



ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN UNA PYME
COLOMBIANA

RAMÓN DAVID MOSQUERA ASPRILLA

Proyecto de grado para optar por el título de maestría en ingeniería

Asesor

Luis Fernando Botero Botero

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE CIENCIAS APLICADAS E INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA
MEDELLÍN
2025

Agradecimientos.

Quiero expresar mi profunda gratitud a Dios por darme la fortaleza y las oportunidades necesarias para avanzar en la adquisición de este nuevo conocimiento, el cual espero poder compartir con quienes estén interesados en este tema.

Extiendo un sincero agradecimiento al profesor Luis Fernando Botero, quien, desde el primer día, me brindó su apoyo incondicional y me acompañó de manera cercana durante todo el proceso de elaboración de mi trabajo de grado para la obtención del título de maestría en ingeniería.

También quiero dedicar unas palabras a mis padres y hermanos, quienes han sido un pilar fundamental en cada uno de los propósitos que me he trazado. Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, me han apoyado y motivado a lo largo de este ejercicio académico. ¡Gracias a todos!

CONTENIDO

	pág.
0. INTRODUCCIÓN	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
2. JUSTIFICACIÓN	16
3. ANTECEDENTES.....	18
4. OBJETIVOS	21
4.1. GENERAL.....	21
4.2. ESPECÍFICOS.....	21
5. MARCO TEÓRICO O MARCO CONCEPTUAL.....	22
5.1. INTRODUCCIÓN.....	22
5.2. DEFINICIÓN DE BIM.....	22
5.2.3. EQUIPO DE PORYECTOS BIM	23
5.2.4. EQUIPO DE NETREGA DE INFORMACIÓN.....	23
5.2.5. EQUIPO DE TAREAS.....	23
5.3. ESTANDAR BIM.....	23
5.4. REQUERIMIENTOS DE INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN (EIR).....	24
5.4.1. REQUERIMIENTO DE INFORAMCION DEL ACTIVO	25
5.4.2. REQUERIMIENTO DE INFORMACIÓN DEL PROYECTO (PIR).....	25
5.4.3. REQUERIMIENTO DE INFORMACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN (OIR).....	25
5.5. PLAN DE EJECUCIÓN BIM (BEP)	26
5.6. USOS BIM.....	27
5.7. DIMENSIONES BIM.....	27
5.8. MATRIZ DETALLADA DE RESPONSABILIDADES	28
5.9. NIVEL DE DETALLE (LOD).....	29
5.11. NIVEL DE INFORMACIÓN (LOI).....	30
5.12. NIVEL DE MADUREZ BIM.....	30
5.13. MATRIZ DE MADUREZ BIM.....	31
5.14. PORTALES BIM.....	32
5.14.1. BUILDING SMART	32
5.14.2. BIM FORUM COLOMBIA.....	32
5.16. OPEM BIM.....	33
5.17 HERRAMIENTAS TECNOLOGICAS.....	33
6. DISEÑO METODOLÓGICO O METODOLOGÍA.....	35

6.1 RESULTADO FASE 1: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	36
6.1.1 Búsqueda en Bases de Datos.....	36
6.1.1.1 Búsqueda Descubridor EDS.....	37
6.1.1.2 Búsqueda Scopus.....	37
6.1.1.3 Búsqueda Science Direct	39
6.1.1.4 Directrices para la implementación de BIM en organizaciones según “BIM Fórum Colombia”.....	39
7. RESULTADOS.....	41
7.1 RESULTADO FASE 2: IDENTIFICACIÓN DE CARACTERISTICAS DE LA PYME EN ESTUDIO.....	41
7.2 RESULTADO FASE 3: PASOS RUTA BIM DE BIM FORUM COLOMBIA.....	46
7.2.1 INICIO	47
6.3.1.1 A: Definir un responsable de proceso y un patrocinador de nivel estratégico gerencial.....	47
6.3.1.2 B: Realizar un Diagnóstico de la compañía	47
6.3.2.3 C: Consultar documentos técnicos	50
7.2.2 PLANEACIÓN	53
7.2.2.1 A: Alinear metodología con la misión y visión de la compañía.....	53
7.2.2.2 B: Establecer objetivos a corto, mediano y Largo Plazo.....	53
7.2.2.3 C: Definir roles y responsabilidades BIM.....	56
7.2.2.4 D: Plan de Implementación BIM.....	58
7.2.3 EJECUCIÓN.....	59
7.2.3.1. A: Desarrollo del estándar BIM de la Organización.....	59
7.2.3.2. B: Reingeniería de procesos.....	59
7.2.3.3. C: Desarrollo de capacitaciones en metodología, procesos y herramientas.....	60
7.2.3.4. D: Desarrollo de transformación tecnológica en hardware y software.....	61
7.2.3.5. E: Desarrollo el proyecto piloto	62
7.2.4. MEDICIÓN Y SEGUIMIENTO	63
7.2.4.1. A: Realizar medición y seguimiento	63
7.2.4.2. B: Incentivar participación de los equipos de trabajo.....	64
7.2.4.3. C: Identificar oportunidades de mejora.....	64
7.2.5. RETROALIMENTACIÓN.....	65
7.2.5.1. A: Realizar matriz de madurez BIM.....	65
7.2.5.2. B: Identificar oportunidades de mejora y ajustar las políticas y procesos para nuevos proyectos.....	65
7.2.5.3. C: Validar alcance y entregables	66
7.2.6. ESTRUCTURA PARA “REQUERIMIENTOS DE INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN (EIR)”.....	67

7.2.6.1.	Información General del proyecto.	68
7.2.6.2.	Propósito, Metas y Objetivos de la Información del Proyecto.	69
7.2.6.2.1.	Metas.	69
7.2.6.2.2.	.....	69
7.2.6.2.3.	.....	70
7.2.6.2.4.	.....	70
7.2.6.3.	Cronograma del Plan de Trabajo.	71
7.2.6.4	Gestión de activos.	71
7.2.6.5	Marco contractual.	72
7.2.7.	ESTRUCTURA DEL PLAN DE EJECUCIÓN BIM (BEP).	73
7.2.7.1.	Plan de ejecución BIM de Desarrollo (BEP).....	73
7.2.7.2.	Responsabilidades de gestión y producción de información.....	74
7.2.7.2.1	.....	74
7.2.7.2.2	.....	74
7.2.7.2.3	Estrategia de capacitación equipo de producción.....	75
7.2.7.3.	Matriz de actividades y entregables.	75
7.2.7.3.1.	.....	76
7.3.3.4.4.	.....	76
7.2.7.4.	Información de referencia y recursos compartidos	76
7.2.7.5.	Estructura de carpetas.....	77
7.2.7.6.	Estrategia de Colaboración.....	77
7.2.7.6.1	.....	77
7.2.7.6.2	.....	77
7.2.7.6.3	.....	78
7.2.7.7	“Estrategia de coordinación”.....	78
7.2.7.7.1	.....	79
7.2.7.8.	Proceso de control y aseguramiento de Calidad.....	79
7.2.7.9.	Plataformas de Trabajo.	79
7.2.8.	GUÍA PARA DE MODELADO BIM.	81
7.2.8.1.	Estándares para el modelado en el diseño.	81
7.2.8.2.	Requerimientos de modelado BIM.....	83
7.2.8.3.	Control de Calidad del modelo.....	88
7.2.9.	GUÍA DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	89
7.2.9.1.	Ambiente Común de Datos (CDE).....	89
7.2.9.2.	Tipos de archivo de información.	91

7.3 RESULTADO FASE 4: PROPUESTA DE PROCESOS, PERSONAL, COMPETENCIAS Y TECNOLOGÍA PROPUESTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN BIM EN LA PYME EN ESTUDIO.	95
7.3.1. ANÁLISIS DEL DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA PYME.	96
7.3.2. PROPUESTA DE PERSONAS Y COMPETENCIAS PARA IMPLEMENTACIÓN BIM EN LA PYME.	97
7.3.2.1. Definición de patrocinador y promotor para la implementación BIM en la PYME.	97
7.3.2.2. Propuesta de estructura para equipo de proyecto para implementación BIM en la Pyme.	97
7.3.2.3. Definición de partes y responsables del equipo de proyectos.	99
7.3.2.4 Propuesta de capacidades del equipo de proyectos.	99
7.3.3. PROPUESTA FLUJOS DE TRABAJO SEGÚN DIAGNÓSTICO DE LA COMPAÑÍA.	101
7.3.3.1 Propuesta de Flujos de trabajo internos de la PYME.	101
7.3.3.2. Propuesta de flujos externos de trabajo entre disciplinas del equipo de proyecto.	103
7.3.4. PROPUESTA DE TECNOLOGÍA PARA IMPLEMENTACIÓN BIM EN LA PYME.	108
7.3.4.1 Propuesta de Entorno Común de Datos: Google Drive.	109
7.3.4.2 Propuesta de Software de modelado: Revit.	109
7.3.5. DEFINICIÓN DE PROYECTO PILOTO PARA IMPLEMENTACIÓN BIM EN LA PYME.	111
7.3.6. CONSTRUCCIÓN DE REQUERIMIENTOS DE INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN. (EIR) PARA LA IMPLEMENTACIÓN BIM EN LA PYME.	112
7.3.7. ANÁLISIS DE OFERTAS Y DESIGNACIÓN (CONTRATACIÓN).	113
7.3.8. CONSRUCCIÓN DE PLAN DE EJECUCIÓN BIM (BEP).	114
7.3.9. MOVILIZACIÓN DE RECURSOS.	116
7.3.8.1. Propuesta de estructura de Presupuesto para implementación BIM en la Pyme.	117
7.3.10. PRODUCCIÓN DE LA INFORMACIÓN.	118
7.3.11. ENTREGA DE MODELOS DE INFORMACIÓN.	119
7.3.12. CIERRE.	120
7.3.11.1 Propuesta de Indicadores clave de Desempeño BIM.	121
8. CONCLUSIONES	125

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Serie ISO 19650 como estándar BIM.	24
Tabla 2. Dimensiones BIM [47].	28
Tabla 3. Tipos de niveles de desarrollo (LOD) [51].	29
Tabla 4. Tipos de niveles de madurez BIM [55].	31
Tabla 5. Software BIM comúnmente usados.	34
Tabla 6. Fases de metodología de trabajo de investigación.	35
Tabla 7. Ecuaciones de búsqueda de información para marco conceptual.	37
Tabla 8. Matriz de Madurez BIM evaluada. [63]	45
Tabla 9. Propuesta modelo Kotter para gestión del cambio en el proceso de implementación BIM en PYME estudiada [64].	52
Tabla 10. Objetivos propuestos para planeación estratégica y priorización a corto, mediano y largo plazo.[64].	56
Tabla 11. Propuesta de Partes, Roles responsables de Implementación para Pyme en estudio.[66].	57
Tabla 12. Términos para trabajo entre partes de la metodología BIM según ISO-19650 [66]	58
Tabla 13. Roles recomendados según complejidad o tamaño del proyecto[32].	58
Tabla 14 Estándares BIM propuesto para PYME estudiada [43].	59
Tabla 15. Puntos de reingeniería de procesos. [64]	60
Tabla 16. Plan de capacitaciones propuesta en metodología, procesos y herramientas BIM [64].	61
Tabla 17. Puntos para transformación tecnológica. [64]	62
Tabla 18. Indicadores propuestos de gestión BIM. [64].	64
Tabla 19. Ejemplo de información General [39].	68
Tabla 20. Ejemplo segregación del proyecto [39]	68
Tabla 21. Ejemplo desglose de unidades constructivas [39]	69
Tabla 22. Ejemplo de metas [39]	69
Tabla 23. Ejemplo de objetivos [39].	70
Tabla 24. Ejemplo propósitos establecidos y su relación con los usos BIM.	70
Tabla 25. Ejemplo definición y Alcance de los Usos BIM en el Proyecto. [39]	71
Tabla 26. Ejemplo planteamiento cronológico de Plan de Trabajo [39].	71
Tabla 27. Ejemplo definición de plan de estrategia para equipo de producción [43].	75
Tabla 28. Ejemplo de requerimientos de información según el hito para el BEP [43].	75
Tabla 29. Ejemplo para información de referencia y recursos compartido para el BEP [43].	76
Tabla 30. Ejemplo de estructura de carpetas según el BEP [43].	77
Tabla 31. Ejemplo Reuniones del proyecto para el BEP [43].	77
Tabla 32. Ejemplo de plazos para el cumplimiento del cronograma de entregables para el BEP [43]. ..	78
Tabla 33. Ejemplo de procesos de coordinación BIM [43].	79
Tabla 34. Ejemplo de herramientas de intercambio y generación de información para el BEP [43].	80
Tabla 35. Relación USOS BIM y USOS secundarios BIM [68].	84
Tabla 36. Relación entre etapa de diseño, LOD y USOS BIM.	88
Tabla 37. Descripción de propuesta de estructura de carpetas [69].	92
Tabla 38. Ejemplo de estructura de esquema de nomenclatura [69].	94
Tabla 39. propuesta de responsable de proceso de Implementación para la Pyme en estudio.	97
Tabla 40. Propuesta Capacidades Equipos de trabajo Metodología BIM en la PYME.	100
Tabla 41. Propuesta de flujo de trabajo para desarrollo de metodología BIM entre Disciplinas.	105
Tabla 42. Propuesta de partes de la metodología BIM según ISO 19650 Para Pyme en estudio.	108

Tabla 43. Propuesta de estructura tecnológica para implementación BIM en PYME.	108
Tabla 44. Propuesta de indicadores de desempeño para PYME en estudio en su proceso de implementación BIM [65].	122
Tabla 45. Anexo 2. Matriz de asignación de la gestión de la información BIM.	3
Tabla 46. Anexo 3. Formato de aseguramiento de la calidad de los modelos BIM [68].	6
Tabla 47. Anexo 4. Propuesta de presupuesto para implementación BIM.	2

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Relación de conceptos de “requisitos de intercambio de información (EIR)”.[39].....	24
Figura 2. Esquema de usos BIM generales [45].....	27
Figura 3. Ilustración Dimensiones BIM [48]	28
Figura 4. Ilustración Tipos de niveles de desarrollo (LOD) [51].....	30
Figura 5. Pasos de Capacidad BIM [56].....	31
Figura 6. Niveles para índice de madurez BIM[56].....	31
Figura 7. Documentos por años según ecuación de Búsqueda relacionada a metodología BIM.....	38
Figura 8. Países con mayor número de publicación según ecuación de búsqueda relacionada a la metodología BIM.	39
Figura 9 Evaluación capacidad BIM PYME en estudio.....	42
Figura 10. Característica que conforman la matriz madurez BIM.	42
Figura 11. Evaluación Madurez BIM PYME en estudio.	43
Figura 12. Evaluación Matriz de madurez BIM PYME en estudio.	43
Figura 13. Etapas de hoja de ruta de implementación BIM CAMACOL.	46
Figura 14. Propuesta de ciclo Deming como base para el desarrollo de indicadores [65].....	49
Figura 15. Pasos relevantes para el desarrollo de un proyecto Piloto de Implementación BIM [64]	63
Figura 16. Jerarquía de requerimientos de Información Según NTC-ISO 19650-1 [39].....	67
Figura 17. Flujo de estrategia de resolución de conflictos en el BEP [43].....	78
Figura 19. Flujo de estados de la información según NTC- ISO 19650-1[69].	89
Figura 20. Ejemplo de nomenclatura siguiendo la norma propuesta [69].....	92
Figura 21. Ejemplo de estructura de carpetas para lograr nomenclatura [69].....	93
Figura 22. Organigrama propuesto como estructura jerárquica dentro del equipo de Proyecto BIM para la PYME en estudio.....	98
Figura 23.Propuesta de proceso interno para concepción de la metodología BIM en la PYME estudiada.....	102
Figura 24. Propuesta proceso general interno para apertura de la Implementación BIM en la PYME estudiada.....	102
Figura 25. Propuesta gráfica de flujo de trabajo para ejecución de metodología BIM entre Disciplinas (Externo).....	107
Figura 26. Flujo de solicitud de oferta para PYME.	113
Figura 27. Aspectos clave para la construcción del BEP en la PYME por el director de proyectos...	116
Figura 28. Flujo de producción de la información.	119
Figura 29. Flujo de gestión de la información para la PYME.....	120
Figura 30. Flujos de procesos propuestos para la implementación BIM de PYME en estudio.	124

Resumen

El presente trabajo de investigación se enfoca en la adquisición de nuevas competencias en la metodología BIM como parte del proceso para obtener el título de maestría en ingeniería en la Universidad EAFIT. Para ello, se desarrolla un estudio aplicado a una pequeña y mediana empresa colombiana, la cual es sometida a un diagnóstico en materia de madurez y capacidad BIM a través del portal BIM Forum Colombia de la Cámara Colombiana de Construcción (CAMACOL). Posteriormente, se plantea una propuesta de implementación de BIM, identificando los procesos, personas y tecnologías requeridos para su desarrollo, tomando como referencia los lineamientos establecidos en las guías de implementación de BIM Forum Colombia.

Palabras clave: Modelos de información para la construcción (BIM), Industria de la Ingeniería y la construcción (AEC), Pequeñas y medianas empresas (PYME)

0. INTRODUCCIÓN

La naturaleza y la complejidad de la comunicación dentro de los proyectos de la industria de la construcción requiere ir evolucionando significativamente, especialmente si tenemos en cuenta los avances en las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Hoy para la industria de la construcción prevalecen tecnologías de colaboración basadas en la realidad virtual [1] como las que se derivan dentro de la metodología BIM, para mejorar las formas de trabajo colaborativo y la coordinación entre múltiples disciplinas que intervienen en los proyectos de la industria de la construcción.

Considerando lo anterior, resulta fundamental adoptar metodologías que impulsen la competitividad y el rendimiento de las empresas de construcción, especialmente en países en desarrollo, donde esta industria contribuye significativamente al crecimiento económico. Por este motivo la metodología BIM se vuelve relevante como una alternativa para ayudar a impulsar el crecimiento de las empresas de la industria de construcción.

En este contexto, el presente trabajo se enfoca en el estudio de una Pyme con un año de trayectoria, dedicada a la prestación de soluciones de construcción para el desarrollo de edificaciones comerciales y viviendas. Dada la complejidad inherente a sus proyectos, ocasionada por la fragmentación de los procesos y la falta de coordinación en los diseños y la información asociada, la empresa ha tomado la iniciativa de promover la metodología BIM. Esta herramienta permitirá una mejor coordinación de los diseños y sus especificaciones de manera ágil, tanto en la etapa previa como durante la construcción, basándose en un enfoque de trabajo multidisciplinario entre los colaboradores internos de la compañía y los actores externos involucrados.

El presente trabajo de investigación consta de ocho capítulos, en los cuales se desarrolla toda la estructura de un trabajo de grado para la obtención del título de maestría en ingeniería. Inicialmente, se presenta una sección previa conformada por los capítulos uno, dos, tres y cuatro (1, 2, 3 y 4).

El capítulo uno (1) aborda el planteamiento del problema, donde se identifican los múltiples factores que generan ineficiencias en las metodologías tradicionales para la concepción y ejecución de proyectos de construcción. En particular, se destaca la fragmentación de los procesos en dichas metodologías y cómo esto afecta a la empresa PYME seleccionada para el estudio. Además, se formula una pregunta problematizadora que orientará el desarrollo de la investigación.

El capítulo dos (2) expone la justificación del estudio, resaltando la importancia de la metodología BIM en la optimización de procesos y, en consecuencia, en la mejora de la eficiencia de las empresas constructoras. Se enfatiza la necesidad de articular el trabajo interdisciplinario de manera coordinada y

centralizada, con el propósito de reducir reprocesos y aumentar la productividad de los proyectos, en comparación con las metodologías tradicionales.

El capítulo tres (3) presenta los antecedentes, abordando la evolución de la metodología BIM en el sector de la construcción. Se analiza su impacto en la industria y cómo ha transformado la manera en que se gestionan los proyectos.

Finalmente, el capítulo cuatro (4) desarrolla los objetivos del proyecto de investigación, los cuales buscan dar respuesta a la pregunta problematizadora planteada en el primer capítulo.

La sección de literatura está conformada por el capítulo cinco (5), en el cual se desarrolla el marco teórico o conceptual. Este capítulo aborda las características más relevantes que sustentan la metodología BIM, mediante conceptos que explican y estructuran su composición.

El diseño metodológico o metodología se desarrolla en el capítulo seis (6), donde se detallan las fases de la investigación y se establecen los resultados esperados para cumplir con los objetivos planteados en el capítulo cuatro (4).

La última sección del trabajo, enfocada en aspectos concluyentes, está compuesta por los capítulos siete (7) y ocho (8).

El capítulo siete (7) presenta los resultados de las diferentes fases planteadas en el diseño metodológico desarrollado en el capítulo seis (6). Se ofrece una perspectiva sobre la ruta de implementación de la metodología BIM en Colombia, basada en la experiencia adquirida en el ámbito nacional por BIM FORUM COLOMBIA de la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL). Esto permite a las empresas identificar la metodología más adecuada según sus aspiraciones y necesidades para la adopción de BIM. Además, a partir de este análisis, se propone un modelo de implementación adaptado al estado actual de la PYME en estudio, con el propósito de establecer una base que facilite su avance en futuros proyectos que integren BIM en la planificación y construcción.

