución de normalización en el mundo

CAD: Computer Aided Design//Drawing//Drafting. Sector de la informática que se ocupa del desarrollo de tecnologías software finalizadas a soportar las actividades de redacción de dibujos técnicos o de todos los aspectos del diseño en general.

CDET: Common Data Environment. Fuente unívoca de información para un específico proyecto o inmueble

CAPEX: CAPital Expenditure. Gasto de capital. Para un promotor representa el flujo de caja en salida para la realización de inversiones en actividades fijas de carácter operativo (inversiones de capital fijo).

CIC: Construction Industry Council. Órgano representativo de organizaciones profesionales, organizaciones de investigación y asociaciones de negocios en la industria de la construcción del Reino Unido.

COBie: Construction Operations Building Information Exchange. Formato para el intercambio de información no gráfica necesaria en la gestión de los bienes inmuebles construidos

DXF: Drawing eXchange Format. Formato de archivo utilizado para exportar e importar los datos de programas CAD

BDS: Modelo descriptivo para edificios

EIR: Employer's Information Requirements. Documento de pre-carga, redactado por el promotor, en el cual se definen exigencias relativas al aspecto de producción y entrega de las informaciones que tendrá que proporcionar el licitante; por esa razón no coincide con el Documento Preliminar al Diseño.

ERP: Enterprise Resource Planning. Tipología de software enfocado a la planificación de los recursos de las empresas y finalizado a una mejora y optimización de los procesos en la toma de decisiones dentro de la empresa.

WIP: Trabajo en proceso.

CDE: Common Dating Environment. Consiste en un entorno común de datos donde se transmite toda la información por parte de cada uno de los equipos de trabajo.

Introducción

El sector de la construcción en Colombia se sitúa como la actividad económica con la mayor tasa de crecimiento según el DANE (ver apéndice A), motivo por el cual, se pretende avanzar y mejorar los sistemas convencionales en temas relacionados con la gestión de los proyectos de construcción en todas sus fases, en la búsqueda de aumentar el índice de cumplimiento de estos donde se presenta “un nivel de desempeño bajo para el sector del AEC” (BIM fórum Colombia, 2019).

Entidades como Camacol, BIM fórum Colombia y el clúster de la construcción de Santander se sitúan en la búsqueda de una metodología que permita integrar todas las etapas de los proyectos de construcción con el fin de optimizar los procesos y reducir el margen entre la tasa de crecimiento y el índice de desempeño. Aunque no es nuevo en el mundo, BIM (Building Information Modeling) como metodología es revolucionario en Colombia y aún más en el área metropolitana de Bucaramanga debido al uso incipiente de este en el país (ver apéndice B), el cual, al ser implementado en los proyectos de construcción, reduce las probabilidades en los errores en todas las fases y procesos de los proyectos de construcción como se puede ver evidenciado en países como Inglaterra, Finlandia y Chile donde ya cuentan con planes de ejecución BIM adaptados a cada uno de los territorios.

Colombia tiene proyectado la integración de BIM dentro de los proyectos de construcción según el Congreso Colombiano de la Construcción realizado en septiembre de 2020, con el fin de mejorar la eficiencia del ciclo de vida del proyecto en calidad de costos, tiempo y todas las dimensiones que se puedan tener en él, relacionando todas las fases de los proyectos de construcción pre factibilidad, diseño, construcción y mantenimiento, incluyendo todas aquellas actividades procedimentales correspondientes al flujo de información en los grupos de trabajo.

Aunque dentro del panorama actual se tiene presente la migración a esta nueva metodología por parte de las empresas de construcción Colombianas (Gomez, Rojas, & Aibinu, 2016), no se tiene claridad en cómo debe ser el procedimiento a seguir para su implementación por parte de los diferentes equipos de trabajo en cada una de las fases del proyecto especialmente en la fase de diseño donde el diseñador únicamente se encarga de pasar los planos 2D a un modelo 3D, dejando a un lado los procesos de integración en el flujo de información entre las disciplinas.

BIM se enfrenta a una cultura en el área metropolitana de Bucaramanga , donde, “Generalmente, como en todos los cambios se encuentran con diversas dificultades que disminuyen la efectividad del potencial de las herramientas y pueden desviar la inversión y convertirla en un dolor de cabeza” (Van den Enden, 2017) dando como resultado una inadecuada implementación de esta metodología desde el inicio de los proyectos en la fase de diseño y por consiguiente una inconveniente relación interdisciplinaria de los equipos de trabajo.

La formulación de una ruta metodológica BIM enfocada en los procesos interdisciplinarios con enfoque en los equipos de trabajo de ingeniería Civil y Arquitectura, genera un cambio positivo en la gestión de los proyectos de construcción en la mejora de la “calidad de los procesos de parametrización, precisión de la toma de decisiones, rendimiento en tiempos de presupuestación, aumento de la colaboración entre los interesados y establece un estándar abierto en el flujo de la información” (Gomez et al., 2016) en la fase de diseño de microempresas en el Área Metropolitana de Bucaramanga y da respuesta a la escases de manuales de implementación BIM en el país.

1. Formulación metodológica de procesos interdisciplinarios en el campo de la Ingeniería Civil y Arquitectura gestionados a través de BIM en la fase de diseño de proyectos de construcción de empresas en el Area Metropolitana de Bucaramanga, Colombia.

1.1 Planteamiento del problema

El sector de la construcción, Ingeniería y Arquitectura (AEC) según el Banco Interamericano de desarrollo (IBD) “tiene una participación del 6% en Latino América” índice contribuido por la economía Colombiana y donde se encuentra un porcentaje “altamente significativo con una tasa de crecimiento del 9.4% hasta el año 2016” (DANE, 2016) para este territorio. Generando más de 35.000 empleos (DANE, 2019) en “1712 empresas Colombianas con actividades relacionadas a la construcción” (Burgos, 2019) con una variación anual del 3% en el producto interno bruto (PIB) del país (Ver Apéndice C). Sin embargo, aunque el crecimiento del AEC es de los mayores de América latina, “La baja productividad ha sido evidente desde el año 1995 con una tasa de crecimiento del 1% en comparación con la tasa de productividad económica del 3%” (Gomez-Sanchez, Ponz-Tienda, & Romero-Cortés, 2019).

“Los mayores desafíos se presentan en la fragmentación de los actores y etapas del sector, la subinversión en investigación, adopción de las TICs, la baja preparación del capital humano, el incremento de la complejidad de los proyectos y un informal marco regulatorio” (CAMACOL, 2018). El jefe de división de competitividad del BID Gonzalo Rivas asegura que las barreras “que generan una brecha a la productividad de AEC podrían reducirse con la implementación de tecnologías digitales en el sector como BIM” donde según Andrew Friendly, director de asuntos gubernamentales de Autodesk “A menos que la participación del 90% del sector integren BIM, se crea una cultura donde algunas empresas lo implemente y otras no”.

La implementación BIM en Colombia y el área metropolitana de Bucaramanga, actualmente, es conocido por un 59% de las empresas (Ver apéndice D). Del mismo modo, alrededor del “25% del total de las compañías en Colombia frecuentemente usan BIM con un único conocimiento en el software” (Burgos, 2019), donde, según (Gomez et al., 2016), la implementación que se presenta corresponde únicamente a la visualización de los proyectos en la fase de diseño, presentando “uno de los problemas más importantes del país que es la gran dificultad entre diferentes actores de un proyecto en términos de interoperabilidad debido a la diferencia en el conocimiento del BIM que no necesariamente integran toda la tecnología ” (Burgos, 2019).

“El 66.7% del sector AEC indican que la tecnología es muy nueva” (Gomez et al., 2016), razón por la cual la implementación se impulsa en el sector de forma lenta y en el momento de la ejecución de un proyecto, “la colaboración que se hace en un 73% es visualizar el paso de los planos tradicionales 2d al modelo 3d (Coordinación 3D) , mas no de la integración de los procesos interdisciplinarios” (Gomez et al., 2016) (Ver apéndice E), negando la posibilidad de ser un ambiente de estándar abierto y de retroalimentación constante.

La relación entre software-diseñador con el fin de visualizar los modelos, la resistencia al cambio de los procesos tradicionales para la ejecución de proyectos de construcción en la fase de diseño y la falta de personal calificado en el 87.5% de las empresas¹ establece un panorama de estándares cerrados para el flujo de información en búsqueda de la interoperabilidad. Los problemas que enfrentan el 76.2% de las empresas en Colombia y los equipos de trabajo en búsqueda de la implementación BIM, se centran en la “idea generalizada de BIM como un

¹ Esta cifra parte del estudio realizado por (Gomez et al., 2016).

herramienta únicamente de dibujo en los equipos de diseño y la escases de planes de ejecución BIM para la interacción interdisciplinaria en la fase de diseño” (Gomez et al., 2016), donde, “inicialmente consideran que la herramienta es un programa encargado de la representación gráfica en 3D de un proyecto, enfocado al renderizado y a la producción de imágenes foto-realistas” (Salazar & Galindo, 2018) .

“El sector AEC aún utiliza el sistema tradicional para la coordinación de proyectos en donde no se cuenta con una metodología clara que permita la integración total de los documentos contractuales de diseño BIM” (Salazar & Galindo, 2018) siendo una barrera para el AEC en las relaciones interdisciplinarias evidenciando una metodología innovadora, con los mismos resultados de las métodos tradicionales en la etapa de diseño de proyectos como sobrecostos, por la falta de comunicación entre todas las partes (Ver apéndice F) y variaciones en el tiempo principalmente por la planeación inadecuada del cronograma y cambio en los diseños (ver apéndice G), Detallando “la poca interacción entre los diversos profesionales encargados” (Salazar & Galindo, 2018) en la etapa de diseño y estableciendo un impacto negativo para un proyecto desde esta etapa y reflejándolo en las fases siguientes como la construcción en los retrasos de obra.

La realización de un proyecto que elabore una guía metodológica como base para las empresas de construcción en el área metropolitana de Bucaramanga, corresponde a la necesidad social creada en el sector construcción que alude a ¿Cuál es la correcta ruta de implementación a seguir para la integración interdisciplinaria en la fase de diseño de proyectos del AEC en base a la metodología BIM?, generando conocimiento en la concepción y gestión de los proyectos, específicamente enfocada a los sistemas integrales interdisciplinarios en el proceso de diseño antes de lograr abordar la implementación en la construcción y el mantenimiento.

1.2 Justificación

BIM en Colombia se presenta en pleno auge (Ver Apéndice H) y “el vacío de conocimiento y tecnología complica la formulación de un marco referencial legal que beneficie y priorice el uso de BIM en el AEC” (Burgos, 2019), “no es solo un cambio de tecnología, es un cambio en todo el proceso” (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2013) con la mira en incrementar el conocimiento BIM en Colombia y cambiar “uno de los principales problemas que se erradican en el momento de implementar los proyectos donde los diseñadores desconocen la metodología” (Ramírez-Sáenz, Romero-Cortés, Ponz-Tienda, Gómez-Sánchez, & Gutiérrez-Bucheli, 2018), “BIM requiere de nuevas estrategias, vías de interacción para la integración de diseños y un cambio en la perspectiva de la colaboración para incrementar la eficiencia del proyecto” (Ramírez-Sáenz et al., 2018).

Lograr la correcta interacción interdisciplinaria en la implementación BIM en las empresas de construcción podría generar “reducir el coste global de todo el proyecto sobre un 30%” (Meireles, n.d.), beneficiando el “nivel de desempeño bajo del sector de la construcción” (BIM FORUM COLOMBIA, 2019) en el área metropolitana de Bucaramanga. Sin embargo, debido a que existe un panorama claro de escasas de rutas metodológicas, la implementación se convierte en un entorno de procesos de gestión ineficiente de información. La resistencia al cambio de los procesos tradicionales por parte de empresas y proveedores debe trascender a crear una cultura en búsqueda de la eficiencia generando el cambio de pensamiento y de ejecución de los proyectos desde su fase de diseño.

Se necesita reestructurar las relaciones interdisciplinarias para el correcto flujo de información por medio del cambio de los métodos tradicionales, comunicación entre disciplinas, constitución del proyecto, integración de todas las entidades y actores para cada uno de los casos generales y particulares en los proyectos de las empresas de construcción a través de herramientas

de interoperabilidad que entrelazan los modelos de diseño de todas las disciplinas, lo cual, puede colocar al área metropolitana de Bucaramanga en un panorama solido a niveles sociales y económicos logrando reducción “ de 40% de trabajo no presupuestado, errores entorno al presupuesto en un 3% y un 80% de reducción en horas de presupuestación por parte de las diferentes disciplinas ” (Meireles, n.d.).

La estructuración solida de una metodología BIM para el Área Metropolitana de Bucaramanga, permitiría la cooperación entre todos los integrantes de los equipos de trabajo, superando los problemas que se pueden presentar en cada una de las etapas del proyecto, aumentando el “nivel de madurez BIM cero-uno de la industria” (Grupo de trabajo de la industria BIM (BIWG), 2011) , donde, según Carlos Alberto Sandoval², “Proyectos con mejor planificación, ejecución y operación, son proyectos con mayor capacidad de obtener financiación y en eso BIM juega un rol muy importante” (CAMACOL, 2018).

La realización de este proyecto que implementa una guía metodológica como base para las empresas de construcción del área metropolitana en la Ingeniería Civil y Arquitectura se centra en el área de diseño debido a que 83.1% de los usuarios BIM en Colombia “piensan que la aplicación BIM debería ser fomentada por el equipo de diseño” (Gomez et al., 2016) y responde al 62% de las empresas que “colocan su interés en un manual para la aplicación BIM en sus proyectos” (Gomez et al., 2016) estableciendo que “BIM va más allá de una simple representación visual del edificio para un producto semántico ” (Laakso & Kiviniemi, 2012) y da respuesta a la correcta ruta a seguir en la interacción de los equipo de trabajo de diseño, corresponde a la necesidad social

² Vicepresidente de estructuración financiera de desarrollo nacional

creada en el sector de la construcción en el área antes de lograr abordar la implementación en la construcción y el mantenimiento.

Del mismo modo, se busca posicionar al Área Metropolitana de Bucaramanga y Colombia en el marco internacional de la construcción con la metodología BIM, como es el caso de Chile en América Latina y Reino Unido en Europa. Adicionalmente, este proyecto está alineado con línea 3 “creación de capacidades técnicas, tecnológicas y estratégicas en el recurso humano con enfoque de valor total” Planteada en el clúster de la construcción en Santander y evidente en su página web principal, donde se plantea en los pactos regionales, realizar proyectos donde se incentive el uso de la metodología BIM en los proyectos de construcción y va de la mano con la iniciativa para la estandarización de uso BIM en el país con el movimiento llamado CAMACOL INNOVA (Burgos, 2019).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Formular una metodología de interacción interdisciplinaria entre los profesionales de la Ingeniería civil y arquitectura en la etapa de diseño de proyectos de construcción gestionados a través de BIM para una microempresa en el Área Metropolitana de Bucaramanga.

1.3.2 Objetivos específicos

- Describir el estado actual y el alcance que tiene la implementación BIM en la fase de diseño en las microempresas de la industria de la construcción en el área metropolitana de Bucaramanga.
- Establecer los roles en la fase de diseño de proyectos de construcción para la gestión BIM como un proceso de gestión eficiente de información en microempresas.
- Determinar un plan de ejecución integral en las disciplinas de Arquitectura e Ingeniería Civil para la toma de decisiones en la fase de diseño basados en la metodología BIM.

2. Marco referencial

2.1 Antecedentes históricos BIM

BIM o Building Information Modeling es una metodología relativamente nueva en Colombia. No obstante, su historia inicia en los años 60s como una revolución al software de dibujo 2D (Tecnología CAD). BIM fue un cambio drástico que logró mostrar todo el proceso de la construcción en un medio virtual al obtener resultados en modelos estructurales, configuración espacial, costo, construcción, utilización de energía, entre otros. Del mismo modo, logró un entorno de trabajo interdisciplinario virtual al permitir la comunicación entre disciplinas en tiempo real y en localizaciones diferentes. BIM obtuvo una posición entre empresas de todo el mundo como la herramienta definitiva en el mundo de la construcción. pero para entender su evolución y alcance mundial se debe retroceder a sus inicios.

BIM nace en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) como tesis doctoral escrita por Iván Sutherland, conocido como el padre de la computación gráfica. La tesis tenía el objetivo de desarrollar un programa que lograra interacciones directas e intuitivas entre el usuario y la

máquina llamada luego Interfaz Gráfica del Usuario, naciendo el programa *Sketchpad*; Para lograr la investigación, Sutherland utilizó el ordenador TX-2, esta tecnología se consideraba avanzada en su época y fue la precursora del Dibujo Asistido por Computador (CAD), de las tabletas electrónicas y los computadores táctiles que hoy en día conocemos; El programa *Sketchpad*, al implementar el lápiz Óptico permitió al usuario la capacidad de crear diseños mediante elementos geométricos básicos como lo son las líneas y puntos.

Figura 1. Iván Sutherland utilizando el ordenador TX-2.



Nota: La imagen fue extraída de “Sutherland, I.(1962). *Sketchpad*. History-computer”.

Douglas C. Engelbart, quien evidenció en varios documentos de su autoría que el futuro de los diseños arquitectónicos iba a estar enfocados en la manipulación de objetos paramétricos, desarrollando un acercamiento a BIM, al lograr que el diseñador asocie características como altura, grosor, longitud, entre otras; en un solo programa con la finalidad de diseñar un proyecto real en un entorno virtual.

En la década de los 70s se presentan dos tendencias, la primera en la Universidad de Cambridge, Ian Baird, desarrolla la representación de límites (BREP), que permite la creación de

elementos 3D editables mediante superficies conectadas por vértices. Del mismo modo, la segunda tendencia constructiva *Solid geometry (CSG)* o la construcción de Geometría sólida, consiste en elementos geométricos básicos en tres dimensiones.

Charles M, Eastman en 1975 introdujo una metodología de trabajo llamada Building Description System (BDS) basándose en el uso de diseños paramétricos para la realización de modelos de construcción. Así mismo, en sus libros “The use of computers instead of drawing in building design” y “An outline of the Building description System” se enfoca en la importancia del ordenador a la hora de graficar edificaciones en un entorno virtual, en su programa se establecen 4 características a.) Interfaz para diseñar todo tipo de elementos, b.) Tener un lenguaje gráfico interactivo que el usuario pueda modificar, c.) Permitir una interpretación gráfica de alta calidad, d.) Clasificar elementos dibujados en diferentes aspectos como color, proveedor y tipologías que facilite un análisis por parte del diseñador, buscando realizar planos en 2D.

Graphisoft, creada por Gabor Bojar en Hungría, creó un Software llamado *Radar CH* donde se realizó el modelado de tuberías y ductos industriales para la creación de plantas nucleares dentro de su país de origen siendo el precursor de ArchiCAD. Del mismo modo, aparece AutoCAD, un programa informático creado por la compañía Estadounidense Autodesk, el cual permitía el dibujo de elementos en dos dimensiones siendo modificados por el usuario mediante opciones paramétricas. así mismo.

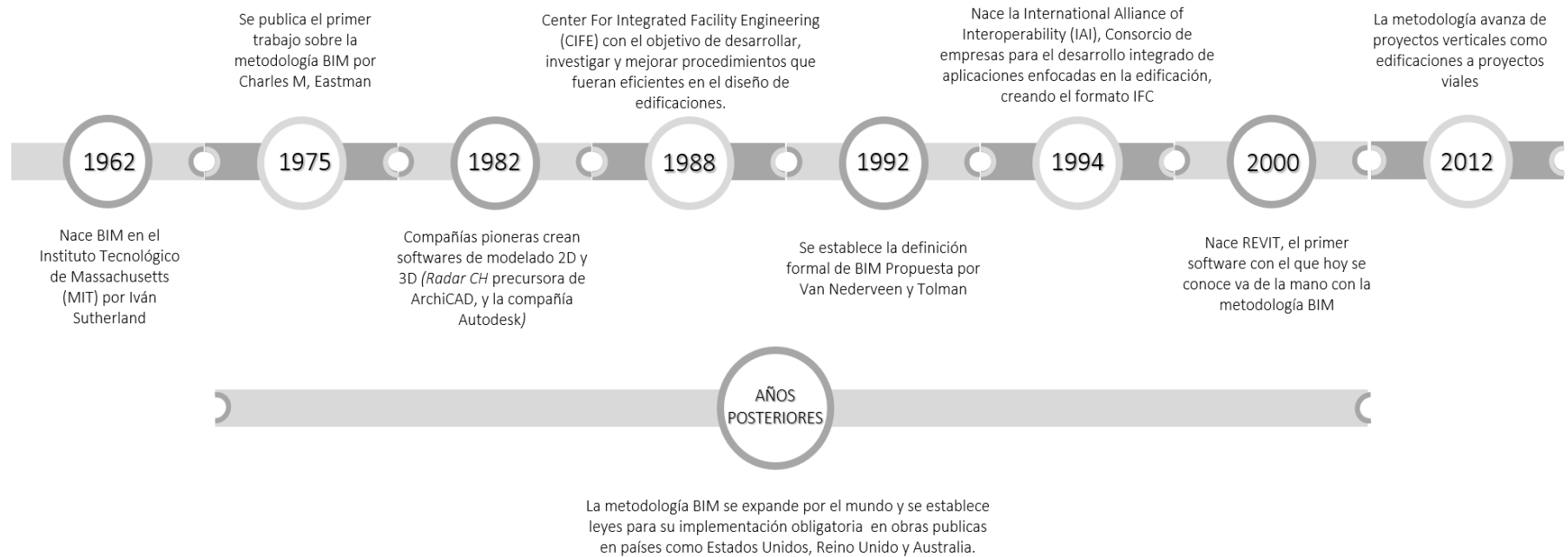
En 1988, el ingeniero civil Paul Teicholz fundó el Center For Integrated Facility Engineering (CIFE) en la universidad de Stanford con el objetivos de desarrollar, investigar y mejorar procedimientos que fueran eficientes en el diseño de edificaciones. Uno de los mayores aportes que logró fue la definición formal de BIM en 1992, propuesta por los investigadores Van Nederveen y Tolman, integrantes del departamento de ingeniería civil de los países bajos. en donde

define los principios de interoperabilidad entre especialistas y un software para su visualización dando comienzo por lo que hoy en día se conoce formalmente como Building Information Modeling (BIM).

En 1994 se funda la International Alliance of Interoperability (IAI), Consorcio de empresas para el desarrollo integrado de aplicaciones enfocadas en la edificación, creado el formato IFC, el cual promueve la constante interacción y comunicación entre equipos de trabajo de las diferentes disciplinas de la construcción.

En el año 2000, Nace REVIT, el software principal de la metodología BIM centrado en el diseño de edificaciones basado en elementos paramétricos permite la creación de elementos en tres dimensiones y la lectura de archivos con extensiones diferentes, cumpliendo con las 4 características propuestas por Eastman, Años después, la empresa de Autodesk compra los derechos del Software y lo convierte en el promotor de la incursión formal dentro de la metodología BIM. Produciendo un giro en los procesos de infraestructura y en la Industria de la construcción internacional

A continuación, se evidencia una línea de tiempo con los acontecimientos más importantes para la aplicación BIM en el mundo.

Figura 2. *Línea de tiempo de acontecimientos importantes para el concepto de BIM.*

Nota: La figura fue adaptada de todo el material bibliográfico y su autoría corresponde a los autores.

2.1.1 Building information modeling (BIM) en el mundo

La metodología BIM en un principio se enfocó en el diseño de proyectos verticales (Edificaciones). Sin embargo, en 2012 avanza a proyectos viales en países como Estados Unidos, Reino Unido y Australia, donde, implementaron esta metodología en sus leyes, siendo BIM una parte esencial al momento de desarrollar obras públicas y logrando que empresas privadas se incorporen en la metodología para capacitar a sus empleados en el uso de esta y logrando expandirse en el mundo (Ver figura 2). En el caso de América Latina se está impulsando la implementación en países como Chile y Brasil. Por su parte, en Colombia BIM se presenta el interés desde la academia, siendo necesario un incentivo gubernamental que aplique la metodología en proyectos públicos que aumenten el grado de efectividad.

Figura 3. Países con Mandato BIM en el Mundo.



Nota: Imagen extraída de (BICP Global BIM Study, 2017).

2.1.2 Implementación obligatoria del BIM

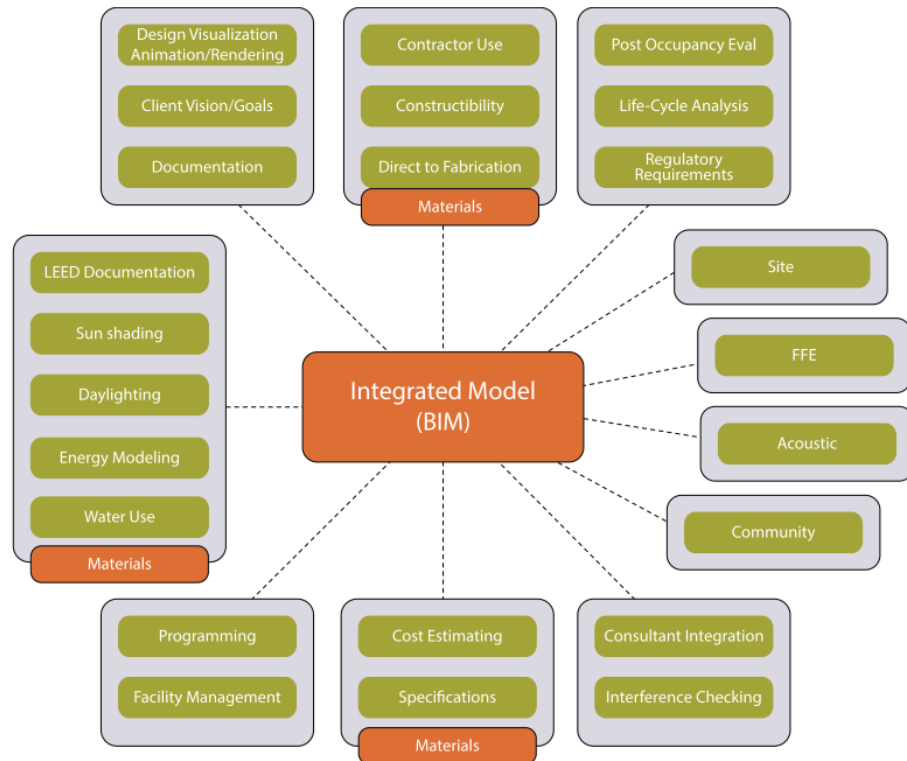
La implementación BIM a nivel mundial ha crecido exponencialmente en las últimas décadas. En el año 2014 McGraw Hill reportó que las constructoras a nivel mundial usan BIM en más del 30% de sus proyectos. Gobiernos alrededor del mundo han reconocido la importancia de BIM creando leyes en sus países, países como Estados Unidos, gobiernos de la Unión europea, Inglaterra y Corea del Sur implementaron BIM a nivel legal.

2.2.2.1 Estados Unidos. La implementación BIM se incrementó en los proyectos, del “28% en el año 2007 hasta un 71% en el 2012” (McGraw Hill, 2013), la Metodología BIM en Estados Unidos ha sido adoptada a un gran número de empresas públicas como the General Services Administration (GSA) y The U.S Army Corps of Engineers (USACE) logrando implementar BIM en la mayoría de los proyectos de la construcción en USA.

2.2 Marco teórico

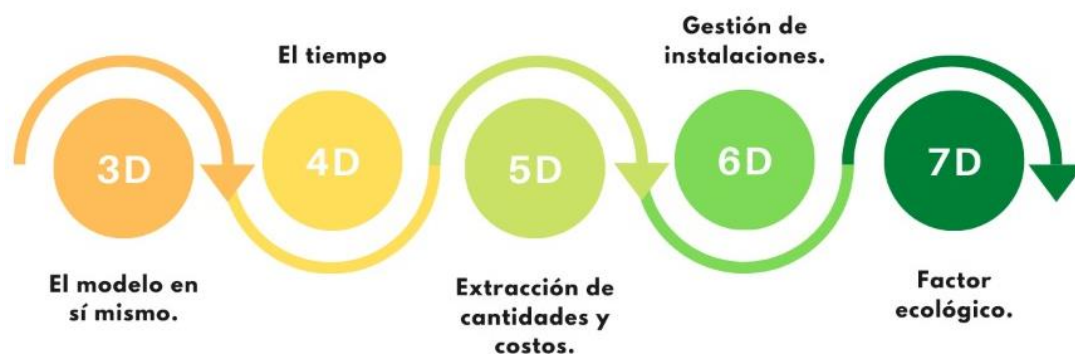
2.2.1 ¿Qué es BIM?

Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativo basado en la interoperabilidad y la multidisciplinariedad para la creación de un proyecto de construcción. Esta metodología abarca todos los aspectos de la vida de un edificio, empezando por la concepción de la idea y que no tiene un fin pues contempla también el periodo de funcionamiento de este. Un modelo de información BIM cuenta con 7 dimensiones.

Figura 4. Múltiples usos BIM por parte de los equipos de trabajo.

Nota: Imagen extraída del libro “BIM AND CONSTRUCTION MANAGEMENT”

2.2.1.1 Dimensiones BIM. Este apartado comprende las diferentes dimensiones presentes en las etapas de diseño de los proyectos de construcción.

Figura 5. Dimensiones BIM según la literatura.

2.2.1.1.1 BIM 3D: el modelo en sí mismo. El modelo 3D es una plataforma geométrica y paramétrica en la que se añade información cualitativa en todos los elementos del proyecto y que ayuda a planificar, diseñar, construir y gestionar el ciclo de vida del edificio.

Este permite un enfoque optimizado y muy cercano al “mundo real” antes de que comience su construcción, Ayudando a determinar las características esenciales de la definición del edificio (ubicación, orientación, distribución en planta y volumen, soluciones estructurales y materiales de revestimiento, objetivos ecológicos, etc.). Del mismo modo, Permite evaluar la viabilidad de las intenciones del cliente en cuanto a presupuesto y tiempo y probar soluciones mediante simulaciones.

Este aspecto de la dimensión BIM permite la realización de análisis que “aprueben” la construcción del edificio en base a normativa y estándares establecidos por los reglamentos de construcción de edificios, donde, el modelo virtual facilita el debate y la toma de decisiones entre las partes interesadas o puede usarse con fines de marketing y presentación.

A nivel técnico, se pueden entender las interferencias espaciales de los elementos y su impacto en el edificio antes de su construcción. El modelo BIM permite la extracción de planos 2D y 3D, así como el fácil manejo de las hojas de impresión, detallando información 3D en un papel impreso, sin interferir con el modelo tridimensional, para no recargar el archivo innecesariamente. En BIM es posible que varias personas generen y editen piezas del mismo proyecto en el mismo archivo y fácilmente juntar todas las partes a través de herramientas de colaboración del software e uso. También se puede importar y exportar múltiples formatos de información del modelo, para realizar múltiples análisis por diferentes actores.

2.2.1.1.2 BIM 4D: el tiempo. Esta dimensión surge cuando a los elementos del proyecto se le asocian plazos y órdenes de ejecución diferente. Conociendo a profundidad los detalles de la construcción y teniendo una idea anticipada y más próxima a la realidad de las obras que van a ocurrir, se simplifica la planificación de logística de la construcción.

Cuanto más detallada sea la información en el modelo, más rentable será la construcción del edificio, motivo por el cual se debe establecer con precisión y exactitud la programación, garantizando el montaje de todos los elementos de construcción, evitando la superposición de trabajo, cumpliendo con la línea de tiempo y el presupuesto establecido y optimizando el uso de los recursos.

El modelo BIM se convierte en una herramienta esencial para controlar y gestionar de forma eficaz y en tiempo real el desarrollo de la construcción.

2.2.1.1.3 BIM 5D: extracción de cantidades y costes. En esta dimensión el modelo BIM proporciona la estimación de mediciones y presupuestos permitiendo la extracción de cantidades con BIM es automática y se puede realizar en cualquier etapa del proyecto. Esto puede variar según la exactitud del modelo, la existencia de solapamientos y las normas que se utilizaron en el modelado, dando como resultado la reducción del tiempo y esfuerzos empleados en esta tarea. Del mismo modo, reduce el sobre costo y se asegura la sostenibilidad económica del edificio.

Con exactitud el software BIM, para la realización del presupuesto de un determinado proyecto, permite multiplicar el costo de determinado material, elemento estructural u arquitectónico por el número de veces que se repite en el proyecto y facilita el presupuesto total del proyecto o el coste asociado a cada material, equipo o soluciones. El precio asociado de cada elemento (dentro de una familia de elementos) se introduce al inicio cuando se incluye el elemento en el modelo (en una tabla de cantidades) y se actualiza progresivamente (según se requiera o varíe

el precio del mercado), cambiando el material o el precio, para hacer estimaciones en cualquier momento.

Esta dimensión permite un análisis constantemente del presupuesto. Si el presupuesto está cumpliendo con las expectativas del contratista, el cliente y el equipo de Ingeniería Civil y Arquitectura pueden explorar diferentes soluciones constructivas y evaluar la evolución de estas. Consecuentemente, cada componente del proyecto es asociado a la frecuencia, el coste de mantenimiento y la influencia en el coste energético, dando como resultado el costo y beneficio a lo largo del ciclo de vida del proyecto en cuestión.

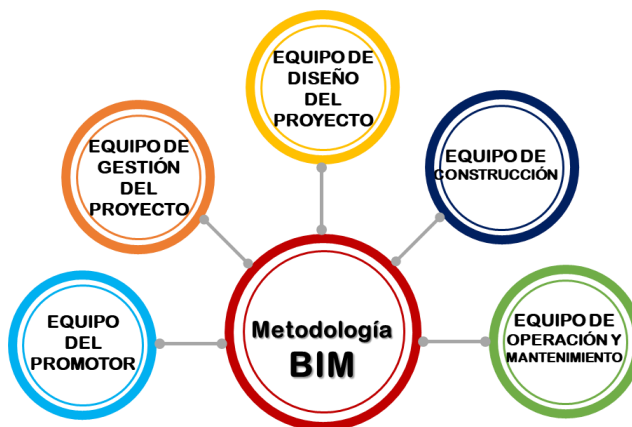
2.2.1.1.4 BIM 6D: gestión de instalaciones (FM). La dimensión 6D permite que el o los modelos lleguen a ser gestión de las respectivas instalaciones, con sistemas de monitoreo, que facilitan la lectura y el análisis del rendimiento del edificio en tiempo real. Se obtiene así una lectura total que confirma que el edificio puede entrar en funcionamiento.

Los costos asociados con esta dimensión, de forma paralela, se obtienen en la dimensión 5D permitiendo el mantenimiento, facilitando la gestión y la toma de decisiones para el proyecto con un equilibrio entre inversión y el retorno temporal.

2.2.1.1.5 BIM 7D: factor ecológico. La dimensión 7D explora el aspecto sostenible del proyecto en cuanto a coste, calidad y ecología. Permite evaluar el comportamiento de cada material o componente, la interacción con los demás y su impacto medio ambiental en todo el ciclo de vida del edificio. Es útil para construir un edificio de alta calidad energética (desde mayor desempeño ambiental a más grande impacto ambiental: A - B - C - D - E), dando como resultado un análisis del ciclo de vida del proyecto de forma eficiente en tiempo récord.

2.2.1.2 Roles y responsabilidades BIM. Para gestionar un proyecto utilizando la metodología BIM, se debe crear un equipo de trabajo en el que se definan roles y responsabilidades en el Plan de Ejecución BIM o BEP (BIM Execution Plan) que quedará reflejado en el contrato, teniendo en cuenta: (a) Se debe tener en cuenta que, (b) En la gestión de proyectos BIM, el rol no es el puesto de la empresa, sino las funciones y responsabilidades asignadas al equipo de trabajo, (c) Un rol puede ser realizado por varios miembros del equipo de trabajo, (d) Los miembros del equipo de trabajo pueden asumir múltiples roles, (e) En el ciclo de vida de un proyecto BIM, los roles se pueden transferir de una actividad a otra.

Figura 6. *Equipos de trabajo en la metodología BIM.*



Nota: La elaboración de la figura 3 contiene información extraída de los documentos contractuales de la revista Spanish Journal of BIM (edición 1801, 2018).

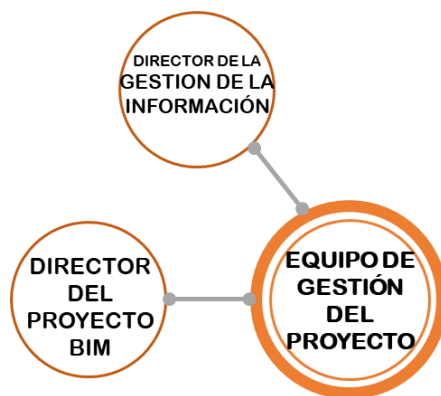
En la revista Spanish Journal of BIM (edición 1801, 2018) se proponen y definen los siguientes equipos de trabajo, roles y responsabilidades BIM.

2.2.1.2.1 Equipo del promotor o cliente. El promotor del proyecto es el encargado de la financiación el proyecto y la contratación del equipo BIM del proyecto, quienes serán sus asesores

en toda la toma de decisiones de carácter técnico y financiero en la totalidad del proyecto, llegando a ser parte del entorno colaborativo.

2.2.1.2.2 *Equipo de gestión del proyecto.*

Figura 7. *Equipo de gestión del proyecto en la metodología BIM.*



Nota: Spanish Journal of BIM.

- *Director del Proyecto BIM (BIM Project Management)*

Las habilidades del director del proyecto BIM se centran en: (a) Liderar al equipo y gestiona el proyecto BIM y su calidad, (b) Garantizar el cumplimiento de los requisitos de información del promotor (EIRs) a través del desarrollo de protocolos BIM, (c) Definir los objetivos y usos BIM del promotor, (c) Realizar el seguimiento e informa del progreso y estado del proyecto, (d) desarrollar un plan de gestión del proyecto donde se define: alcance, presupuesto y cronograma, (e) Operar a nivel estratégico, táctico y operacional

- *Director de la gestión de la información (Information Manager)*

El directos de la gestión de la información se encarga de: (a) Gestionar y controlar el flujo de información entre los agentes intervinientes en el proyecto BIM a lo largo de las fases del ciclo de vida de este, (b) Gestionar la transmisión de información del proyecto al promotor o cliente, (c)

Crear, desarrollar y gestionar el entorno común de datos (CDE) entre todos los agentes del proyecto.

2.2.1.2.3 *Equipo de diseño del proyecto.*

El equipo de diseño del proyecto debe estar encargado por un director BIM quien sea el encargado de tener el mayor acceso a toda la información de los Coordinadores BIM en cada una de las etapas analizadas del proyecto, así como de los modelos gestionados a través de Common Dating Enviroment (CDE) o centro común de datos en cada uno de los softwares seleccionados.

Figura 8. *Equipo de diseño del proyecto en la metodología BIM.*



Nota: Elaborado y adaptado en base a los documentos del Building Smart Spain Presentes en su revista Spanish Journal of BIM.

- *Director técnico BIM (BIM Manager).*

Las funciones y responsabilidades del director técnico BIM son: (a) Responsable nombrado por el equipo de gestión del proyecto y con la aprobación del promotor, (b) Responsable de la calidad digital y de los contenidos para el proyecto BIM, (c) Lidera la implantación y el uso de la metodología BIM, (d) Opera a nivel operativo (técnico y sistemático), (d) Define, implementa y da cumplimiento al Plan de Ejecución BIM (BEP), (e) Apoya el trabajo colaborativo y coordina al Equipo de diseño del proyecto, (f) Establece los niveles de detalle (LOD) y de información (LOI) que se van a manejar durante el proceso, (g) Gestiona el modelo, los cambios que se realicen y la calidad del mismo, (h) Establece los flujos de trabajo y garantiza la interoperabilidad.

Las capacidades del “BIM Manager” pueden variar según la circunstancia en la que se encuentre, por tal motivo él debe tener en cuenta e identificar cuando emplear sus habilidades, las cuales son: (a) Conocimiento en la metodología BIM, (b) Experiencia en procesos BIM, (c) Conocimientos en procesos de Ingeniería Civil y Arquitectura. (d) Gestión estratégica de proyectos. (e) Estandarización y optimización de procesos tecnológicos. (f) Experiencia en procesos constructivos. (g) Experiencia en modelación básica y conocimiento en modelación avanzada.

- *Director de la gestión del diseño (Lead Designer).*

El “lead designer” es el encargo de : (a) Administrar el diseño, así como la aprobación y el desarrollo de la información, (b) Confirmar los resultados del equipo de diseño del proyecto, (c) Aprobar la documentación para la coordinación del diseño antes de ser compartida, (d) Proporcionar, junto con el director de la gestión de la ejecución, la comunicación entre los equipos de diseño del proyecto y los equipos de construcción, (e) Coordinar, junto con el director de la

gestión de la ejecución, las entregas de diseño con los subcontratistas para asegurar la entrega oportuna en costo.

- *Director de la gestión de la ejecución (Lead Construction).*

El “Lead construction” debe desarrollar la gestión de la ejecución, para ello debe: (a) administra la dirección de la ejecución mediante la gestión con la metodología BIM, incluyendo la aprobación y el desarrollo de la información, (b) Confirmar los resultados del equipo de construcción, (c) Aprueba la documentación para la coordinación de la ejecución antes de ser compartida, (d) Proporciona la comunicación entre el equipo de diseño y el equipo de construcción.

Las capacidad del “Lead Construction” son el reflejo de su autoridad en el momento de la toma de decisiones, razón por hacer el correcto uso de la gestión de la información (en todas sus dimensiones) debe tener: (a) capacidad de elaborar y utilizar familias de diseño, (b) Debe tener conocimiento en la metodología BIM, (c) Debe tener conocimiento en Construcción, (d) Debe tener conocimientos técnicos en su especialidad (Ingeniería Civil o Arquitectura), (e) Debe contar con la capacidad de trabajo colaborativo, (f) Contar con el conocimiento de objetivos técnicos y normativos del tipo de proyecto, especialidad y etapas del ciclo de vida del proyecto.

- *Director del equipo de trabajo (Task Team Manager).*

Responsable de la producción del diseño y los elementos de una parte específica del diseño.

- *Coordinador BIM (BIM Coordinator).*

Coordina el trabajo a fin de que se cumplan los requerimientos acordados en la estrategia Controlando y asegurando la calidad de los proyectos para que sean compatibles con el resto de las disciplinas. Del mismo modo, Implementa conocimientos específicos en herramientas definidas para el proyecto con el fin de usarlas como herramientas de gestión, supervisando que los modelos

sigan los estándares definidos para que sean procesables por otros agentes, define el alcance del trabajo del modelador BIM y audita la calidad de los entregables. Así mismo, Conoce los protocolos para el intercambio de información para implementar en los flujos de trabajo colaborativo en el proceso BIM, consolidando la información y la gestión a través del Plan de Ejecución BIM (BEP).

Nota: “Habrá tantos coordinadores BIM como especialidades incluya el proyecto (diseño, estructura, MEP, sostenibilidad, seguridad y salud, etc.)”.

El coordinador BIM debe contar con: (a) Experiencia en la coordinación de proyectos, (b) Conocimiento en metodología BIM, (c) Experiencia en procesos BIM, (d) Conocimientos en gestión de procesos de arquitectura e ingeniería, (e) Conocimiento en procesos constructivos, (f) Planificación y administración de proyectos, (g) Conocimiento de aspectos técnicos y normativos del proyecto, especialidad y fase a coordinar, (h) Conocimiento en modelación BIM.

- *Modelador BIM (BIM Modeler).*

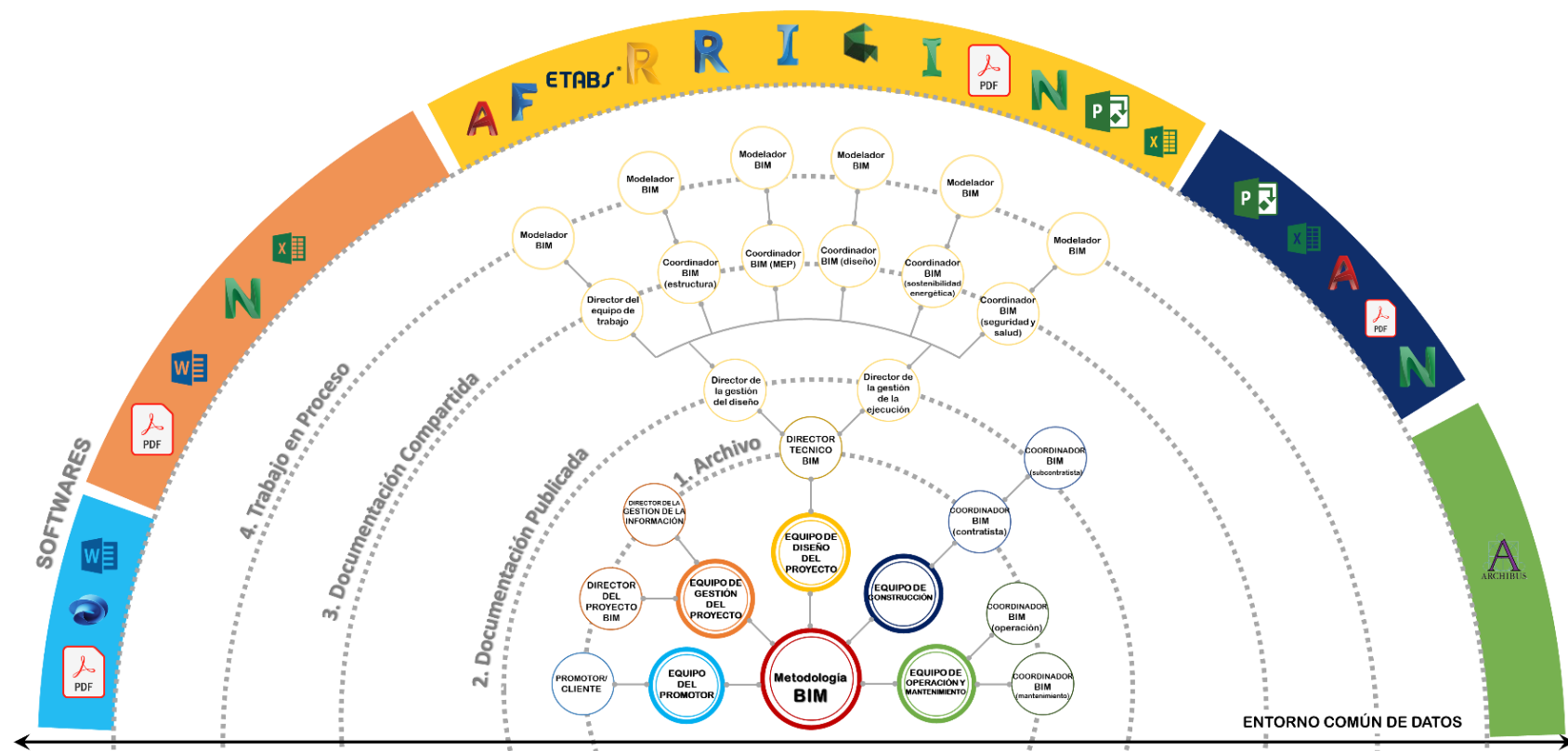
Encargado del uso del BIM como herramienta para desarrollar las actividades de su disciplina, el modelador BIM, debe contar con las siguientes características: (a) Sigue los lineamientos establecidos por el encargado de la gestión, (b) Asegura la calidad de sus entregables integrándolos con las diferentes especialidades, (c) Formado en el uso de soluciones de software específicas para el desarrollo de su actividad, siguiendo estándares, protocolos y entregables especificados para el proyecto, (d) Domina el intercambio de la información en diferentes formatos, (e) Modela elementos agregando o actualizando la información requerida, (f) Usa y crea nuevos componentes de acuerdo a las necesidades de cada proyecto.

El modelador BIM puede variar en cuanto a la disciplina de trabajo debido a que un proyecto tiene diversas disciplinas y en muchos casos, los diseñadores son los mismos

modeladores. Sin embargo, existen unas capacidades comunes que debe tener un modelador BIM:

(a) Experto en el uso del software elegido para el modelado, (b) Conocimiento en estándares de creación de contenidos, (c) Conocimiento en la metodología BIM, (d) Conocimiento en procesos constructivos, (e) Conocimientos en procesos de arquitectura o ingeniería (la modalidad que trabaje), (f) Capacidad de trabajo en equipo, (g) Conocimiento de objetivos técnicos y normativos del tipo de proyecto, especialidad y etapa a modelar.

Figura 9. Diagrama general de roles y responsabilidades en el ciclo de vida del proyecto BIM en el proceso constructivo.



Nota: Diagrama realizado por los autores, Adaptado del documento de Felipe Choclán Gámez, Hugo Sanchez Vicente & Manuel Soler

Severino. (2018). Spanish Journal of BIM.

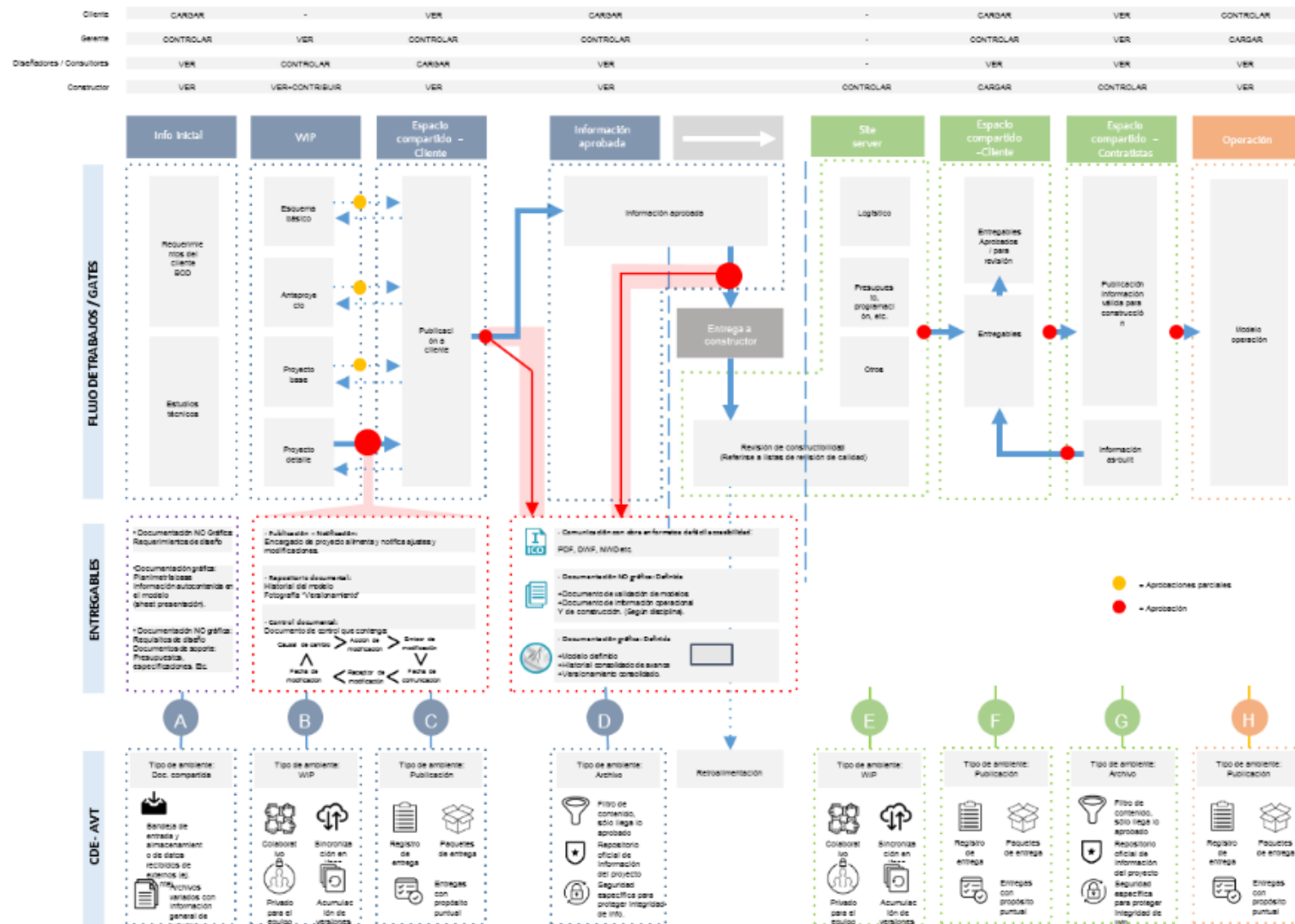
5.2.1.3 Entorno común de datos (common data environment, CDE). El entorno común de datos es la plataforma virtual para llevar a cabo el intercambio de la información entre los diferentes agentes que forman parte del proceso. Este espacio en línea es, además, el canal para almacenar y gestionar la información.

Este ambiente colaborativo y digital, se divide en varias áreas y es de fácil acceso para cualquier persona del equipo y puede desarrollarse en un servidor o en la nube.

5.2.1.3.1 BEP. La interacción entre los ambientes de trabajo, los responsables y el alcance debe estar definido en el BIM Execution Plan. Dentro de su contenido están definidos los ambientes de trabajo que permiten la interacción de los actores y los objetivos pactados.

5.2.1.3.2 Plataformas tecnológicas. La decisión de la plataforma tecnológica es responsabilidad de la gerencia del proyecto pactada en el BEP. Es importante asegurar que la plataforma elegida sea capaz de permitir la interacción continua durante todas las etapas del proyecto, donde cada actor pueda sincronizar y consultar la información en tiempo real.