Por último, el capítulo ocho (8) presenta las conclusiones relevantes obtenidas a lo largo del desarrollo del trabajo. Se destaca cómo estos hallazgos aportan a la PYME en estudio, proporcionándole una estructura que le permitirá mejorar su productividad y optimizar sus procesos. Asimismo, estas conclusiones pueden servir de referencia para otros investigadores interesados en explorar la metodología BIM como una herramienta indispensable para el crecimiento de la construcción, promoviendo mayor eficiencia y calidad en sus procesos.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria de la construcción tiene el reto de mejorar su productividad, si se considera que la fragmentación de la información y de procesos que existe entre los interesados (Clientes, consultores y ejecutores) que conforman los proyectos, conllevan a ineficiencias y pérdidas comparadas con otras industrias; por este motivo “la colaboración y la comunicación entre los interesados, son claves para promover los objetivos y la ausencia de esto se considera una de las principales razones por las que los proyectos de construcción aún fracasan” [2].

Varios estudios sugieren que la estructura fragmentada y dispersa de la industria de la construcción no facilitan la colaboración entre disciplinas para tener un desarrollo óptimo de los proyectos” [3], lo anterior se considera como una de las causas por la que los objetivos iniciales de las construcciones no terminan desarrollándose exactamente como se establecieron en una fase previa a su ejecución.

[4] Sugiere que una mejor planificación en los interesados de los proyectos conduce a mejores resultados en términos de tiempo, costo y calidad, debido a que una preparación con anticipación puede reducir la cantidad de órdenes de cambio, malentendidos, litigios e inconformidades por los retrasos y baja calidad en los proyectos posteriormente a su ejecución.

[5] Destaca que la fragmentación en la industria de la construcción en parte se presenta por fallas con la comunicación y el procesamiento de la información, que se debe a los desafíos que presenta la integración e interoperabilidad de las diferentes partes interesadas. Esta problemática se agudiza porque tradicionalmente en los proyectos de la construcción se plantean múltiples opciones de diseño [6], que no se coordinan correctamente, hasta que se identifican interferencias durante la construcción. Por esto la importancia de tener nuevas metodologías de trabajo colaborativo que potencien la colaboración entre los interesados para tener mejores resultados en los objetivos de los proyectos.

Algunos autores como [7] concluyen en una encuesta realizada a múltiples profesionales de la industria que existen hasta 50 factores que propician la fragmentación de procesos en la industria de la construcción, de dichos factores se resaltan 4 que fueron los más votados durante la encuesta, correspondientes a:

- La resistencia y adaptación al cambio de los métodos de trabajo emprendidos.
- La escala y complejidad de los proyectos.
- El liderazgo y habilidad que se tenga para guiar los procesos.
- La ausencia de generación de opciones e innovación en los procedimientos de trabajo.

Una problemática que se destaca en la coordinación de los proyectos de construcción, es cuando la complejidad y la cantidad de las representaciones necesarias para construir, exceden la capacidad de un individuo para interpretar correctamente la información generada por múltiples disciplinas [8], o que en ocasiones no existan los canales y procesos necesarios para una correcta articulación e interpretación, originando obstáculos en el avance de los procesos de construcción. Lo anterior se hace más agudo cuando los proyectos tienen una mayor escala y complejidad.

Para la industria de la construcción tener fragmentada la información entre múltiples disciplinas es sinónimo de ineficiencias y reprocesos constructivos que se logran identificar principalmente de las etapas de ejecución, afectando negativamente que la productividad y la calidad de las actividades que se ejecutan, por ello, aunque la importancia de este sector es muy alta, la industria de la construcción sigue siendo ineficiente. Existe una gran fragmentación, con diseños multidisciplinarios y descoordinados, así como interferencias que generan una cantidad significativa de reprocesos. Esto provoca retrasos, costos imprevistos en obra, implicaciones legales no deseadas y, en última instancia, un producto final de baja calidad. [9]

Es de destacar que la estructura fragmentada de la industria de la construcción entre sus interesados hace que se entreguen soluciones particulares de cada disciplina sin una previa conciliación o análisis de incompatibilidad con las soluciones de las demás disciplinas. Finalmente, esta incompatibilidad se identifica durante la construcción generando reprocesos, pérdida de productividad, pérdidas económicas y retrasos en las programaciones.

[10] sugieren que la industria necesita desarrollar herramientas y metodologías de trabajo fáciles de seguir, que se pueden utilizar para demostrar sus beneficios y, en última instancia, aumentar la aceptación del trabajo colaborativo que es indispensable para minimizar la fragmentación y mejorar la productividad en la construcción de los proyectos.

La dinamización de las tecnologías digitales son componentes esenciales para potenciar el trabajo colaborativo entre los interesados de proyectos de construcción, ayudando a la tecnología a revolucionar las prácticas laborales de la arquitectura, la ingeniería y la construcción (AEC) al introducir el “modelado de información de construcción (BIM)” [11].

Un estudio preparado por el Instituto Internacional de Gestión Logística (RTI siglas en inglés) para el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST siglas en inglés) de EE.UU., para identificar y estimar las pérdidas de eficiencia en la industria inmobiliaria de dicho país por la desarticulación entre el diseño asistido por computadora, la ingeniería y los sistemas de software, estima que el costo de dicha desarticulación es de \$ 15.8 billones por año [12]

Hoy existe una oportunidad mediante el uso de la metodología BIM para optimizar el costo que pagan las compañías de la AEC en materia de productividad y calidad por la poca de coordinación multidisciplinaria entre los interesados, principalmente durante las etapas de estructuración y planeación del proyecto. Lo anterior indica como se marca una tendencia mediante esta metodología para la búsqueda de mejorar los métodos de trabajos en el desarrollo de proyectos de construcción, abriendo las puertas una temática de gran importancia e interés para los profesionales de esta industria.

Teniendo en cuenta lo anterior, este trabajo de investigación tiene como objetivo proponer la implementación de la metodología BIM para una PYME en Quibdó, Chocó, Colombia, y responde a la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál sería la metodología apropiada para un proceso de implementación BIM en una PYME en Quibdó-Chocó para el desarrollo de sus proyectos?

2. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo de investigación se enfoca en estudiar nueva metodología de trabajo que permitan optimizar los proyectos en las PYMES desarrolladoras de vivienda o de edificaciones de la industria de la construcción, teniendo en cuenta que la fragmentación de los procesos en las metodologías tradicionales de dicha industria es uno de los motivos que generan ineficiencias durante el desarrollo de los proyectos de construcción, principalmente esta fragmentación se presenta entre los interesados que participan en la toma de decisiones del proyecto (Propietarios, diseñadores, consultores, constructores y operadores). considerado lo anterior, lo más adecuado es desarrollar “un lenguaje común con procesos unificados, y paralelamente este lenguaje debe estar estandarizado al igual que los procesos” [13]. De cara a este panorama aparece la metodología BIM que ayuda a establecer mejores plataformas de comunicación para equipos de trabajo; mejora la calidad de la coordinación, aumenta la productividad y eficiencia del trabajo colaborativo, haciendo que los proyectos sean óptimos [14], entendiendo que existe evidencia de que esta metodología apunta a desarrollar los proyectos en un entorno altamente integrado y promueve el logro de resultados superiores [15]. Cabe mencionar que para el logro de un entorno de trabajo integrado por medio de la metodología BIM, para autores como [16] es importante que las asociaciones entre los propietarios de proyectos, diseñadores, constructores y otros interesados, exista un esfuerzo combinado para adoptar protocolos unificados para los procesos desde momentos de planeación hasta la operación de los proyectos.

El presente trabajo de investigación propone una estrategia de implementación BIM para una PYME desarrolladora de vivienda con información teórico, permitiendo que el desarrollo de estas competencias pueda aplicarse como una herramienta de gestión en proyectos futuros elaborados por Dicha PYME.

Partiendo del impacto positivo que tiene la metodología BIM dentro de la industria de la construcción, el presente trabajo de investigación servirá como insumo para el entendimiento de dicha metodología y su relevancia en la región colombiana de igual manera servirá como insumo de consulta para quienes se interesen por esta temática dentro del contexto nacional, si se tiene en cuenta que los procesos de implementación de la metodología BIM en Colombia aún son incipientes. [1]

Ya que la metodología BIM es una tendencia a nivel internacional en la industria de la construcción, se puede considerar su importancia y las oportunidades que brinda en las empresas y profesionales que desarrollan proyectos de construcción, principalmente para la generación de valor y mejorar los indicadores de productividad si se compara con las metodologías tradicionales en dichos proyectos.

La empresa desarrolladora de vivienda elegida para implementar la metodología BIM en un proyecto piloto dentro del presente trabajo, proyecta realizar proyectos de vivienda en Quibdó de Chocó, por los cual el impacto que se puede lograr a través de la adopción de la metodología BIM, sería entre otras mejorar la planificación y ejecución de sus proyectos. Ya que la metodología BIM abre paso a que exista una cooperación más eficiente entre los interesados, que planean y ejecutan la información y también facilitar la toma de decisiones oportunamente.

Se puede justificar la metodología BIM como una oportunidad que permite mejorar los indicadores de productividad de las empresas de la industria de la construcción y también una oportunidad para la adquisición de conocimiento de valor a los profesionales de dicha industria que pueda aplicarse durante la estructuración y la ejecución de los proyectos de construcción emprendidos.

Debe expresar de manera concisa el porqué y el para qué del trabajo. Además, se debe explicar cuál es el impacto o aporte que puede tener este trabajo en relación con la ciencia.

3. ANTECEDENTES

En la actualidad, la entrega de proyectos de construcción continúa siendo fragmentada debido a la dependencia de sistemas de comunicación tradicionales basados en documentos impresos en 2D. Los errores y las omisiones en estos documentos a menudo causan sobre costos durante la construcción por imprevistos, demoras y eventuales juicios entre las distintas partes de un proyecto de construcción [17]. De igual manera este método convencional genera problemas por la demora de evaluar la información crítica durante la fase de diseño, ya que este análisis tiende a realizarse al final cuando se inicia la fase constructiva, ocasionando inconsistencias e improvisaciones durante la ejecución del proyecto. Esta problemática de la industria de la construcción muestra la necesidad de usar herramientas tecnológicas que permitan realizar una mejor concepción de la información y coordinación entre los interesados de un proyecto en etapas previas a su ejecución, con el fin de minimizar las ineficiencias asociadas al poco análisis y coordinación entre interesados.

Actualmente la revolución tecnológica que se presenta por el mundo debido a la industria 4.0 ha derivado conceptos para la industria de la construcción como La construcción 4.0 que se puede definir como la digitalización de la industria que 1) permite la integración y la conectividad en tiempo real, horizontal y vertical de las partes interesadas a lo largo de todas las fases de ejecución y gestión del proyecto, 2) promueve el avance de los procesos de construcción mediante el empleo de la mecanización y la automatización , y 3) cerrar la brecha entre los entornos físico y cibernético [18]. Lo anterior permite fomentar una integración y coordinación de la información inherentes a los proyectos de construcción. Si consideramos la fragmentación de procesos de metodologías de trabajo convencionales para la ejecución de proyectos constructivos, resulta esencial optar por metodologías como BIM “la cual mejora la precisión, ahorra tiempo y reduce costos al resaltar las ineficiencias en todos los procesos, incluida la planificación, el diseño, las adquisiciones, el capital humano y los desechos de la construcción. Más específicamente, se mejora la eficiencia en el tiempo necesario para estimar las licitaciones, la asignación oportuna de mano de obra y recursos, la programación, la prevención de conflictos y detección de conflictos para todos los elementos de una edificación [19]. Por este motivo dicha metodología de trabajo “a menudo requiere repensar y rediseñar procesos de negocios, lo que ha permitido identificar muchos problemas en los procesos de gestión asociados a una implementación BIM en las empresas constructoras colombianas”. [20].

“Building Information Modeling (BIM)” es uno de los desarrollos más prometedores en la “industria de arquitectura, ingeniería y construcción (AEC)”. Con la metodología BIM, se construye digitalmente un modelo virtual preciso de un edificio. Cuando se completa, el modelo generado por computadora

contiene geometría precisa y datos relevantes necesarios para respaldar las actividades de construcción, fabricación y adquisiciones necesarias para realizar el edificio [17]

Los modelos de información para la construcción (BIM) como el uso de una representación digital compartida de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación y poder formar una fuente fiable para orientar la toma de decisiones durante todas las fases del activo construido [21].

BIM se puede interpretar como una metodología de trabajo colaborativo entre los interesados de un proyecto de construcción, que involucra a los dueños, diseñadores, constructores y otros, con asignaciones definidas actualmente en la ISO19650 y que se ejecutan dentro de un entorno común de datos de información de proyecto en particular. El uso de esta metodología requiere la aplicación de herramientas tecnológicas para la colaboración vía Internet, ofreciendo a las empresas de la industria de la construcción la oportunidad de romper con sus limitaciones geográficas tradicionales [22] que generalmente pueden impedir la convergencia y coordinación de planteamientos que se requieren en un trabajo colaborativo.

En publicaciones del [23] se plantea que los modelos de información para la construcción (BIM) pueden llegar a facilitar el soporte a decidir comparando función, alcance y costos; también visualizar los diseños y viabilidad de construcción, los modelos BIM también ayudan a mejorar la calidad e intercambio de datos para que los diseños sean precisos y finalmente mejorar el alcance de datos que optimizan las operaciones de construcción, explotación y mantenimiento del proyecto.

Por lo general, las iniciativas digitales en proyectos de gran inversión siguen un enfoque descendente, lo que hace fundamental comprender la centralidad del propietario dentro de este ecosistema complejo. Estas interacciones y sus efectos son particularmente relevantes en proyectos de gran escala y alta complejidad.[24] Existen estudios cuantitativos de proyectos de gran escala que dentro de su análisis exponen que la contribución de la implementación BIM durante la construcción puede optimizar hasta un 15,92% del costo directo [25]

Cuando se implementa adecuadamente, BIM facilita un proceso de diseño y construcción integrado, que da como resultado edificios de mejor calidad a menor costo y menor duración del proyecto. El BIM Handbook por [17] define una serie de beneficios por la implementación BIM en las etapas de diseño y construcción al igual que algunos retos que se pueden presentar durante este proceso de implementación.

La implementación de BIM en países en desarrollo enfrenta barreras significativas, como la falta de apoyo gubernamental, de clientes y contratistas, la carencia de formación en organismos profesionales, la ausencia de capacitación continua, la resistencia al cambio en prácticas laborales y la falta de claridad

sobre los roles y beneficios de BIM [26]. En Colombia, el uso de BIM en empresas medianas y grandes está en una fase inicial, predominando una implementación empírica que dificulta su adopción organizada en la industria [9]. Esto resalta la urgencia de organizar el sector AEC en el país, donde el rol del gobierno es fundamental para establecer estándares transversales que impulsen una adopción efectiva de BIM en todas las partes del sector.

Para fomentar la adopción y aplicación de BIM en los países en desarrollo (Colombia), es fundamental difundir el conocimiento sobre esta metodología a las empresas constructoras que operan en estas regiones. Esto permitirá una mayor comprensión de sus beneficios y un aumento en la experiencia técnica requerida para su implementación. La difusión efectiva de este conocimiento requiere esfuerzos coordinados entre organismos profesionales, la industria y el ámbito académico [26].

4. OBJETIVOS

4.1.GENERAL

Proponer implementación de la metodología BIM para una PYME en Quibdó, Chocó, Colombia.

4.2.ESPECÍFICOS

- Identificar características de la empresa PYME en estudio para determinar los pasos requeridos en el proceso de implementación de la metodología BIM, a partir de un análisis de madurez BIM de la empresa.
- Desarrollar hoja de ruta para la implementación de la metodología BIM en la PYME en estudio de acuerdo con el Nivel de madurez BIM identificado en el objetivo específico 1.
- Presentar una propuesta de implementación de la metodología BIM para la PYME en estudio, identificando los requerimientos tecnológicos, competencias de personal y estructura organizacional de la empresa, según la hoja de Ruta del objetivo específico 2.

5. MARCO TEÓRICO O MARCO CONCEPTUAL

5.1. INTRODUCCIÓN

El auge de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) ha sido clave para abordar la complejidad de la industria de la construcción (CI) y mejorar su rendimiento. Este avance se ha reflejado en el desarrollo de Building Information Modelling (BIM), consolidándose como el nuevo paradigma del diseño asistido por computadora (CAD) [27]. Gracias a BIM, han surgido soluciones innovadoras que responden a los desafíos inherentes a los proyectos de construcción, permitiendo una gestión más eficiente.

A medida que la tecnología evoluciona, las necesidades en el ámbito constructivo también avanzan de manera paralela, impulsando una transformación constante en los procesos y metodologías del sector. BIM ha revolucionado la forma en que se diseñan, construyen y operan los proyectos de construcción. Su aplicación ha generado un aumento en la rentabilidad, una mejor gestión del tiempo y los costos, así como una mejora en la relación entre clientes y proveedores. Estudios han demostrado que BIM es beneficioso en todas las etapas del proceso constructivo. [28]

Actualmente, la metodología BIM se basa en cuatro pilares fundamentales: la estrategia, la tecnología, las personas y los estándares y procesos. La articulación y cohesión de estos pilares son esenciales para establecer los fundamentos de BIM. Sin embargo, existe la tendencia a confundir BIM con la capacidad tecnológica de crear únicamente modelos tridimensionales, que en muchos casos son geométricos, no paramétricos, no integrados, ni colaborativos. [29] Esta percepción limita su verdadero potencial, ya que la metodología BIM abarca un espectro mucho más amplio, integrando todos los pilares mencionados y promoviendo un enfoque integral que transforma los procesos en la industria de la construcción. De esta manera el fundamento real de BIM permite definirlo como una metodología de trabajo colaborativa diseñada para optimizar la creación, gestión y operación de proyectos de construcción[30].

5.2. DEFINICIÓN DE BIM

Inicialmente, BIM puede definirse como una representación digital de un proyecto, un modelo tridimensional orientado a objetos o un repositorio de información del proyecto que facilita la interoperabilidad y el intercambio de datos con aplicaciones de software relacionadas entre las diferentes disciplinas e interesados de los proyectos. Las herramientas BIM admiten el modelado paramétrico, lo que permite nuevos niveles de visualización espacial, simulación del comportamiento del proyecto y una

gestión más eficiente. Por lo tanto, BIM representa un nuevo paradigma emergente para la gestión de la construcción, descrito como "un cambio tecnológico y procedimental en la industria de Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC)" [31] Además, BIM es, por excelencia, una herramienta de colaboración. Cuando su uso se extiende desde el diseño hasta la construcción, la gestión de instalaciones y el mantenimiento del edificio, se logran mayores niveles de interoperabilidad y trabajo en equipo. La aplicación colaborativa de BIM reduce errores en el diseño y mejora la productividad de la industria de la construcción.[31]

5.2.3. EQUIPO DE PORYECTOS BIM

Parte que designa y todos los equipos de entregas entendiéndose como todos los que participan en un proyecto. Incluyendo al propietario[32].

5.2.4. EQUIPO DE NETREGA DE INFORMACIÓN

Los que conforman el equipo encargado de desarrollar y entregar la in formación a la “parte que designa, parte principal designada, contratista principal” o encargado de gestionar información BIM dentro de la organización y partes designadas, contratistas y/o equipos de trabajo dentro de la organización [32].

5.2.5. EQUIPO DE TAREAS

Individuos reunidos para realizar una tarea específica entendiéndose por los equipos encargados de desarrollar información y realizar tareas de cada disciplina o sistema del proyecto, estos son los contratistas, subcontratistas, equipos internos/ disciplinas o partes que desarrollan información [32].

5.3. ESTANDAR BIM.

La serie ISO 19650 proporciona recomendaciones para establecer un marco de gestión de información que incluye actividades como el intercambio, registro, versionado y organización de datos para todos los actores involucrados. Este marco es aplicable a todo el ciclo de vida de cualquier activo construido, abarcando desde la planificación estratégica, diseño inicial, ingeniería, desarrollo, documentación y construcción, hasta la operación diaria, mantenimiento, renovación, reparación y el final de su vida útil. [33] Esta Serie está dividida de como lo muestra la siguiente tabla.

Serie ISO 19650	
Serie	Descripción.
ISO 19650-1	Este documento detalla los conceptos y principios de gestión de información en BIM según la ISO 19650, aplicable a todo el ciclo de vida de los activos, con un marco flexible y adaptable para proyectos de cualquier escala.[34]
ISO 19650-2	Este documento detalla los requisitos de gestión de información en la fase de entrega de activos e intercambios de información utilizando BIM, aplicable a cualquier tipo de activo, organización y estrategia de selección.[35]

ISO 19650-3	Esta norma detalla los requisitos para la gestión de información en la fase de operación de activos utilizando BIM, aplicable a cualquier tipo de activo y organización, permitiendo que las acciones sean realizadas directamente o delegadas.[36]
ISO 19650-4	Este documento describe el proceso y los criterios para asegurar la calidad en los intercambios de información según la serie NTC-ISO 19650, aplicando los conceptos de la NTC-ISO 19650-1 y cubriendo las etapas de entrega y eventos operativos según las normas NTC-ISO 19650-2 y NTC-ISO 19650-3. [37]
ISO 19650-5	Esta norma define principios para gestionar información sensible de forma segura en proyectos BIM, promoviendo una cultura de seguridad aplicable a todo el ciclo de vida de activos y relevante para proteger información comercial, personal e intelectual. [38]

Tabla 1. Serie ISO 19650 como estándar BIM.