5.2.1.3.3 Flujos de información.

Figura 10. Diagrama del intercambio de información entre los agentes y las fases del proceso en el Entorno Común de Datos.

Nota: Extraído de la PASS 1192-2, para más información y/o explicación consultar la fuente.

5.2.1.3.4 Tipos de ambientes de trabajo. Los ambientes de trabajo responden a los requerimientos de cada fase del proyecto. Cada fase atiende el nivel de comunicación y control que se necesita para la ejecución del proceso. Se describen a continuación: (a) *Trabajo en proceso - Work In Process (WIP)*. Debe permitir el trabajo de todos los participantes en la etapa de desarrollo de información. Este espacio es relativamente privado pues se alojan las versiones del proceso de diseño o archivos temporales que permiten la ejecución de las labores. De igual manera, tiene la capacidad de sincronización vía internet en tiempo real para que la información esté disponible para todos los participantes del proceso, (b) *Documentación compartido*. Es el repositorio de información de consulta que apoya a otros procesos y al que puede acceder un mayor número de personas, (c) *Documentación publicada*. Contiene los paquetes de información utilizados para los entregables. La información debe ser organizada y claramente diferenciada. Este espacio de interacción es el principal dentro del CDE, (d) *Archivo – Almacenamiento*. Corresponde al espacio donde reposa la información que ha surtido el proceso de aprobación y es la información final para la ejecución de tareas y entregas finales.

2.2.2 Estado actual de BIM en la fase de diseño dentro de la industria AMB (Área Metropolitana de Bucaramanga)

El punto de partida para establecer el estado actual del área metropolitana de Bucaramanga BIM en las empresas de construcción, debido a la escases de información, se debe realizar analizando el contenido de la implantación BIM en empresas de otros países como España.

5.2.2.1 BIM en las grandes empresas (BIG). The big company (BIG) o gran empresa no está únicamente definido por el concepto general de una empresa “Una unidad económica que es

completamente sostenible y rentable” (A. A. Meireles, n.d.); BIG, es un término que está altamente influenciado por el número de empleados e ingresos totales.

Building Information Modeling (BIM) entra en los dos términos que influyen grandemente la BIG en toda su estructura organizacional en donde “los empleados llevan a cabo sus obligaciones y responsabilidades” (A. A. Meireles, n.d.).

Las grandes empresas día a día trabajan con el fin de generar más eficiencia en sus resultados; En esa búsqueda aparecen métodos, metodologías y diferentes procesos innovadores que ayudan a agilizar y promover el flujo de trabajo. La pregunta fundamental no es si se debe evolucionar, por el contrario, aparece una pregunta aún más difícil de resolver, ¿Cómo hacerlo?, es en ese momento donde no se sabe cuál es el camino óptimo que se pueda tomar.

Actualmente, las empresas sienten la necesidad de avanzar e implementar diferentes metodologías que ayuden a mejorar las relaciones entre los grupos de trabajo para garantizar más eficiencia en el proceso de desarrollo de proyectos de construcción. En este panorama aparece BIM, el cual, brinda características esenciales de coordinación y un intercambio de información que se puede dar en todos los procesos interdisciplinarios en todas las fases correspondientes a un proyecto de construcción prefactibilidad, diseño, construcción y mantenimiento.

Implementar BIM en una empresa no es un proceso de rápida velocidad, se requiere tiempo para asimilar la nueva estructura de trabajo en el sistema generalmente jerárquico incluyendo los nuevos métodos que se quieren establecer en el traspaso de la información y cooperación de todos los equipos de trabajo. Esta implementación genera eficiencia y hasta reducción de los costos.

A modo de ejemplo, el CIFE (Centro de Instalaciones de Ingeniería Integrada de la Universidad de Stanford) elaboró un informe de estudio basado en 32 proyectos BIM y, de ellos, sacó unos beneficios del 40% de reducción en el trabajo no presupuestado, errores de presupuesto

del 3%, 80% de reducción en las horas de presupuestación, ahorro del 10% en consumo derivado de conflictos, 7% de reducción sobre la duración total del proyecto (A. Meireles, n.d.)

Los beneficios del BIM en las grandes empresas se deben a la automatización de todas las actualizaciones en tiempo real y de forma interdisciplinaria mejorando el flujo de trabajo; Y aunque “depende en gran parte del país en el que operen” (A. Meireles, n.d.), es decisión de la BIG el nivel de BIM que quiere llegar a tener en su sistema organizacional. Inicialmente se requiere de una fuerte inversión de tiempo y recursos financieros para lograr una correcta evolución de los sistemas tradicionales a la nueva metodología, constituyendo la implementación en 4 pasos generales.

Figura 11. 4 Pasos De La Implementación BIM En Las BIG.



Nota: Extraído del documento MBIM Implementación. BIG GIM, Little BIM.

5.2.2.2 Indicadores de desempeño BIM Colombia. BIM es una metodología la cual según Building SMART Spain la establece como “Una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción”, la cual, puede ser usadas en todas las etapas de un proyecto de construcción diseño preliminar y factibilidad, diseño detallado, preconstrucción y costos y ejecución del proyecto, tal y como lo establecen los documentos contractuales del BIM FORUM COLOMBIA.

BIM correctamente implementado en una empresa, ayuda a mejorar las relaciones en los equipos de trabajo en el flujo de un proyecto de construcción en todas las dimensiones establecidas

por el BuildingSMART información geométrica (3D), tiempo (4D), costos (5D), ambiental (6D) y de mantenimiento (7D) de forma instantánea e integral, generando una cultura organizacional colaborativa y abierta en sus canales de comunicación que se fundan como los cimientos para garantizar el éxito de la implementación BIM en una empresa; La representación virtual y visual de elementos constructivos son útiles para extraer información explícita cuando se requiere analizar el ciclo de vida de un proyecto de forma instantánea, teniendo un manejo claro de la información por parte de todos los integrantes de un equipo de trabajo que necesiten acceso a ella en las diferentes etapas de un proyecto. Sin embargo, surge una pregunta dentro del ámbito empresarial que corresponde a medir el nivel de desempeño BIM dentro de la empresa.

El nivel de desempeño BIM de una empresa, debe llegar a medirse sin importar la heterogeneidad organizacional que se presente en las diferentes empresas, buscando orientar a las empresas sin tener en cuenta sus medidas particulares.

BIM fórum Colombia contó con la participación de 10 empresas que se encuentran dentro de las más grande de Colombia. Teniendo en cuenta la experiencia empresarial se “combinaron las métricas convencionales para evaluar resultados de los equipos con mediciones asociadas a la predictibilidad del costo, tiempo y reducción de la cantidad de defectos del trabajo realizado” (BIM FORUM COLOMBIA, 2019c) en todas las etapas correspondientes a los proyectos de construcción; el resultado de esta participación contribuyó a establecer de forma empírica los indicadores de nivel de desempeño BIM en las diferentes etapas dentro de las cuales se encuentran en la etapa de prefactibilidad y diseño tal y como se muestra en la tabla 1.

Figura 12. Indicadores Kpi de desempeño BIM en empresas Colombianas.

2. DISEÑO DETALLADO (PROYECTO)					
Diseño de cada una de las disciplinas, coordinación entre diferentes diseñadores y cuantificación del proyecto. INICIA: Diseño Arquitectónico TERMINA: Cálculo de cantidades					
KPIS RESULTADOS					
Uso	Objetivos	Definición KPI	Unidades KPI (\$ ó (% , tiempo)	Periodicidad	Forma de calcularlo
Coordinación entre diseños	Disminución de solicitudes de cambio y RFI.	Cambio en el número de solicitudes de información o cambios.	%	Finalización de la etapa de coordinación	$(\text{Cant. Cambios2} - \text{Cant. Cambios1}) / (\text{Cant. Cambios 1})$
	Reducir reprocesos o tiempos muertos asociados a falta de información	Número de RFI (Requerimientos de Información)	Cantidad En función del nivel de dificultad del proyecto (valores históricos)	Cada 20-50% de avance en la etapa de coordinación. El indicador se compara con el periodo anterior.	Medición de RFIs en la etapa de coordinación por disciplina. Dividir el número de RFIs de coordinación en el total de RFIs x100. $((\text{RFIc} - \text{RFIi}) / \text{RFIi}) * 100$
Cálculo de presupuestos	Reducir tiempos de presupuestación	Tiempo en el cálculo de presupuesto	% de variación de tiempo normalizado (t/m2)	Al finalizar el tiempo del presupuesto	$(T \text{ ejecutado} - T \text{ histórico}) / (T \text{ histórico})$ < Normalizado por m2 >
	Aumentar la exactitud de las cantidades	Variación del presupuesto estimado Vs costos de ejecución	(\$) %	Al finalizar la obra, el indicador se compara con la dispersión histórica de proyectos.	$(\text{Costo ppto} - \text{Costo ejecutado}) / (\text{costo ppto})$

Nota: Extraído del documento de BIM fórum Colombia titulado “Indicadores Claves de desempeño BIM”.

2.3 Marco legal

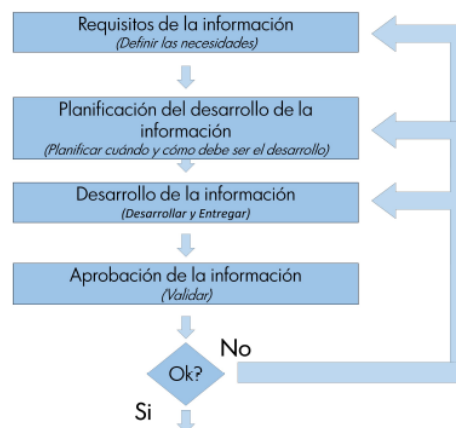
2.3.1 Normativa BIM, ISO 19650.

La ISO 19650 son las normas internacionales que definen la gestión de la información en proyectos en todas sus escalas en la industria de la construcción. Aplicable a proyectos de cualquier tamaño y complejidad. Del mismo modo, aplica para las personas que operen en la fase de desarrollo de proyectos de construcción (fase de diseño).

“BIM según las ISO es el uso de una representación digital compartida de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación, y proporcionar una base confiable para la toma de decisiones” (BuildingSMART Spain, 2019).

La norma busca como resultado una definición clara de la información para ser presentada al cliente en todos los procesos que se deben desarrollar. Permitiendo “Transferencia eficiente y efectiva de información entre los diferentes agentes que participan en cada parte del ciclo de vida” llegando a crear una secuencia para el trabajo de la información.

Figura 13. Esquema general del desarrollo de información según ISO 19650-1.



Nota: Adaptado del Building Smart Spain, publicado en 2019.

En procesos de gestión de la información se aplica durante toda la fase de desarrollo sin importar la etapa del proyecto. Cada actividad puede estar subdividida en más actividades y cada subactividad debe tener un responsable a cargo el cual tendrá un proceso de validación por su superior.

Para lograr una correcta gestión de la información, la empresa contratada en primera instancia debe evaluar las necesidad, validando que estén claramente todos los requisitos en la fase

inicial del proyecto, Según el punto 5 de la norma ISO 19650-1 los requisitos de la información son los requisitos de que, y cuando debe producirse información, su método de producción y su destinatario; los requisitos pueden ser: (a) OIR: Requisitos de información de la organización relativos a sus objetivos, (b) PIR: Requisitos de información del proyecto relativos a su desarrollo, (c) AIR: Requisitos de información del activo relativamente a su operación, (d) EIR: Requisitos de intercambio de información entre dos partes sujetas a una contratación.

Cada una de las partes que operan según el punto 5.3 de la ISO debe responder a estas demandas en su plan de ejecución BIM-BEP indicando los responsables a cargo y quien desarrollará la información solicitada.

2.3.2 BEP, CDE y modelos de información desde las iso 19650.

El plan de ejecución BIM o PEB es establecido por la empresa contratada según las ISO 19650-2. Es importante que se establezca la estrategia de entrega de la información, infraestructura tecnológica, la participación dentro de los perfiles establecidos para que se entienda la función y ejecución de cada tarea en cada fase. Una vez definido estas características es posible iniciar la actividad de producción colaborativa de información tal y como lo define Building Smart Spain.

Tener un entorno común de datos o CDE es necesario para trabajar de forma colaborativa. El CDE es el medio por donde se gestiona la información según el punto 12 de la ISO 19650-1. La información que puede contener el CDE según las ISO y que define el Building Smart Spain es: (a) Estado de trabajo en curso (WIP) – Información que se está aplicando en el equipo de trabajo, (b) Estado compartido (S) – Aplica la información que puede ser consultada para todas las partes apropiadas, (c) Estado publicado (P) – Aplica a la información que ha sido autorizada para

su uso, (d) Estado archivado (ARC) – Aplica a la información que se ha compartido y publicado y que queda registrada.

Los entregable de los modelos según el punto 4 de las ISO 19650-1 considera entregables de tipo PIM (Modelo de información del proyecto en la fase de desarrollo) y AIM (Modelo de información del activo en la fase de operación).

El Building Smart Spain define una jerarquía de información en relación con la organización, contratación y modelo entregable ilustrada en la imagen.

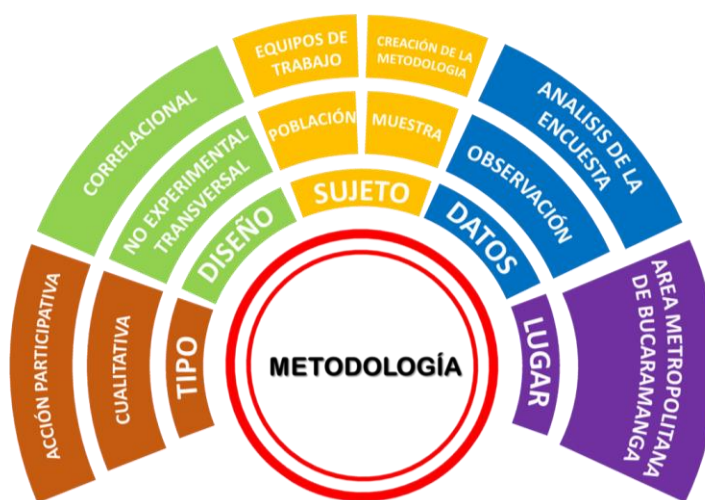
Figura 14. Jerarquía de los requisitos de información según ISO 19650-1.



Nota: Extraído del documento explicativo de las normas ISO 19650 1 Y 2 del Building Smart Spain. Publicado en 2019.

3. Metodología de la investigación

La metodología del proyecto en su contenido puede definirse por el tipo, el diseño, el sujeto, el método de extracción de datos y el lugar donde se van a recolectar los datos.

Figura 15. Diagrama metodológico del proyecto

Una descripción más específica de todas las partes que conforman la metodología se evidencia a continuación.

3.1 Tipo de metodología

El presente documento presenta la propuesta de una metodología cualitativa con el fin de comprender aquellos fenómenos que aluden a las relaciones interdisciplinarias entre los equipos de diseño en el campo de la ingeniería civil y la arquitectura estableciendo La comprensión racional de la realidad, en la cual, “ha existido interés por conocer y comprender los fenómenos sociales” (Portilla, Rojas, & Hernández, 2014).

La clase de investigación realizada se establece de acción participativa debido a que se requirió participación de sujetos sociales como lo son los equipos de trabajo de microempresas del Área Metropolitana de Bucaramanga para realizar la investigación, convirtiéndolos en el objeto de estudio.

Se dio un enfoque útil en el proceso de interacción interdisciplinaria en la metodología BIM para la fase de diseño a partir del aprendizaje de los procesos de este sector, siendo parte del proceso de estandarizar el proceso de ejecución BIM a lo largo del ciclo de vida de proyectos de construcción.

Se estableció como características principal de esta investigación los problemas presentados en el planteamiento del problema que tienen necesidad de resolverse según (Gomez et al., 2016), debido a que la mayoría de las empresas el sector de la construcción a pesar de saber el beneficio del BIM, no aplican esta metodología por una escases de manuales o guías de implementación propias para el territorio Colombiano y en especial para el área metropolitano de Bucaramanga.

3.2 Diseño de la investigación

Establecer el estudio de la realidad puede partir de un análisis de dos tipos, el primero, es el análisis numérico a partir de experimentos y llegando a estimular variables entre sí; el segundo, establece no manipular variables y generando la interpretación de una situación ya existente de cualidades del objeto de estudio. En ese orden de ideas, la presente propuesta realizó un tipo de diseño no experimental, debido a que se interpretó la situación de la interacción interdisciplinaria de los equipos de trabajo de Ingeniería Civil y Arquitectura en la aplicación de una metodología ya existente como lo es BIM y no se manipuló las variables contenidas en la Hipótesis (procesos de parametrización, precisión de la toma de decisiones, rendimiento en tiempos de presupuestación, aumento de la colaboración entre interesados).

Los datos recopilados para el cumplimiento del primer objetivo y dar la interpretación de las cualidades del objeto de estudio (los equipos de trabajo en la etapa de diseño) se establecen en

un solo momento temporal, llegando a describir las variables que componen la integración BIM en la fase de diseño por parte de las microempresas en el Área Metropolitana de Bucaramanga, estableciendo la orientación de esta investigación a un tipo no experimental transversal.

Describir las relaciones interdisciplinarias entre el equipo de trabajo de ingeniería civil y el de arquitectura en el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB), detallando las causas de la necesidad de un plan de ejecución BIM, es el propósito de esta propuesta. Como punto de partida se estableció una de las fases iniciales del ciclo de vida de proyectos de construcción (fase de diseño), situando el diseño de esta investigación como un diseño no experimental transversal correlacional-causal.

3.3 Sujeto

3.3.1 Población.

Como unidad de análisis se estableció los equipos de trabajo de ingeniería civil y arquitectura en la fase de diseño de proyectos de construcción en microempresas.

3.3.2 Muestra.

La presente investigación como un aporte adicional plantea el estudio de las relaciones interdisciplinarias de la microempresa Matinmo con la metodología desarrollada en el presente informe, estableciendo los equipos de arquitectura e ingeniería civil en esta empresa como la muestra de análisis, con el fin de llegar plantear la aplicación de la metodología para toda la población a partir de esta microempresa tipo; se consideró esta muestra como un fiel reflejo de la

población debido a que la empresa Matinmo lleva 30 años de experiencia laboral permaneciendo a lo largo de su historia como una microempresa.

Se aplicó la metodología en la empresa tipo con el fin de establecer la eficiencia de los procesos tradicionales y las respectivas recomendaciones que la empresa debe tener para el cumplimiento y ejecución de la metodología, formando dos equipos de trabajo, uno de Ingeniería Civil y otro de Arquitectura, analizando la fase de diseño de esta empresa en un proyecto donde se realizó una encuesta tipo formato diseñado por parte de los investigadores.

Debido a que esta investigación es dirigida se considera de tipo no probabilística y para la clasificación de ella, se eligió en función de las características de la investigación siendo parte de las microempresas del AMB, estableciendo un tipo de muestra no probabilística dirigida de selección.

3.4 Lugar

Se generará una metodología BIM en la fase de diseño que indique la correcta interacción interdisciplinaria basado en las ISO 19650-1 Y ISO 19650-2 para el Área Metropolitana de Bucaramanga.

3.5 Instrumento de recolección de datos

La información recopilada por medio del instrumento de recolección de datos se adaptó al evento de ejecución de BIM en la fase de diseño en el área metropolitana de Bucaramanga; con el fin de analizar directamente las estrategias tradicionales, llegando a evaluar el comportamiento de los equipos de trabajos de Arquitectura e Ingeniería Civil, situando el tipo de instrumento como un instrumento de observación.

Los datos se midieron a partir de la interacción interdisciplinaria de los equipos de trabajo, registrando todas las variables presentes por medio de una encuesta tipo cuestionario estandarizada para todas las microempresas del área metropolitana de Bucaramanga y clasificando las respuestas en una matriz de datos para ser analizadas y poder tener clara la forma en que ejecuta la metodología BIM en estas y en especial a la empresa Matinmo como muestra de estudio de esta investigación.

La encuesta se realizó a las microempresas de Bucaramanga registradas en cámara y comercio produciendo resultados confiables de la población a medir. Las preguntas estuvieron direccionadas a la interacción interdisciplinaria de la ejecución de BIM en la fase de diseño, dejando las respuestas por parte de cada una de las empresas con un grado de validez aceptado por parte de los investigadores debido a que la presente investigación está directamente relacionada con esta orientación tal y como lo refleja el objetivo principal.

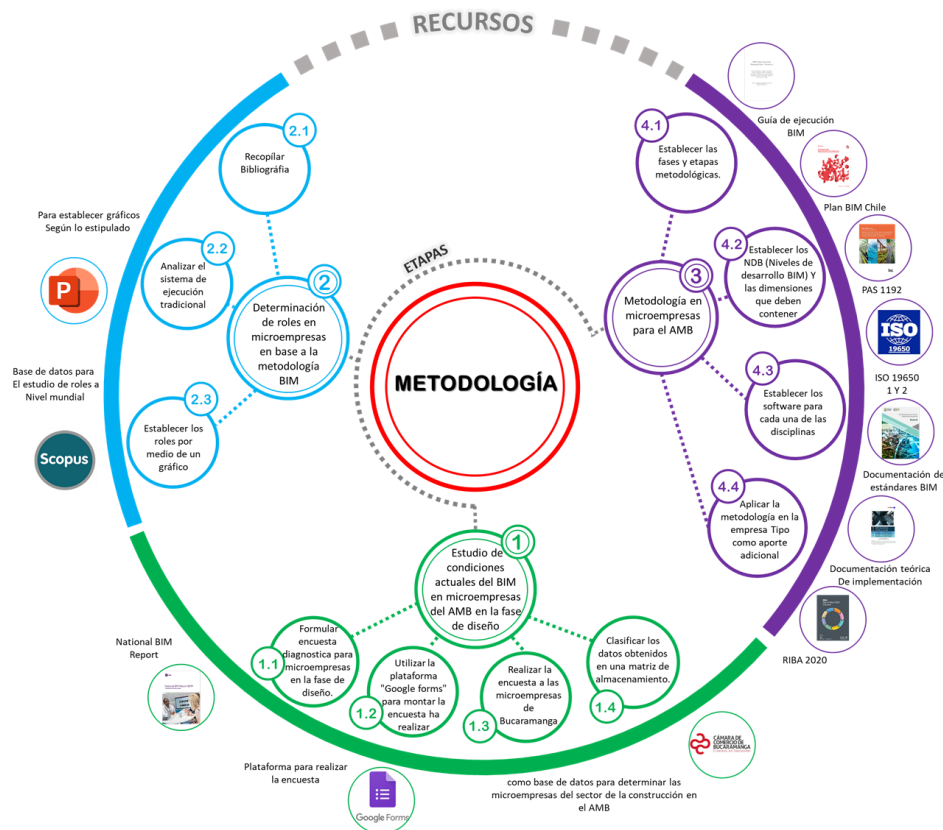
La encuesta se realizó en Bucaramanga en el mes de Septiembre de 2020 entre los días 2 y 19, vía web, esperando las conductas operativas en la fase de diseño de las microempresas en sus respectivas respuestas.

La definición conceptual de todas las variables a medir se hará bajo la normativa PAS 1192, ISO 19650-1 Y 2; llegando a establecer el vínculo directo entre las variables a medir como lo son medio de transferencia de información y las dimensiones que estas pueden manejar como por medio de un CDE, por medio de correo, por medio de USB, entre otros. Los indicadores por evaluar en la encuesta serán orientados al rendimiento y optimización de costos en cada uno de los procedimientos de la fase de diseño de las microempresas en el AMB.

3.6 Procedimiento dividido por etapas

El procedimiento de la presente investigación se sitúa en 3 etapas directamente relacionadas con cada uno de los objetivos establecidos para la investigación, la etapa 1 corresponde al objetivo 1, la etapa 2 corresponde al objetivo 2 y la etapa 3 corresponde al objetivo 3. Del mismo modo, se evidencian los recursos utilizados para cada una de las etapas, las actividades. A continuación, se evidencian todos los procesos que se llevarán a cabo para el cumplimiento de cada objetivo.

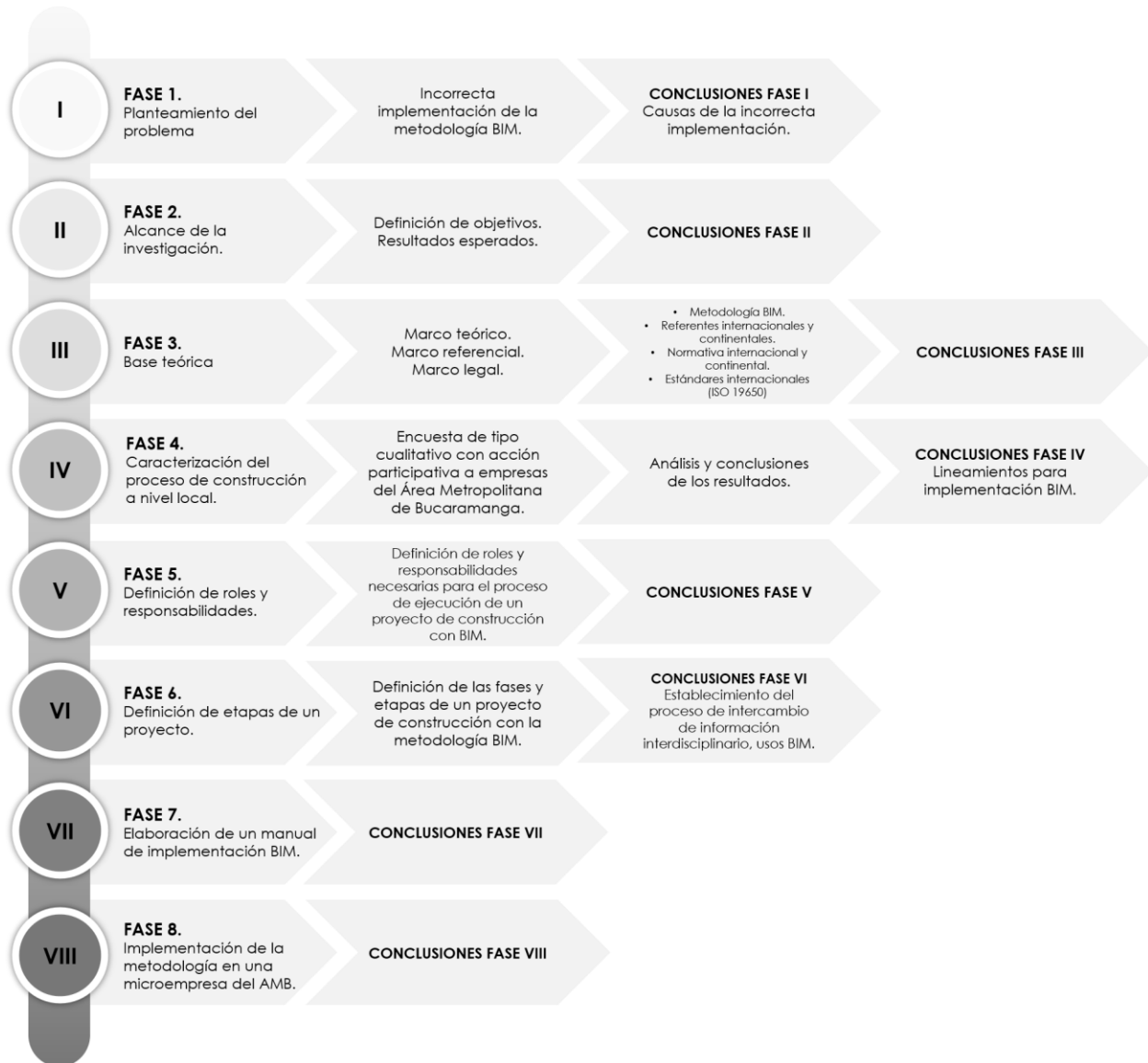
Figura 16. Desarrollo metodológico establecido para la investigación.



Nota: La figura 12, ilustra el procedimiento llevado a cabo a lo largo de 2 años de investigación y fue elaborado por los autores para explicar las fuente representativas de extracción de la información.

3.7 Fases del desarrollo metodológico

Figura 17. Fases del desarrollo metodologico del proyecto.



3.7.1 Fase 1. Planteamiento del problema

La implementación de la metodología BIM en Colombia se limita a un par de fases del proyecto que en realidad no logran alcanzar el máximo provecho que se puede obtener de dicha metodología.

3.7.2 Fase 2. Alcance de la investigación

Con base en el problema y teniendo en cuenta el tiempo y los recursos disponibles, se definió el objetivo general y los tres objetivos específicos que abarcaría la investigación.

3.7.3 Fase 3. Base teórica

Se empezó consolidando una base teórica de 32 documentos referentes de la metodología BIM evidenciada desde libros fundamentales BIM como “The BIM Hand Book”, “BIM AND CONSTRUCTION MANGMENT”, hasta documentos contractuales en el panorama Colombiano como emitidos por entidades como BIM FORUM COLOMBIA y CAMACOL. Para el caso de la caracterización Colombiana BIM se tuvo en cuenta 3 artículos científicos para establecer la base teórica en BIM Colombia sobre el estatus actual, la realización de un BEP y lecciones aprendidas de diferentes casos de estudios, así como una tesis de Máster donde se establece las barreras que tiene BIM en el AEC de Colombia para su implementación. Por último, se tuvo en cuenta la parte contractual de los documentos BIM a nivel global, fundamentando los procesos en los estándares internacionales a nivel internacional las normativas y los estándares vigentes como la ISO 19650, así como una entidad referente BIM como lo es el BuildingSmart.

3.7.4 Fase 4. Caracterización del proceso de construcción a nivel local

Se realizó una encuesta de tipo cualitativo a 47 empresas de construcción en el Área Metropolitana de Bucaramanga con 23 preguntas, para obtener un panorama general de los procesos de construcción y su relación con la metodología BIM, con el fin de conocer la aceptación BIM en el Área metropolitana de Bucaramanga, los softwares comúnmente usados y su pensamiento frente a la metodología.

3.7.5 Fase 5. Definición de etapas de un proyecto de construcción

Con base en las fases 3 y 4, se definieron las etapas de desarrollo de un proyecto de construcción de acuerdo con los estándares internacionales y ajustándose a los procesos que se llevan a cabo en el ámbito local con el fin de generar una nueva cultura organizacional frente a las posturas que deben asumir cada uno de los integrantes o roles de un equipo de trabajo.

3.7.6 Fase 6. Definición de roles y responsabilidades

Una parte importante de que los procesos se lleven a cabo de forma satisfactoria es conocer los responsables de cada fases y procesos, así como la interacción entre ellos. De esta forma se definieron los roles y responsabilidades que intervienen durante el proceso con la metodología BIM.

3.7.7 Fase 7. Elaboración de un manual de implementación bim.

Para plasmar la investigación se realizó un manual que explica cómo funciona la metodología BIM y los procesos que se llevan a cabo siguiéndola, de forma que facilite la implementación y se lleve a cabo de forma correcta para aprovechar al máximo sus beneficios.

3.7.8 Fase 8. Implementación de la metodología en una microempresa del amb.

Como proceso adicional de la investigación y realización de este proyecto se realizaron las primeras fases de una implementación en la empresa MATINMO tomando como referencia el manual de implementación.

4. Desarrollo

4.1 Encuesta

La encuesta realizada fue de carácter cerrada y tuvo su aplicación en el área metropolitana de Bucaramanga tuvo su énfasis en microempresas y algunos diseñadores particulares, las preguntas realizadas tuvieron un fundamentos teórico en las encuestas presentadas en el “National Bim Report” de Inglaterra presentados entre los años 2011-2019 para establecer un avance de la metodología BIM en el territorio del reino unido por medio de encuestas realizadas a toda la población del AEC para este país.

La presente investigación adapto las preguntas para el territorio del Área Metropolitana de Bucaramanga para que las microempresas tuviesen mayor claridad en el momento de realizar la encuesta. Se establecieron cambios y adaptaciones a las encuestas como el enfoque de la encuesta el cual se pretendía estuviese en las relaciones interdisciplinarias, el tipo de software (el reconocido comúnmente en Colombia y algunos conocidos gracias a Bim Forum Colombia), el tipo de disciplinas que pueden interactuar dentro del proceso de diseño y la estructura organizacional de la empresa.

El instrumento de recolección de datos adaptado para la encuesta que se utilizo fue el software “Google forms” adaptando toda la encuesta presentada a continuación.

Tabla 1. Encuesta realizada en el Área Metropolitana de Bucaramanga.

METODOLOGÍA BIM (Área Metropolitana de Bucaramanga)
NOMBRE DE LA EMPRESA O PERSONA NATURAL
¿Su empresa (¿trabajo está ubicada en el Área Metropolitana de Bucaramanga?
a. si
b. No
1. ¿Cuál es la actividad principal de la empresa?
a. Diseño y/o modelos arquitectónicos
b. Diseño y/o modelado estructural
c. Diseño y/o modelado de redes
d. Estimación de costos
e. Construcción
f. Marketing
g. Programacion de obra
h. Visualización
i. Gerencia de proyectos
j. Otra
2. La organización de la empresa según la interacción de los miembros se considera
a. FORMAL - la interacción se encuentra regulada de forma legítima y existe una estructura jerárquica definida
b. INFORMAL - las interacciones entre individuos tienen lugar en el día a día de la empresa, son más abiertas y flexibles
3. Incluyéndose, ¿Cuántas personas hacen parte de su empresa?
a. 1-2
b. 3-5
c. 6-15
d. 16-25
e. 26-50
f. 51-100
g. 101-250
h. 251-500
i. más de 500
4. Incluyéndose, ¿Cuántas personas están directamente involucradas en el proceso de diseño arquitectónico?
a. 1-2
b. 3-5
c. 6-15
d. 16-25
e. 26-50
f. 51-100
g. 101-250
h. 251-500
i. más de 500

METODOLOGÍA BIM (Área Metropolitana de Bucaramanga)

j. No aplica

K. Subcontratación

5. Incluyéndose, ¿Cuántas personas están directamente involucradas en el proceso de diseño estructural y de redes?

a. 1-2

b. 3-5

c. 6-15

d. 16-25

e. 26-50

f. 51-100

g. 101-250

h. 251-500

h. más de 500

j. No aplica

K. Subcontratación

6. Incluyéndose, ¿Cuántas personas están directamente involucradas en el proceso de gestión y administración?

a. 1-2

b. 3-5

c. 6-15

d. 16-25

e. 26-50

f. 51-100

g. 101-250

h. 251-500

h. más de 500

j. No aplica

K. Subcontratación

7. ¿Ha escuchado o ha tenido algún tipo de acercamiento a la metodología BIM (Building information modelling)?

a. Si

b. No

Nota: Si su respuesta es No, termine con la encuesta

8. ¿A través de que medio ha escuchado de BIM?

a. BIM Forum Colombia

b. Clúster de la construcción (Cámara de comercio)

c. Redes Sociales

d. Seminarios

e. Congresos

f. Capacitaciones

g. CAMACO

h. Conferencias

i. Artículos, Libros, Revistas

METODOLOGÍA BIM (Área Metropolitana de Bucaramanga)
--

j. Proyectos que han realizado otras empresas

K. Otro.

9. Con cuales de las siguientes afirmaciones está de acuerdo.

a. BIM es el futuro de la industria del diseño y la construcción

b. La industria desconoce que es BIM

c. BIM dificulta los métodos de diseño o construcción

d. BIM conduce a diseños monótonos

e. BIM facilita el desarrollo de diseños más complejos

f. BIM se trata de la colaboración en tiempo real de los diferentes equipos de trabajo

g. BIM se trata del uso de software

h. BIM es sinónimo de representación 3D

i. Es necesario dejar atrás los métodos tradicionales y migrar a la metodología BIM

j. BIM permite ahorro de tiempo, optimización del proceso, mayor calidad y rentabilidad

10. ¿Tiene otra opinión sobre BIM? (Pregunta Opcional)

11. Actualmente, ¿Cuál es el estado de su empresa respecto a la metodología BIM?

a. Ya la empleamos

b. No la empleamos y no tenemos pensado hacerlo en los próximos años

c. No la empleamos, pero nos gustaría implementarla en un futuro

Nota: Sí escoge a, pase a la pregunta 13. Sí su respuesta es b pase a la pregunta 15. Sí su respuesta es C, pase a la pregunta 12.

12. ¿Está dispuesto a hacer una inversión a corto o mediano plazo en equipos de última generación y en formación de personal para implementar BIM?

a. Si

b. No

Nota: Sí responde que No, ir a la pregunta 18, de lo contrario continúe con la encuesta.

13. Con que frecuencia usa la metodología BIM

a. En todos los proyectos

b. En la mayoría de los proyectos

c. En pocos proyectos

14. ¿Cuáles dimensiones del proyecto desarrolla con la metodología BIM?

a. 3D - Modelado 3D del edificio

b. 4D - Programación de obra

c. 5D - Estimación de cantidades y costos

d. 6D - Sostenibilidad energética

e. 7D - Seguimiento y mantenimiento del edificio

15. No tenemos pensado implementar BIM porque...

a. Es costoso

b. La metodología es tediosa

c. No es necesario

d. Otro

METODOLOGÍA BIM (Área Metropolitana de Bucaramanga)

16. ¿Cuál cree que es el resultado de implementar BIM en su empresa?

- a. Requeriría cambios en el flujo de trabajo, prácticas y procedimientos
- b. Incrementó la coordinación de los documentos de construcción
- c. Los promotores exigen cada vez más el uso de BIM
- d. Los contratistas exigen cada vez más el uso de BIM
- e. Eficiencia en los costos
- f. Disminuyó el tiempo de entregas
- g. Incrementó la rentabilidad
- h. Hace más sencillo trabajar a nivel internacional
- i. Facilitó trabajar en otros sectores y tipos de proyectos
- j. Hizo que la metodología tradicional se volviera obsoleta
- k. Otro

17. Al implementar BIM en su empresa, ¿Cuáles han sido las dificultades encontradas?

- a. No hay demanda del promotor
- b. Falta de experiencia dentro de la empresa
- c. Costos elevados
- d. Falta de tiempo para actualizarse
- e. Los proyectos en los que trabajamos son muy pequeños
- f. No hay un marco contractual para trabajar con BIM
- g. Falta de herramientas y protocolos estandarizados
- h. Falta de colaboración
- i. Diferencias de experiencia entre las partes que colaboran en el proyecto
- j. Software específico del sistema operativo
- k. No se nota el beneficio
- l. Asuntos de responsabilidad
- m. Otros

18. ¿Cuál cree que sería el resultado de implementar BIM en su empresa?

- a. Requeriría cambios en el flujo de trabajo, prácticas y procedimientos
- b. Incrementaría la coordinación de los documentos de construcción
- c. Los promotores exigirían cada vez más el uso de BIM
- d. Los contratistas exigirían cada vez más el uso de BIM
- e. Supondría eficiencia en los costos
- f. Disminuiría el tiempo de entregas
- g. Incrementaría la rentabilidad
- h. Haría más sencillo trabajar a nivel internacional
- i. Podría trabajar en otros sectores y tipos de proyectos
- j. Haría que la metodología tradicional se vuelva obsoleta
- k. Otro

19. ¿Hacen uso de software para el desarrollo de proyectos?

- a. Si
- b. No

Nota: Si escoge a, pase a la pregunta 20. Si escoge b, pase a la pregunta 23.

METODOLOGÍA BIM (Área Metropolitana de Bucaramanga)
20. ¿Cuáles herramientas utiliza para el desarrollo del diseño arquitectónico?
a. No aplica
b. ArchiCAD Graphisoft (BIM)
c. AutoCAD Autodesk
d. 3Ds Max Autodesk (BIM)
e. Revit Autodesk (BIM)
f. Allplan Nemetschek (BIM)
g. SketchUp Trimble
h. MicroStation Bentley (BIM)
i. Illustrator Adobe
j. Rhinoceros 3D Robert McNeel & Associates (BIM)
k. Otro
21. ¿Cuáles herramientas utiliza para el desarrollo del diseño estructural y de redes?
a. No aplica
b. ArchiCAD Graphisoft (BIM)
c. AutoCAD Autodesk
d. Revit Autodesk (BIM)
e. Robot Autodesk (BIM)
f. Infracore Autodesk (BIM)
g. AutoCAD Civil Autodesk (BIM)
h. Allplan Nemetschek (BIM)
i. MicroStation Bentley (BIM)
j. Rhinoceros 3D Robert McNeel & Associates (BIM)
l. SAP2000 CSI (BIM)
m. Etabs CSI (BIM)
n. Epanet EPA (BIM)
o. Qgis Development Team (BIM)
p. CypeCAD CYPE (BIM)
q. Otro
22. ¿Cuáles herramientas utiliza para la gestión y administración del desarrollo del proyecto?
a. No aplica
b. MS Project Microsoft
c. MS Excel Microsoft
d. Navisworks Autodesk (BIM)
e. Robot Autodesk (BIM)
f. Revit Autodesk (BIM)
g. ArchiCAD Graphisoft (BIM)
h. Allplan Nemetschek (BIM)
i. MicroStation Bentley (BIM)
j. Rhinoceros 3D Robert McNeel & Associates (BIM)
k. SAP2000 CSI (BIM)
l. Etabs CSI (BIM)

METODOLOGÍA BIM (Área Metropolitana de Bucaramanga)
m. Solibri Model Checker (BIM)
n. Epanet EPA (BIM)
o. Qgis Development Team (BIM)
p. CypeCAD CYPE (BIM)
q. Otro
23. Si está interesado en saber más información de BIM o conocer los resultados de la encuesta. Escriba su correo electrónico a continuación

Nota: La encuesta evidenciada contiene todos los respectivos derechos de autor.

La encuesta se realizó por medio de correos electrónicos obtenidos de la información pública en la cámara de comercio y algunas empresas prestadoras de servicios públicos del AMB en sus páginas web. Se envió un correo con un link de redireccionamiento a la encuesta, junto con una carta que permite el tratamiento de los datos para la adaptación de estos a la aplicación de los objetivos 1 y 2 de esta investigación con el fin de dirección la investigación para el AMB.

El correo se envió aproximadamente a 100 direcciones de correo entre microempresas y diseñadores independientes que son contratados por las microempresas bajo subcontratación en algunas disciplinas.

4.2 Roles

La determinación de los roles se realizó por medio de una recopilación bibliográfica de documentos que contuviesen la mayor cantidad de disciplinas adquiridos en el momento de la ejecución BIM a nivel mundial. Los roles que se estimaron una vez realizada la recopilación bibliográfica fueron adaptados al panorama Colombiano y en especial al Área Metropolitana de Bucaramanga, con el fin de que estos pudiesen ser aplicados en todas las microempresas de este sector.

Se reconoce que para la aplicación de BIM dentro del sector de AEC en el área metropolitana de Bucaramanga para las diferentes disciplinas algunas veces debe hacerse por medio de la subcontratación debido a que algunas empresas no cuentan con el personal necesario para establecer los dos equipos de trabajo (Arquitectura e Ingeniería Civil), por ello, es necesario sentar las diferentes posturas que debe tener un diseñador independiente en el momento de ser contratado para su respectiva modalidad.

4.3 Metodología BIM para el AMB

La metodología tiene su fundamento teórico en una recopilación bibliográfica que incluye manuales de ejecución de otros países, BEP de otros países como Chile, documentos de estandarización BIM y la normativa internacional vigente correspondiente para la aplicación de BIM.

La metodología se adaptó para el Área Metropolitana de Bucaramanga con el fin de hacer un manual de ejecución y responder a los escasos de manuales de ejecución BIM. Adicionalmente, la metodología cuenta con fases de ejecución previamente estudiadas y analizadas nombradas a criterio de los autores y con un lenguaje sencillo y comúnmente utilizado en el AMB con el fin de tener acogida por todo el sector del AEC de forma sencilla.

La metodología no profundiza en la ejecución y aplicación de algún software específico debido a que el enfoque específico se debe a la interacción interdisciplinaria, motivo por el cual incluye niveles de detalle en el momento de las entregas, las dimensiones BIM que debe contener cada uno de los entregables, los posibles softwares que deben ser usados y se incluyeron los roles estipulados en el objetivo dos del presente documento en la sección 5.2, con el fin de brindar un panorama claro de ejecución por parte de cada una de las disciplinas.

La presente investigación cuenta con la aplicación de la metodología en una empresa tipo estudiada del sector para evidenciar la posible ejecución de esta, en el momento de incluirla en todo el sistema operativo de la empresa, en el momento de iniciar un proyecto.

5. Resultados

5.1 Encuesta

La encuesta fue realizada en el mes de septiembre de 2020 y se obtuvieron 47 respuestas identificadas entre microempresas y diseñadores independiente dando como resultado para cada una de las preguntas planteadas en el apartado 4.1 lo siguiente.

Figura 18. Resultado de la pregunta 1 de la encuesta.

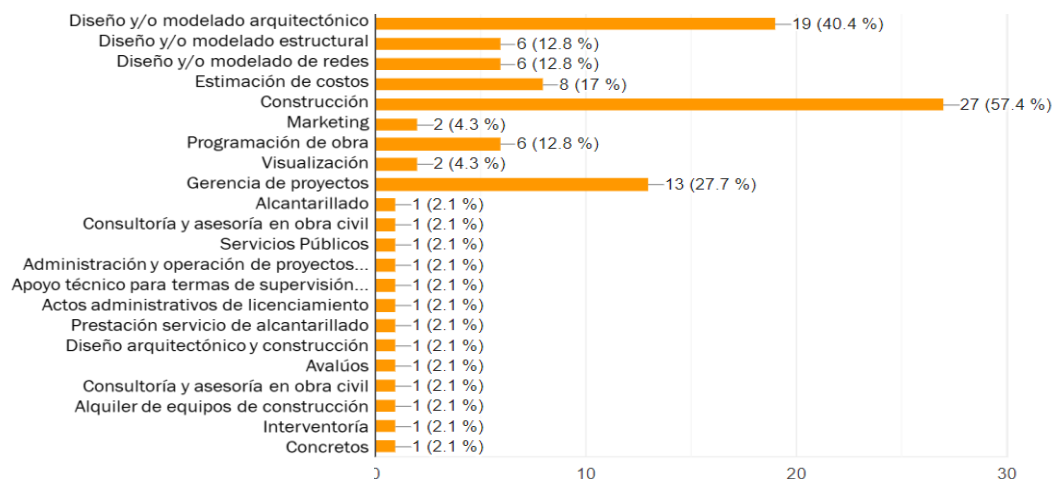


Figura 19. Resultado de la pregunta 2 de la encuesta.

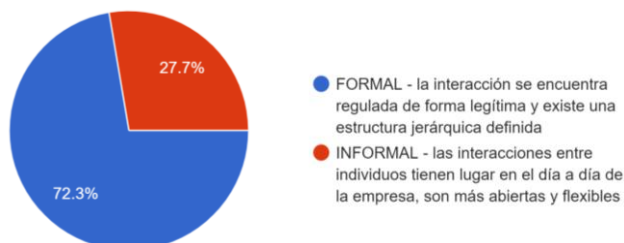


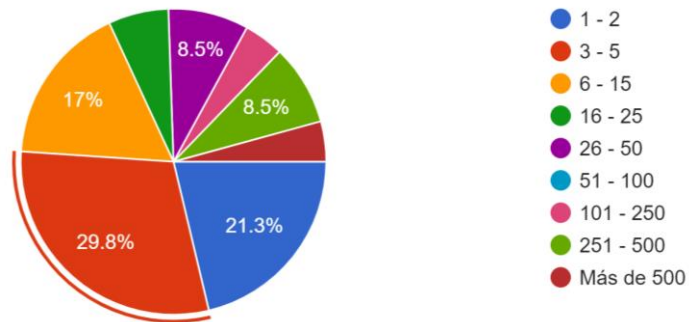
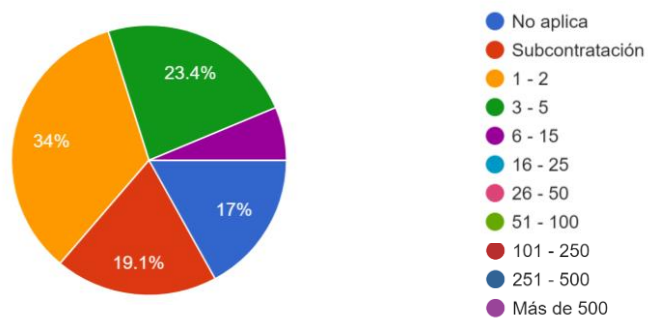
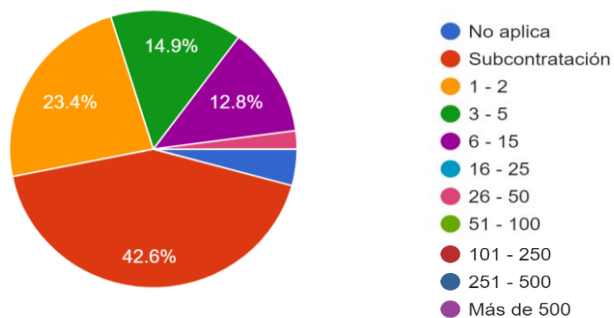
Figura 20. Resultado de la pregunta 3 de la encuesta.**Figura 21.** Resultado de la pregunta 4 de la encuesta.**Figura 22.** Resultado de la pregunta 5 de la encuesta.

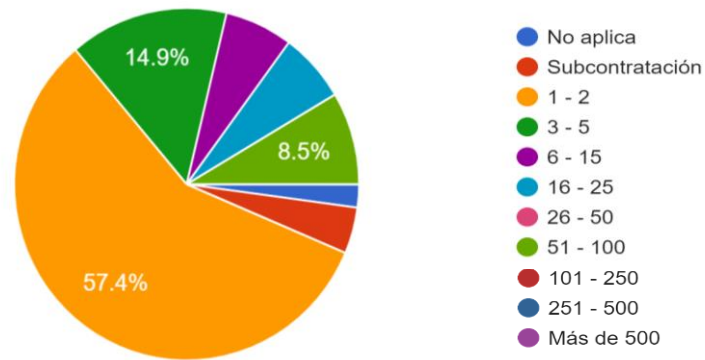
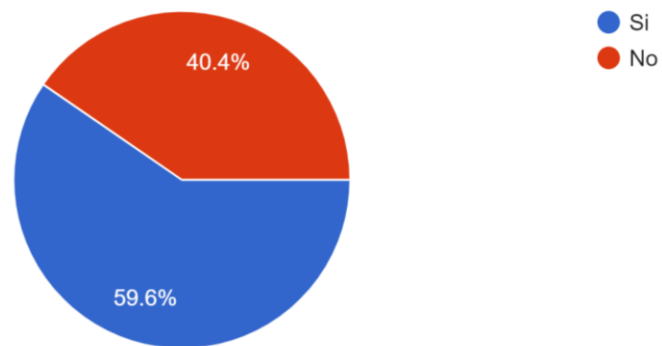
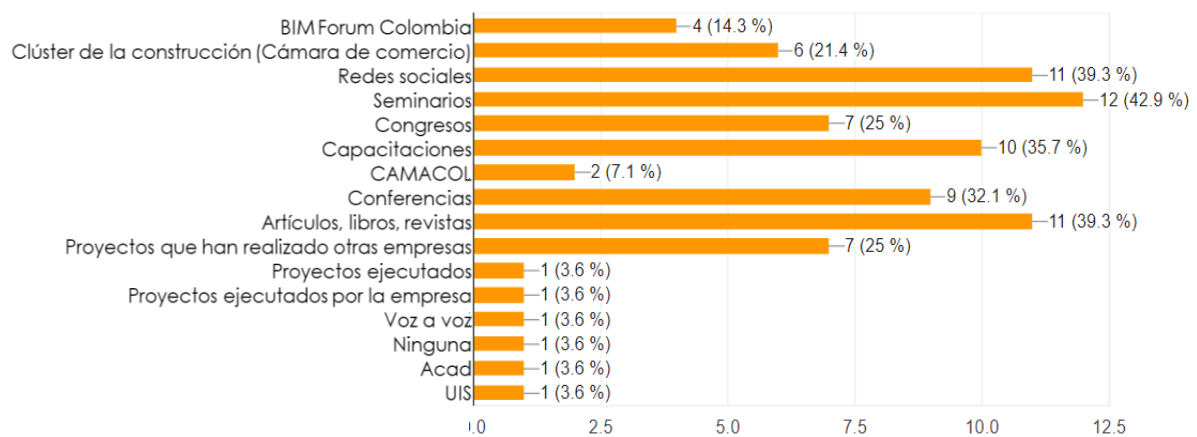
Figura 23. Resultado de la pregunta 6 de la encuesta.**Figura 24.** Resultado de la pregunta 7 de la encuesta.**Figura 25.** Resultado de la pregunta 8 de la encuesta.