Fuente: Elaboración Propia.

5.4. REQUERIMIENTOS DE INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN (EIR).

El EIR es un documento contractual que define los requisitos comerciales, de gestión y técnicos para la producción de información BIM. Funciona como parte integral de los términos de referencia del proyecto o como un anexo BIM dentro del marco ya establecido. Su responsabilidad recae exclusivamente en la parte contratante, asegurando que se especifiquen claramente los requisitos necesarios para cumplir con los objetivos del proyecto y la gestión eficiente de la información. Además, garantiza que los estándares establecidos sean respetados y seguidos por todos los participantes en el proceso. [39]



Figura 1. Relación de conceptos de “requisitos de intercambio de información (EIR)”. [39]

5.4.1. REQUERIMIENTO DE INFORMACION DEL ACTIVO

“Los Requerimientos de Información del Activo (AIR)” son un conjunto de especificaciones que deben definirse antes de la etapa de construcción, con el objetivo de garantizar que la información necesaria para la operación del activo sea incorporada en “el Modelo de Información del Activo (AIM)”. Estos requisitos forman parte de los documentos contractuales del contratista de la fase de construcción, permitiendo la adecuada gestión de datos en todas las etapas del proyecto [40].

“El Plan de Ejecución BIM Precontractual (PRE-BEP)” responde directamente a la solicitud BIM (EIR). En algunos casos, el AIR puede estar incluido como un apartado del EIR o como un anexo dentro de la documentación del proyecto, en cuyo caso el PRE-BEP también contempla estos requerimientos para asegurar su cumplimiento[40].

5.4.2. REQUERIMIENTO DE INFORMACIÓN DEL PROYECTO (PIR)

“Los Requerimientos de Información del Proyecto (PIR)” establecen criterios para definir, organizar y gestionar la información desde la fase de planificación y estructuración hasta la conclusión del proyecto. Su objetivo es garantizar la disponibilidad de datos precisos en el momento oportuno, optimizando la toma de decisiones y fortaleciendo la calidad, eficiencia y sostenibilidad en la ejecución de proyectos de construcción. [41].

Estos requisitos, alineados con la “NTC-ISO 19650”, presentan una estructura adaptable que permite a cada organización modificar y completar solo las secciones pertinentes en función de su nivel de madurez BIM, características empresariales, disponibilidad de recursos y métodos de contratación. Gracias a esta flexibilidad, los PIR se ajustan eficientemente a las necesidades específicas de cada entidad, optimizando la gestión de la información. [41].

5.4.3. REQUERIMIENTO DE INFORMACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN (OIR)

los Requerimientos de Información de la Organización (OIR) son un conjunto de directrices que definen la información que una organización necesita para alcanzar sus objetivos estratégicos y operativos. Estos requisitos establecen el marco de gestión de la disponibilidad de información en cada fase de los activos construidos, facilitando la implementación de procesos BIM dentro de la empresa[42].

Su estructura sigue los lineamientos de la NTC-ISO 19650, ofreciendo la posibilidad de adaptación según “el nivel de madurez BIM”, las características y la escala de la organización, la disponibilidad de recursos y el tipo de contratación que se utilice. Esta flexibilidad permite que los OIR se ajusten

eficazmente a las necesidades particulares de cada entidad, asegurando una integración eficiente de los procesos BIM en su gestión. [42].

5.5. PLAN DE EJECUCIÓN BIM (BEP)

“El Plan de Ejecución BIM (BEP)” es un documento clave para gestionar la implementación del BIM a lo largo de todas las fases del proyecto, según la NTC-ISO 19650-2. Establece el enfoque para la gestión y distribución de la información, estándares y procedimientos (SMP) BIM para cumplir con “los Requerimientos de Intercambio de Información (EIR)”. [43] “El Plan de Ejecución BIM (BEP)” Es fundamental para asegurar que la implementación de BIM en los proyectos se lleve a cabo de manera efectiva y conforme a los objetivos establecidos. Este documento actúa como el pilar central, estableciendo la base sobre la cual se estructura todo el desarrollo del proyecto BIM y proporcionando a los equipos una referencia clave para definir sus roles y cumplir con los objetivos establecidos.

Todos los BEP tienen una estructura variable, adaptada a las características específicas de cada proyecto, sus participantes, el promotor, entre otros factores. Sin embargo, es posible proporcionar una lista con 14 elementos esenciales para incluir en un “Plan de Ejecución BIM (BEP – PEB)” [44]:

1. “Información general del proyecto” [44].
2. “Los usos BIM” [44]
3. “Roles y responsabilidades de los participantes” [44].
4. “El alcance de BIM para el éxito del proyecto” [44].
5. “Nivel de desarrollo (LOD)” [44].
6. “Indicadores clave de rendimiento (KPI)” [44].
7. “Hitos del proyecto BIM”.
8. “Lista detallada de entregables BIM a producir” [44].
9. “Software, hardware y plataformas BIM de intercambio de documentación” [44].
10. “Estándares a seguir” [44].
11. “Mapas de procesos generales y de usos detallados” [44].
12. “Análisis de riesgos y oportunidades de los usos BIM en el proyecto” [44].
13. “Cronograma, planificación” [44].
14. “Protocolos de control de calidad” [44].

5.6. USOS BIM.

Los Usos BIM son aplicaciones específicas del Modelado de Información (BIM) a lo largo de todas las fases de una edificación o infraestructura. También conocidos como Usos de Modelos de Información, estos procesos están diseñados para cumplir con uno o más objetivos definidos. A través de la creación, gestión y análisis de modelos digitales y sus componentes, se busca optimizar las distintas fases del proyecto, desde la planificación y el diseño hasta la construcción y la operación. Los Usos BIM mejoran la coordinación y la eficiencia, facilitando una toma de decisiones más precisa y fundamentada en todas las fases del proyecto. [45].

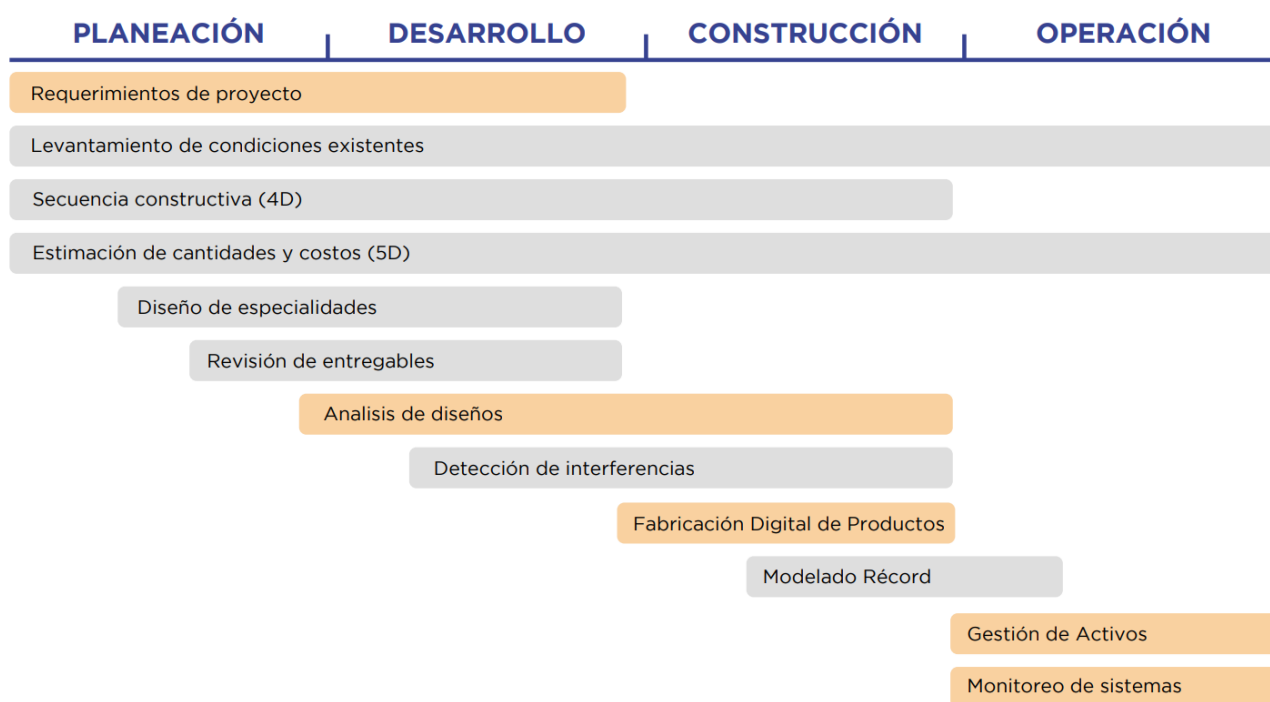


Figura 2. Esquema de usos BIM generales [45].

5.7. DIMENSIONES BIM.

Las dimensiones del BIM representan niveles avanzados de información que amplían y enriquecen el modelo digital, superando la mera representación geométrica. Cada dimensión incorpora datos esenciales que optimizan la gestión, la planificación y la eficiencia del proyecto. Estas dimensiones abarcan áreas clave como análisis de costos, gestión de tiempos, sostenibilidad ambiental y mantenimiento, proporcionando un enfoque integral para maximizar los resultados del proyecto. A continuación, se presenta un resumen de las principales dimensiones reconocidas en BIM [46].

1D	El proyecto inicia con una idea que establece su origen, definiendo localización, condiciones iniciales y viabilidad, junto con estudios preliminares y revisión de estándares.
2D	Se definen las características generales del proyecto, usando planos 2D como base para dimensiones BIM 3D, e incluyendo contratación, colaboración y sostenibilidad.
3D	Es un modelo basado en objetos que integra información geométrica, diseño arquitectónico y de ingenierías, permitiendo visualización 3D, actualizaciones y detección de interferencias.
4D	Se dimensiona el tiempo, integrando cronogramas y simulaciones para controlar la logística, mejorar la predictibilidad y optimizar la ejecución del proyecto.
5D	Esta dimensión se centra en la estimación y control de costos, asociando insumos a estructuras de costos y organizando gastos operativos. Permite elaborar presupuestos, comparar modelos de costos y optimizar la gestión financiera del proyecto.
6D	La sexta dimensión, llamada Green BIM, permite realizar simulaciones energéticas para evaluar la sostenibilidad del proyecto, optimizar procesos y reducir costos mediante tecnologías que minimicen el impacto ambiental.
7D	Esta dimensión utiliza modelos para gestionar operaciones e inspecciones durante el uso y vida útil del proyecto.

Tabla 2. Dimensiones BIM [47].

Además de las siete dimensiones tradicionales, actualmente existe una discusión en curso sobre la incorporación de tres dimensiones adicionales en BIM [46]:

- “8D: Seguridad en la fase de diseño y ejecución del proyecto” [46].
- “9D: Construcción sin pérdidas” [46].
- “10D: Industrialización de la construcción” [46].

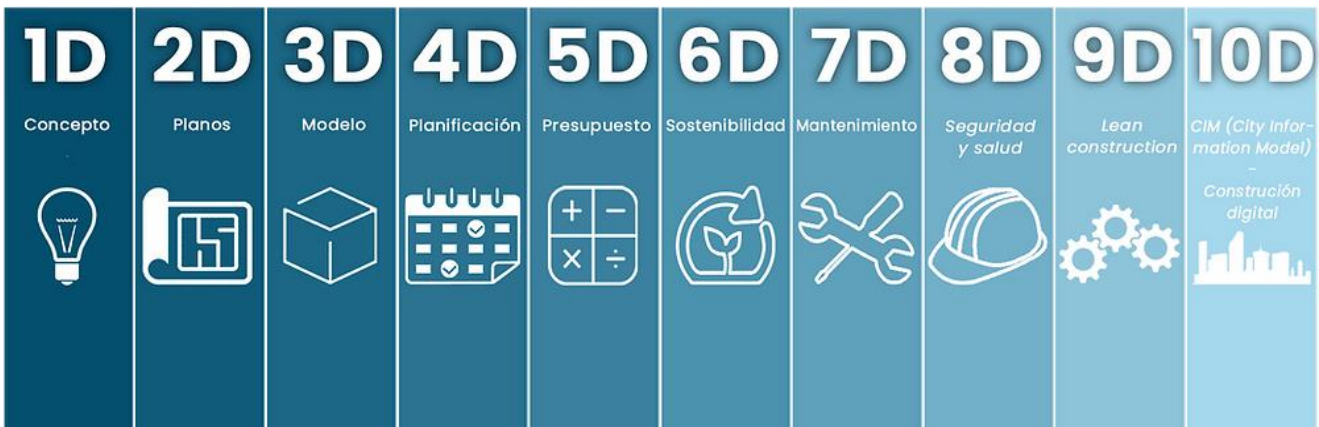


Figura 3. Ilustración Dimensiones BIM [48]

5.8. MATRIZ DETALLADA DE RESPONSABILIDADES

La Matriz de Responsabilidades es una herramienta esencial que estructura y organiza los roles, perfiles y acciones de todos los participantes del proyecto. Desde los propietarios hasta los responsables de cada disciplina, esta matriz garantiza una gestión eficiente y una asignación clara de tareas y

responsabilidades. También establece qué información debe generarse, cuándo debe intercambiarse y quién asume cada tarea. Para ello, incorpora listas predefinidas que controlan los valores permitidos en cada campo, asegurando coherencia y claridad en el proceso. Asimismo, integra los conceptos de “Nivel de Detalle (LOD) y Nivel de Información (LOI)”, fundamentales para definir la cantidad y calidad de la información necesaria en cada etapa del proyecto, promoviendo así una coordinación óptima y resultados más precisos[49].

5.9. NIVEL DE DETALLE (LOD)

El LOD (Level of Development) indica el nivel de detalle en datos, parámetros y geometría de un modelo BIM. Refleja tanto aspectos visibles en el modelo 3D como información adicional que requiere interacción, como datos del proveedor o instrucciones de instalación. Este nivel de desarrollo es clave para coordinar las fases del proyecto, garantizar la precisión en los procesos y facilitar una comunicación clara entre los equipos involucrados. Además, permite estandarizar los niveles de información según las necesidades específicas del proyecto, optimizando así la toma de decisiones y los resultados finales.[50]

Los niveles de desarrollo (LOD) definen el grado de detalle y exactitud de los componentes dentro de un modelo BIM, abarcando desde LOD-100 hasta LOD-500. Cada nivel posee características particulares alineadas con la fase del proyecto y su finalidad específica. [51].

Tipos Nivel de Desarrollo (LOD)	
LOD-100	Representa el nivel inicial en BIM, donde se listan elementos conceptuales sin necesidad de definir geometría precisa. Estos elementos se ilustran mediante símbolos o representaciones genéricas para mostrar la disposición general en el modelo [51].
LOD-200	Es un nivel intermedio que establece las dimensiones y configuraciones generales de los elementos, proporcionando una mayor precisión geométrica para mejorar la interpretación de sus relaciones espaciales dentro del modelo.
LOD-300	Es un estándar común en BIM que especifica con exactitud las dimensiones, configuraciones, posiciones de los elementos y detalles complementarios, como conexiones y propiedades de los materiales [51].
LOD-350	Corresponde al grado en el que los elementos del modelo incorporan la información requerida para facilitar la coordinación entre disciplinas y la identificación de posibles interferencias [51].
LOD-400	El nivel avanzado ofrece una descripción precisa de los elementos, incorporando detalles sobre su fabricación y montaje. Su alto grado de exactitud permite la generación de planos constructivos y la realización de análisis más detallados [51].
LOD-500	Este nivel incorpora la información obtenida durante el proceso constructivo y posteriormente integrada al modelo, abarcando datos sobre el desempeño real de los elementos, como resultados de pruebas y mediciones efectuadas tanto en la obra como a lo largo de la vida útil del edificio [51].

Tabla 3. Tipos de niveles de desarrollo (LOD) [51].

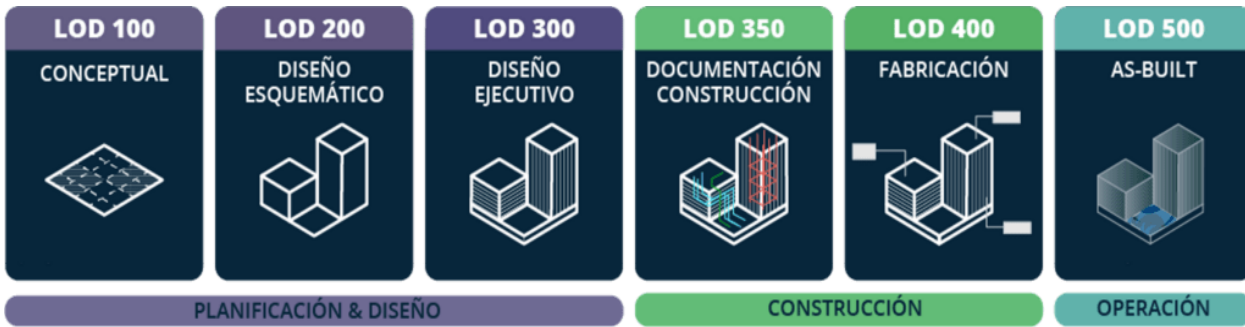


Figura 4. Ilustración Tipos de niveles de desarrollo (LOD) [51].

5.11. NIVEL DE INFORMACIÓN (LOI)

El nivel de información (LOIN) se refiere a la información no gráfica asociada a objetos de un modelo BIM, complementando al LOD, que abarca la información geométrica. Su objetivo es describir detalladamente los objetos del modelo [52]. El término LOIN refleja un cambio fundamental en la perspectiva, centrando el enfoque no en las características del objeto, sino en la información necesaria que debe incorporar para satisfacer las necesidades específicas del profesional en cada etapa del diseño. Este concepto reconoce que el nivel de detalle de un modelo no es absoluto, sino que varía según las condiciones y requerimientos del proyecto, adaptándose de manera flexible a cada situación [53].

5.12. NIVEL DE MADUREZ BIM.

“La madurez BIM” se define como el grado en que una organización o proyecto es capaz de adoptar BIM, siendo un indicador clave para evaluar cómo BIM puede mejorar la generación de valor. Los niveles más altos de madurez suelen asociarse con una mejor integración, flujo de información y procesos de toma de decisiones [54].

En un proyecto de construcción, la colaboración puede darse en distintos grados, conocidos como niveles de madurez BIM. Conforme se avanza a niveles superiores, la integración y cooperación entre todas las partes involucradas se incrementan, optimizando los procesos y la gestión de la información [55]. Tal y como se observa en la siguiente tabla.

Niveles de madurez BIM.	
BIM Nivel 0	Implica datos no interoperables y dibujos CAD sin compartir modelos digitales, con mínima colaboración. La información se intercambia en formatos diferentes y en papel, sin interacción entre archivos, incluso usando software orientado a BIM.
BIM Nivel 1	Utiliza un “Common Data Environment (CDE)” para gestionar datos del proyecto online, centrado en el cambio de CAD a modelos 3D. Aunque estandariza el trabajo entre equipos de diseño y gestión, los modelos no se comparten entre todos los agentes
BIM Nivel 2	Facilita el intercambio de datos mediante archivos comunes, como IFC o COBie, para unificar modelos y coordinar disciplinas. Esto fomenta la colaboración efectiva, permitiendo que cada equipo trabaje en su propio modelo y contribuya al proyecto general sin problemas de compatibilidad.

BIM Nivel 3	Busca la integración total de datos en la nube mediante un modelo compartido accesible y editable por todos los participantes. Este modelo único, basado en archivos IFC, permite verificar en tiempo real las acciones y gestionar toda la historia de una obra. Sin embargo, la mayoría de los mercados aún trabajan en alcanzar el Nivel 2.
-------------	--

Tabla 4. Tipos de niveles de madurez BIM [55].

5.13. MATRIZ DE MADUREZ BIM.

La Matriz de Madurez BIM (BIm3) es un recurso fundamental para medir y analizar el nivel de madurez BIM en organizaciones o equipos de proyecto. Su estructura se basa en dos ejes principales: el Conjunto de Capacidades BIM y el Índice de Madurez BIM. Para garantizar una aplicación efectiva, es crucial comprender previamente los conceptos de Capacidad BIM y Madurez BIM, estableciendo una base sólida que facilite su interpretación y uso. [56].

- **Capacidad BIM:** Se refiere a las competencias fundamentales que una organización o equipo debe poseer para generar resultados cuantificables. La evaluación de la Capacidad BIM se realiza mediante las Etapas BIM, las cuales se estructuran en distintos Pasos BIM.