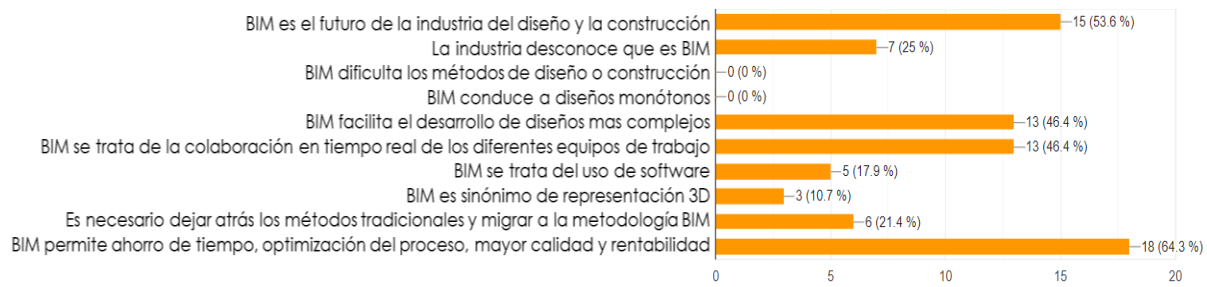
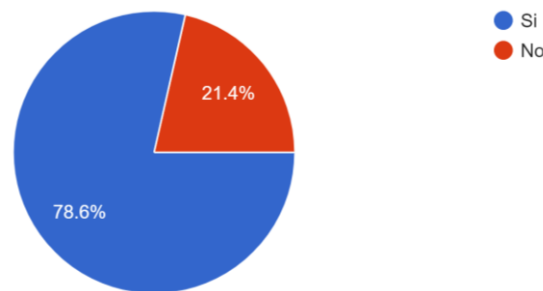
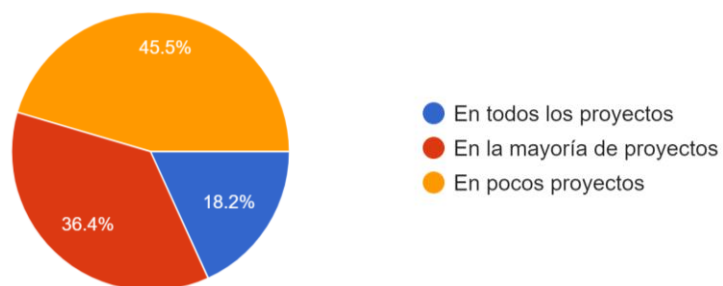
Figura 26. Resultado de la pregunta 9 de la encuesta.**Figura 27.** Resultado de la pregunta 11 de la encuesta.**Figura 28.** Resultado de la pregunta 12 de la encuesta.**Figura 29.** Resultado de la pregunta 13 de la encuesta.

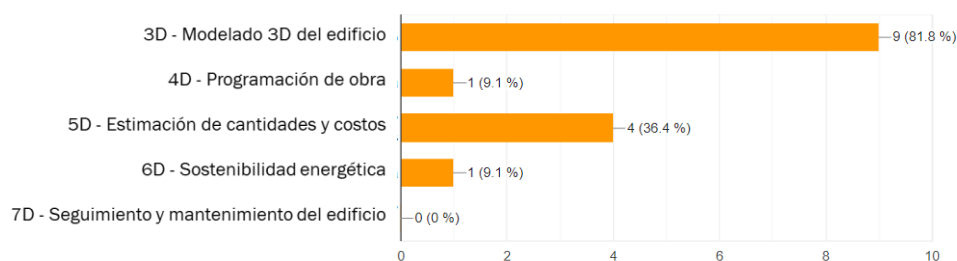
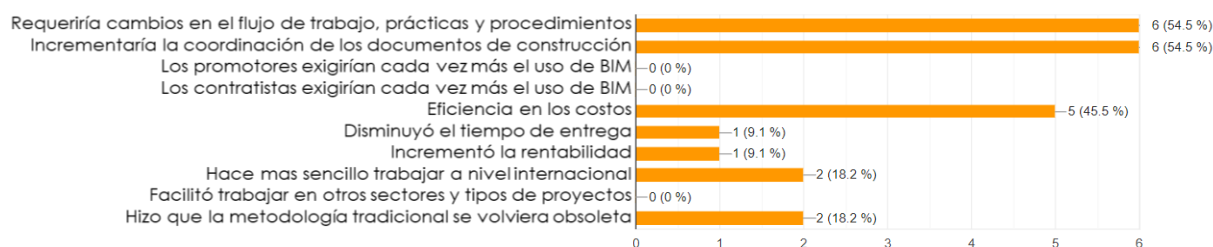
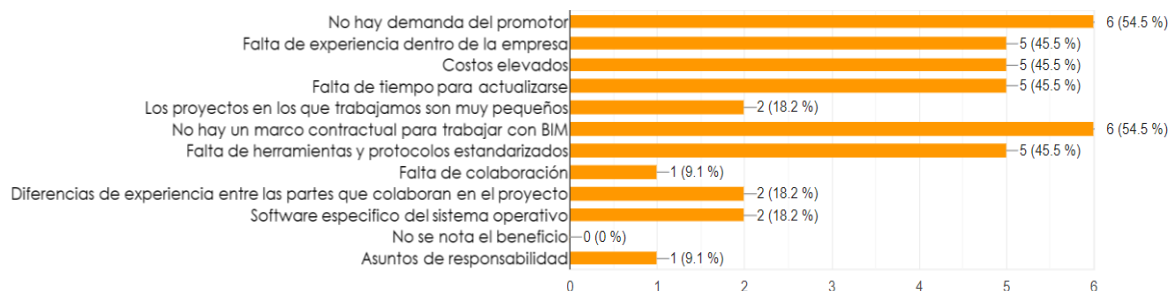
Figura 30. Resultado de la pregunta 14 de la encuesta.**Figura 31.** Resultado de la pregunta 15 de la encuesta.**Figura 32.** Resultado de la pregunta 16 de la encuesta.**Figura 33.** Resultado de la pregunta 17 de la encuesta.

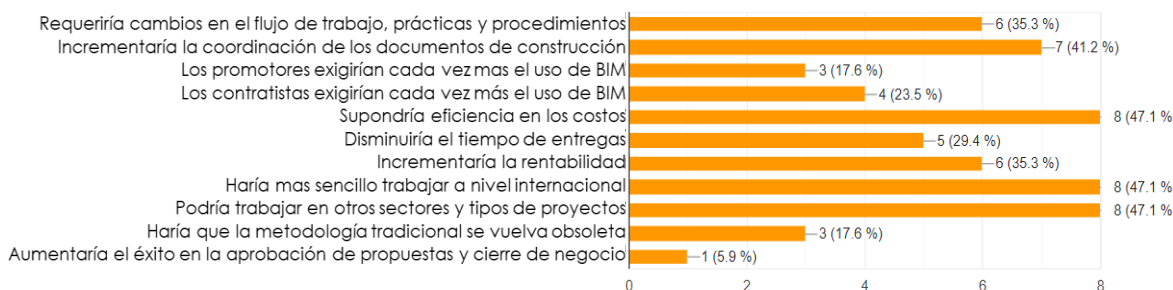
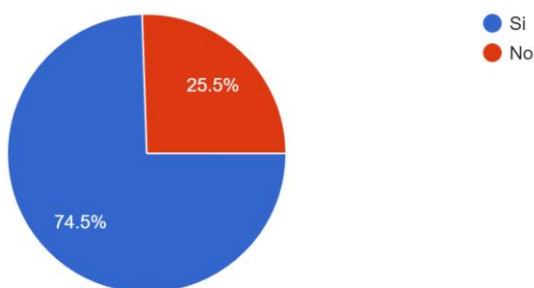
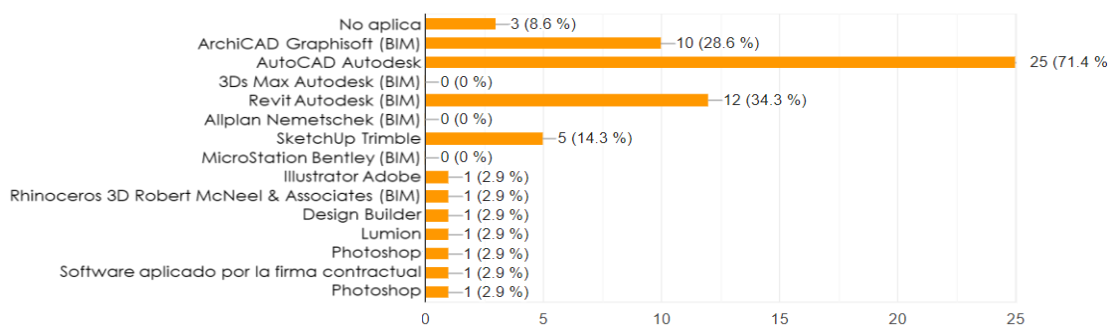
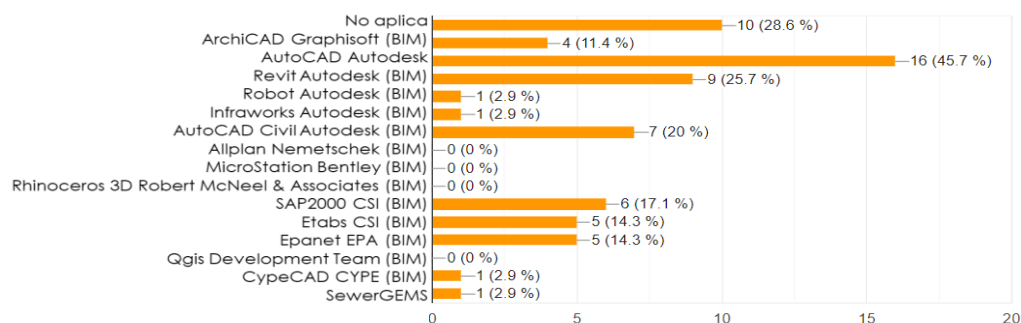
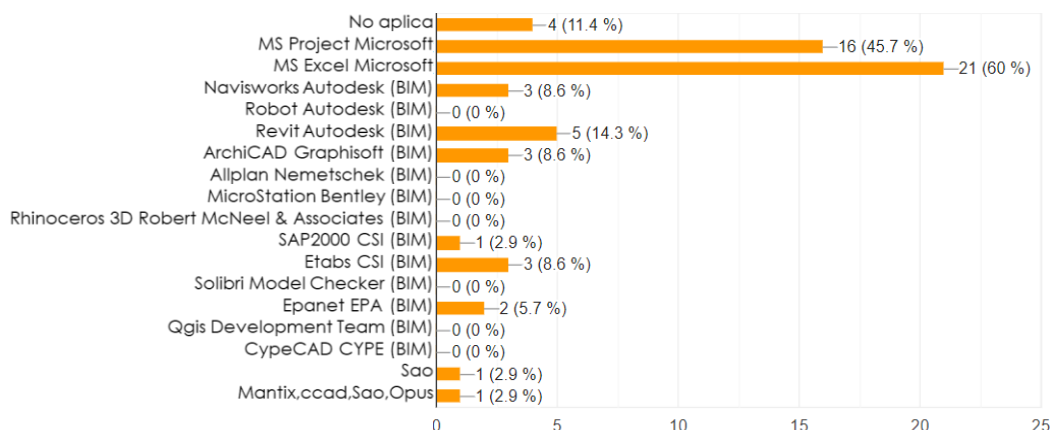
Figura 34. Resultado de la pregunta 18 de la encuesta.**Figura 35. Resultado de la pregunta 19 de la encuesta.****Figura 36. Resultado de la pregunta 20 de la encuesta.****Figura 37. Resultado de la pregunta 21 de la encuesta.**

Figura 38. Resultado de la pregunta 22 de la encuesta.

5.2 Roles

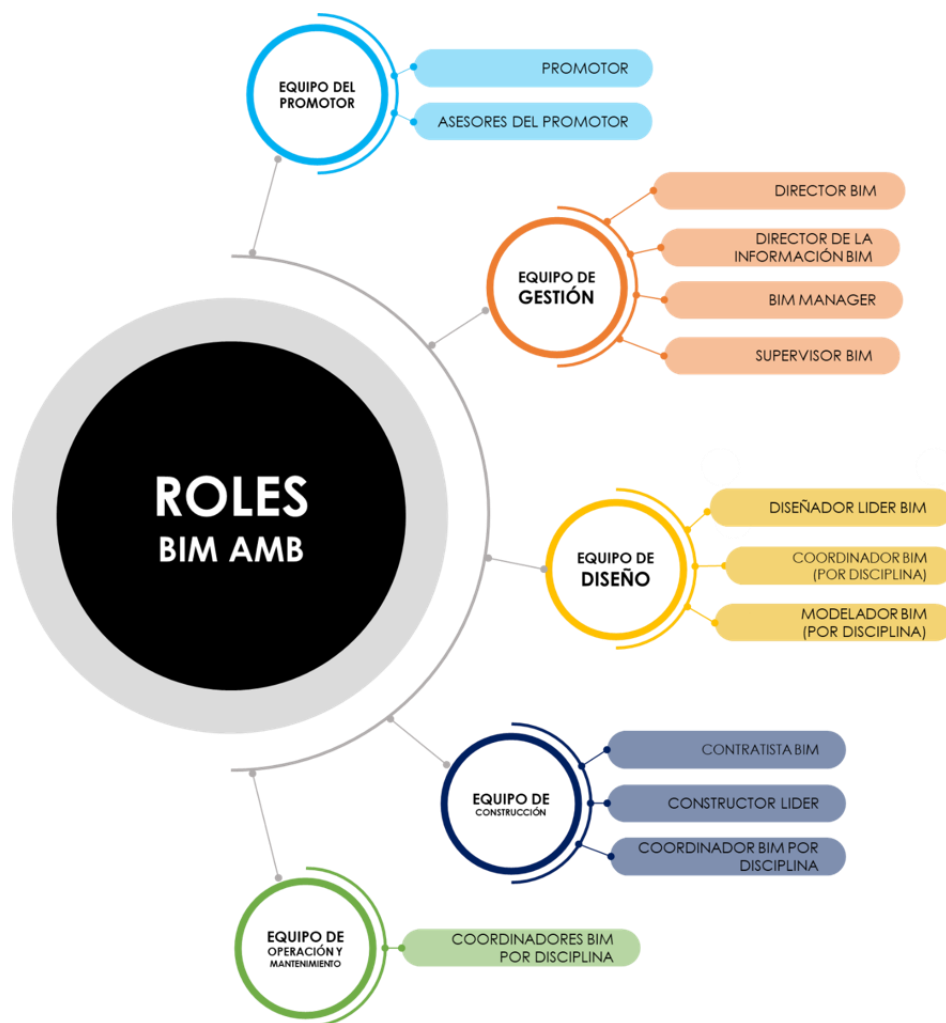
Para estipular los roles, se hizo una revisión bibliográfica con documentos a nivel internacional que contuviesen la ejecución de la metodología BIM dentro de proyectos aplicados en diferentes ramas de la AEC y se adaptaron para el AMB a criterio de los autores.

Los Roles se dividen en 5 grandes disciplinas que abarcan la totalidad de la gestión de un proyecto. En primer lugar, se encuentra el equipo de promotor encargado de velar por los requerimientos de él, en segundo lugar, se encuentra el equipo de gestión del proyecto, en tercer el equipo de diseño que tiene su respectiva descripción en cada una de las disciplinas según el enfoque de esta investigación que está dada en los equipos de Ingeniería Civil y Arquitectura, en cuarto lugar, se cuenta con el equipo de construcción y en quinto lugar se cuenta con el equipo de operación y mantenimiento.

La determinación de los roles se enfoca detalladamente en la fase de diseño, motivo por el cual no se cuenta con información suficientemente amplia para la etapa de construcción y mantenimiento de forma detallada.

La identificación de los roles evidenciados en la figura 37, en llegado caso puede ser tomados como subgrupos de trabajo dentro de los equipos de trabajo BIM debido a que existen diferentes disciplinas que necesitan subcontratación, como lo es el caso del diseño, para poder ejecutar a totalidad el proyecto en cada una de las disciplinas (Arquitectura, Civil).

Figura 39. Roles adaptados para el Área Metropolitana de Bucaramanga.



Nota: la figura 34 evidencia la adaptación de los roles más comunes a nivel internacional clarificados en las ISO 19650 1 y 2 para el Área Metropolitana de Bucaramanga y contiene los correspondientes derechos de autor de la investigación presentada en este documento.

5.2.1 Equipo del promotor

5.2.1.1 Promotor. Es la persona y/u organización encargada de dar inicio al proyecto, es el responsable de definir los requisitos, necesidades, y alcance del proyecto (EIR). Además, el promotor es el que mantiene control de las entregas de los equipos de trabajo y la aprobación de ellas, sus capacidades son: (a) Financia el proyecto, (b) Contrata al equipo del proyecto para llevarlo a cabo y (c) Forma parte del entorno colaborativo.

5.2.1.2 Asesor del promotor. Es el/los profesional(es) que se encarga de darle asesoría al cliente sobre temas que no tiene conocimiento dentro del proyecto y lo ayuda en la toma de decisiones y otras responsabilidades que tiene el cliente bajo su cargo, sus capacidades son: (a) Asesoría al cliente, (b) Conocimiento del proyecto, (c) Forma parte del entorno colaborativo.

5.2.2 Equipo de gestión

5.2.2.1 Director BIM. Es el responsable de liderar al equipo y gestionar el proyecto BIM y su calidad, garantizando el cumplimiento de los requisitos de información del promotor (EIR) a través del desarrollo de protocolos BIM. Define los objetivos y usos BIM del promotor, realiza el seguimiento e informa el progreso y estado del proyecto, desarrollando un plan de gestión del proyecto donde se define: alcance, presupuesto y cronograma, así mismo, opera a nivel estratégico, táctico y operacional, sus capacidades son: (a) Conocimiento en la metodología BIM, (b) Experiencia en procesos y protocolos BIM, (c) Conocimientos en procesos de gestión de proyectos

BIM, (d) Estandarización y optimización de procesos tecnológicos, (e) Experiencia en modelación básica y conocimiento en modelación avanzada.

5.2.2.2 Director de la información BIM. Es el responsable de gestionar el flujo de información entre los equipos de trabajo que intervienen dentro del proyecto y a lo largo de las etapas BIM, también es el encargado de transmitir la información del proyecto al promotor en todas las etapas de proyecto con el fin de que se pueda hacer los cambios necesarios dentro del proyecto.

También es el responsable de crear, desarrollar y gestionar el entorno común de datos (CDE) entre todos equipos de trabajo asegurándose que todos tengan el acceso a la información y que esta sea adecuada., sus capacidades son: (a) Conocimiento en la metodología BIM, (b) Experiencia en procesos y protocolos BIM, (c) Conocimientos de la plataforma para la coordinación de datos, (d) Conocimientos en procesos de gestión de proyectos BIM, (e) Estandarización y optimización de procesos tecnológicos, (f) Experiencia en modelación básica y conocimiento en modelación avanzada

5.2.2.3 BIM manager. Es la persona responsable nombrada por el equipo de gestión y el promotor de encargarse por la calidad y el contenido digital del proyecto, también es el encargo de liderar y guiar en el uso de la metodología BIM y la correcta implantación de esta dentro de la empresa. El Manager BIM opera a nivel operativo, es decir, a un nivel técnico y sistemático. Así mismo, se responsabiliza por definir, dar cumplimiento e implementar el plan de ejecución BIM (PEB BIM), Apoya el trabajo colaborativo y coordina al Equipo de diseño del proyecto, Establece los niveles de desarrollo (NDB) y de información (NDI) que se van a manejar durante el

proceso, Gestiona el modelo, los cambios que se realicen y la calidad de este y es el que establece los flujos de trabajo y garantiza la interoperabilidad entre los equipos de trabajo, sus capacidades son: (a) Conocimiento en la metodología BIM, (b) Proponer y coordinar la definición, implementación y cumplimiento del Plan de ejecución BIM (BEP), (c) Aplicar los flujos de trabajo en los proyectos, (d) Experiencia en procesos y protocolos BIM, (e) Apoyar el trabajo coordinado y colaborativo entre los equipos de trabajo y tener conocimientos en procesos de arquitectura e ingenierías., (f) Dar cumplimiento a los requisitos de información del cliente, (h) Gestión estratégica de proyectos., (i) Estandarización y optimización de procesos tecnológicos, (j) Experiencia en procesos constructivos, (k) Experiencia en modelación básica y conocimiento en modelación avanzada.

5.2.2.4 Supervisor BIM. Es el responsable de gestionar el equipo de trabajo de gestión y los otros equipos, responsable de la contratación, y de vigilar que los procesos y la operación de la empresa este funcionando correctamente, también es el responsable de vigilar pro el cumplimiento de las normas de seguridad, sus capacidades son: (a) Conocimiento en la metodología BIM, (b) Experiencia en procesos y protocolos BIM., (c) Conocimientos en procesos de gestión de proyectos BIM.

5.2.3 Equipo de diseño

5.2.3.1 Diseñador BIM. Administra el diseño, así como la aprobación y el desarrollo de la información, Además confirma los resultados del equipo de diseño del proyecto, es el responsable de aprobar la documentación para la coordinación del diseño antes de ser compartida.

Proporciona, junto con el director de la gestión de la ejecución, la comunicación entre los equipos de diseño del proyecto y los equipos de construcción Coordina, junto con el director de la gestión de la ejecución, las entregas de diseño con los subcontratistas para asegurar la entrega oportuna en costo, sus capacidades son: (a) Conocimiento en la metodología BIM, (b) Experiencia en procesos y protocolos BIM, (c) Apoyar el trabajo coordinado y colaborativo entre los equipos de trabajo y tener conocimientos en su campo ejercido., (d) Dar cumplimiento a los requisitos de información del cliente, (e) Experiencia en modelación avanzada , (f) Administra el diseño, (g) Aprueba y desarrolla la información., (h) Aprueba los resultados del Equipo de Diseño del Proyecto.

5.2.3.2 Coordinador BIM. Coordina el trabajo a fin de que se cumplan los requerimientos acordados en la estrategia. Controla y se asegura de la calidad de los proyectos para que sean compatibles con el resto de las disciplinas. Tiene conocimientos específicos en herramientas definidas para el proyecto para usarlas como herramientas de gestión.

Supervisa que los modelos sigan los estándares definidos para que sean procesables por otros agentes. Así mismo, define el alcance del trabajo del modelador BIM y audita la calidad de los entregables.

Conoce los protocolos para el intercambio de información para implementarlos en los flujos de trabajo colaborativo en el proceso BIM. consolida la información y la gestión a través del Plan de Ejecución BIM (BEB), sus capacidades son: (a) Experiencia en la coordinación de proyectos, (b) Conocimiento en metodología BIM, (c) Experiencia en procesos BIM, (d) Conocimientos en gestión de procesos de arquitectura e ingeniería, (e) Conocimiento en procesos constructivos, (f) Planificación y administración de proyectos, (g) Conocimiento de aspectos

técnicos y normativos del proyecto, especialidad y fase a coordinar, (h) Conocimiento en modelación BIM.

NOTA: “Habrá tantos coordinadores BIM como especialidades incluya el proyecto (diseño, estructura, MEP, sostenibilidad, seguridad y salud, etc.)”

5.2.3.3 Modelador BIM por disciplina. Encargado del uso del BIM como herramienta para desarrollar las actividades de su disciplina. Sigue los lineamientos establecidos por el encargado de la gestión. Y se asegura de la calidad de sus entregables integrándolos con las diferentes especialidades. El modelador BIM estará formado en el uso de soluciones de software específicas para el desarrollo de su actividad, siguiendo estándares, protocolos y entregables especificados para el proyecto. Domina el intercambio de la información en diferentes formatos también modela elementos agregando o actualizando la información requerida, usa y crea nuevos componentes de acuerdo con las necesidades de cada proyecto, sus capacidades son: (a) Experto en el uso del software elegido para el modelado, (b) Conocimiento en estándares de creación de contenidos, (c) Conocimiento en la metodología BIM, (e) Conocimiento en procesos constructivos, (f) Conocimientos en procesos de arquitectura o ingeniería (la modalidad que trabaje), (g) Capacidad de trabajo en equipo, (h) Conocimiento de objetivos técnicos y normativos del tipo de proyecto, especialidad y etapa a modelar.

Los roles interactúan dentro un centro común de datos con la responsabilidad de dar entregables dentro de su posición evidenciados en la metodología BIM para AMD para la estructuración de modelos, manejando un nivel de desarrollo específico, gestionado la información de forma documentada o por medio de modelos dentro de las etapas de ejecución, para ello deben compartir la información y puede ser de dos formas por medio del COBie o IFC para generar un flujo abierto de información u OPEN BIM.

5.2.4 Equipo de construcción

5.2.4.1. Contratista BIM. Es el responsable de crear los contratos y equipos de trabajo de obra también se encarga de vigilar que los procesos y la operación de la obra se ejecuten correctamente, se responsabiliza que las entregas se lleven a cabo a tiempo. Y sus capacidades son: (a) conocimiento en la metodología BIM, (b) Conocimiento en construcción, (c) conocimientos técnicos en su especialidad, (d) capacidad de trabajo colaborativo y (e) Conocimiento de objetivos técnicos y normativos del tipo de proyecto, especialidad y etapas del ciclo de vida del proyecto.

5.2.4.2 Constructor Líder. Administra la dirección de la ejecución mediante la gestión con la metodología BIM, incluyendo la aprobación y el desarrollo de la información. Confirma los resultados del equipo de construcción Aprueba la documentación para la coordinación de la ejecución antes de ser compartida Proporciona la comunicación entre el equipo de diseño y el equipo de construcción. Y sus capacidades son: (a) Elaboración y funcionamiento de familias, (b) Conocimiento en la metodología BIM, (c) Conocimiento en construcción, (d) Conocimientos técnicos en su especialidad, (e) Capacidad de trabajo colaborativo y (f) Conocimiento de objetivos técnicos y normativos del tipo de proyecto, especialidad y etapas del ciclo de vida del proyecto.

5.2.4.3 Coordinador BIM. Coordina el trabajo a fin de que se cumplan los requerimientos acordados en la etapa de diseño, pero enfocados en el equipo de construcción. Supervisa que los modelos sigan los estándares definidos para que sean procesables por otros agentes. Así mismo, audita la calidad de los entregables.

Conoce los protocolos para el intercambio de información para implementarlos en los flujos de trabajo colaborativo en el proceso BIM. consolida la información y la gestión a través del Plan de Ejecución BIM (BEP). Y sus capacidades son: (a) Experiencia en la coordinación de proyectos, (b) Conocimiento en metodología BIM, (c) Experiencia en procesos BIM, (d) Conocimientos en gestión de procesos de arquitectura e ingeniería, (e) Conocimiento en procesos constructivos, (f) Planificación y administración de proyectos, (g) Conocimiento de aspectos técnicos y normativos del proyecto, especialidad y fase a coordinar y (h) Conocimiento en modelación BIM.

5.2.5 Nivel de desarrollo BIM de los roles (NDB)

Los NDB hacen referencia al Level of Development (LOD) a nivel internacional y aluden al grado de información desarrollado en el modelo BIM. Esta información puede ser geométrica como no geométrica, y suele aumentarse o modificarse a medida que el proyecto evoluciona.

Esta metodología distingue seis Niveles de Desarrollo BIM que van desde NDB 100 a NDB 500, siendo el primero el de menor detalle y el ultimo el de la mayor cantidad de información.

Figura 40. Niveles de desarrollo BIM que manejan los roles.

5.2.6 Dimensiones BIM

Las dimensiones BIM corresponde a cada fase del ciclo de vida de un edificio, y dentro de la metodología se divide en 7 dimensiones, comenzando desde la idea, concepción del proyecto, pasando por la construcción y finalizando con el mantenimiento hasta la demolición del edificio.