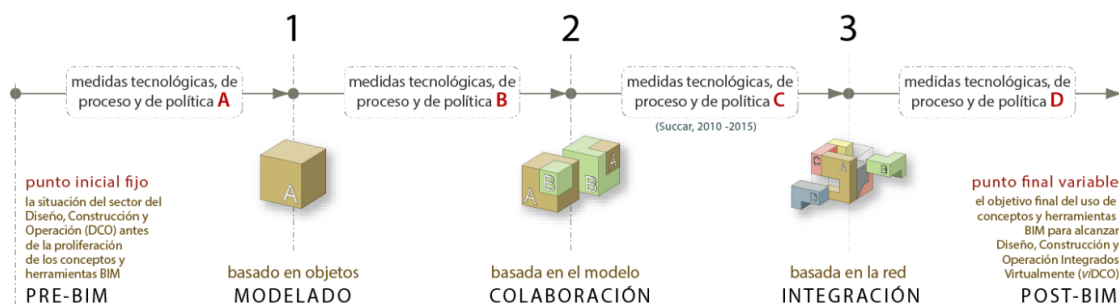


Figura 5. Pasos de Capacidad BIM [56].

- **Índice de Madurez BIM:** Se refiere al perfeccionamiento progresivo y constante de la calidad, la uniformidad y la capacidad de anticipación dentro de una Capacidad BIM operativa. La Madurez BIM se mide a través del Índice de Madurez BIM, el cual se estructura en cinco niveles.

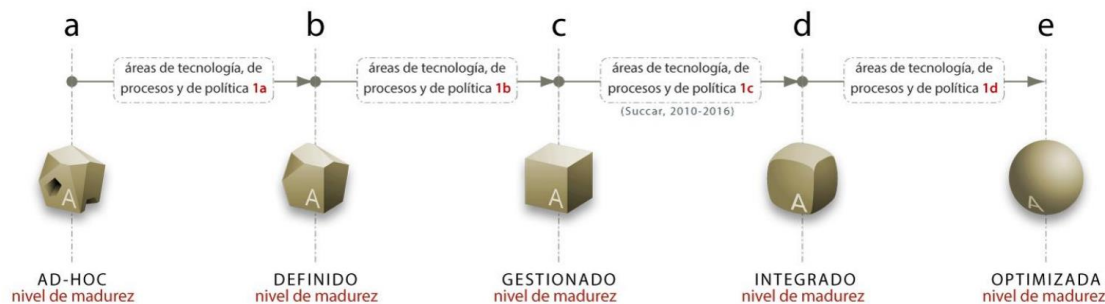


Figura 6. Niveles para índice de madurez BIM[56].

5.14. PORTALES BIM.

Hoy en día, existen diversas plataformas BIM que simplifican los procesos de implementación para quienes desean adoptar esta metodología de trabajo en el sector de la construcción. Entre las opciones disponibles, destacan algunas en español que han sido pioneras en su campo, facilitando el acceso y uso de estas herramientas para las comunidades hispanohablantes.

5.14.1. BUILDING SMART

BuildingSMART Spain es una entidad sin ánimo de lucro que promueve la eficiencia en el sector de la construcción mediante estándares abiertos de interoperabilidad en BIM (Building Information Modeling). Su objetivo principal es reducir costes, optimizar tiempos de ejecución y mejorar la calidad. La Asociación reúne a diversos actores del sector: promotores, constructoras, ingenierías, arquitectos, desarrolladores de software, gestores de proyectos, centros de investigación, fabricantes, universidades y administraciones públicas [57].

Los Objetivos de la asociación son[57]:

- Impulsar el desarrollo y la actualización de estándares BIM globales, accesibles y neutrales, alineados con el enfoque Open BIM.[57].
- Impulsar la interoperabilidad en la industria de la construcción mediante la aplicación de casos de éxito que demuestren su eficacia y beneficios. [57].
- Facilitar especificaciones detalladas, documentación técnica y materiales de referencia para garantizar una implementación eficiente. [57].
- Detectar y solucionar las dificultades que obstaculizan el flujo eficiente de información entre los sistemas y actores del proyecto. [57].
- Promover la adopción de esta tecnología y sus procesos en todas las etapas del ciclo de vida del edificio, garantizando la participación de todos los actores involucrados. [57].

5.14.2. BIM FORUM COLOMBIA.

Es la iniciativa de CAMACOL destinada a coordinar actores y facilitar la gestión del conocimiento en el ámbito de la transformación digital del sector construcción, con el objetivo de optimizar la productividad empresarial y potenciar la competitividad del sector de la construcción en Colombia.[58].

Plantea como ejes de trabajo lo siguiente:

- Proporcionar recursos para la implementación de BIM en organizaciones, el sector de la construcción y toda su cadena de valor [58].

- Fortalecer el esquema de capacitación y el desarrollo de habilidades técnicas necesarias para la implementación efectiva de estas metodologías. [58].
- Apoyar la implementación de la política BIM en la formulación y ejecución de la estrategia de adopción en Colombia. [58].

5.16. OPEM BIM.

“OpenBIM” es un enfoque colaborativo para el diseño, construcción y operación de activos construidos, basado en estándares abiertos. Su objetivo es garantizar la interoperabilidad entre actores, procesos y herramientas de software, fomentando la colaboración sin depender de un único proveedor tecnológico y asegurando el acceso a largo plazo a la información [59].

Los estándares de OpenBIM se fundamentan en lo siguiente:

- “IFC (Industry Foundation Classes - ISO 16739)” es una estructura que contiene datos abiertos y neutros que describen la información de activos construidos, incluyendo geometría, propiedades y relaciones. Su objetivo es garantizar que diferentes aplicaciones BIM compartan modelos de manera fiable y hablen el mismo idioma[59].
- “BCF (BIM Collaboration Format)” Es un esquema diseñado para facilitar la comunicación de incidencias, comentarios o propuestas de cambio sobre elementos del modelo BIM sin intercambiar el modelo completo. Optimiza la coordinación y la resolución de problemas entre equipos[59].
- “IDS (Information Delivery Specification)” es un estándar que define requisitos de entrega de información interpretable por máquinas. Facilita la verificación automática de modelos IFC, garantizando que cumplan con los requisitos del proyecto y asegurando la calidad de los datos[59].
- “IDM (Information Delivery Manual - ISO 29481)” : Una metodología para definir y documentar claramente qué información se necesita, quién es el responsable y cuándo debe intercambiarse en los procesos BIM. Ayuda a planificar los intercambios de forma estructurada[59].

5.17 HERRAMIENTAS TECNOLOGICAS.

Las herramientas para los procesos de implementación BIM actualmente abarcan un espectro amplio, impulsadas por los avances tecnológicos de las últimas décadas y el crecimiento significativo de este enfoque aplicado en el sector de la construcción. No obstante, algunas herramientas han ganado

protagonismo en el sector gracias a su accesibilidad en términos de conocimiento técnico para los usuarios y a los altos niveles de interoperabilidad que ofrecen bajo los estándares de OpenBIM.

Siendo la tecnología uno de los principios fundamentales de BIM, contar con las herramientas tecnológicas adecuadas para el desarrollo de los proyectos resulta indispensable. Por ello, a continuación, enumeramos las herramientas BIM más utilizadas de forma habitual.

Software BIM comúnmente usados	
Revit	Es una solución BIM desarrollada por Autodesk que optimiza la eficiencia y precisión en cada fase del ciclo de vida del proyecto, desde la concepción del diseño hasta la ejecución constructiva. Ampliamente reconocido en el sector, ofrece capacidades avanzadas para modelado 3D con alto nivel de detalle [60].
Navisworks	Es una herramienta para la revisión de proyectos que optimiza la coordinación BIM al integrar datos de diseño y construcción en un modelo centralizado. Además, facilita la detección de conflictos antes de la fase constructiva y mejora la eficiencia en los resultados [60].
Civil 3D	Es una solución de ingeniería civil compatible con BIM que optimiza el dibujo, diseño y documentación. Permite desarrollar proyectos de topografía, transporte, modelado de terrenos, drenaje y diseño vial, incorporando herramientas avanzadas de análisis y simulación para mejorar la precisión y eficiencia[60].
ETABS	Es una herramienta especializada en análisis y diseño estructural de edificaciones, que incorpora modelado 3D avanzado, análisis lineal y no lineal, diseño adaptable a diversos materiales y una presentación clara de resultados. Su integración a lo largo de todas las fases del proyecto lo hace ideal para el dimensionado estructural de edificios [60].
SketchUp	Este software destaca por su avanzada capacidad de visualización 3D en proyectos de obra civil, permitiendo un modelado ágil e intuitivo. Su compatibilidad con extensiones facilita el uso de activos preconstruidos, mientras que su rápido renderizado lo convierte en una opción eficiente para el desarrollo de proyectos completos [60].
ArcGIS	ESRI (Environmental Systems Research Institute) es un desarrollador de software GIS reconocido por la creación de ArcGIS, una plataforma de mapeo que facilita la superposición de información, como servicios y propiedades, sobre mapas o imágenes, permitiendo generar visualizaciones organizadas y estructuradas [60].
BIM 360	Es un entorno integrado que permite la conexión en tiempo real entre equipos de proyecto y sus datos, abarcando desde la fase de diseño hasta la construcción. Facilita la toma de decisiones fundamentadas y optimiza la implementación de soluciones eficientes.[61].
Trimble Connect	Es una plataforma de colaboración abierta que facilita la conexión entre los equipos adecuados y la información precisa en el momento oportuno, promoviendo decisiones fundamentadas y optimizando la eficiencia del proyecto. [61].

Tabla 5. Software BIM comúnmente usados.

Fuente: Elaboración Propia

6. DISEÑO METODOLÓGICO O METODOLOGÍA

Se plantea realizar una investigación cualitativa con el propósito de diagnosticar la situación actual de la pyme en estudio y, a partir de ello, diseñar un plan de trabajo que permita desarrollar una guía integral para la adopción BIM. Este proceso se llevará a cabo siguiendo el enfoque establecido por BIM FORUM Colombia, de la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), que cuenta con un portal especializado para realizar el diagnóstico y determinar el nivel de madurez de cada empresa. Con base en los resultados obtenidos, se definirá una hoja de ruta personalizada, adaptada a las características y demandas de la pyme, para facilitar su adopción de la metodología BIM, considerando las guías proporcionadas en la Ruta BIM de BIM FORUM Colombia. Para este trabajo de investigación, se han establecido las siguientes fases de desarrollo.

Objetivos específicos	Fase	Actividad
Identificar características de la empresa PYME en estudio para determinar los pasos requeridos en el proceso de implementación de la metodología BIM, a partir de un análisis de madurez BIM de la empresa.	Fase 1	Realizar una revisión bibliográfica y buscar información sobre casos de estudio similares.
	Fase 2	Identificar características de la empresa PYME en estudio para determinar los pasos requeridos en el proceso de implementación de la metodología BIM, a partir de un análisis de madurez BIM de la empresa según, BIM FORUM Colombia.
Desarrollar hoja de ruta para la implementación de la metodología BIM en la PYME en estudio de acuerdo con el Nivel de madurez BIM identificado en el objetivo específico 1.	Fase 3	Identificar los pasos de la Ruta BIM de BIM FORUM Colombia (CAMACOL) para aplicar la metodología BIM en la pyme, basado en el análisis de la Fase 2.
Presentar una propuesta de implementación de la metodología BIM para la PYME en estudio, identificando la estructura organizacional de la empresa, los requerimientos tecnológicos y competencias de personal, según la hoja de Ruta del objetivo específico 2.	Fase 4	Presentar la propuesta de implementación de la metodología BIM en la Pyme en estudio como base para el desarrollo de futuros proyectos. Para ello, definiendo elementos clave, cómo procesos, personal, y tecnología requeridos, en alineación con la hoja de ruta establecida en la fase 3.

Tabla 6. Fases de metodología de trabajo de investigación.

Fuente: Elaboración propia.

6.1 RESULTADO FASE 1: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

FASE 1: Realizar una revisión bibliográfica y buscar información sobre casos de estudio similares.

6.1.1 Búsqueda en Bases de Datos.

Esta fase se lleva a cabo mediante la búsqueda de publicaciones disponibles en las principales bases de datos a nivel mundial, complementada con consultas en páginas web de diversas organizaciones. Su objetivo es comprender la evolución, el avance y perfeccionamiento de la metodología BIM en el contexto internacional.

El proceso se fundamenta en la utilización de ecuaciones de búsqueda, construidas a partir de palabras clave diseñadas específicamente para localizar documentos de referencia relevantes que permitan sustentar el marco conceptual de la investigación.

Las ecuaciones de búsqueda se enfocan en establecer una relación entre la metodología BIM y las pequeñas y medianas empresas. Dado que el ámbito científico utiliza el inglés como idioma predominante para la divulgación de conocimiento, las consultas fueron realizadas en este idioma para garantizar la inclusión de documentos relevantes a nivel internacional.

Las bases de datos utilizadas en el proceso de búsqueda fueron Descubridor EDS, Scopus y ScienceDirect, seleccionadas por su importancia en el ámbito científico y su relevancia en el campo de la ingeniería.

La siguiente tabla muestra las ecuaciones de búsqueda utilizadas y su vínculo con las bases de datos aplicadas en esta investigación.

Base de datos	Ecuación de búsqueda	Periodo	Delimitación geográfica	Idioma	Tipo de fuentes de información	Cantidad de documentos recuperados	Cantidad de documentos seleccionados	Ubicación de los archivos	Categorías de análisis
Descubridor	SU ("Building Information Modeling" OR "BIM") AND ("Small and Medium Enterprises")	Todos los tiempos	Todo el mundo	Inglés	Artículos de revista	106	36	Medeley	Architecture Engineering Construction (AEC)
Scopus	(TITLE-ABS-KEY ("Building Information Modeling" OR bim) AND ("Small and Medium	2018-2025	Todo el mundo	Inglés	Artículos de Revista	206	42	Medeley	Architecture Engineering Construction (AEC)

	Enterprises" OR sme)) AND PUBYEAR > 2018 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar"))								
Science Direct	("Building Information Modeling" OR "BIM") AND ("Small and Medium Enterprises" OR "SME"))	2018-2025	Todo el mundo	Inglés	Artículos de Revista	411	32	Medeley	Architecture Engineering Construction (AEC)

Tabla 7. Ecuaciones de búsqueda de información para marco conceptual.

Fuente: Elaboración Propia.

6.1.1.1 Búsqueda Descubridor EDS

Para EBSCO Discovery Service (EDS), no se establecieron numerosos criterios de filtrado debido al alto volumen de información recuperada mediante la ecuación de búsqueda. Se recopiló información de todas las épocas y se priorizó la selección de artículos científicos cuyos resúmenes abordaran la aplicación de la metodología BIM en organizaciones. Además, se consideraron estudios sobre la metodología conceptual, las tendencias y los indicadores asociados a la evolución de BIM a nivel internacional.

A partir de este análisis, de los 106 documentos obtenidos, se seleccionaron 36, basándose en los criterios previamente descritos.

6.1.1.2 Búsqueda Scopus.

En Scopus, los criterios de búsqueda se centraron inicialmente en un filtro temporal que abarcó los últimos 25 años en estudios sobre la metodología BIM, considerando que el siglo XXI ha sido clave en la popularización de la digitalización en diversas industrias, particularmente en el sector de la construcción.

Asimismo, se eligen solo artículos de revista y finalmente se estable una relación entre la metodología BIM y las pequeñas y medianas empresas. A partir de estos resultados, se analizaron la aplicabilidad e

impacto de BIM en organizaciones, así como los estándares e indicadores que destacan la importancia de esta metodología en el sector de la construcción a escala global,

A partir de este análisis, de los 260 documentos obtenidos, se seleccionaron 42, basándose en los criterios previamente descritos.

Adicionalmente, dentro de la búsqueda en **Scopus**, se han identificado datos relevantes que merecen ser destacados, como la evolución de las publicaciones científicas sobre la temática **BIM**. Estos incluyen el número de documentos publicados por año, así como la procedencia geográfica de las investigaciones, permitiendo identificar los países con mayor producción académica en esta área.

Documents by year

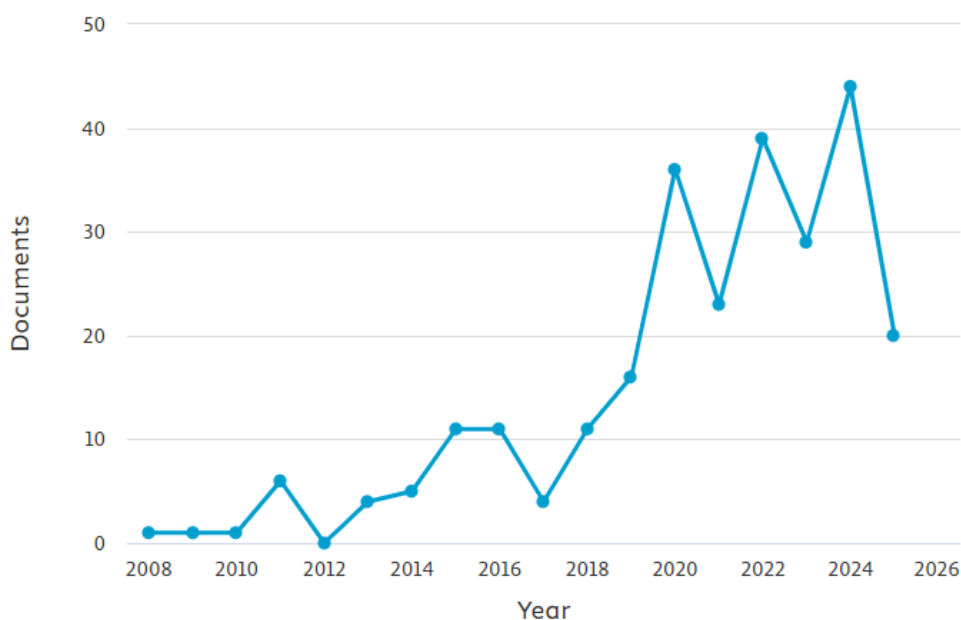


Figura 7. Documentos por años según ecuación de Búsqueda relacionada a metodología BIM.

Fuente: Portal de Scopus, según ecuación de búsqueda.

Documents by country or territory

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.

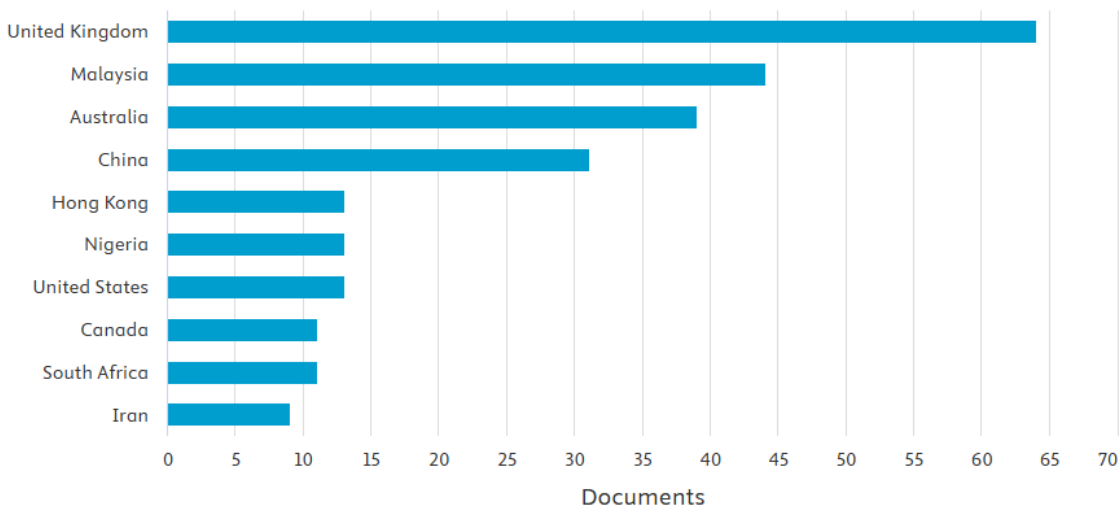


Figura 8. Países con mayor número de publicación según ecuación de búsqueda relacionada a la metodología BIM.

Fuente: Portal de Scopus, según ecuación de búsqueda.

6.1.1.3 Búsqueda Science Direct

Dado que **ScienceDirect** proporciona un volumen superior de publicaciones en ingeniería en comparación con **EBSCO Discovery Service (EDS)** y **Scopus**, se estableció un criterio de búsqueda centrado en los últimos 12 años. Este período fue seleccionado considerando el impacto creciente de los casos de Aplicación de BIM en el sector de la construcción, tal como se evidencia en la **Figura 7**.

Asimismo, se eligen solo artículos de revista y finalmente se establece una relación entre la metodología BIM y las pequeñas y medianas empresas. A partir de estos resultados, se analizaron la aplicabilidad e impacto de BIM en organizaciones, así como los estándares e indicadores que destacan la importancia de esta metodología en la industria de la construcción a nivel internacional.

A partir de este análisis, de los 411 documentos obtenidos, se seleccionaron 32, basándose en los criterios previamente descritos.

6.1.1.4 Directrices para la implementación de BIM en organizaciones según “BIM Fórum Colombia”.

Teniendo en cuenta la importancia que ha tenido la metodología BIM a nivel internacional, en Colombia se han desarrollado guías de aplicabilidad por BIM Fórum Colombia, perteneciente a la Cámara Colombiana de la Construcción, dentro del BIM Kit disponible en su página web.

Inicialmente, esta plataforma facilita la evaluación de las empresas en términos de capacidad y madurez en BIM, lo cual fue aplicado en este caso de estudio a la PYME analizada. Posteriormente, se utilizaron las guías propuestas por dicha entidad para desarrollar conceptos clave y definir una hoja de ruta para la adopción de BIM, adaptada específicamente a la PYME en cuestión.

Finalmente, con base en este análisis, se plantea una estrategia para adoptar BIM, que permita fortalecer el desarrollo de la metodología dentro de la empresa (PYME), considerando su estado actual y los requisitos necesarios para integrarla en proyectos futuros.

7. RESULTADOS.

7.1 RESULTADO FASE 2: IDENTIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE LA PYME EN ESTUDIO.

FASE 2: Identificar características de la empresa PYME en estudio para determinar los pasos requeridos en el proceso de implementación de la metodología BIM, a partir de un análisis de madurez BIM de la empresa según, BIM FORUM Colombia.

La pyme en estudio, fundada en mayo de 2024, es una empresa desarrolladora de proyectos que opera con un equipo reducido compuesto por dos empleados: el gerente, quien también actúa como director de proyectos, y un profesional especializado en construcción. Su objetivo principal es gestionar la ejecución de proyectos en diversas etapas, que incluyen la coordinación de diseños, la planificación de presupuestos, la programación de obras, la logística constructiva y, finalmente, la construcción, utilizando la subcontratación de actividades y la adquisición de insumos.

Hasta la fecha, los proyectos realizados por la pyme han sido encargados por clientes externos que solicitan sus servicios según sus necesidades, ya sea desde la etapa de planeación o directamente en la etapa de construcción. La empresa se especializa en proyectos de edificaciones residenciales y comerciales. En su trayectoria, ha desarrollado aproximadamente 1996 m² entre tres proyectos, abordando tanto la estructura como los acabados de las construcciones.

En la actualidad, la pyme se ha planteado como meta estratégica enfocarse en el desarrollo de edificaciones en áreas con un bajo índice de servicios residenciales y comerciales, especialmente en el municipio de Quibdó y el noroccidente del municipio de Medellín, para los próximos años.

Para identificar las características de la PYME en estudio que permitan conocer los pasos requeridos en el proceso de implementación BIM, lo primero que se evalúa es el nivel de madurez BIM que tiene la empresa, según los criterios adoptados por BIM FORUM Colombia que contempla 2 conceptos para ellos, “La capacidad BIM” y “La Madurez BIM. La **Capacidad BIM**” enfocándose en las habilidades indispensables de la organización para entregar resultados Y **La Madurez BIM** hace referencia al perfeccionamiento progresivo y sostenido de la calidad, la consistencia y la capacidad de anticipación, fundamentado en la Capacidad BIM de la organización. [62]

Para BIM FORUM Colombia la Capacidad BIM se centra en la manera como se desarrolla la integración de la información durante de su desarrollo. De acuerdo con la autoevaluación realizada en el informe descrito del **anexo1**, la Capacidad BIM de la PYME en estudio es **PRE-BIM**.

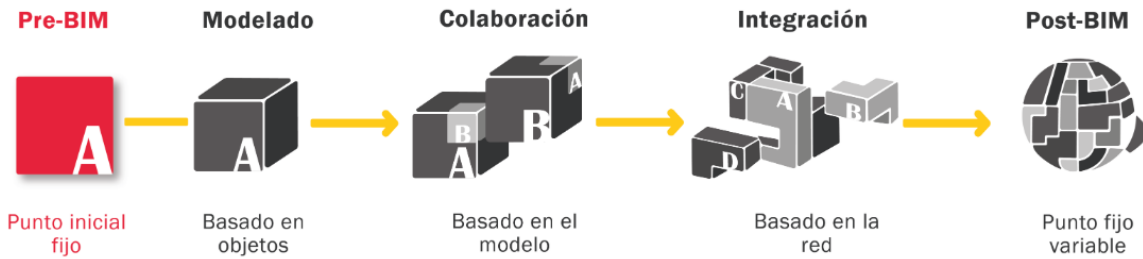


Figura 9 Evaluación capacidad BIM PYME en estudio.

La Madurez BIM se centra en cómo se conforman las dimensiones de matriz de madurez BIM, que contempla la tecnología, los procesos y políticas en la organización. Lo anterior se puede revisar en la figura 2.

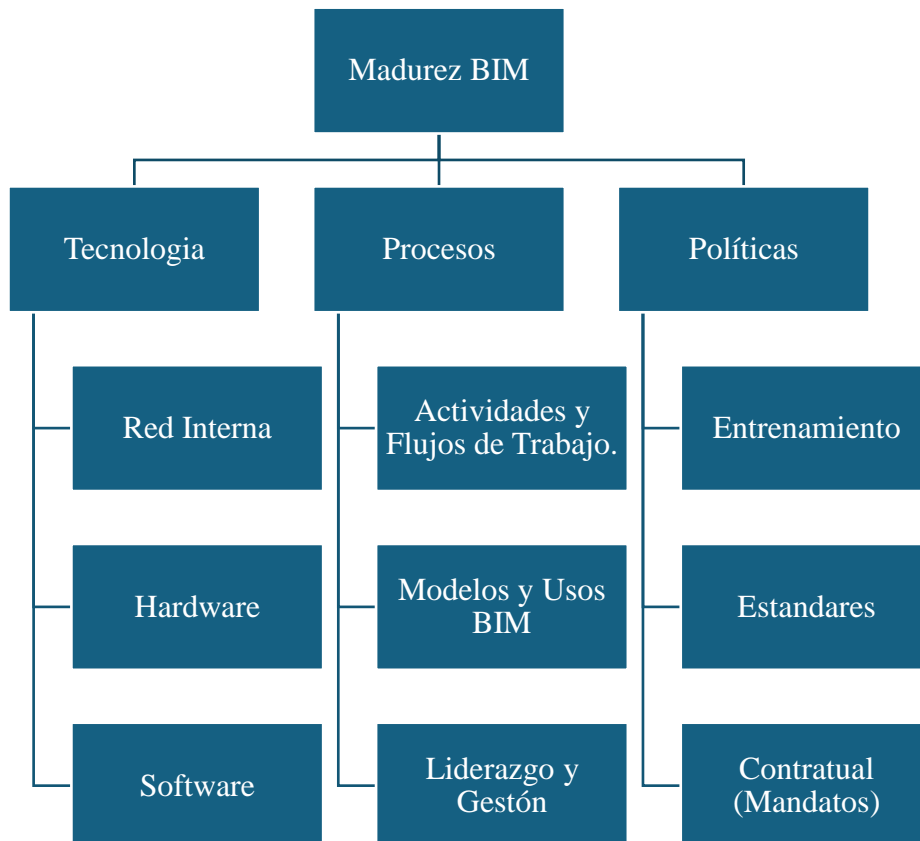


Figura 10. Característica que conforman la matriz madurez BIM.

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta todas las dimensiones de la matriz de madurez BIM la evaluación realizada en el informe descrito del **anexo1** para la PYME en estudio, se clasifica en el nivel **INICIAL**, el cual corresponde a Madurez Baja. En términos porcentuales el avance general de la organización se sitúa en un **1%**.

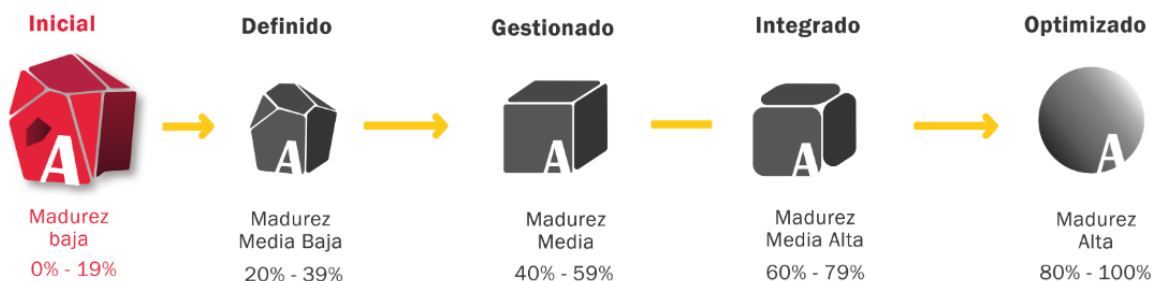


Figura 11. Evaluación Madurez BIM PYME en estudio.

La puntuación de cada una de las respuestas corresponde a uno de los cinco (5) niveles de Madurez: (0) Inicial, (10) Definido, (20) Gestionado, (30) Integrado y (40) Optimizado.

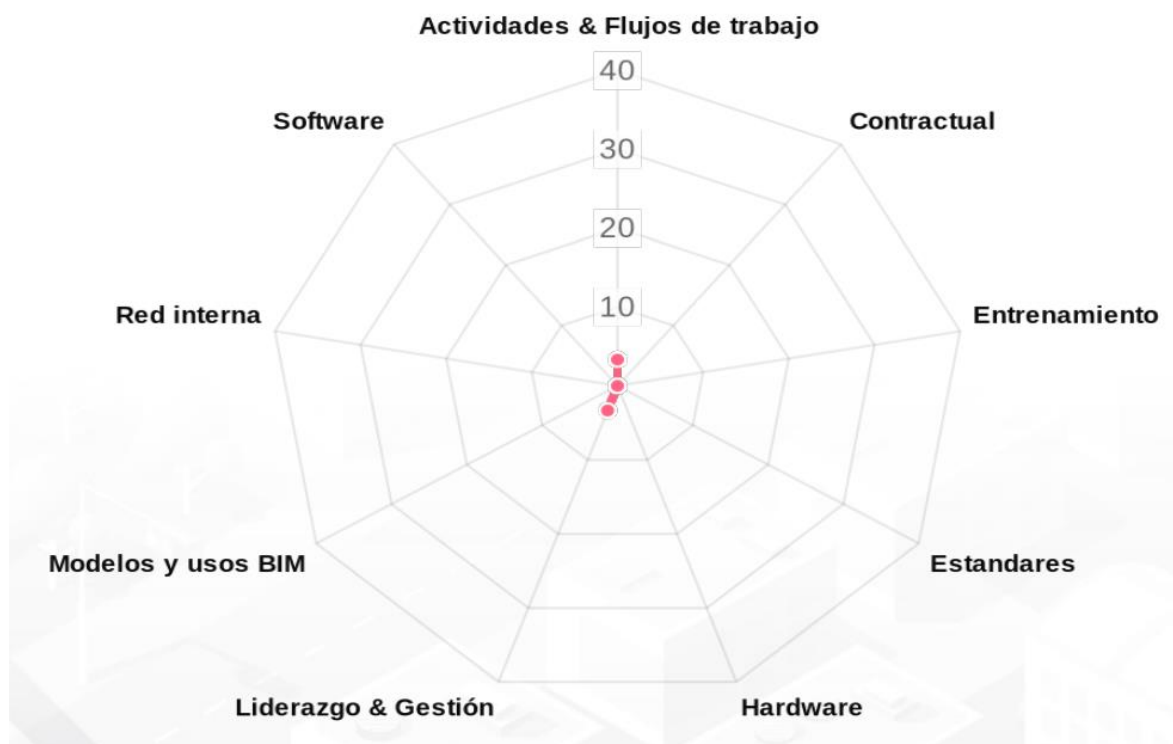


Figura 12. Evaluación Matriz de madurez BIM PYME en estudio.

SOFTWARE		0
Elección de software	No hay directrices operativas establecidas para la elección y aplicación del software..	0
Usos información	Los modelos tridimensionales sirven como referencia fundamental para la producción de representaciones 2D y la generación de entregables con alta precisión.	0
Almacenamiento e intercambio	La gestión, conservación y compartición de información carecen de una definición clara dentro de las organizaciones o equipos de proyecto.	0
Flujos de información	La transmisión de información enfrenta serias limitaciones en cuanto a interoperabilidad.	0
HARDWARE		0
Especificación y gestión	Los equipos resultan insuficientes, con especificaciones demasiado bajas, inconsistentes en toda la organización y con parámetros desconocidos.	0
La inversión	La actualización o reemplazo de equipos se percibe como un gasto y solo se lleva a cabo cuando resulta indispensable.	0
RED INTERNA		0
Redes internas	Las soluciones de red están ausentes o no cuentan con una administración centralizada.	0
Intercambio de información	Profesionales, organizaciones y equipos de proyecto, ya sea en una misma ubicación o distribuidos, emplean diversas herramientas para la comunicación y el intercambio de datos sin una estandarización definida.	0
Conexiones	Los actores involucrados no disponen de la infraestructura de red adecuada para la gestión, almacenamiento y distribución del conocimiento.	0
PROCESOS		
ACTIVIDADES Y FLUJOS DE TRABAJO		3
Roles BIM	No existen procesos claros, los roles carecen de precisión y las estructuras de equipo junto con sus dinámicas presentan inconsistencias.	0
Transversalidad	Cada proceso se gestiona de manera autónoma sin un marco de alcance claramente establecido, con iniciativas fragmentadas orientadas a alcanzar los objetivos de cada disciplina.	10
Resultados y productividad	El desempeño varía de manera impredecible, y la productividad se sostiene principalmente en esfuerzos individuales desconectados.	0
MODELOS Y USOS BIM		0

Modelos y usos BIM	Los entregables de modelos 3D presentan niveles de detalle excesivos, insuficientes o con falta de uniformidad..	0
LIDERAZGO Y GESTIÓN		3
Visión organizacional	Los líderes presentan perspectivas diversas respecto a BIM.	0
Estrategia de implementación	La adopción de BIM, conforme a los requisitos de cada etapa, se desarrolla sin una planificación estratégica definida.	0
Oportunidades de negocio	Se reconocen avances en productos y procesos, y se identifican oportunidades de negocio derivadas de BIM, aunque no se aprovechan plenamente.	10
POLÍTICAS		
ENTRENAMIENTO		0
Requisitos de entrenamiento	La capacitación en BIM disponible para el personal es insuficiente o inexistente.	0
Metodología de entrenamiento	Los programas de formación elegidos no cumplen con los objetivos previstos.	0
ESTANDARES		0
Políticas y protocolos	No existen normativas ni procedimientos establecidos para la gestión de la información.	0
Estándares de modelado	No existen directrices establecidas para la gestión de información y el modelado.	0
Plan de calidad	Los planes de aseguramiento de calidad son poco estructurados o inexistentes.	0
Indicadores	No existen métricas de referencia para evaluar procesos, productos o servicios.	0
CONTRACTUAL		0
Contractual	Está sujeto a acuerdos contractuales anteriores a BIM, sin reconocimiento o consideración de los riesgos asociados a la colaboración basada en modelos.	0

Tabla 8. Matriz de Madurez BIM evaluada. [63]

La evaluación descrita en este apartado se puede obtener en el **anexo 1** al final al final de documento.

7.2 RESULTADO FASE 3: PASOS RUTA BIM DE BIM FORUM COLOMBIA.

Identificar los pasos de la Ruta BIM de BIM FORUM Colombia (CAMACOL) para aplicar la metodología BIM en la pyme, basado en el análisis de la Fase 2.

El proceso de implementación de la metodología BIM se desarrolla teniendo en cuenta la guía número 8 de “RUTA BIM CAMACOL” la cual contempla cinco etapas dentro del proceso de implementación BIM.

Esta guía se encuentra de manera gratuita En el portal de internet de “BIM FORUM Colombia por la Cámara Colombiana de la construcción (CAMACOL)”

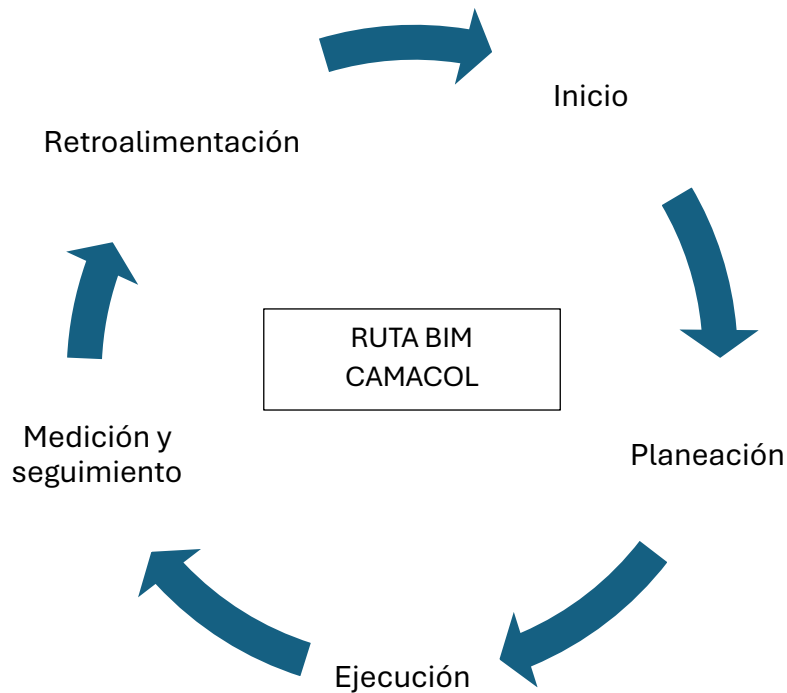


Figura 13. Etapas de hoja de ruta de implementación BIM CAMACOL.

Fuente: Elaboración Propia.

7.2.1 INICIO

La etapa de INICIO dentro del ciclo de implementación BIM esta integrada por varios aspectos:

- A. “Definir un responsable de proceso y un patrocinador de nivel estratégico gerencial” [64]
- B. “Realizar un Diagnóstico de la compañía” [64]
- C. “Consultar documentos técnicos” [64]

6.3.1.1 A: Definir un responsable de proceso y un patrocinador de nivel estratégico gerencial.

Este paso permite identificar a los responsables necesarios para cada etapa del ciclo de implementación en las compañías. Además, los perfiles asignados deben cumplir con características específicas que garanticen una alta probabilidad de éxito en el desarrollo del proceso de implementación.

Patrocinador: Debe tener habilidades de comunicación, influencia y decisión para defender ideas a nivel gerencial, gestionar cambios y obtener apoyo de la alta dirección, incluso sin conocer todos los detalles técnicos.

Promotor: El líder tecnológico debe dominar habilidades tecnológicas, liderar la transformación, investigar y probar soluciones, capacitar al equipo y establecer estándares. Asimismo, es clave en la implementación y en la gestión de expectativas dentro de la organización.

6.3.1.2 B: Realizar un Diagnóstico de la compañía

Para realizar el Diagnóstico de la compañía se tienen en cuenta 4 aspectos importantes que son:

1. “El Core del negocio y los objetivos estratégicos” [64].
2. “Evaluar capacidades de los equipos de trabajo” [64].
3. “Diagnóstico de la estructura tecnológica” [64].

1: El Core del negocio y los objetivos estratégicos.

Identificar el Core del negocio requiere analizar los procesos internos de la organización y realizar entrevistas para determinar los objetivos organizacionales. Esto garantiza la integración adecuada de

nuevos activos y flujos de trabajo con el ADN de la compañía, minimizando la resistencia de los Interesados en proyectos BIM [64].

Diagnóstico estratégico: La PYME analizada cuenta con un equipo humano reducido, compuesto por dos personas directamente vinculadas: el gerente (quien también ejerce como director de Proyectos) y un profesional especializado en proyectos de construcción. Su enfoque principal es la planeación, ejecución de edificaciones residenciales y comerciales. Estos proyectos son solicitados por clientes que actúan como propietarios. La implementación de la metodología BIM tiene como objetivo optimizar la productividad de dichos proyectos, integrando de manera efectiva a todos los actores involucrados (propietarios, diseñadores, consultores y constructores) y asegurando flujos de comunicación claros y eficientes a lo largo de todo el proceso de desarrollo.

Procesos Internos: Para la PYME en estudio estos carecen de definición y se gestionan de manera improvisada, adaptándose a las necesidades específicas de los propietarios de cada proyecto al momento de contratar los servicios para la ejecución. Para iniciar el proceso de implementación BIM, es imprescindible establecer procesos internos que proporcionen un enfoque estructurado, permitiendo la adopción de BIM desde las primeras etapas de negociación entre la pyme y los propietarios de los proyectos. Posteriormente, se deben integrar a los demás interesados dentro de los flujos de trabajo diseñados bajo la metodología BIM.

Estudio de flujos de trabajo actuales: Al igual que los procesos internos, estos carecen de una definición clara y, hasta ahora, se han gestionado de manera improvisada, adaptándose a las necesidades específicas de los propietarios de cada proyecto al momento de contratar los servicios de la pyme en estudio. Para integrar la metodología BIM de forma efectiva en los proyectos que hará parte la PYME, resulta fundamental demostrar a los propietarios las ventajas de adoptar esta metodología a lo largo de todo el ciclo del proyecto y asegurar que se establezca como estándar para su desarrollo. Esto permitirá definir un marco de trabajo basado en los principios de BIM, asignando roles y funciones específicas a los distintos interesados, como diseñadores y constructores, durante la ejecución de los proyectos.