Del mismo modo, se consideran una base de información donde se busca establecer, ordenar y entregar informes a los diferentes equipos de trabajos y agentes responsables generando un flujo de información constante y a tiempo real, tal y como se evidencia a continuación:

Tabla 2. Dimensiones BIM

Dimensión	Contenido
1D: IDEA	En esta primera dimensión se llevan a cabo la planeación y los requerimientos iniciales del proyecto en cuanto a estimaciones de superficie, volumetría, costos, espacios y especialidades que se van a aplicar.
2D: BOCETO	Las ideas escritas se convierten en elementos gráficos para concebir el espacio de forma conceptual. Se elaboran planos con las primeras ideas.
3D: MODELO	El modelo 3D es una representación geométrica gráfica y paramétrica en la que la información cualitativa de los elementos del proyecto ayuda a planificar, diseñar, construir y gestionar el ciclo de vida del edificio. Este permite un enfoque optimizado y muy cercano al “producto final” antes de que comience su construcción. Ayuda a determinar las características esenciales de la definición del edificio (ubicación, orientación, distribución en planta y volumen, soluciones estructurales y materiales de revestimiento, objetivos sostenibles, etc). Así mismo, permite evaluar la viabilidad de las intenciones del cliente en cuanto a presupuesto y tiempo y probar soluciones mediante simulaciones.
4D: TIEMPO	Esta dimensión surge cuando a los elementos del proyecto se les asigna un orden y un periodo de tiempo para su ejecución. De esta forma se conocen a profundidad los detalles de la construcción y se tiene una idea anticipada y más próxima a la realidad de la obras, simplificando la logística de la construcción. Establecer con precisión y exactitud la programación, garantizará la rentabilidad de la construcción del edificio. De esta forma, el modelo BIM se convierte en una herramienta esencial para controlar y gestionar de forma eficaz y en tiempo real el desarrollo de la construcción.

Dimensión	Contenido
5D: <i>COSTOS</i>	En esta dimensión el modelo BIM proporciona la estimación de mediciones y presupuestos de forma automática, multiplicando el costo (que es especificado en las propiedades de cada uno de los elementos) por el número de veces que se repite en el proyecto. Este procedimiento se puede realizar en cualquier etapa del proyecto y varía según el Nivel de Desarrollo BIM. Gracias a esta dimensión se puede analizar constantemente si el presupuesto está cumpliendo con las expectativas de las partes interesadas. Y si, además, a cada componente del proyecto se le asocia la frecuencia y el costo de mantenimiento, la influencia en el coste energético, permitirá obtener los costos y beneficios a lo largo del ciclo de vida del edificio.
6D: <i>SOSTENIBILIDAD</i>	La dimensión 7D explora la dimensión sostenible del edificio en cuanto a coste, calidad y ecología. Permite evaluar el comportamiento de cada material o componente, la interacción con los demás y su impacto medio ambiental en todo el ciclo de vida del edificio. Es útil para construir un edificio de buena calidad energética (desde mayor desempeño ambiental a más grande impacto ambiental: A - B - C - D - E)
7D: <i>GESTIÓN</i>	Este modelo 6D permite la gestión de instalaciones, con sistemas de monitoreo, que facilitan la lectura y el análisis del rendimiento del edificio en tiempo real. Se obtiene así una lectura totalitaria que confirma que el edificio funciona. Los costos asociados de mantenimiento facilitan la gestión y la toma de decisiones para el proyecto con un equilibrio entre inversión y el retorno temporal.

5.2.7 Intercambio de información

La metodología BIM busca la centralizar la información de un proyecto dentro de un entorno común de datos, con el objetivo de establecer un flujo de información constante y a tiempo real. Por este motivo Building SMART international ha desarrollado estándares que permite la interoperabilidad y el intercambio de datos e información de forma segura. Este intercambio de información permite: (a) intercambiar información de alineamiento de planificación a diseño, a construcción, y por último a fase de mantenimiento, (b) Enlazar información de alineamiento a otros proyectos, como a diseño de intersecciones y geometría 3D en la construcción de elementos, (c) Realizar consultas de alineamiento de elementos, como la referencia longitudinal para posicionamiento, (d) Acceder de forma abierta a bases de datos de alineamiento de elementos inventariados, (e) Mostrar y exportar modelos de un tipo estándar ejemplo IFC a otros

estándares utilizados a nivel mundial como es el caso de infraGML (estándar creado por el consorcio Open Geospatial Consortium).

5.2.7.1 COBie. COBie es la información no gráfica basadas en hojas de cálculo, que tiene como objetivo lograr el intercambio de información a un bajo costo de implementación con herramientas de fácil acceso y que tienen compatibilidad con estándares abiertos como IFC (Industry Foundation Classes) El intercambio de información a través de COBie facilita la comparación de información que cambia a través de las etapas del proyecto. De igual forma el uso de este estándar establece requisitos de información mínimos para realizar el intercambio de información, que ayuda tanto a proveedores, como a diseñadores para realizar una comparación y posterior selección para el proyecto. El formato COBie estandariza el enfoque de los detalles gráficos y la presentación de objetos facilitando el uso de los componentes BIM en pro de lograr una colaboración e interoperabilidad exitosas, hay dos tipos de requisitos: propiedades de tipo y propiedades de componente.

Tabla 3. *Requisito de tipo para estándar COBie.*

Propiedades	Requerimientos	Tipo de información	Ejemplo
Nombre (Name)	Nombre alfanumérico con el tipo de producto	Texto	Ventana interior
Categoría (Category)	Código de clasificación (Omniclass, Uniclass, UniFormat, MasterFormat o NL/SfB)	Texto	21-03 10 20 10 : Interior Operating Windows
Descripción (Description)	Valor alfanumérico con la descripción del producto representado en el objeto BIM	Texto	Ventana interior batiente
Tipo de activo (AssetType)	Valor alfanumérico por defecto: • "Fijo" productos adjuntos • "Móvil" productos independientes	Texto	Móvil

Propiedades	Requerimientos	Tipo de información	Ejemplo
Fabricante (Manufacturer)	Dirección de correo electrónico para contactar con el responsable de suministrar o fabricar el producto	Texto	empresa@email.com
Número del modelo (ModelNumber)	Valor alfanumérico que el fabricante asigna y que representa el producto	Texto	VT-834R
Parte responsable de la garantía (WarrantyGuarantorParts)	Dirección de correo electrónico para la empresa responsable de la garantía	Texto	empresa@email.com
Duración de la garantía (WarrantyDurationParts)	Valor numérico de la duración de la garantía (WarrantyDurationUnit)	Numérico	5
Garantía responsable de labor (WarrantyGuarantorLabor)	Dirección de correo electrónico para la empresa responsable de la garantía de la mano de obra	Texto	empresa@email.com
Duración de la garantía de labor (WarrantyDurationLabor)	Valor numérico de la duración de la garantía de trabajo (WarrantyDurationUnit)	Numérico	2
Unidad de duración de la garantía (WarrantyDurationUnit)	Unidad de la duración de garantía	Texto	Año
Costo de reemplazo (ReplacementCost)	Valor numérico del costo para reemplazar el producto en la moneda del proyecto	Numérico	400.000
Tiempo útil (ExpectedLife)	Valor numérico de la vida útil esperada del producto (DurationUnit)	Numérico	10
Unidad de la duración (DurationUnit)	Unidad de la duración	Texto	Año
Descripción de la garantía (WarrantyDescription)	Valor alfanumérico del contenido de la garantía y cualquier exclusión	Texto	Garantía in situ y garantía de reemplazo avanzada
Longitud nominal (NominalLength)	Valor numérico de la longitud nominal (correspondiente a la dimensión horizontal más grande en mm)	Numérico	1000
Ancho nominal (NominalWidth)	Valor numérico de la anchura nominal (correspondiente a la dimensión horizontal menor en mm)	Numérico	100
Altura nominal (NominalHeight)	Valor numérico de la altura nominal (correspondiente a la dimensión vertical en mm)	Numérico	1200
Referencia del modelo (ModelReference)	Valor numérico utilizado por el fabricante	Texto	Ventana interior batiente roma
Forma (Shape)	Valor alfanumérico de la forma característica del producto	Texto	Cuadrado
Tamaño (Size)	Valor alfanumérico del tamaño característico del producto	Texto	1000mm x 100 mm x 1200 mm
Color (Color)	Valor alfanumérico del color característico del producto	Texto	Traslúcido
Acabado (Finish)	Valor alfanumérico del acabado característico del producto	Texto	Mate
Grado (Grade)	Valor alfanumérico de la clasificación estándar a la que corresponde el producto	Texto	Aparato clase 2 (Class 2)
Material (Material)	Valor alfanumérico del material característico del producto	Texto	Vidrio
Componentes (Constituents)	Valor alfanumérico con detalles de las distintas partes del producto	Texto	Panel en vidrio anclado a marco de PVC
Características (Features)	Valor alfanumérico de las características importantes del producto	Texto	Apertura batiente
Requerimientos de accesibilidad (Accessibility Performance)	Valor alfanumérico del problema de accesibilidad que el producto satisface	Texto	Manual
Requerimientos de sostenibilidad (Sustainability Performance)	Valor alfanumérico del tema de sostenibilidad que el producto satisface	Texto	Cumplimiento Medio

Propiedades	Requerimientos	Tipo de información	Ejemplo
Cumplimiento de norma (CodePerformance)	Valor alfanumérico de los requisitos de cumplimiento de norma que el producto satisface	Texto	Alto consumo

Tabla 4. *Requisitos de Componente para estándar COBie.*

Propiedades	Requerimiento	Tipo de información
Número de serie	Valor alfanumérico predeterminado	Texto
Fecha de instalación	Valor predeterminado "XXXX(año)-XX(mes)-XX(día)TXX(hora):XX(minuto):XX(segundo)"	Texto
Fecha de inicio de garantía	Valor predeterminado "XXXX(año)-XX(mes)-XX(día)TXX(hora):XX(minuto):XX(segundo)"	Texto
Numero de etiqueta	Valor alfanumérico predeterminado	Texto
Código de barras	Valor alfanumérico predeterminado	Texto
Identificador de activos	Valor alfanumérico predeterminado	Texto

5.2.7.2 IFC. Al igual que COBie, es un estándar para el intercambio de datos en la industria de la construcción que permite que se realice un intercambio de información sin importar el software desde el que se realizó. Este estándar fue desarrollado por buildingSMART International y tiene como fin facilitar la interoperabilidad dentro del sector de la construcción dentro de los proyectos basados en BIM. A diferencia de COBie, este formato contiene datos geométricos y no geométricos sobre el proyecto de construcción. Las propiedades tienen una estructura específica y están agrupadas en el ‘conjunto de propiedades’ y están definidos en el estándar IFC.

La información se estructura en: (a) clases (categorías de elementos), (b) tipos (subcategorías) y (c) PSETS (parámetros creados por el usuario que pueden exportarse al estándar IFC).

5.2.8 Estructuración de modelos

Existen diferentes tipos de modelos BIM, que pueden ser generados por los diferentes modeladores y equipos de trabajos durante todas las etapas BIM. Estos modelos se irán modificando, dependiendo de la etapa en que se encuentra el modelo. Es importante aclarar que el estado de avance de los modelos puede variar en los diferentes equipos de trabajo como se puede ver en el siguiente gráfico.

Figura 41. Participación de Roles BIM en las entregas del proyecto.

AVANCE MODELOS				
ENTREGAS	Versión	Equipo de trabajo Arquitectónico	Equipo de trabajo Estructural	Equipo de trabajo MEP
	V1	DC DISEÑO CONCEPTUAL		
	V2	PD PRE DISEÑO	DC DISEÑO CONCEPTUAL	
	V3	DD DISEÑO DEFINITIVO	DD DISEÑO DEFINITIVO	DC DISEÑO CONCEPTUAL
	V4	DCT DISEÑO CONSTRUCTIVO	DCT DISEÑO CONSTRUCTIVO	DD DISEÑO DEFINITIVO

La siguiente tabla se muestra los diferentes modelos que debe de tener en cuenta los equipos de trabajo para sus entregas. Dependiendo de la etapa que se encuentre estos pueden no tenerse en cuenta.

Tabla 5. Participación de los modelos de los roles en el modelo BIM.

MODELO BIM

ESPECIFICACIONES		MODELOS								
		SITIO	VOLUMETRIA	ARQUITECTURA	ESTRUCTURA	MEP	COORDINACION	CONSTRUCCION	AS-BUILT	OPERACION
EJES				*	*	*	*	*	*	-
TERRENO		*	*	*	*	*	*	*	*	*
ELEMENTOS CIVILES		-	-	*	*		*	*	*	*
ELEMENTOS GEOGRAFICOS		-	-	*			*	*	*	*
CIMENTOS		-		*	*		*	*	*	
ZONAS - ESPACIOS		*	*	*		*	*	*	*	*
COLUMNAS		-		*	*		*	*	*	*
VIGAS		-		*	*		*	*	*	*
LOSAS		-		*	*		*	*	*	*
MUROS		-		*	*		*	*	*	*
MUROS CORTINAS		-		*	-		*	*	*	*
VENTANAS				*			*	*	*	*
PUERTAS				*			*	*	*	*
CUBIERTAS		-		*	*		*	*	*	*
CIELOS RASOS - ACABADOS				*	*		*	*	*	*
SISTEMA DE CIRCULACION – ESCALERAS - RAMPAS				*	*		*	*	*	*
EQUIPOS E INSTALACIÓN				*		*	*	*	*	*
MUEBELES				*			-	*	*	*
ESTRUCTURAS ESPECIALES				*	*		*	*	*	*
EQUIPAMIENTOS Y TABLEROS MEP				*	*		*	*	*	*
DISTRIBUCION Y TUBERIA MEP						*	*	*	*	*

* : Elemento Requerido

- : Elemento Sugerido

5.2.8.1 Sitio. El modelo de sitio o topográfico debe contener de forma gráfica e informativa el estudio técnico y descriptivo del terreno determinado. Es importante recalcar, que se debe de compartir la información de georreferencia, ya que en base a ella se vinculara los otros modelos de los equipos de trabajos.

5.2.8.2 Modelo estructural. El modelo estructural es el modelo gráfico y de información que usará el equipo de estructura para cumplir los requisitos del promotor, se entrega un modelo de estructura y señalando que este modelo estará abierto a avances a medida que va aumentando el NDB (Nivel de Desarrollo BIM).

5.2.8.3 Construcción. El modelo de construcción es la vinculación de todos los modelos de los equipos de trabajos con su respectiva información y este será la base para la edificación del proyecto.

5.2.8.4 Volumetría. El modelo de volumetría es el esquema básico que se usa al principio del ciclo de vida del proyecto, el cual se evidencia la forma del proyecto. Este modelo puede irse modificando hasta ser parte de un modelo definitivo.

5.2.8.5 Modelo MEP. El modelo MEP es el modelo gráfico y de información que usara el equipo MEP para cumplir los requisitos del promotor. Este modelo no es necesario que sea único y depende del tamaño del proyecto se puede de crear infinidad de archivos de este. Donde, estará abierto a avances a medida que va aumentando el NDB (Nivel de Desarrollo BIM).

5.2.8.6 As Built. Es el registro del proyecto tal como se ha construido realmente en el lugar, incluyendo los cambios de diseño ocurridos en el curso del trabajo.

5.2.8.7 Modelo arquitectónico. El modelo arquitectónico es el modelo gráfico y de información que usara el equipo de arquitectura para cumplir los requisitos del promotor. Este modelo no es necesario que sea único y depende del tamaño del proyecto se puede de crear un gran número de archivos. El modelo estará abierto a avances a medida que va aumentando el NDB (Nivel de Desarrollo BIM).

5.2.8.8 Coordinación. El modelo de coordinación es un archivo que vincula todos los modelos de los equipos de trabajos y es por medio de este que se conocerá posibles colisiones entre cada uno de los equipos.

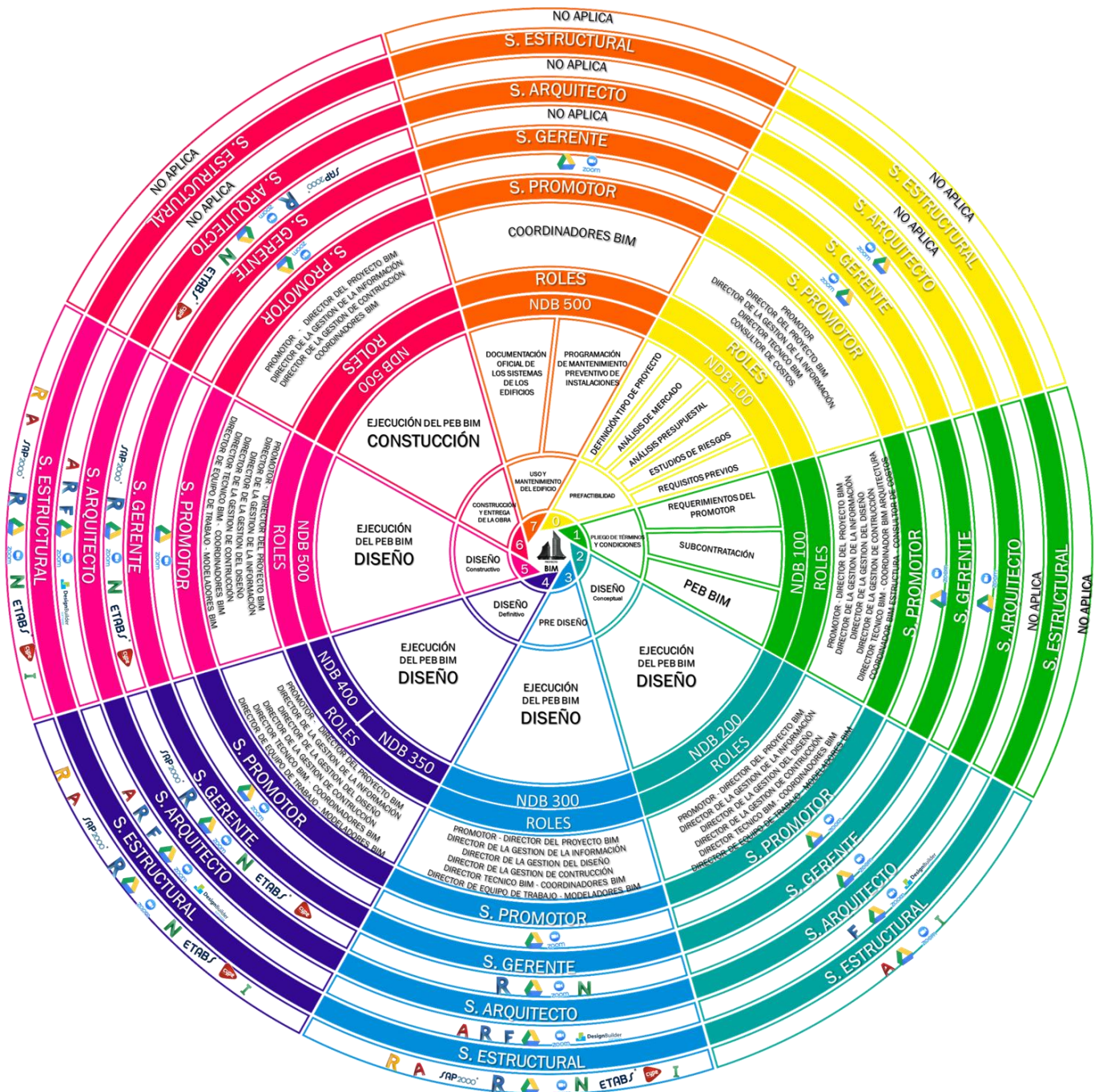
El modelo de coordinación será quien determinara la responsabilidad de la colisión y enviara alertas de cambios a los equipos de trabajo y estos resolverá las colisiones hasta que se obtenga el estado óptimo para la construcción de la edificación.

5.2.8.9 Operación. El modelo de operación es el resultado de la comparación de simulaciones hechas en la fase del diseño, con la información obtenida en el As-Built para entender el comportamiento que tiene el edificio.

5.2.9 Niveles de desarrollo BIM y los roles BIM.

El siguiente grafico evidencia la participación de los roles BIM junto a su respectivo NDB y los softwares recomendados para el uso de la metodología según la cultura del AMB.

Figura 42. Roles, NBD y software BIM en las actividades de la ejecución BIM.



5.2.10 Entorno común de datos

El entorno común de datos es la plataforma virtual para llevar a cabo el intercambio de la información entre los diferentes agentes que forman parte del proceso. Este espacio en línea es, además, el canal para almacenar y gestionar la información.

Este ambiente colaborativo y digital, se divide en varias áreas y es de fácil acceso para cualquier persona del equipo y puede desarrollarse en un servidor o en la nube.

La interacción entre los ambientes de trabajo, los responsables y el alcance debe estar definido en el BIM Execution Plan. Dentro de su contenido están definidos los ambientes de trabajo que permiten la interacción de los actores y los objetivos pactados. De igual forma, dentro del BEP queda pactada la decisión de la plataforma tecnológica bajo la responsabilidad de la gerencia del proyecto

Figura 43. Entorno Común de Datos y sus procesos.



5.2.10.1 Trabajo en proceso. Debe permitir el trabajo de todos los participantes en la etapa de desarrollo de información. Este espacio es relativamente privado pues se alojan las versiones del proceso de diseño o archivos temporales que permiten la ejecución de las labores.

De igual manera, tiene la capacidad de sincronización vía internet en tiempo real para que la información esté disponible para todos los participantes del proceso.

5.2.10.2 Documentación compartida. Es el repositorio de información de consulta que apoya a otros procesos y al que puede acceder un mayor número de personas. Este espacio debe estar organizado de tal manera que permita el fácil acceso a la información por parte de otros actores.

5.2.10.3 Archivo de almacenamiento. Corresponde al espacio donde reposa la información que ha surtido el proceso de aprobación y es la información final para la ejecución de tareas y entregas finales, pero que en el proceso fue sustituida o rechazada (diseño conceptual, prediseño).

5.2.10.4 Documentación publicada. Contiene los paquetes de información utilizados para los entregables y que servirá de insumo para otros equipos de trabajo. La información debe ser organizada y claramente diferenciada. Este espacio de interacción es el principal dentro del ECD.

5.2.11 Entregables

En el Plan de Ejecución BIM se establecen los requerimientos de información para cada uno de los modelos y de esta forma poder llevar a cabo un intercambio de información exitosa.

5.2.11.1 Entregables para pre-dimensionamiento. En estos modelos de información están implicados únicamente las disciplinas de arquitectura e ingeniería, y servirán como insumo para las demás fases de diseño y disciplinas. Las especificaciones que contienen son mínimas.

5.2.11.2 Entregable para anteproyecto estructural. Estos cuentan con un NDB 200 – 300 según lo indicado por el equipo de gestión y contendrán la información necesaria para realizar un predimensionamiento más cercano a la realidad.

5.2.11.3 Entregable para anteproyecto MEP. Para estos entregables están implicadas los modelos de arquitectura y sistema estructural pues la información que contienen es de vital importancia para el desarrollo de las redes.

5.2.11.4 Entregable para presupuestación. Estos modelos cuentan con un NDB más elevado pues son necesarias especificaciones a detalle para asegurar que la extracción de cantidades sea certera.

5.2.11.5 Entregable para análisis financiero. Para realizar un análisis energético a profundidad es necesario que el modelo tenga un intermedio donde sean claras las especificaciones tanto de elementos arquitectónicos como de los acabados y componentes que forman parte del modelo.

5.2.12 Nomenclatura de modelos

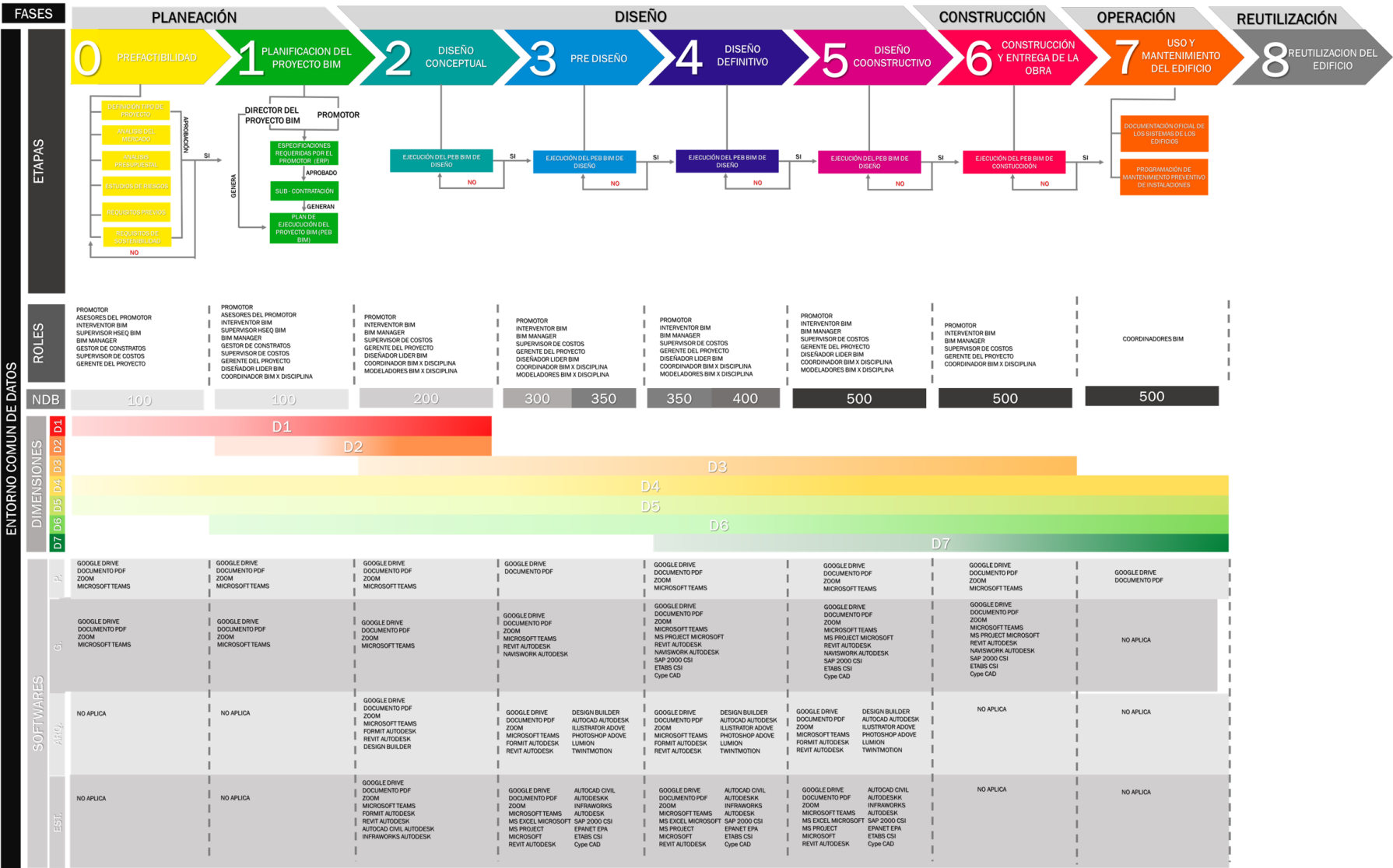
La nomenclatura dada a utilizar en nuestra metodología BIM puede estar sujeta a cambios dependiendo de las empresas y u organizaciones que la implemente.

Tabla 6. Partes Para Nombrar Un Archivo.

CÓDIGO DE EQUIPO DE TRABAJO DENTRO DE LA EMPRESA	Arquitectura	100	100	100-010-XXX-A-XXX-PD-V3
	Estructura	200		
	MEP	300		
NÚMERO DEL PROYECTO	Se comenzará con 0 y luego el número respectivo	0X	10	
NOMBRE DEL PROYECTO	Se usarán las tres primeras letras del nombre del proyecto	XXX	XXX	
EQUIPOS DE TRABAJO	Arquitectura	A	A	
	Estructura	EST		
	Eléctrico	ELE		
	Hidráulico	H		
	Gas	G		
NOMBRE DEL ARCHIVO DEL MODELO	Se usarán las tres primera letras de archivo	XXX	XXX	
ETAPA DEL MODELO	Diseño conceptual	DC	PD	
	Prediseño	PD		
	Diseño definitivo	DD		
	Diseño constructivo	DCT		
VERSIÓN	Se usará la letra V seguida del numero de la versión	VX	V3	

5.3 Metodología BIM para el AMB

Figura 44. Metodología BIM propuesta para el AMB.



METODOLOGÍA BIM PROPUESTA

5.3.1 Etapa 0: Pre-factibilidad

5.3.1.1 Definición del tipo de proyecto. Todo proyecto debe analizarse como una idea de negocio, el contratante, espera tener una rentabilidad o utilidad al finalizar la ejecución del proyecto, esta utilidad puede ser monetaria o satisfacer necesidades particulares de la entidad contratante o el cliente.

La búsqueda de la inversión del capital debe gestionarse a partir del análisis de las necesidades básicas de un sector o comunidad y determinar el producto que pueda satisfacer esa necesidad.

Determinar la idea correcta para implementar un negocio puede empezar a partir de algunas estrategias que el implementador BIM (BIM Manager) puede utilizar, junto con los expertos, para enfocar los recursos del cliente, tales como *investigaciones de sector, Estudio de proyectos existentes, estudio de la tendencia poblacional, estudios sociales, análisis político, análisis tecnológico*.

los estudios de proyectos existentes son recomendados en esta fase, debido a que permiten obtener información entre la población y el bien o servicio brindado por otra empresa en su debido momento, proyectando una aceptación del mercado esperada para el proyecto en marcha.

La tendencia poblacional se establece debido a que todas las necesidades son diferentes, por ende, todos los proyectos son diferentes. En la búsqueda de una rentabilidad o utilidad acelerada, el BIM mánager deberá entender la tendencia poblacional de aceptación de cierto tipo de proyectos para gestionar el proyecto en curso.

Los cambios sociales deben tenerse presentes en la definición del tipo de proyecto, este tipo de análisis se debe hacer desde la perspectiva de la recreación de los futuros usuarios del proyecto.

El análisis tecnológico que debe hacer el implementador BIM debe realizarlo con la respectiva empresa o cliente, si llegado el caso, se cuenta con el hardware, software y demás medios necesarios para la elaboración del proyecto gestionado desde la metodología BIM.

Las investigaciones sectoriales pueden darse por características técnicas, donde una necesidad por localización

Los estudios pueden darse de forma regional y sectorial (en algún tipo de industria).

5.3.1.2 Análisis de mercado.

5.3.1.2.1 Establecer objetivos del proyecto (Necesidades De La Comunidad). Una vez realizados los estudios previos y determinado el tipo de proyecto o idea pertinente, se debe establecer el objetivo principal del proyecto, el cual, debe estar relacionado con satisfacer las necesidades de la comunidad una vez realizado un estudio de mercado

5.3.1.2.2 Estudio del tamaño de la población. El número de posibles usuarios es un factor importante para determinar la veracidad del proyecto, el BIM mánager debe tener esto en cuenta con el fin de salvaguardar la inversión inicial del cliente.

El incremento de la población marca una tendencia poblacional por lo cual debe ser tomada en cuenta para la conformación del proyecto, este factor puede incrementar el valor del proyecto, a mayor necesidad poblacional o tendencia mayor posibilidad en el margen de ganancia.

5.3.1.2.3 Tendencia económica. La tendencia económica debe ser analizada desde la perspectiva de la demanda de ciertos bienes y/o servicios que los posibles usuarios del proyecto puedan proyectar. El tener claridad en esta fase, puede dar pie a una diversificación del proyecto.

5.3.1.3 Análisis presupuestal. El BIM manager debe junto con el contador del cliente o de la empresa, medir la capacidad o el alcance de los recursos para el proyecto que permita tener diseños inclusivos, personal cualificado, adquisición de hardware de ser necesario y adquisición de software, así como de las normas pertinentes del país y del área metropolitana de Bucaramanga necesarias para la realización de los diseños de arquitectura e ingeniería civil, así como de los permisos necesarios para la realización del proyectos como la licencia urbanística, licencia ambiental, matrícula de servicios públicos, entre otros.

El análisis presupuestal debe cubrir los costos para satisfacer las necesidades del cliente y los requerimientos específicos del proyecto.

5.3.1.4 Estudio de riesgos.

5.3.1.4.1 Exclusividad en el diseño. Cada proyecto es diferente y entendido como un negocio, debe gestionarse como un concepto diferente desde la concepción del diseño, la exclusividad del diseño alude a la percepción en una gran escala de las necesidades del cliente, con el fin de establecer los profesionales necesarios y en la posterior etapa poder realizar la correspondiente contratación.

5.3.1.4.2 Retorno de capital. El BIM mánager debe tener presente, que no todos los clientes cuentan con el capital necesario para cubrir todo el proyecto, motivo por el cual, debe establecer una medida que les permita a los clientes que no poseen la capacidad financiera suficiente, poder tener un retorno del flujo del dinero para satisfacer la totalidad de las necesidades del proyecto o determinar medidas que permitan dar continuidad al proyecto una vez agotados los recursos iniciales.

5.3.1.4.3 Riesgos tecnológicos. Los clientes pueden ser desde personas particulares hasta empresas conformadas con equipos de diseño previamente contratados, en este caso, el implementador BIM debe establecer capacitación para el uso del software y hardware correspondiente, o establecer un plan de aprendizaje para el personal de la empresa.

5.3.1.5 Requisitos previos. El implementador BIM, como director del proyecto, debe, no solo gestionar los aspectos relacionados a la coordinación de los diseños, del mismo modo, debe velar por la seguridad de los aspectos legales que podrían afectar la ejecución del proyecto, motivo por el cual Los requisitos previos son un ítem que debe ser verificado en todo proyecto, aunque no son aspectos técnicos propios del diseño, son necesarios para la realización y ejecución de un proyecto, tal como el trámite de la Licencia ambiental, Licencia urbanística, Verificación de servidumbre y la Matricula de servicios públicos.

5.3.2 Etapa 1: Planificación del proyecto BIM

5.3.2.1 Especificaciones requeridas por el promotor (ERP). Se describe las condiciones respecto al uso de las metodologías BIM: (a) QUIEN SE ENCARGA: Promotor, BIM Manager.

Nota: Si el promotor del proyecto no tiene conocimiento sobre los requerimientos necesarios, este mismo le pide al Arquitecto líder de generar los requerimientos, (b) CUANDO SE EJECUTA: Los requerimientos se deben de realizar antes de que los equipos de trabajos (Arquitectura, Estructural, MEP) comiencen a diseñar el proyecto, (c) QUE CONTIENE: Los requerimientos del promotor son el documento donde se define lo que se debe de obtener, lo que se espera y como se logra el modelo

Los requerimientos del promotor se dividen en (a) REQUISITOS TÉCNICOS: Incluye aspectos tales como plataformas de software, el formato de intercambio de datos, los niveles de detalle y formación que puedan necesitar, (b) REQUISITOS DE GESTIÓN: Incluye las funciones y responsabilidades de los interesados, la seguridad, los procesos de colaboración y estrategias de entrega, (c) REQUISITOS COMERCIALES: Incluye la sincronización de datos, la presentación de resultados y una evaluación de la competencia.

Figura 45. Cuadro de especificaciones de requisitos ERP.

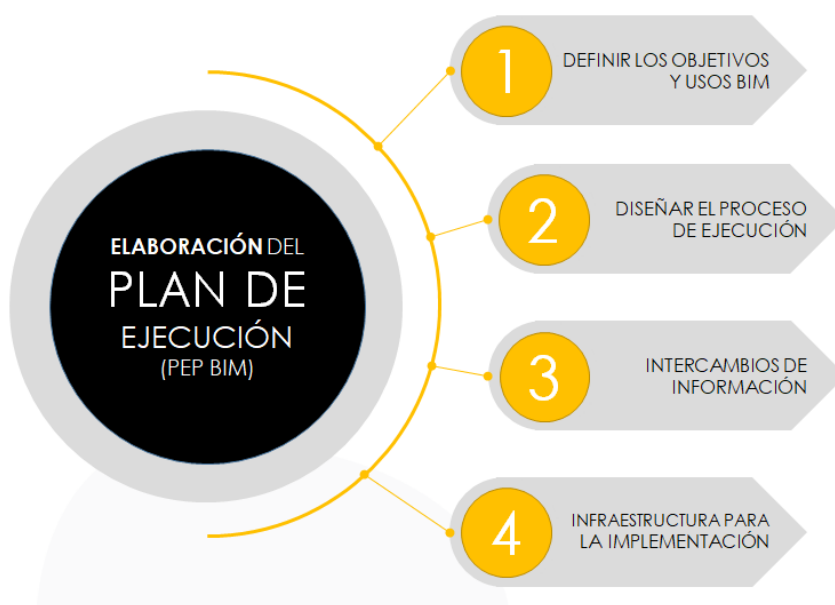
REQUISITOS TECNICOS	REQUISITOS DE GESTION	REQUISITOS COMERCIALES
• Plataforma Software • Formato de Intercambio de datos • Coordinación • Nivel de desarrollo BIM (NDB) • Training	• Estándares (manual) • Responsabilidades y roles • Planificación de Trabajo • Generación de Información • Seguridad • Dirección de indefiniciones • Proceso colaborativo • Seguridad y administración del plan de construcción • Mejora de sistemas • Plan de conformidad • Estrategias de entrega de información	• Definiciones de los entregables • Entregas de información • Estrategia de los promotores • Evaluación de competencia específicas BIM

5.3.2.2 Subcontratación de los equipos de trabajo. Teniendo en cuenta el ERP (Especificaciones Requeridas por el promotor) del paso anterior se escoge los profesionales que permanecerán dentro de los equipos de trabajos (arquitectónico, estructural, MEP). Estos profesionales deben de conocer la metodología BIM y los softwares ya escogidos en la anterior etapa

5.3.2.3 Planificación del plan de ejecución BIM (PEP BIM). El Plan de Ejecución BIM es la planificación de los resultados esperados del proceso, es decir, se establece cómo se implementará BIM en el proyecto a partir de las decisiones del equipo de trabajo.

En este Plan se define el alcance de la implementación BIM en el proyecto, los intercambios de información entre los equipos, así como también la infraestructura requerida por el proyecto y la empresa para el desarrollo de la implementación.

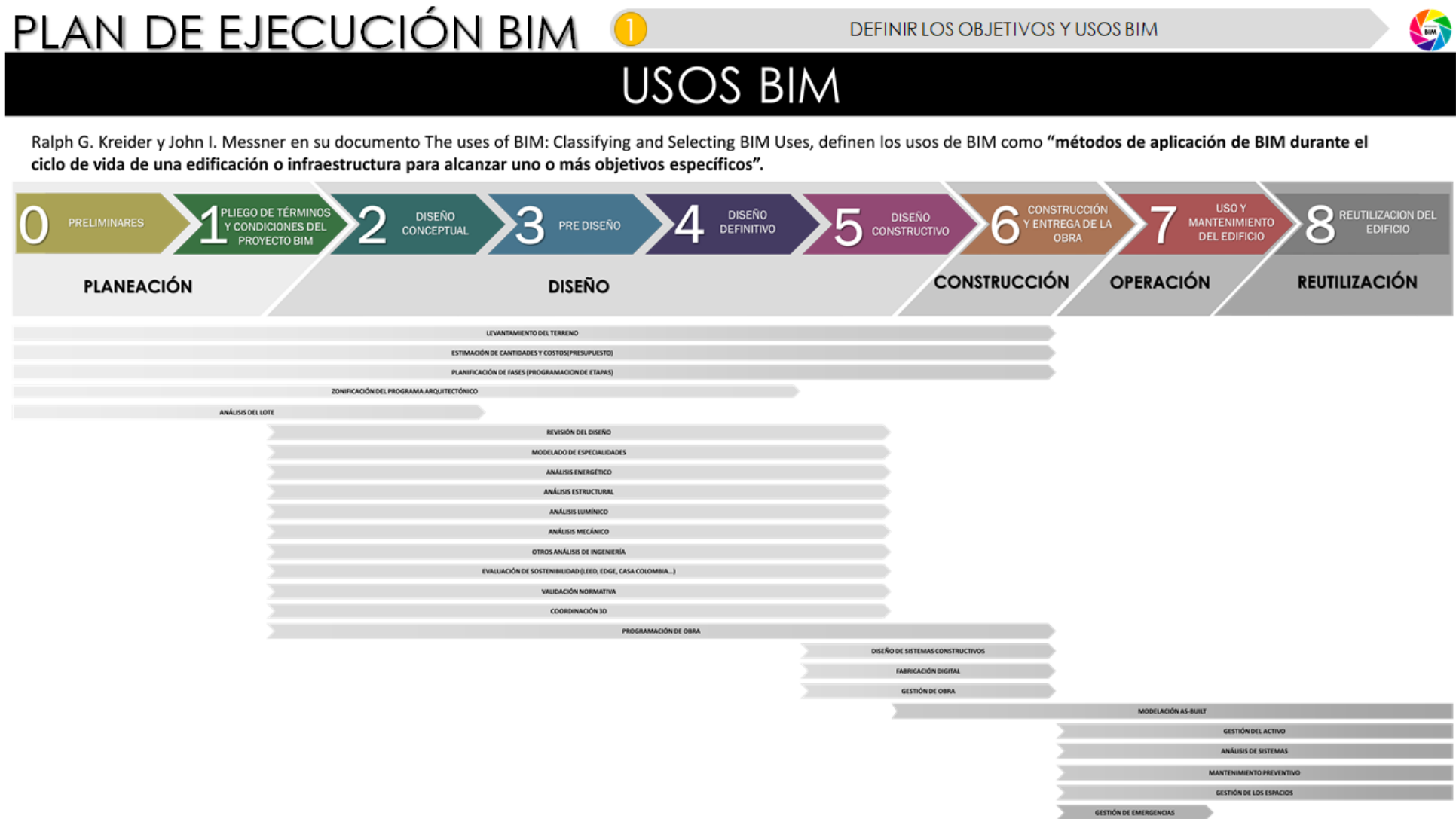
Figura 46. Gráfico explicativo del PEP BIM.



A continuación, se evidencia el procedimiento del PEP detalladamente de forma detallada.

5.3.2.3.1 Objetivos y usos BIM.

Figura 47. Gráfico De Usos BIM.



Para el desarrollo del BEP, es necesario determinar los usos BIM en función de las características del proyecto y los objetivos y competencias del equipo. Los objetivos pueden basarse en el desempeño del proyecto, así como también en el desarrollo de las capacidades de los miembros del equipo del proyecto. Una vez el equipo ha definido objetivos alcanzables, se pueden identificar los usos específicos de BIM en el proyecto.

Ralph G. Kreider y John I. Messner en su documento *The uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses*, definen los usos de BIM como “métodos de aplicación de BIM durante el ciclo de vida de una edificación o infraestructura para alcanzar uno o más objetivos específicos”.

La guía de planificación de la Ejecución BIM (PEP BIM) de la Universidad Estatal de Pensilvania enumera veinticinco usos de BIM que podrían considerarse en el proyecto, clasificados como usos primarios y secundarios, como se a continuación: (a) *Levantamiento del terreno*. El equipo desarrolla un modelo 3D de las condiciones existentes del lugar. Este modelo puede realizarse con nubes de puntos generadas con escaneos láser y fotogrametría con drones, y que al estar coordinados con GIS (Sistemas de Información Geográfica) brindan una georreferenciación exacta, (b) *Estimación de cantidades y costos*. En este proceso se extrae la información de cantidades de los componentes y los materiales del proyecto a partir del modelo 3D y simultáneamente extraer el costo del proyecto a lo largo de su ciclo de vida. Este proceso es más beneficioso si se realiza en las primeras etapas y puede mejorar los efectos de adiciones o modificaciones que influyen en el ahorro de tiempo y dinero, (c) *Planificación de fases (programación de etapas)*. En este proceso se añade el tiempo al modelo tridimensional para planificar de forma eficaz las etapas del proceso de construcción del proyecto. Este modelo 4D brinda una mejor comprensión de los hitos del proyecto y la programación de la construcción, (d) *Zonificación del programa arquitectónico*. Proceso en el cual se evalúa la eficiencia del diseño

con respecto a los requisitos espaciales. El modelo BIM permite analizar los espacios, con el fin de tomar decisiones para aportar mayor valor al proyecto y mejorar el enfoque, (e) *Análisis del lote*. Proceso en el cual se determina la implantación óptima para el desarrollo y la orientación del proyecto usando herramientas BIM/GIS, (f) *Revisión del diseño*. En este proceso las partes involucradas realizan retroalimentaciones del proyecto en base al modelo 3D. Se evalúan aspectos como el cumplimiento del programa de áreas, la estética del espacio, la iluminación, confort, acústica, materialidad, colores, etc, (g) *Análisis energético*. En este proceso se realizan simulaciones del modelo BIM por medio de programas con bases en criterios energéticos para lograr un diseño óptimo que permita el ahorro durante la etapa de operación del edificio, (h) *Análisis estructural*. El modelo BIM es usado para determinar el comportamiento del sistema estructural del proyecto y de esta forma desarrollar un sistema estructural efectivo y eficiente que cumpla con la normativa vigente, (i) *Análisis lumínico*. Proceso para determinar las condiciones de iluminación tanto artificiales como naturales a través de simulaciones, con el fin de proporcionar un óptimo diseño y rendimiento de la iluminación durante el ciclo de vida del proyecto, (j) *Análisis mecánico*. Proceso en el que se determina, a través de simulaciones, el mejor diseño para el óptimo desempeño de las instalaciones del proyecto, (k) *Otros análisis de ingeniería*. Proceso para determinar otros métodos específicos que se van a aplicar al diseño, (l) *Evaluación de sostenibilidad*. Proceso en el que se evalúa el proyecto BIM en base a criterios de sostenibilidad como LEED, EDGE, etc; (m) *Validación normativa*. Proceso en el que se verifica que el modelo cumpla con los parámetros normativos establecidos, (n) *Coordinación 3D*. Proceso de acoplamiento de los modelos de cada una de las disciplinas para evitar y detectar posibles interferencias, (o) *Programación de obra*. El modelo BIM es usado para planificar gráficamente el proceso de construcción del proyecto, (p) *Diseño de sistemas constructivos*. Proceso en el que

se realiza el análisis de los sistemas constructivos complementarios para optimizar su planificación, (q) *Fabricación digital*. Proceso que, gracias a la información de los modelos BIM, facilita la fabricación de componentes de construcción o ensamblajes. Con este proceso se garantiza la precisión y se reduce el desperdicio en la etapa de fabricación, (r) *Gestión de obra*. El modelo de información es utilizado para administrar y monitorear detalladamente el proceso de construcción del proyecto, (s) *Modelación as-built* (como se construyó). Proceso en el que se modela una representación precisa de las condiciones físicas, el entorno y las instalaciones del proyecto construido. Es la culminación del modelado BIM que servirá de insumo para las siguientes etapas del ciclo de vida, (t) *Mantenimiento preventivo*. Proceso en el que se planifica el mantenimiento de la infraestructura y el equipamiento del edificio para mejorar su desempeño y evitar el deterioro durante su ciclo de vida, (u) *Análisis de sistemas*. Proceso en el que se compara el desempeño del edificio construido con el diseño original. Se analizan los sistemas mecánicos y energéticos, entre otros, (v) *Gestión del activo*. Proceso en el que un sistema de gestión es vinculado al modelo as-built para el mantenimiento y la operación eficiente del edificio. Estos modelos BIM comprenden información sobre las condiciones físicas, el entorno y las instalaciones y deben mantenerse, actualizarse y operarse de manera eficaz y sostenible, (w) *Gestión de los espacios*. Proceso en el que se analiza el uso del espacio y se planifica un cambio, remodelación o ampliación del espacio, (x) *Gestión de emergencias*. Proceso en el que se proporciona información crítica de la infraestructura mediante un BAS (Building Automation System) con el propósito de mejorar la respuesta a emergencias y minimizar los riesgos de seguridad.

Una vez establecidos los usos BIM del proyecto, se deben identificar cuáles son de alta, mediana o baja prioridad para el desarrollo del proyecto. Para tener mayor claridad con el proceso de los usos, se diligencia un formato donde se establecen: (a) Los usos BIM, considerando su

concordancia con los objetivos del proyecto, (b) Los equipos responsables por cada uso BIM, especificando los miembros involucrados en el desarrollo del uso, y potenciales participantes que necesiten estar presentes en la implementación, (c) Las competencias necesarias para cada uso BIM.

Las competencias se clasificadas en: (a) Recursos requeridos para la implementación del uso BIM: Personal, software, capacitación de software, hardware, mantenimiento de TICs, (b) Competencias: Los conocimientos y capacidades del responsable para la implementación exitosa de BIM, (c) Experiencia: La importancia y el riesgo de cada uso BIM se centra en la implementación o la no implementación de BIM para cada uso. El equipo debe decidir si hacer uso de BIM basado en las características del proyecto y las capacidades del equipo, así como también el beneficio comparado con los costos de implementación.

Tabla 7. *Ejemplo de capacidad BIM requerida para usos BIM.*

USO BIM	PRIORIDAD	RESPONSABLES	CAPACIDAD REQUERIDA			RECURSOS/ COMPETENCIAS ADICIONALES REQUERIDAS PARA LA IMPLEMENTACION	NOTAS	PROCEDIMIENTO CON USO BIM
			Recursos	Competencias	Experiencia			
LEVANTAMIENTO DEL TERRENO	ALTA	Contratista	5	3	3	Escáner láser		Si
		Ingeniero civil	3	3	3	Software de nube de puntos		
ESTIMACIÓN DE CANTIDADES Y COSTOS	MEDIA	Contratista	2	1	3	Software para extracción de cantidades		Si
		Arquitecto	2	1	3	Software para presupuestación		
		Ingeniero civil	2	1	3	...		

5.3.2.3.2 Proceso de ejecución. Una vez identificados los usos BIM, se realiza un diagrama de procesos donde se muestre la secuencia y la interacción entre los usos BIM en el proyecto. De

esta forma los miembros del equipo comprenden claramente como es la interacción de sus procesos de trabajo y los procesos realizados por otros miembros del equipo.

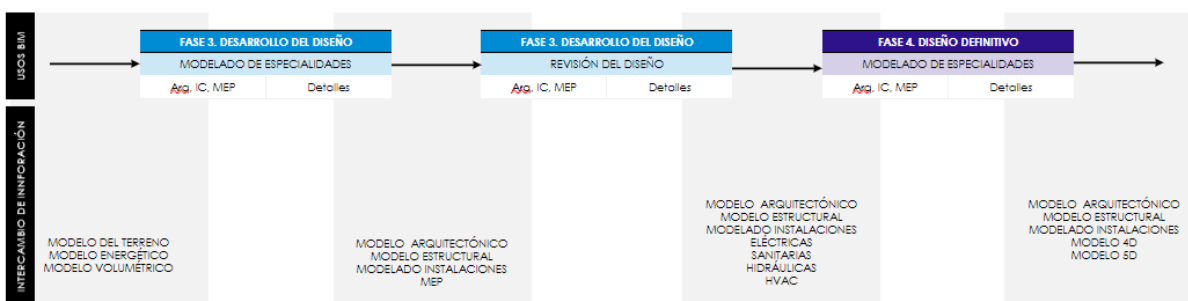
Para ilustrar el proceso se hace un diagrama general donde se indique el uso BIM, la fase en la que se va a desarrollar, los insumos que necesita para llevarse a cabo, los productos del proceso, los responsables del desarrollo y los detalles.

De esta forma se evidencian los intercambios de información a lo largo del desarrollo del proyecto: la información que se produce y que va a usarse como insumo para otros usos BIM y que simultáneamente van a determinar las dependencias entre los procesos.

Con este paso se esclarecen los entregables que deben producirse en cada uso.

Figura 48. *Esquema de entregables del desarrollo del diseño BIM entre roles.*



Figura 49. Ejemplo del esquema de entregables junto al uso BIM para las diferente disciplinas.

5.3.2.3.3 Intercambios De Información. En esta etapa se definen los intercambios de información que se van a realizar durante el desarrollo del proyecto. Para definir los intercambios de información, el equipo debe comprender que información se necesita para desarrollar cada uso BIM. De igual forma se especifican: (a) los responsables que van a usar la información producida a lo largo las siguientes etapas, (b) El archivo que se debe generar: los softwares que se van a implementar y sus versiones para garantizar la interoperabilidad en el intercambio de la información, (c) La información necesaria: nivel de desarrollo BIM de los insumos.

Nota: adicionales que podrían servir de ayuda a la hora de desarrollar los entregables.

5.3.2.3.4. Infraestructura para la implementación BIM. Como último paso se identifica y se define la infraestructura necesaria para implementar BIM de manera efectiva según lo planeado: (a) Softwares. El equipo del proyecto determina cual plataforma y la versión de softwares que se requiere para desarrollar los usos BIM que se definieron en la fase de planeación. De esta forma se garantiza la interoperabilidad de los archivos, (b) Hardware (Requerimientos Computacionales). Es importante tener en cuenta las especificaciones de los equipos para garantizar un desarrollo eficiente de la información, (c) Contenido del modelo e información de referencia. Se debe establecer las familias que se van a usar, los espacios de trabajo, las bases de

datos para cumplir con los requerimientos establecidos, (d) Espacio de trabajo interactivo. Lugar físico para llevar a cabo la colaboración, la comunicación y las revisiones que van a mejorar la toma de decisiones en el desarrollo del proyecto, (e) Plataformas de comunicación digitales. Necesarias para establecer la comunicación entre los miembros del equipo o los promotores, (f) Entorno común de datos. Plataforma digital a través de la cual se va a desarrollar el intercambio de información y la colaboración del proyecto, (g) Recurso humano. Personal capacitado para llevar a cabo los diferentes usos BIM y el cumplimiento de los roles y responsabilidades establecidos en el proceso.