Identificación de Indicadores clave de desempeño (existentes): Los indicadores clave de desempeño requieren el establecimiento de una línea base para evaluar la evolución de ciertos procesos a lo largo del tiempo. En proyectos BIM, no se define una métrica absoluta debido a la heterogeneidad de las empresas, influenciada por factores como el número de empleados, la infraestructura tecnológica y las capacidades técnicas.

Por ello, cada empresa debe medir su desempeño en función de su propia evolución, estableciendo objetivos de mejora, implementando planes, verificando resultados y tomando decisiones estratégicas, en un proceso continuo similar al círculo de Deming[65].



Figura 14. Propuesta de ciclo Deming como base para el desarrollo de indicadores [65].

Según [65] por su experiencia se debe discriminar la definición de indicadores teniendo en cuenta 4 etapas que se tienen en el proyecto que son:

1. “La conceptualización, prefactibilidad y diseño esquemático” [65].
2. “Anteproyecto y documentación para la construcción” [65].
3. “Pre-construcción y compras” [65].
4. “Construcción/Ejecución del proyecto” [65].

Para [65] algunos indicadores que se destacan son:

- “Reducir tiempos de diseño (cabidas en el caso de proyectos inmobiliarios)” [65]
- “Disminución de solicitudes de cambio (SC) entre cada entrega” [65].
- “Reducir requerimientos de información (RFI) entre cada entrega” [65].
- “Reducir tiempos de presupuestación” [65].
- “Optimizar los tiempos del cronograma de obra” [65].
- “Reducir interferencias al momento de construir” [65].

2: Evaluar capacidades de los equipos de trabajo

Las personas constituyen un elemento fundamental en la implementación BIM, por lo que resulta crucial identificar y asignar roles especializados y responsabilidades claras. Esto garantiza una gestión eficiente de todos los aspectos relacionados con la metodología, favoreciendo la obtención de resultados positivos durante el proceso de transformación.[32]

Para la pyme en estudio, es esencial definir las competencias que debe cumplir cada uno de los stakeholders del proyecto para garantizar el logro de una implementación efectiva de la metodología BIM. Estas competencias deben abarcar conocimientos técnicos, experiencia profesional y una capacidad adaptativa que les permita resolver las necesidades del proyecto, especialmente en aspectos clave como la comunicación, el liderazgo y el trabajo en equipo.

3: Diagnóstico de la estructura tecnológica

La evaluación de la infraestructura tecnológica es fundamental para la correcta implementación de BIM debido a los beneficios que representa contar con equipos y programas adecuados para cumplir con los objetivos establecidos. En este caso de estudio, y considerando las características de la empresa, resulta indispensable optar por hardware de alto rendimiento que soporte el procesamiento de los modelos. En cuanto al software, se recomienda elegir las herramientas más comercializadas en el mercado, ya que estas facilitan el uso y la adquisición de competencias entre los interesados involucrados en el proceso.

6.3.2.3 C: Consultar documentos técnicos

En la revisión de documentos técnicos, es fundamental considerar los siguientes aspectos

1. “Políticas, estándares y procesos” [64]
2. “Gestión del Cambio” [64].
3. “Tecnología” [64].

1. Políticas, estándares y procesos.

La implementación BIM requiere la definición de políticas, estándares y procesos que permitan gestionar y optimizar los flujos de información, así como las distintas fases que componen el desarrollo de un proyecto[64]. Actualmente, la pyme en estudio no dispone de políticas, estándares ni procesos claramente establecidos para garantizar la adopción de la metodología BIM. Por lo tanto, se propone recurrir a los lineamientos definidos en la Ruta BIM de BIM FORUM COLOMBIA (BIM Kit),

específicamente en sus volúmenes 1 y 2, adaptándolos a las condiciones actuales de la pyme y su realidad operativa. Este enfoque busca facilitar la implementación, alineando las capacidades actuales de la empresa con los requisitos establecidos en dicha guía.

2. Gestión del Cambio.

La oposición a la transformación constituye uno de los principales desafíos para lograr el desarrollo pleno de los procesos de implementación BIM. Por ello, resulta imprescindible contar con una estrategia que facilite la adaptación constante al cambio dentro de este proceso, que por naturaleza tiende a ser iterativo. En este contexto, un modelo de gestión del cambio cíclico, como el modelo de Kotter en 8 pasos, se presenta como una solución adecuada. Este enfoque permite una adaptación iterativa al cambio, ajustándose a los resultados de las evaluaciones y análisis realizados durante cada etapa de avance en el estado de la pyme. Ver Tabla 5.

Modelo Kotter de gestión del cambio en 8 pasos		
Paso	Actividad	Observación
1	Crear sentido de la urgencia	Es crucial comprender y abordar la necesidad de implementar el cambio de manera inmediata. La transformación permite superar desafíos actuales, mejorar procesos y garantizar resultados sostenibles, adaptándose a las demandas del entorno y asegurando el crecimiento y la competitividad a largo plazo.
2	Formar una Coalición	Fomentar la integración y el trabajo conjunto entre todas las partes involucradas. es esencial para garantizar el alineamiento de objetivos, el flujo eficiente de información y el éxito del proyecto.
3	Crear visión para el cambio	La implementación del cambio proyecta una transformación positiva para la empresa, posicionándola como un actor competitivo y eficiente en el mercado. Con procesos optimizados, una estructura sólida y mayor capacidad de adaptación, la empresa podrá afrontar retos con confianza, mejorar sus resultados y garantizar un crecimiento sostenible a largo plazo
4	Comunique la visión	Una comunicación efectiva entre los interesados es fundamental para garantizar el progreso continuo del proceso. Esta coordinación permite compartir información de manera clara, alinear objetivos y resolver posibles conflictos, asegurando un avance eficiente y exitoso en cada etapa del proyecto.
5	Eliminar los obstáculos	Es fundamental identificar y enfrentar los obstáculos encontrados durante el proceso para garantizar su eliminación. Este enfoque permite mantener un avance continuo, optimizar los resultados y asegurar que el desarrollo del proyecto no se vea comprometido por barreras imprevistas.

6	Asegurarse triunfos a corto plazo	Se propone establecer objetivos parciales o pequeños triunfos que funcionen como hitos estratégicos dentro del proceso. Estos logros permiten mantener la motivación, evaluar el progreso de manera constante y avanzar de forma estructurada hacia la consecución de la meta final.
7	Construir sobre el cambio	Se debe llevar a cabo el desarrollo de cada elemento requerido para materializar el cambio visualizado, asegurando que las acciones sean integrales, estratégicas y estén alineadas con los objetivos planteados. Este enfoque garantizará una transición efectiva hacia la transformación deseada.
8	Integrar el cambio como un elemento fundamental dentro de la cultura organizacional.	Finalmente, consolidar el cambio dentro de la cultura de la empresa es esencial para garantizar que el proceso de implementación se desarrolle de manera iterativa y sostenible. Esto asegura que las transformaciones se integren profundamente en las prácticas y valores organizacionales, permitiendo una mejora continua en el tiempo.

Tabla 9. Propuesta modelo Kotter para gestión del cambio en el proceso de implementación BIM en PYME estudiada [64].

3. Tecnología.

La tecnología está estrechamente vinculada a las ofertas disponibles en el mercado, por lo que es fundamental que las herramientas seleccionadas para la implementación de la metodología BIM, sean adecuadas al tipo de proyecto y a la evolución que la empresa ha experimentado a lo largo de su trayectoria. En este caso de estudio, se proponen tecnologías mínimas, previamente utilizadas, que han demostrado ser herramientas tecnológicas oportunas para apoyar eficazmente el desarrollo de un proyecto piloto con la implementación de la metodología BIM.

7.2.2 PLANEACIÓN

La etapa de planificación dentro del ciclo de implementación BIM comprende cuatro aspectos fundamentales.

- A. “Alinear metodología con la misión y visión de la compañía” [64]
- B. “Establecer objetivos a corto, mediano y Largo Plazo” [64].
- C. “Definir roles y responsabilidades BIM” [64].
- D. “Diseño de un Plan de implementación BIM” [64].

7.2.2.1 A: Alinear metodología con la misión y visión de la compañía.

La Misión de la empresa para los próximos 10 años es consolidarse en el desarrollo óptimo de proyectos de edificaciones, asegurando la calidad previamente definida en los alcances establecidos y respetando los costos proyectados. Se busca reducir al máximo los sobrecostos y optimizar la ejecución, promoviendo ahorros significativos en tiempo y recursos, para ofrecer soluciones habitacionales eficientes y sostenibles, teniendo el método BIM como fundamento para la ejecución del trabajo.

La visión de la empresa se enfoca en consolidar un prestigio sólido ("Good Will") como una de las principales desarrolladoras de edificaciones en el municipio de Quibdó, aprovechando la oportunidad de posicionarse en un mercado donde actualmente no existen empresas reconocidas y consolidadas debido al predominio del empirismo en el sector. Asimismo, aspira a convertirse en un referente académico para las futuras generaciones de profesionales de la construcción, promoviendo el fortalecimiento del conocimiento y la innovación en el sector. En este escenario, BIM se consolida como un recurso fundamental para fortalecer la competitividad de la empresa al tiempo que contribuye al desarrollo de soluciones habitacionales, al conocimiento técnico, a la innovación y a la sostenibilidad en el ámbito de la construcción.

7.2.2.2 B: Establecer objetivos a corto, mediano y Largo Plazo

Para alcanzar los objetivos en la adopción BIM, es esencial centrarse en los resultados que respondan a las necesidades específicas de la empresa. Este enfoque debe estar alineado con los pilares fundamentales de la metodología BIM: tecnología, personas y procesos, los cuales forman la base para garantizar una integración eficiente y efectiva.[64]

- Objetivos a corto plazo: Logros iniciales, desarrollo de competencias técnicas, operativas y procedimentales.
- Objetivos a mediano plazo: Evaluación de expectativas y posibles desilusiones; por ello, se prioriza el seguimiento al equipo de trabajo, promoviendo la socialización de la implementación y destacando las victorias tempranas como un medio para mantener la motivación del grupo.
- Objetivos a largo plazo: Contribuyen a definir el rumbo de la organización, tomando como punto de partida la matriz de madurez para identificar y visualizar los objetivos, los cuales deben ser medibles y coherentes.

Los objetivos se plantean por medio de 2 puntos

1. “Planeación estratégica” [64].
2. “Priorización”[64].

Aspecto objetivos	definición	Alcance de Objetivo	Objetivo
1. Planeación estratégica	Planeación	A. “Establecer Objetivos Claves de Desarrollo de Implementación (Objetives and Key Results, OKR)” [64].	Desarrollar proyectos de edificaciones eficientes e innovadores, utilizando el enfoque BIM como pilar fundamental, abarcando desde la planificación hasta la ejecución., con el objetivo de establecer un factor diferenciador en el sector de la construcción en el municipio de Quibdó, donde este ámbito aún se caracteriza por un enfoque predominantemente empírico.
		B. “Indicadores de Proyectos a corto, mediano y largo plazo” [64].	Primera Etapa: - “Reducción tiempos de diseño (cabidas para proyectos de edificaciones) [64]” - “Disminución de solicitudes de cambio (SC) entre cada entrega” [64]. - “Reducción requerimientos de información (RFI) entre cada entrega”[64]. - “Reducción tiempos de presupuestación”[64]. - “Reducción interferencias al momento de construir”. - “Seguimiento de obra”.
			Segunda Etapa: “Establecer nuevos indicadores que correspondan al periodo posterior a la apropiación de la metodología BIM” [64].

2. Priorización.	A: “Definición de mínimos productos viables (Usos BIM)” [64].	<p>Definición de Usos BIM necesarios según los Objetivos de implementación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - “Solicitaciones de proyecto”. - “Registro y análisis de las condiciones actuales”. - “Elaboración de proyectos específicos según cada disciplina.”. - “Revisión de entregables”. - “Análisis de diseños”. - “Detección de interferencias”. - “Modelado Récord”.
	B: “Capacidad de Implementar” [64].	<p>Abordar aspectos relacionados con el Recurso Humano y los Procesos, incluyendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - “Especialistas con trayectoria en la creación y gestión de modelos.”. - “Competencias en el manejo de software de modelación”. - “Capacidad para operar entornos comunes de datos (CDE)”. - “Adaptabilidad al cambio dentro de la organización”. - “Gestión eficiente de licencias de software”. - “Capacitación de competencias”.
	C: “Matriz de viabilidad” [64]	<p>Definir viabilidad de implementación BIM según el tipo de proyecto: Para este caso todo señala la importancia de BIM para proyectos como de edificaciones que su volumen de trabajo demande una coordinación exhaustiva para su desarrollo según su complejidad. Algunos casos aplicables para la PYME en estudio son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - “Edificaciones verticales o gran altura” - “Áreas a desarrollar mayor a 500 m2” - “Proyectos con alta complejidad técnica”
	D: “Gestión del Cambio” [64].	<p>A: Definir de un canal y un plan de comunicación: En este caso de estudio, la responsabilidad recae en el promotor del proceso de implementación, quien se encarga de difundir la información a través de comités y del envío de documentación relevante sobre el proceso.</p> <p>B: Promocionar de la adopción de BIM en la cultura organizacional: Esto se logra identificando y superando resistencias al cambio para facilitar su integración y apertura.</p> <p>C: Seleccionar de facilitadores o aliados estratégicos. Identificar facilitadores o aliados con conocimiento profundo de los procesos y capaces de garantizar los intereses de cada área. En este caso, se sugiere contar con el apoyo de un consultor externo especializado en BIM para brindar acompañamiento durante el proceso de implementación.</p>

Tabla 10. Objetivos propuestos para planeación estratégica y priorización a corto, mediano y largo plazo.[64]

7.2.2.3 C: Definir roles y responsabilidades BIM.

Para la definición de roles, es necesario partir de los existentes en las compañías, con el objetivo de evaluar las capacidades y resultados actuales. Este análisis permitirá identificar las necesidades que deben ser cubiertas mediante la implementación de capacitaciones y la adquisición de competencias orientadas al desarrollo de la metodología BIM.

En la actualidad, existen cuatro roles principales que deben considerarse en cualquier proceso de implementación. Para este caso los roles dependen de la estructura organizacional de la empresa, siendo así se propone el siguiente cuadro.

Partes del proceso BIM ISO 19650-2	Nombre del Rol	Responsable	Responsabilidades
Contratante	N/A	Clientes/Propietarios	<ul style="list-style-type: none"> *Identificación de necesidades para la definición del alcance del proyecto. *Definición de Objetivos del proyecto. *Determinación del presupuesto necesario para el desarrollo del proyecto. *Evaluación y aprobación de las propuestas presentadas.
Contratista principal	BIM Manager (Estrategia)	Gerente de empresa/Promotor	<ul style="list-style-type: none"> *implementación de prácticas BIM eficientes. *Difusión de información clave sobre los procesos BIM. *Promoción de los beneficios y ventajas asociados a la adopción de BIM. * Determinación exacta de los usos de BIM según los objetivos específicos del proyecto. *Recopilación y análisis de las lecciones aprendidas a lo largo de los procesos BIM. *Asignación de roles estratégicos adicionales para fortalecer la implementación. *Diseño y estructuración de una metodología BIM alineada con las necesidades específicas del proyecto. *Configuración y definición del “Entorno Común de Datos (CDE)”. *Desarrollo y formalización del “Plan de Ejecución BIM (BEP)”. *Cumplimiento del marco contractual exigido para garantizar la alineación con las normativas establecidas.
Contratista.	Gestor BIM (Coordinador BIM)	Gerente de empresa/Promotor	<ul style="list-style-type: none"> *Supervisión y gestión eficiente del software de apoyo utilizado en los procesos BIM. *Creación y estandarización de formatos para los entregables del proyecto. *Administración y control de accesos y permisos en el Entorno Común de Datos (CDE). *Planificación estratégica de flujos de trabajo colaborativos para garantizar la productividad. *Elaboración y presentación regular de informes de progreso del proyecto. * Gestión técnica integrada entre los distintos equipos

			<p>y áreas participantes en el desarrollo del proyecto..</p> <ul style="list-style-type: none"> *Definición clara de los” requerimientos de intercambio de información (EIR)”. *Implementación efectiva del Plan de Ejecución BIM (BEP) con enfoque en resultados. *Gestión integral y comunicación adecuada sobre el uso del Entorno Común de Datos (CDE).
Contratista.	BIM Especialista (Producción)	Diseñadores, Arquitectura e ingeniería estructural y MEP (mecánica, eléctrica y plomería)	<ul style="list-style-type: none"> *Establecimiento de criterios y parámetros claros para el diseño. *Revisión exhaustiva de los modelos hasta alcanzar su fase final de madurez. *Generación de entregables y modelos del proyecto conforme a los objetivos definidos. *Comunicación efectiva de los requisitos del BEP a los equipos involucrados. *Apoyo conjunto en la administración de modificaciones a lo largo del desarrollo del proyecto. *Implementación de un enfoque de trabajo colaborativo para garantizar la integración eficiente. *Cumplimiento de los procesos establecidos en el Plan de Ejecución BIM (BEP). *Resolución de interferencias entre las especialidades de manera coordinada. *Aplicación de los usos BIM para maximizar su impacto en el proyecto.
Contratista.	Modelador BIM (Producción)	Contratista externo	<ul style="list-style-type: none"> *Modelar los elementos de acuerdo con las especificaciones definidas. *Generar modelos de información conforme a las directrices del BEP. *Desarrollar contenido de modelado BIM, incluyendo la creación de bibliotecas. *Parametrizar la información dentro de los modelos para optimizar su uso. *Elaborar modelos de información específicos para una disciplina determinada. *Coordinar los ajustes en el modelo en colaboración con otras disciplinas. *Implementar los Usos BIM definidos en el BEP.

Tabla 11. Propuesta de Partes, Roles responsables de Implementación para Pyme en estudio.[66]

Esta estructuración permite organizar y optimizar los procesos, garantizando una gestión eficiente y alineada con los estándares establecidos. Para ello, es importante definir y comprender los siguientes términos, que describen las labores desempeñadas por distintos roles dentro del proceso BIM.

Términos para trabajo entre partes de la metodología BIM según ISO 19650	
“Designación / Asignación (Appointment)” [66].	Consiste en designar a una persona para una función determinada respecto a obras, bienes o servicios, ya sea a través de un encargo, contrato o procedimiento de contratación. [66].
“Parte designada (Appointed party)” [66].	Tienen la tarea de proporcionar datos sobre obras, bienes o servicios, abarcando a contratistas, subcontratistas, diseñadores, interventores, revisores y especialistas en BIM dentro de la entidad [66].
“Parte que designa (Appointing party)” [66].	Destinatario de datos sobre obras, bienes o servicios provenientes de una entidad principal designada, como el contratante, la entidad o la parte contratante [66].
“Parte principal designada (Lead Appointed party)” [66].	Entidad principal de cada equipo de trabajo o un tercero designado para supervisar la gestión de información y calidad en nombre de quien lo asigna. También puede asumir el rol de contratista principal o encargarse de la administración de la información del proyecto dentro de la organización [66].
“Equipo de proyecto (Project Team)” [66].	Entidad asignadora y todos los equipos de entrega, comprendidos como aquellos que intervienen en un proyecto [66].

“Equipo de entregas o Equipo de desarrollo (Delivery team)” [66].	Grupo encargado de generar y suministrar información a la entidad designada, abarcando contratistas principales, coordinadores BIM y equipos de trabajo dentro de la organización [66].
“Equipo de tareas (Task team)” [66].	Equipo de especialistas encargados de generar información y llevar a cabo actividades dentro de cada área o sistema del proyecto, abarcando contratistas, subcontratistas y grupos internos [66].

Tabla 12. Términos para trabajo entre partes de la metodología BIM según ISO-19650 [66]

Es importante destacar algunos ejemplos que ilustren cómo pueden incorporarse los roles BIM según el nivel de complejidad del proyecto, tal como se observa en el siguiente cuadro.

Roles por complejidad de proyecto		
Categoría del Proyecto.	Roles mínimos requeridos	Cantidad Mínima de Perfiles
Alta complejidad o tamaño	“Director” [32].	“Uno (1) por proyecto” [32].
	“Gestor” [32].	“Uno (1) por equipo de desarrollo” [32].
	“Especialista” [32].	Uno (1) por equipo de tareas [32].
	“Modelador” [32].	Uno (1) por equipo de tareas [32].
Media complejidad o tamaño	“Gestor” [32].	Uno (1) por proyecto [32].
	“Especialista” [32].	Uno (1) por proyecto [32].
	“Modelador” [32].	Uno (1) por equipo de tareas [32].
Baja Complejidad o tamaño	“Especialista” [32].	Uno (1) por proyecto [32].
	“Modelador” [32].	Uno (1) por equipo de tareas [32].

Tabla 13. Roles recomendados según complejidad o tamaño del proyecto [32].

7.2.2.4 D: Plan de Implementación BIM.

Este es el consolidado de manera resumida, de todas las estrategias abordadas anteriormente que incluye:

1. “Cronograma de actividades e hitos para el cumplimiento escalonado de los objetivos establecidos (el qué y el cómo)” [64].
2. “Prepuestro necesario para la ejecución” [64].
3. “Plan de transformación de la estructura tecnológica” [64].
4. “Plan estratégico de capacitaciones” [64].
5. “Plan de impacto para los interesados” [64].

La evolución de este plan debe estar en constante análisis y optimización, aprovechando la retroalimentación y las lecciones aprendidas para su mejora continua. [64].

7.2.3 EJECUCIÓN

La fase de ejecución en el ciclo de implementación BIM abarca 5 puntos.

- A. “Desarrollo el estándar BIM de la organización” [64].
- B. “Reingeniería de procesos” [64].
- C. “Desarrollo de capacitaciones en metodología, procesos y herramientas” [64].
- D. “Desarrollo de transformación tecnológica en hardware y software” [64].
- E. “Desarrollo el proyecto piloto” [64].

7.2.3.1. A: Desarrollo del estándar BIM de la Organización.

Mediante este desarrollo del estándar BIM que se requiera desarrollar, se establecen los la pautas para definir los procesos que están establecido para cada uso BIM según el BEP planteado, esto debe ser concertado con un equipo idóneo que permita la creación de los estándares BIM dentro de todo el ciclo de implementación.

Para este caso de estudio acorde al desarrollo de la ruta BIM de Camacol se presenta en el siguiente cuadro los estándares adoptados.

Estándares			
Nombre	Descripción	Referente	Comentarios
“NTC-ISO 19650 1:2021 Principios y Conceptos” [43].	“Conceptos y principios de gestión de información” [43].	“Icontec” [43].	“Define los conceptos y principios fundamentales para la gestión de información BIM” [43].
“NTC-ISO 19650 2:2021 Fase de entrega de los activos” [43].	“Gestión de información para entrega de activos” [43].	“Icontec” [43].	“Este documento facilita que una parte designada defina sus requerimientos de información para la entrega de activos y establezca un entorno colaborativo que permita a múltiples partes producir información de forma eficiente” [43].

Tabla 14 Estándares BIM propuesto para PYME estudiada [43]

7.2.3.2. B: Reingeniería de procesos.

Esto implica el análisis de los procesos actuales para identificar oportunidades de alineación y adaptación con el enfoque adoptado por la empresa para la integración de la metodología BIM en sus procesos. De esta manera, se busca garantizar la coherencia y lograr los objetivos establecidos en la fase de planificación.

La reingeniería de procesos implica 4 puntos que se deben considerar:

- 1 Priorización.
- 2 Observación.
- 3 Propuesta y prototipado.
- 4 Gestión de conocimiento.

Puntos de reingeniería de procesos	
1. Priorización.	Se priorizan los procesos relevantes de acuerdo con el plan de desarrollo de la etapa de planificación, considerando los usos definidos y el nivel de complejidad. Solo se abordan los temas esenciales y se involucran las personas clave en el proceso de implementación BIM.
2. Observación.	A través de la observación de los procesos, se obtiene una visión clara de los resultados necesarios según los usos BIM que se implementarán. Esto permite identificar oportunidades de optimización y proponer mejoras que contribuyan a la evolución de la implementación.
3. Propuesta y prototipado.	A partir de los hallazgos identificados en la observación, se plantean propuestas de mejora enfocadas en optimizar procesos simples con alto impacto. Para ello, es fundamental considerar las herramientas tecnológicas necesarias y desarrollar prototipos que faciliten la implementación efectiva de los cambios, garantizando resultados satisfactorios.
4. Gestión de conocimiento.	Incorporar a los equipos en el proceso de prototipado para el cambio es clave para optimizar la ejecución de los procesos y reducir la resistencia a la transformación. Este enfoque permite una mejor adaptación y facilita la implementación efectiva de mejoras. Además, se documentan las lecciones aprendidas y las buenas prácticas derivadas del proceso, garantizando una evolución constante y una gestión eficiente del cambio.

Tabla 15. Puntos de reingeniería de procesos. [64]

7.2.3.3.C: Desarrollo de capacitaciones en metodología, procesos y herramientas.

Las personas son un pilar fundamental en la metodología BIM, por lo que implementar un plan estratégico de capacitación es esencial para desarrollar las competencias necesarias durante su adopción. Este enfoque no solo facilita la integración de BIM en la cultura organizacional, sino que también reduce la resistencia al cambio, ya que trabajar sobre conocimientos adquiridos y familiarizados agiliza la transición y optimiza los procesos.

Considerar todos los elementos de la metodología BIM implica abordar sus tres aspectos fundamentales:

- 5 “Metodología” [64].
- 6 “Políticas y procesos” [64].
- 7 “Tecnología” [64].

Plan de capacitaciones propuesto en metodología, procesos y herramientas.	
1. Metodología	<u>A. Introductoria:</u> Implementación de una capacitación introductoria dirigida a toda la compañía, asegurando que la metodología BIM sea percibida como una estrategia integral y no como un proyecto aislado.
	<u>B. En el ámbito estratégico:</u> análisis de los beneficios de invertir en la implementación BIM, destacando su impacto en la rentabilidad y el retorno de inversión. Además, se exploran las oportunidades de integración a futuro dentro de la organización, asegurando su alineación con los objetivos empresariales.
	<u>C. Equipo de implementación:</u> las personas involucradas en el proceso de implementación BIM deben adquirir conocimientos de manera formal, autodidacta y especializada, abarcando teoría, formación académica y práctica. Este aprendizaje se establece como la base para la elaboración de los documentos técnicos que guiarán el proceso de implementación.
2. Políticas y procesos	<u>A. Equipo de Implementación:</u> Desarrollo de habilidades blandas esenciales para facilitar la adaptación al cambio, potenciar el trabajo en equipo, fomentar la curiosidad creativa y promover la mejora continua. Esto permite una transición efectiva en la adopción de nuevas políticas y procesos, garantizando una integración óptima dentro de la organización.
	<u>B. A nivel directivo:</u> Desarrollo de habilidades blandas a nivel directivo para permear la cultura organizacional.
	<u>C. A nivel directivo:</u> Es fundamental comprender cómo los usos BIM impactan los procesos, permitiendo gestionar expectativas y garantizar un nivel adecuado de exigencia en la implementación. Esto facilita una toma de decisiones informada y alineada con los objetivos estratégicos de la organización.
	<u>D. Equipo de implementación:</u> Desarrollo y aplicación de procesos BIM a nivel especializado, considerando exclusivamente a los actores clave involucrados en cada uso. Esto garantiza una implementación eficiente y alineada con los requerimientos específicos de cada área.
3. Tecnología	<u>A. Introducción:</u> Presentación del ecosistema tecnológico que conforma la metodología BIM, asegurando su integración dentro de la cultura organizacional. Se establecen directrices sobre la adopción y uso adecuado de los softwares en un Entorno Común de Datos (CDE), garantizando una gestión eficiente y colaborativa de la información.
	<u>B. A nivel directivo:</u> Evaluación del valor generado por los softwares, considerando que la mayor inversión suele destinarse a la transformación tecnológica. Este análisis permite optimizar la toma de decisiones estratégicas, asegurando que la adopción tecnológica impulse la eficiencia operativa y el crecimiento organizacional.
	<u>C. Equipo de Implementación:</u> Capacitación específica en las herramientas necesarias según cada uso BIM, asegurando un enfoque eficiente y alineado con el ciclo de implementación. Se establece un cronograma optimizado para evitar una sobre capacitación innecesaria, permitiendo que los nuevos conocimientos se refuercen y consoliden a través de la práctica.

Tabla 16. Plan de capacitaciones propuesta en metodología, procesos y herramientas BIM [64].

7.2.3.4.D: Desarrollo de transformación tecnológica en hardware y software.

La selección de tecnologías para la compañía debe partir de la identificación de los problemas a resolver, garantizando que cada solución tecnológica esté alineada con las necesidades reales del negocio y evitando la adopción de tendencias del mercado que no aporten valor. Es fundamental que la

transformación tecnológica sea impulsada y respaldada por la dirección de la empresa, destacando el papel estratégico del promotor asignado al proceso de implementación.

Otro aspecto clave es la alineación de la tecnología con los objetivos del negocio, asegurando que su integración contribuya al crecimiento sostenible de la compañía. Asimismo, la gestión documental debe estructurarse de manera que facilite los intercambios de información y optimice el uso de BIM, considerando también su proyección a futuro para los próximos proyectos de implementación.

Para lograr una implementación efectiva, se propone la elaboración de un mapa tecnológico que identifique las herramientas existentes, sus ventajas y los desafíos asociados a la integración de nuevas tecnologías dentro de la cultura organizacional.

Gestión tecnológica	
1. Software	1. Según usos BIM evaluar el software que tenga interoperabilidad con la Industria
	2. Revisión Plugin para el software que beneficien la transformación
	3. El software este alineado al OPEN BIM (IFC, BCF)
	4. El software cuente con soporte técnico en el país
	5. El software sea popular el mercado para mayor oferta de personal
2. Hardware	1. Los equipos deben tener requisitos mínimos para buen funcionamiento.
	2. Los equipos deben ser adquiridos o renovados periódicamente
3. Comunicación Red	1. Solución de intercambio en la en la nube (CDE)
	2. Conexión a internet que soporte streaming a la información en la Nube
	3. Dar soluciones de Red para obras fuera del casco urbano.

Tabla 17. Puntos para transformación tecnológica. [64]

7.2.3.5.E: Desarrollo el proyecto piloto

Este proceso se desarrolla con el objetivo de dar continuidad a las estrategias previamente establecidas, integrando los usos BIM y la reingeniería aplicada. Su propósito principal es evaluar la implementación tanto en los proyectos como en la organización, permitiendo un análisis preciso de su impacto.

Para el desarrollo del proyecto piloto, se establece una serie de pasos que facilitan la identificación del éxito de la implementación, así como la detección de oportunidades de mejora que optimicen el proceso y su integración dentro de la compañía.

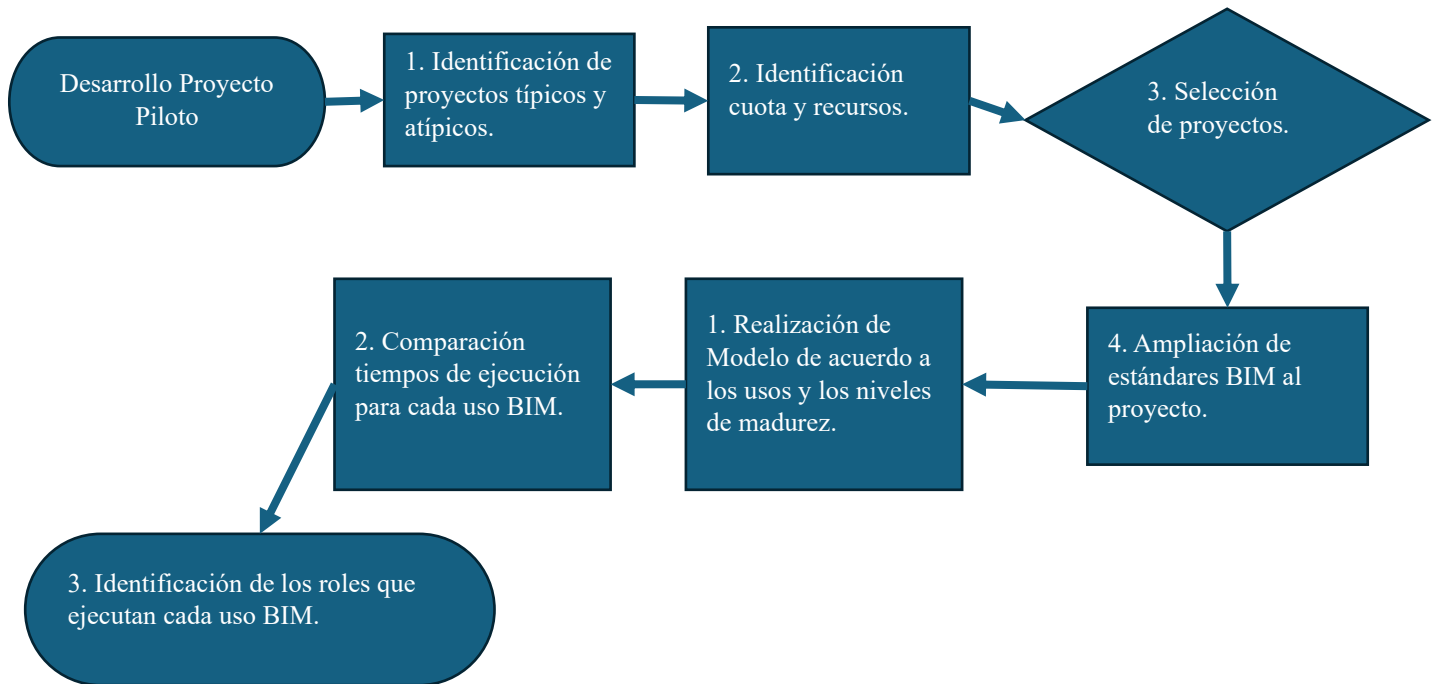


Figura 15. Pasos relevantes para el desarrollo de un proyecto Piloto de Implementación BIM [64]

7.2.4. MEDICIÓN Y SEGUIMIENTO

La metodología BIM es un proceso dinámico, estrechamente vinculado a la evolución tecnológica, lo que exige una actualización constante. Por ello, es fundamental contar con indicadores de medición y seguimiento precisos que permitan evaluar los avances en relación con los objetivos establecidos. De esta manera, se garantiza no solo la correcta implementación de BIM, sino también su contribución a la evolución y sostenibilidad de la organización a largo plazo.

Los aspectos que se tienen en cuenta en esta etapa del ciclo de implementación BIM son los siguientes:

- A. Realizar Medición de Indicadores.
- B. Incentivar la participación de los equipos de trabajo de la compañía.
- C. Identificar las oportunidades de mejora.

7.2.4.1.A: Realizar medición y seguimiento

Este apartado se centra en la gestión de indicadores clave para evaluar el desempeño de la organización, promoviendo la motivación de los equipos de trabajo y respaldando los objetivos estratégicos que impulsan tanto el crecimiento individual como el organizacional. Para ello, se han definido los siguientes indicadores de gestión BIM.

Indicadores de Gestión BIM			
Nombre de Indicador	Siglas	Definición	Objetivo
“Índice de Madurez BIM” [64]	“IMB (%)” [64]	“Variación porcentual en el resultado de la medición de la matriz de madurez” [64].	“Medir el avance en la implementación BIM a través de las dimensiones establecidas en la Matriz de Madurez del BIM Forum Colombia” [64].
“Índice de Aumento de productividad” [64]	“IAP (%)” [64]	“Variación entre la cantidad de proyectos gestionados por un equipo”. [64]	“Aumentar la capacidad productiva de los equipos de trabajo involucrados en la implementación BIM” [64].
“Índice de Efectividad de la Gestión del Cambio” [64]	“IEGC (%)” [64]	“Variación en el resultado promedio de las auditorías de modelo(s) de un equipo de diseño entre proyectos” [64].	“Aumentar la efectividad de las capacitaciones y estrategias de gestión del cambio con los equipos de diseño” [64].
“Índice de replicación de pilotos” [64]	“IRP (%)” [64]	“Porcentaje de adopción de pilotos exitosos en todos los proyectos” [64].	“Mejorar el acceso a desarrollos exitosos en la compañía” [64].
“Índice de capacitación BIM” [64]	“ICB (%)” [64]	“Porcentaje de personal capacitado sobre el total proyectado en la implementación” [64].	“Aumentar el nivel de conocimiento en la metodología BIM en los equipos involucrados” [64].
“Índice de adopción BIM” [64]	“IAB (%)” [64]	“Porcentaje de proyectos BIM en la compañía” [64].	“Medir la adopción de BIM en la compañía en función de los proyectos activos” [64].

Tabla 18. Indicadores propuestos de gestión BIM. [64]

7.2.4.2.B: Incentivar participación de los equipos de trabajo.

Fomentar la participación activa de los equipos puede resultar altamente efectivo mediante la implementación de un plan de recompensas y reconocimientos en distintas modalidades. Esto permite fortalecer el compromiso de los integrantes y destacar su crecimiento dentro de la organización, promoviendo una cultura de motivación y desarrollo continuo.

7.2.4.3.C: Identificar oportunidades de mejora.

Dado que el ciclo de implementación es iterativo, la identificación de mejoras constituye el inicio fundamental para retomar el procedimiento, facilitando la evolución constante. Esto permite impulsar la mejora continua, optimizar los procesos, fortalecer el desarrollo de las personas involucradas y contribuir al crecimiento sostenido de la organización.

7.2.5. RETROALIMENTACIÓN

Para garantizar una adaptación constante y la sostenibilidad de la implementación BIM en las compañías, la retroalimentación desempeña un papel fundamental en la identificación de riesgos, ya sea debido a la oposición a la transformación, la disponibilidad limitada de recursos o la dificultad de los procedimientos. A partir de este análisis, se pueden alinear estas situaciones con los objetivos estratégicos de la organización, facilitando la toma de decisiones y promoviendo la mejora continua.

Los puntos que se tienen en cuenta en este punto del ciclo de implementación son los siguientes:

- A. “Realizar Matriz de madurez BIM” [64].
- B. “Identificar oportunidades de mejora y ajustar políticas y procesos para nuevos proyectos” [64].
- C. “Validar el alcance y entregables” [64].

7.2.5.1.A: Realizar matriz de madurez BIM.

Siguiendo el enfoque del segundo objetivo de este trabajo de grado, se utiliza el examen de la herramienta para evaluar y medir el progreso, implementación y madurez BIM propuesta por BIM FORUM Colombia. Esta matriz permite una evaluación integral a través de tres componentes fundamentales:

- 1. “Madurez BIM: Mejora continua en calidad, perceptibilidad”[64].
- 2. “Capacidad BIM: Habilidades mínimas para un equipo ejecutar resultados”[64].
- 3. “Escala Organizacional: Tres grupos macro, meso y micro”[64].

7.2.5.2. B: Identificar oportunidades de mejora y ajustar las políticas y procesos para nuevos proyectos.

Debido a que el conocimiento evoluciona y tiene cada vez mayor experiencia, tiende a presentarse a nuevos desafíos, por ellos la necesidad de la innovación y sostenibilidad gradual y continua en los procesos adoptados desde la implementación. Se debe tener en cuenta los siguientes puntos.

- 1. Ajustes de la estandarización: Parte de los prototipos ajustados para hacer parte del estándar de la organización.

2. Medición de desempeño y mejora continua: teniendo en cuenta los aspectos de medición y seguimiento se tiene una base para el monitoreo de los procesos afectados.

7.2.5.3.C: Validar alcance y entregables

Dado que BIM se ajusta a los procesos y activos existentes en la organización, es fundamental definir un alcance específico en las áreas que han solicitado su implementación. Esto permite evaluar la trazabilidad y gestión desarrollada a través de los documentos y entregables generados durante el proceso de adopción. A partir de este análisis, se puede identificar oportunidades de mejora y explorar la posibilidad de expandir la implementación BIM hacia nuevas áreas de la organización o proyectos, optimizando su impacto y asegurando una integración efectiva [64].

7.2.6. ESTRUCTURA PARA “REQUERIMIENTOS DE INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN (EIR)”.

La propuesta del “Plan de ejecución BIM” nace de los lineamientos establecido en la guía para desarrollo de los “requerimientos de intercambio de información (EIR)” por BIM Forum Colombia, la cual se fundamenta con los estándares de la ISO-19650-1 de 2021 y sus componentes descritos en ISO 19650-2 de 2021. De esta manera se establecen todos los aspectos de manejo e intercambio de información en todas las etapas BIM del proceso. [39]

Adicional describe la jerarquía de los requerimientos de información y su impacto en el documento de Requerimientos de Intercambio de Información (EIR).

Según la NTC-ISO 19650-1, los requerimientos BIM se organizan en distintos niveles: los “Requerimientos de Información de la Organización (OIR)”, que establecen los objetivos BIM; los “Requerimientos de Información del Proyecto (PIR)”, que detallan las necesidades específicas del proyecto; y los “Requerimientos de Información del Activo (AIR)” y los EIR, que definen los aspectos contractuales para ejecución y mantenimiento. Como resultado, se generan dos modelos BIM: el “Modelo de Información del Proyecto (PIM)”, que abarca diseño y construcción; y el “Modelo de Información del Activo (AIM)”, enfocado en la gestión y operación del activo [39].