5.3.2.3.5 Programación de reuniones. Se deben concertar reuniones o encuentros para el desarrollo óptimo de cada una de las fases del proyecto: (a) Identificar los objetivos y usos BIM, (b) Diseñar el proceso de ejecución, (c) Desarrollar los intercambios de información y definir la infraestructura para la implementación BIM, (d) Reuniones programadas para revisión, coordinación y colaboración del proyecto (controles de calidad), (e) Reuniones para entregas.

5.3.3 Etapa 2: Diseño conceptual

Con los datos obtenidos de la primera etapa, se inicia la coordinación de equipos interdisciplinarios para dar comienzo a las primeras ideas del proyecto, buscando alternativas de solución. En esta etapa, aporta consultores, ingenieros y arquitectos el soporte necesario para llegar a la solución más adecuada para cumplir con todos los requerimientos planteados.

Los materiales y sistemas constructivos, así como los criterios estructurales, empiezan a definirse en un nivel preliminar, sobre todo el nivel LOD que alcanzara el modelo.

Todas las variantes o alternativas propuestas se van incorporando y adaptando al Modelo. Durante la fase de trabajo y creación hay un continuo flujo de información entre el BIM Manager, los quipos de trabajo s, la propiedad, etc. Justo en esta etapa es donde el proyecto adquiere sus características principales y, por lo tanto, también nuestra plantilla de trabajo.

Aquí toma sentido otra regla del modelado "Guardar la Configuración", en esta etapa la plantilla de trabajo ha tomado forma y el modelo empezará a ser generado, el proyecto en esta etapa se tornará complicado ya que es la parte en que se toman más decisiones, por lo tanto, es muy posible que cambie en algún punto, sería un desastre tomar una decisión diferente y tener que volver a configurar la plantilla del modelo.

Se desarrolla el PEP BIM siguiendo las pautas del siguiente cuadro:

5.3.4 Etapa 3: Pre-diseño

Una vez definido el esquema conceptual se inicia la fase de pre-diseño; En esta fase se define con detalle la configuración espacial y formal del edificio, así como los sistemas estructurales y constructivos, por la parte del modelado ya se debieron haber definido los tipos de objetos de apoyo a la plantilla, así como los formatos de salida.

El cálculo estructural definirá espesores, tipo de perfil o armaduras. Con los resultados obtenidos se actualiza el MODELO. Esta información nos permitirá ir trabajando para en la siguiente fase llegar al LOD400.

Una vez realizados los ajustes al proyecto se hace una nueva presentación, y así sucesivamente hasta llegar al anteproyecto definitivo. El MODELO va integrando mayor nivel de detalle LOD 300, en esta fase las mediciones son mucho más precisas, se inicia un proceso continuado en búsqueda de conflictos (interferencias, Incongruencias o Faltantes) constructivos tanto físicos como de espacio.

Se desarrolla el PEP BIM siguiendo las pautas del siguiente cuadro:

[illegible]

5.3.5 Etapa 4: Diseño definitivo

Solo cuando se cuenta con la etapa de prediseño, es decir, que cumpla con los requerimientos planteados inicialmente y los que hayan surgido en el proceso, se inicia la fase de diseño definitivo. Esta consiste fundamentalmente en el desarrollo de los documentos gráficos y escritos que contienen toda la información necesaria para la construcción del edificio, incluyendo el dimensionamiento preciso, especificaciones de materiales y detalles, entre otros aspectos.

En esta fase se trabaja fundamentalmente el detalle y se consigue un nivel LOD400, se verifican conflictos y fundamentalmente se corrigen las posibles carencias en el sistema de trabajo propuesto. Se entregará el MODELO BIM, ARCHICAD o REVIT, para que puedan disponer de los diversos planos en 2D y las correspondientes mediciones.

Los planos desarrollados en esta etapa, con un alto contenido técnico, debe ser verificados por el equipo de la DRO o GESTOR para cumplir con todos los requisitos de la normativa local para ser aprobados y poder iniciar las obras.

En esta fase, el proceso de trabajo BIM comienza a sustentarse en el uso de MODELOS 3D ASOCIADOS A BASE DE DATOS RELACIONAL basado en la integración de la metodología de creación BIM y sistemas VDC (Virtual Design and Construction) personalizados al proyecto.

Se desarrolla el PEP BIM siguiendo las pautas del siguiente cuadro:

5.3.6 Etapa 5: Diseño constructivo

En esta etapa los modelos cumplen con los requisitos de información necesarios para su ejecución. Este modelo se caracteriza por su precisión: los diseños están revisados, aprobados y perfectamente coordinados con todas las disciplinas de diseño con el fin de evitar inconvenientes en la obra de construcción. Además, este modelo permite, a partir de las mediciones hechas en la fase de presupuesto, planificar los gastos y la secuencia de construcción.

Se desarrolla el PEP BIM siguiendo las pautas del siguiente cuadro:

Tabla 11. *Elaboración del PEP - Etapa 5 (Diseño Constructivo).*

[illegible]

5.3.7 Etapa 6: Construcción y entrega de la obra

El modelo BIM en esta etapa es utilizado para la ejecución de la planificación, por el equipo de construcción. Este modelo permite gestionar y visualizar el avance de la construcción en tiempo real.

La información que se entregará al contratista debe estar definida en el pliego de condiciones y especificada en los documentos contractuales.

El contratista debe hacer evidente cualquier error u omisión de información en el modelo y comunicarlo al coordinador BIM del proyecto con la finalidad de realizar las respectivas correcciones.

El contratista debe entregar los datos de información del proyecto ‘As built’ al equipo de diseño para actualizar el modelo BIM y corresponda con la configuración final con el objetivo de usarlo para la posterior gestión y mantenimiento del activo durante el uso.

Ejecución del Proyecto del PEP BIM de la etapa de construcción.

5.3.8 Etapa 7: Uso y mantenimiento del edificio

El modelo BIM ‘As built’ permite gestionar el activo a lo largo de su ciclo de vida, de esta forma facilita las mediciones para elementos constructivos, superficies útiles, superficies y volúmenes generales, gestión de espacios, remodelaciones, etc.

En esta fase se realiza la comparación de los resultados de las simulaciones hechos en las fases de diseño con el comportamiento del edificio ya construido.

5.3.8.1 Documentación Oficial De Los Sistemas De Los Edificios.

5.3.8.2 Programación Del Mantenimiento Preventivo De Instalaciones.

6. Conclusiones

La metodología BIM para el AMB que consta de 4 etapas en la fase de diseño (ver figura 42) da respuesta al 33.3% de las empresas que requieren de capacitación para implementar BIM dentro de su empresa con el fin de lograr los cambios en el flujo de la información, prácticas y procedimientos entre disciplinas, incrementando la coordinación bilateral interdisciplinar, gracias al alto contenido de interoperabilidad que podría llegar a presentarse y generar, según Meireles, reducción de hasta un 30% del coste total de los proyectos de construcción.

Un 50% de las empresas no implementan actualmente BIM en el AMB o la utilizan poco en sus proyectos (Ver figura 28), pero están interesadas en su implementación a futuro con una disposición del 78.6% del sector AEC para disponer recursos en corto y/o mediano plazo para iniciar el proceso de implementación e ir más allá del modelado de edificaciones por disciplinas con fines en la interacción interdisciplinaria en todas las etapas del proceso evidenciadas en la metodología BIM propuesta para el AMB.

Al finalizar la encuesta y analizar los resultados se concluyó que para la realización de la metodología BIM en el Área Metropolitana de Bucaramanga sí hay un campo de acción puesto que hay un reconocimiento superficial del significado de BIM (59.6%) y están positivos en continuar el camino como miras en la implementación a corto plazo (78,6%).

Debido a que la actividad principal de las empresas del sector AEC en el AMB en un 57.4% en la construcción se recomienda expandir la investigación y establecer los roles, entregables, insumo y actividades que se deben desempeñar en la metodología BIM para el AMB en las etapas de construcción y mantenimiento en la realización de los proyectos.

Como consecuencia de la conformación mayoritaria de las empresas por un personal de planta entre 3-5 personas quienes se encargan únicamente del proceso de gestión empresarial en

un 57.4% de los encuestados (ver figura 22), realizan subcontratación en un 42.6% del diseño estructural, para adquirir el servicio de diseñadores, motivo por el cual, los profesionales en Ingeniería en el sector del AEC deben capacitarse antes de entrar en cargos públicos y/o privados que requieran de un conocimiento BIM debido a que las empresas y usuarios BIM utilizan únicamente el software AutoCAD Autodesk para sus proyectos, el cual, es un software limitado por interfaz para la interacción interdisciplinaria en la realización de diseños e intercambio de información en tiempo real, practica notoria especialmente en la Ingeniería Civil más que en la Arquitectura.

Los roles dentro de la metodología BIM deben ser estipulados desde la dirección BIM como consecuencia de la configuración de las microempresas en su cultura organizacional y consecuente del mismo modo, de la subcontratación; estableciéndose desde el equipo del promotor, los cargos y/o roles BIM para la ejecución de los proyectos.

La educación BIM que se presenta en el AMB según la literatura se hace desde la academia y en muchos casos por decisión personal, es necesario, que las empresas privadas impulsen con mayor profundidad el uso en totalidad de BIM en la etapa de diseño debido a que al modelo de implementación BIM del panorama Colombiano, en palabras de Andrew Friendly³, es “Botton-up” que significa desde las empresas hasta el campo público.

Así mismo, se evidencia el panorama general que tienen las microempresas respecto a BIM, las cuales concluyeron que BIM permite ahorro de tiempo, optimización del proceso, mayor calidad y rentabilidad (63%). Del mismo modo, se demuestra que hay una idea de implementación puesto que existe un 40,7% de empresas que han implementado BIM encontrando obstáculos al

³ Directo de asuntos gubernamentales de Autodesk.

momento de realizar sus proyectos, los cuales son los siguientes: no hay demanda del promotor (54,5%), no hay marco contractual para trabajar con BIM (54,5%), falta de experiencia de la empresa (45,5%), Costos elevados (45,5%), falta de tiempo para actualizarse (45,5%), falta de herramientas y protocolos estandarizados (45,5%).

La metodología BIM para el AMB busca resolver algunas de las principales dificultades y que va de la mano con lo propuesto en el plan de gobierno expuesto por la vicepresidenta Marta Lucía Ramírez en el Congreso de la Construcción realizado por CAMACOL los días 16,17 y 18 de septiembre de 2020, donde se busca la implementación de la metodología en proyectos públicos en un plazo de 6 años como medida para incrementar la rentabilidad en el sector de la construcción en Colombia y de esta manera aportar a la reactivación de la economía colombiana tras la pandemia COVID-19.

Referencias

- ACCA software S.p.A. (n.d.). Todos los acrónimos del BIM: a continuación un pequeño vocabulario BIM que hace falta conocer (Parte 1) -. Retrieved April 26, 2020, from BibLus website: <http://biblus.accasoftware.com/es/acronimos-del-bim/>
- Arboleda, A., & Valencia, D. (2012). IMPLEMENTACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS BIM COMO HERRAMIENTA PARA LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA EDIFICACIÓN (Vol. 66). Pontificia Universidad Javeriana.
- BIM FORUM COLOMBIA. (2019a). Anexo Contractual. In *Bim Kit Camacol*. COLOMBIA.
- BIM FORUM COLOMBIA. (2019b). Gestión de la información. In *BIM Kit Camacol*. COLOMBIA.
- BIM FORUM COLOMBIA. (2019c). *Indicadores clave de desempeño bim*. COLOMBIA.
- BIM FORUM COLOMBIA. (2019d). Roles Y Perfiles En La Metodología Bim. In *BIM Kit Camacol*. COLOMBIA.
- BuildingSMART Spain. (2019). *INTRODUCCIÓN A LA SERIE EN-ISO 19650 PARTE 1 Y 2*.
- BuildingSMART Spanish Chapter. (n.d.). ¿Qué es BIM? Retrieved March 28, 2020, from BuildinSMART Spanish Chapter website: <https://www.buildingsmart.es/bim/qué-es/>
- Burgos, J. (2019). *Challenges in the implementation of Building Information Modeling (BIM) in Colombia Small and Medium Enterprises (SMEs): the case study of the recreational center of Apulo, Colombia*. POLITENICO MILANO.
- CAMACOL. (2018, November 2). Constructoras mejorarán su planificación, ejecución y operación con la metodología BIM | Camacol. Retrieved June 6, 2021, from <https://camacol.co/comunicados/constructoras-mejorarán-su-planificación-ejecución-y-operación-con-la-metodología-bim>

- Choclán, F., & Soler, M. (2014). INTRODUCCION A LA METODOLOGÍA BIM. Felipe. *Spanish Journal of BIM*, 1, 4–10.
- Choclan Gámez, F., Sanchez Vicente, H., Soler Severino, V., & Soler Severino, M. (2018). Definición de roles y responsabilidades en el ciclo de vida del proyecto BIM en el proceso constructivo. *Spanish Journal of BIM*, 1901, 14–24.
- DANE. (2019). *Producto Interno Bruto (PIB)*. Bogotá D.C.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2013). BIM Handbook: A Guide to building information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Second, Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ferreiro, G., & Tort, A. (n.d.). *CONSTRUYENDO EL EQUIPO, AEC en la Era Digital, Filosofía de la Tecnología* (p. 28). p. 28. España: BIMfreelance y Zigurat.
- Gomez-Sanchez, J. M., Ponz-Tienda, J., & Romero-Cortés, J. (2019). LEAN AND BIM IMPLEMENTATION IN COLOMBIA ; INTERACTIONS AND LESSONS. *Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, (July), 1117–1128. <https://doi.org/10.24928/2019/0150>
- Gomez, J., Rojas, J., & Aibinu, A. (2016). THE STATUS OF BIM ADOPTION AND IMPLEMENTATION EXPERIENCES OF CONSTRUCTION COMPANIES IN COLOMBIA. *VII Elagec - II SeINco*, 10. <https://doi.org/10.1525/aa.1917.19.3.02a00170>
- Gonzáles, C. (2015). Building information modeling (Universidad Politecnica de Valencia). <https://doi.org/10.4324/9781315797076>
- Grupo de trabajo de la industria BIM (BIWG). (2011). *Un informe para el grupo de clientes de la construcción del Gobierno*. Londres.

- Hardin, B., & McCool, D. (2015). *BIM and Construction Managment* (Second; T. Cirtin, J. Conover, R. Anderson, E. Welch, & M. Barsolo, Eds.). Indiana: Wiley Brand.
- Hore, A., McAuley, B., & West, R. (2017). BICP Global BIM Study: Lessons for Ireland's BIM Programme. *Construction IT Alliance (CitA) Limited*, 56.
<https://doi.org/10.21427/D7M049>
- Jung, W., & Lee, G. (2015). The Status of BIM Adoption on Six Continents. *International Journal of Civil, Structural, Construction and Architectural Engineering*, 9(5), 406–410.
- Laakso, M., & Kiviniemi, A. (2012). The IFC standard - A review of history, development, and standardization. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 17(May), 134–161.
- Limas, D. (2019). *METODOLOGÍA BIM APLICADA A LA FASE DE PREFACTIBILIDAD DE UN PROYECTO VIAL DE TERCER ORDEN EN COLOMBIA*. Universidad Santo Tomás.
- Lozano Serna, S., Patiño Galindo, I., Gómez-Cabrera, A., & Torres, A. (2018). Identificación de factores que generan diferencias de tiempo y costos en proyectos de construcción en Colombia. *Ingeniería y Ciencia*, 14(27), 117–151.
<https://doi.org/10.17230/ingciencia.14.27.6>
- Meireles, Antonio. (n.d.). *MBIM Implementación, BIG BIM , LITTLE BIM BIG BIM – La implementación del BIM en la Gran Empresa* (p. 17). p. 17. España: BIMfreelance y Zigurat.
- Meireles, António. (n.d.). *MBIM Implementación, Enfoque multidimensional*.
- Portilla, M., Rojas, A., & Hernández, I. (2014). INVESTIGACIÓN CUALITATIVA: UNA REFLEXIÓN DESDE LA EDUCACIÓN COMO HECHO SOCIAL. *Docencia Investigación Innovación*, 3, 86–100.

- Ramírez-Sáenz, J., Romero-Cortés, J., Ponz-Tienda, J., Gómez-Sánchez, J., & Gutiérrez-Bucheli, L. (2018). Requirements for a BIM execution plan (BEP): a proposal for application in Colombia Requisitos para un plan de ejecución de BIM (BEP): propuesta de. *Building & Managment*, 2(2), 05–14.
- Salazar, M., & Galindo, J. (2018). Impacto económico del uso de BIM en el desarrollo de proyectos constructivos: Estudio de caso en Manizales (Colombia) (Vol. 39). Universidad Nacional de Colombia.
- The British Standards Institution. (2013). Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling: PAS 1192-2:2013. *BSI Standards Publication*, (1), 1–68. <https://doi.org/10.1069/bsi/1192-2/2013>. Published by the British Standard Institute. British Standard Limited. ISSN9780580781360. /BIM TASK GROUP
- Van den Enden, R. (2017, November 7). Cuatro dificultades que deberá superar para implementar BIM de forma exitosa | Construyored. Retrieved April 26, 2020, from Construyored website: <https://construyored.com/noticias/1822-cuatro-dificultades-que-debera-superar-para-implementar-bim-de-forma-exitosa>
- Weygant, R. (1973). BIM context development. In *John Wiley and Sons, Inc* (First). New Jersey.
- Wierzbicki, M. (2011). BIM – History and Trends. *International Conference on Construction Applications of Virtual Reality*, (October). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/259390230_BIM_-_History_and_Trends

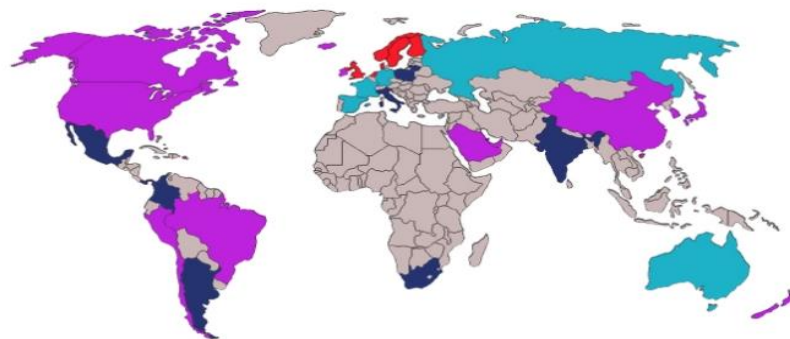
Apéndices

Apéndice A. Producto Interno Bruto En Colombia Extraído Del DANE.

Actividad económica	Tasas de crecimiento		
	Serie original		Serie corregida de efecto estacional y calendario
	Año corrido	Anual	Trimestral
	2019 ^{Pr} / 2018 ^P	2019 ^{Pr} - IV / 2018 ^P - IV	2019 ^{Pr} - IV / 2019 ^{Pr} - III
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	2,0	3,9	1,5
Explotación de minas y canteras	2,1	2,0	-0,7
Industrias manufactureras	1,6	1,4	0,6
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado ²	2,8	2,7	0,3
Construcción	-1,3	-0,1	1,9
Comercio al por mayor y al por menor ³	4,9	4,7	0,2
Información y comunicaciones	1,7	0,4	1,2
Actividades financieras y de seguros	5,7	4,6	-1,6
Actividades inmobiliarias	3,0	2,8	0,6
Actividades profesionales, científicas y técnicas ⁴	3,7	3,6	0,0
Administración pública, defensa, educación y salud ⁵	4,9	4,9	1,7
Actividades artísticas, de entretenimiento y recreación y otras actividades de servicios ⁶	3,4	2,4	0,0
Valor agregado bruto	3,2	3,2	0,4
Total impuestos menos subvenciones sobre los productos	4,6	5,3	1,0
Producto Interno Bruto	3,3	3,4	0,5

Apéndice B. Implantación BIM en el mundo.

Implantación de BIM



Mapa de Implantación BIM 2016

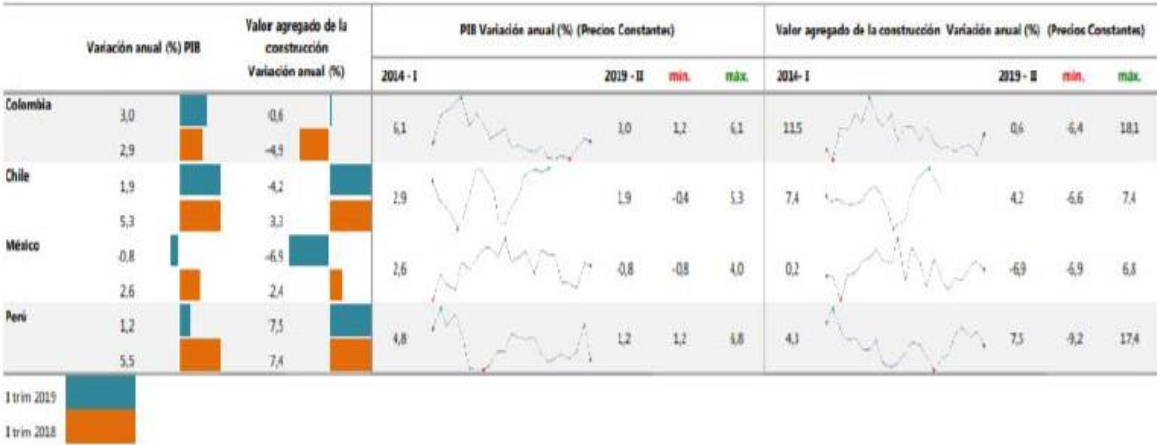
Uso BIM Obligatorio en Proyectos Públicos

Uso Obligatorio previsto en Proyectos Públicos

Uso habitual de BIM

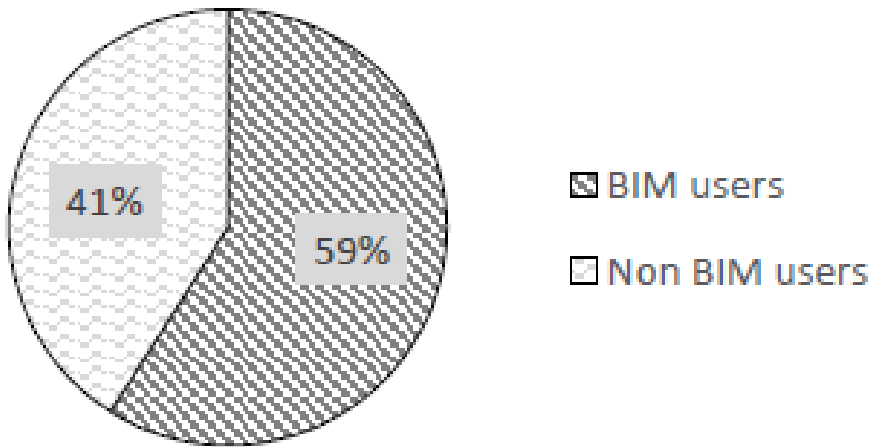
Uso incipiente de BIM

Apéndice C. Valor anual añadido del PIB 2014-2019 del sector de la construcción de algunos países de América Latina.

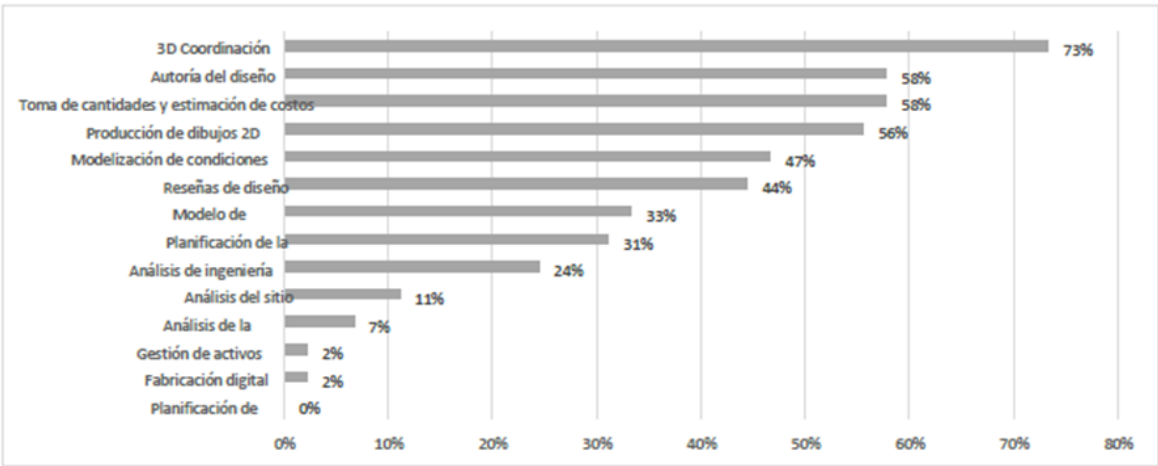


Graph 2: Total GDP, added value of the construction branch for main Latin American countries. Annual variation 2014 (I quarter) - 2019 (II quarter) (DANE, 2019)

Apéndice D. Usuarios BIM y No Usuario en Colombia.



Apéndice E. Porcentaje De Usos BIM.



Apéndice F. Top 10 de los factores más influyentes en las variaciones de tiempo.

No.	Grupo al que pertenece	Factor	% varianza
1	Planeación	Falta de materiales	28 %
2	Partes involucradas	Falta de comunicación entre las partes	9 %
3	Agentes externos	Fluctuaciones de la moneda	7 %
4	Agentes externos	Prácticas fraudulentas	7 %
5	Otros aspectos	Tipo de proyecto	6 %
6	Partes involucradas	Productividad laboral inadecuada	5 %
7	Planeación	Cambios en el alcance del contrato	4 %
8	Otros aspectos	Experiencia del entrevistado	3 %
9	Planeación	Planeación de cronograma inadecuada	3 %
10	Planeación	Falta de maquinaria	3 %

Apéndice G. Top 10 de los factores más influyentes en las variaciones de tiempo.

No.	Grupo al que pertenece	Factor	% varianza
1	Planeación	Planeación de cronograma inadecuada	21 %
2	Planeación	Falta de maquinaria	14 %
3	Planeación	Cambios en diseños	9 %
4	Agentes externos	Fluctuaciones de la moneda	6 %
5	Otros aspectos	Sector en la actividad económica	6 %
6	Planeación	Falta de materiales	5 %
7	Planeación	Planeación de presupuesto inadecuada	5 %
8	Partes involucradas	Incumplimiento de subcontratistas	5 %
9	Partes involucradas	Incorrecta administración de recursos monetarios	5 %
10	Otros aspectos	Experiencia del entrevistado	4 %

Apéndice H. BIM en Latinoamérica,

Figure 14: BIM use in Latin America (EDITECA, 2019)