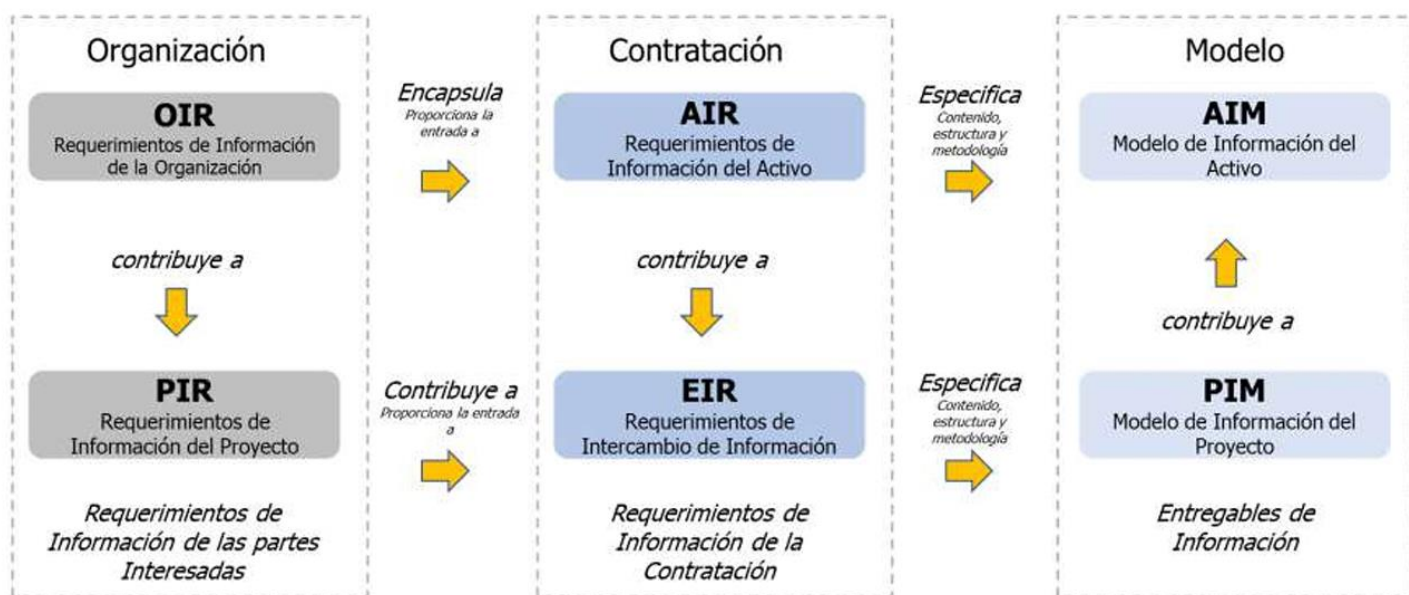


Figura 16. Jerarquía de requerimientos de Información Según NTC-ISO 19650-1 [39].

7.2.6.1. Información General del proyecto.

Esta parte establece el propósito y alcance del proyecto, proporcionando una visión general de su estructura en unidades constructivas para optimizar la gestión de los componentes BIM. [39]

Información General	
Promotor / contratante:	Civart Arte Civil S.A.S
Código de proyecto:	RR
Objeto del proyecto:	Estructuración, comercialización de 15 apartamentos de área promedio de 70m2 con parqueadero y cuarto útiles
Plazo del contrato:	4 años
Tope máximo:	16,350,000,000 COP
Lugar de ejecución:	Quibdó – Chocó
Alcance BIM:	Planeación, Diseño y Construcción
Área (m2):	1603
Longitud (km):	1
Descripción del proyecto:	El proyecto se desarrollará en varias etapas e incluirá la construcción de 2 torres de apartamentos y 20 casas. Cada torre contará con 15 apartamentos de 70 m ² , equipados con parqueadero y cuarto útil. Las casas, de 95 m ² , tendrán dos niveles, ofreciendo un diseño funcional y comfortable.
Información adicional:	

Tabla 19. Ejemplo de información General [39].

7.2.6.1.1. Segregación del proyecto

Aquí se determina la segmentación del proyecto, estableciendo su división conforme a criterios de ejecución o unidades funcionales. En caso de no existir subdivisión, se debe indicar la única parte definida, garantizando su alineación con el código del proyecto y el estándar de nomenclatura.[39]

Segregación del proyecto				
ID (Código)	Segregación (Fase, etapa o tramo)	Plazo* (Meses)	Tope máximo* (\$COP)	Ubicación (Localización)
E02	Etapa 2	28 meses	\$10,000,000,000	CII 26 #54-85

Tabla 20. Ejemplo segregación del proyecto [39]

7.2.6.1.2. Desglose en unidades constructivas.

Esta parte organiza los paquetes de trabajo en unidades constructivas o áreas definidas, asegurando que su nomenclatura base se ajuste al estándar del proyecto. [39]

Desglose de unidades constructivas		
Segregación de proyecto	Desglose y descripción	Nomenclatura Base
Etapa 1	Torre 2	E1T2
	Portería	E1PT
	Urbanismo	E1UB
Etapa 2	Torre 2	E2T2
	Urbanismo	E2UB

Tabla 21. Ejemplo desglose de unidades constructivas [39]

7.2.6.2. Propósito, Metas y Objetivos de la Información del Proyecto.

Esta sección describe el compromiso del equipo con la metodología BIM, sus metas y objetivos [39].

7.2.6.2.1. Metas.

Se establecen los propósitos generales del equipo para administrar la información y llevar a cabo la implementación de BIM [39].

Metas
Fomentar la colaboración integral entre todos los miembros del equipo de desarrollo del proyecto.
Fomentar la innovación y eficiencia en las edificaciones de Quibdó a través de BIM, abarcando desde la planificación hasta la ejecución, para destacar en un sector aún dominado por un enfoque empírico
Mejorar la calidad y precisión de los entregables del proyecto

Tabla 22. Ejemplo de metas [39]

7.2.6.2.2. Objetivos.

Se definen las metas de generación de la información como acciones específicas para alcanzar las metas del proyecto. [39]

Objetivos específicos
Optimizar la planificación y gestión de proyectos mediante herramientas BIM, mejorando la utilización de los recursos para una mayor eficiencia.
Reducir errores y sobrecostos en la construcción gracias a la modelación y simulación digital de los proyectos.
Fomentar la adopción de tecnología y metodología BIM en el sector de la construcción en Quibdó, promoviendo la capacitación y profesionalización.

Mejorar la coordinación entre los equipos de trabajo al centralizar los datos del proyecto integrados en un único modelo de fácil acceso.
Impulsar edificaciones sostenibles e inteligentes, optimizando el diseño y construcción para un menor impacto ambiental.
Posicionar a la PYME como referente en innovación y eficiencia dentro del sector de la construcción, diferenciándolo del enfoque tradicional.

Tabla 23. Ejemplo de objetivos [39].

Fuente: Elaboración propia.

7.2.6.2.3. Propósito y Aplicaciones de BIM en la Gestión del Proyecto.

La información BIM en el proyecto tiene como finalidad alcanzar los objetivos mediante una gestión eficiente y colaborativa de datos, vinculándose a Usos BIM. [39]

Propósito	Usos BIM secundarios Asociados
Implementar BIM en todas las fases del proyecto, asegurando una planificación eficiente y una ejecución optimizada.	Se relaciona con el Modelado 3D y la Coordinación de Modelos, asegurando una planificación integral y reduciendo conflictos entre disciplinas.
Capacitar a profesionales del sector en el uso de BIM, fomentando la adopción de tecnología y mejores prácticas.	Se vincula con el Gestión de Información BIM, proporcionando formación en la administración y aprovechamiento de los datos del modelo.
Desarrollar procesos de construcción más sostenibles y precisos, minimizando el impacto ambiental y los costos innecesarios.	Se enlaza con el Análisis Energético y Planificación de Construcción, ayudando a optimizar el consumo de recursos y tiempos de ejecución.
Fortalecer la colaboración entre los equipos de trabajo, optimizando la comunicación mediante modelos digitales compartidos.	Se asocia con el Entorno Común de Datos (CDE) y el Detección de Colisiones, mejorando la comunicación y evitando errores antes de la construcción.
Mejorar el proceso de decisiones fundamentado en información objetiva, utilizando la información BIM para prever y resolver problemas antes de la construcción.	Relacionado con el Simulación y Análisis, permitiendo prever costos, tiempos y desempeño estructural antes de ejecutar.
Establecer estándares BIM en el sector, posicionando la PYME en la región como referente en innovación dentro para la construcción.	Vinculado con el Gestión de Documentación BIM, asegurando protocolos claros y alineación con normativas establecidas.

Tabla 24. Ejemplo propósitos establecidos y su relación con los usos BIM.

Fuente: Elaboración propia.

7.2.6.2.4 Definición y Alcance de los Usos BIM en el Proyecto

Esta parte especifica el alcance y los resultados esperados de cada Uso BIM, establecido dentro del marco del proyecto.[39]

Uso BIM	Perfil Líder	Perfil Adicional	Entregables	Descripción
---------	--------------	------------------	-------------	-------------

Evaluación del entorno y condiciones del sitio.	Arquitectura	Topografía	Representación digital del sitio. Planimetría derivada del modelo. Documento de topografía. Informe de análisis del terreno.	Utilizar herramientas necesarias para examinar las características de una zona determinada y determinar la mejor ubicación para el proyecto. Los datos obtenidos del sitio se usan para elegir el terreno y ubicar la edificación conforme a diversos criterios.
---	--------------	------------	--	--

Tabla 25. Ejemplo definición y Alcance de los Usos BIM en el Proyecto. [39]

7.2.6.3. Cronograma del Plan de Trabajo.

Aquí se establece las fechas límite de hitos clave para evaluar el progreso del proyecto, recomendando su vinculación con el Nivel de Información Necesaria (LoiN).

Fase	Hito	Sigla	Fecha de cierre
Planeación	Necesidad	NC	2025/10/06
	Conceptualización	CP	2025/11/06
Desarrollo	Diseño esquemático	DC	2025/12/06
	Diseño básico	DB	2026/01/06
	Diseño detallado	DD	2026/02/06
Ejecución	Pre-Construcción	PC	2026/03/06
	Construcción	CN	2026/04/06
	Modelo Récord	AB	2026/05/06
	Puesta en marcha	PM	2026/06/06
Operación	Operación y mantenimiento	OM	2026/07/06
	Renovación	RN	2026/08/06

Tabla 26. Ejemplo planteamiento cronológico de Plan de Trabajo [39].

7.2.6.4 Gestión de activos.

El documento de “Requerimientos de Información del Activo (AIR)” recoge la información necesaria para desarrollar y entregar el “Modelo de Información del Activo (AIM)”. Debe ser estructurado por el responsable de la operación del activo, con aportes de las partes designadas en cada fase del proyecto si la entidad operadora no tiene suficiente “madurez en BIM”. El AIR puede presentarse como anexo a los “Requerimientos de Intercambio de Información (EIR)” y debe servir como insumo para la construcción del AIM, utilizado en operación y mantenimiento [39].

- Planeación: “Determinación de los conjuntos de tareas y las especificaciones que se transferirán a la fase de Operación y Mantenimiento” [39].
- Diseño básico: “Establecimiento de los sistemas y especificaciones del proyecto que serán transferidos a la fase de Operación y Mantenimiento” [39].
- Diseño detallado: “Identificación de los componentes y la información esencial que satisfagan los requisitos establecidos para la transición del proyecto a la fase de Operación y Mantenimiento” [39].
- Construcción: “Establecimiento de los atributos específicos de los elementos que serán transferidos a la fase de Operación y Mantenimiento”. [39].

7.2.6.5 Marco contractual.

Se establece todo el marco colaborativo y contractual para las ofertas del proyecto.

El marco contractual para la gestión de la información BIM establece su alcance y objetivos, sugiriendo una revisión desde el ámbito jurídico. Estas reglas deben aplicarse incluso sin un documento contractual y pueden considerar elementos como datos reservados, idioma, moneda utilizada, posibles conflictos de interés, motivos de rechazo, acuerdos de confidencialidad y condiciones habilitantes dentro del procedimiento de solicitud de oferta [39].

En la Guía #7 Anexo Contractual del BIM Forum Colombia [67] se establece la aplicabilidad y conexión de este documento con otros contratos dentro de los procesos de contratación, garantizando su alineación con los objetivos del proyecto BIM. Entre los aspectos más relevantes que aborda esta guía se encuentran:

- Aplicabilidad y propósito.
- Definiciones.
- Gestión de información.
- Plan de ejecución BIM.
- Distribución del riesgo.
- Derechos de propiedad intelectual de los modelos.

7.2.7. ESTRUCTURA DEL PLAN DE EJECUCIÓN BIM (BEP).

La propuesta del “Plan de Ejecución BIIM” surge a partir de los lineamientos establecidos en la Guía para el Desarrollo de Planes de Ejecución BIM, versión 2, elaborada por BIM Forum Colombia. Este plan se fundamenta en los estándares de la “ISO 19650-2 de 2021” y se estructura en torno a dos ejes principales: los requisitos de información del proyecto y un marco de requisitos técnico para producir la información BIM. [43]

7.2.7.1. Plan de ejecución BIM de Desarrollo (BEP)

Según [39] un “plan de ejecución BIM (BEP)” debe incluir aspectos clave para garantizar su efectividad durante el proceso de implementación. Es fundamental definir estrategias claras, establecer roles y responsabilidades, asegurar la calidad en la información y optimizar la colaboración entre los participantes del proyecto.

- “Información general del proyecto: Resumen claro y pertinente del proyecto para asegurar una comprensión efectiva entre todas las partes involucradas” [39].
- “Objetivos y propósito de la información: Establecimiento de los objetivos BIM concretos, en armonía con los propósitos generales del proyecto, contemplando la finalidad de la información y los usos BIM correspondientes”. [39]
- “Plan de trabajo: Calendario preciso de los entregables BIM, alineado con los momentos clave del proyecto” [39].
- “Responsabilidades de gestión de información: Definición precisa de las responsabilidades, funciones y ámbitos de acción de cada integrante del equipo dentro del desarrollo del proceso BIM” [39]
- “Matriz de actividades y entregables: Definición exacta de las tareas, entregables y el grado de detalle requerido en los modelos de información BIM en cada fase de entrega” [39].
- “Estándares para la producción y gestión de información: Registro detallado de los estándares pertinentes, abarcando sistemas de clasificación y especificaciones sobre los niveles de información geométrica, alfanumérica y documental” [39].
- “Métodos y procedimientos para la producción de información”: Establecimiento de los procesos BIM, normas de cooperación y sincronización, desarrollo y gestión de modelos, junto con mecanismos de transferencia de información [39].

- “Infraestructura tecnológica: Especificaciones de software, hardware y recursos tecnológicos imprescindibles para asegurar un desarrollo óptimo del proceso BIM” [39].

Es importante considerar que algunos los puntos descritos en la estructura propuesta para los “requerimientos de intercambio de información (EIR)” forman parte de la estructura propuesta del “Plan de Ejecución BIM (BEP)”, ya que constituyen la fase inicial de su desarrollo. Para evitar redundancias, estos aspectos no se detallan en este apartado, aunque sí se aclara que los puntos incluidos en la estructura propuesta de los requerimientos de intercambio de información representan el inicio del BEP.

7.2.7.2. Responsabilidades de gestión y producción de información.

En este apartado se identifican los participantes del proyecto y sus responsabilidades en la administración de información conforme a la norma NTC-ISO 19650-2: 2021.y los EIR. Se establecen responsabilidades BIM, perfiles del proyecto y la estructura organizacional del equipo de desarrollo [43].

La definición de las responsabilidades vinculadas con la administración y generación de información dentro del proceso BIM. quedan reflejadas en el Anexo 2, correspondiente a la matriz de asignación para la administración de datos.

7.2.7.2.1 Estructura del equipo de desarrollo de proyecto

En este apartado expone la organización jerárquica del equipo de proyectos, detallando niveles de responsabilidad y funciones clave, la cual se define en función del alcance del proyecto y las disciplinas o áreas de la construcción que se planean abordar. La composición del equipo dependerá de las necesidades específicas del proyecto, asegurando una organización eficiente y una adecuada distribución de responsabilidades para optimizar su desarrollo. [43]

7.2.7.2.2 Roles y responsabilidades BIM

Es la definición claramente los roles que se encargan de gestionar y producir la información BIM, junto con sus responsabilidades según la “NTC-ISO 19650-2:2021” y los EIR. Es fundamental que todos los actores comprendan sus funciones para una correcta implementación de BIM, destacando que los roles

son asignaciones funcionales, no cargos específicos. Estos se establecieron en la tabla 11. Propuesta de partes, roles responsables de implementación BIM para la PYME en estudio. [43]

7.2.7.2.3 Estrategia de capacitación equipo de producción.

Es un plan de formación basado en la evaluación de las capacidades del equipo. Se analiza el conocimiento en metodología y tecnología BIM para diseñar un programa de nivelación y capacitación acorde con los requerimientos del proyecto, siguiendo la “NTC-ISO 19650-2:2021”. [43]

Capacitación	Participantes	Comentarios	Fecha
Fundamentos y aplicación del Entorno Común de Datos (CDE).	Grupo responsable de la entrega.	Debe llevarse a cabo en la fase inicial del proyecto. Es necesario revisar las herramientas que se utilizarán en el CDE.	10/10/2025.

Tabla 27. Ejemplo definición de plan de estrategia para equipo de producción [43].

7.2.7.3. Matriz de actividades y entregables.

Son “los requerimientos de información del modelo de información del proyecto (PIM)” y el “modelo información de Activo (AIM)” en términos de actividades y entregables para cada hito del proyecto. Equivale a especificaciones técnicas y matrices de entregables, incluyendo responsabilidades del equipo de desarrollo, con los respectivos teniendo en cuenta los LOD y LOI.[43]

# Hito	Responsable	Tipo de información	Actividad	Entregables
Diseño esquemático	Arquitecto	Entregables Gráficos de modelo	Elaborar un modelo BIM conforme a los niveles de información definidos en el EIR, asegurando coherencia con los estándares y requisitos del proyecto.	Modelo BIM arquitectónico
	Arquitecto	Entregables gráficos documentales	Mostrar los planos generados a partir del modelo BIM, asegurando que reflejen con precisión la información estructural, arquitectónica y técnica del proyecto.	Plano piso 1
	Arquitecto	Entregables No gráficos	Verificar que la propuesta arquitectónica cumpla con las estrategias bioclimáticas establecidas, asegurando la eficiencia térmica, el aprovechamiento de recursos naturales y la integración con el entorno.	Diagnóstico de aplicación bioclimática en el diseño arquitectónico
	Director del proyecto.	Entregables de datos	Llevar a cabo la cuantificación de materiales utilizando el modelo BIM, asegurando precisión en los datos y optimización en la planificación de recursos.	Listado de cantidades de puertas

Tabla 28. Ejemplo de requerimientos de información según el hito para el BEP [43].

7.2.7.3.1. Matriz detallada de responsabilidades

La matriz de responsabilidades del modelado en el PIM o AIM establece los “niveles de información alfanumérica (LOI)”, “geométrica (LOG)” y “documental (DOC)” para cada elemento, definiendo su responsable y fecha de entrega. Puede omitirse o mencionarse como referencia si está documentada en otro apartado. Como apoyo para quienes buscan estructurar un proceso de implementación BIM, BIM Fórum Colombia ofrece en su paquete BIM KIT volumen 3 un ejemplo de “matriz detallada de responsabilidades (MDR)”. [43]

7.3.3.4.4. Planes de entrega de información.

“Los planes de entrega de información” establecen la gestión y entrega de datos en el proceso de modelado BIM. Incluyen el “Plan Maestro de Entrega de Información (MIDP)” y el “Plan de Entrega de Información de Tareas (TIDP)”, conforme a la “NTC-ISO 19650-2:2021” y “NTC-ISO-19650-1:2021”. Se debe completar la plantilla del TIDP y, según el origen de la entidad, diligenciar el MIDP, detallando entregables, fechas y responsables. Como apoyo para quienes buscan estructurar un proceso de implementación BIM, BIM Fórum Colombia ofrece en su paquete BIM KIT volumen 3 un ejemplo de “Planes de entrega (MIDP-TIDP)”. [43]

7.2.7.4. Información de referencia y recursos compartidos

Es una herramienta para entender y desarrollar los requisitos de la solicitud (EIR). También especifica los recursos compartidos del proyecto, indicando su uso, permisos y ubicación, incluyendo estudios previos, anexos y formatos esenciales. [43]

Nombre	Contenido	Uso previsto	Formato	Ubicación	Permiso	Origen
PT.RVT. 2022.P05	Plantilla de arquitectura Revit 2025	Plantilla para estándares	RTE	Drive	Edición	Arquitecto
prefactibilidad técnica	Factibilidad técnica de cargas y espacios del proyecto, cuadros de áreas.	Diseños arquitectónicos y estructurales	Excel	Drive	Edición	Director de proyecto

Tabla 29. Ejemplo para información de referencia y recursos compartido para el BEP [43].

7.2.7.5. Estructura de carpetas

Es la organización de carpetas en el CDE para clasificar eficazmente la información, siguiendo los requisitos de los EIR. La estructura puede adaptarse según el sistema utilizado, incluyendo categorías generales y subdivisiones. [43]

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
26OLV	TRABAJO EN PROGRESO	ESTRUCTURA	TORRE 3	PLANO PISO 6

Tabla 30. Ejemplo de estructura de carpetas según el BEP [43].

7.2.7.6. Estrategia de Colaboración.

El enfoque colaborativo basado en la norma ISO 19650 mejora la comunicación y administración de la información dentro del proyecto, estableciendo directrices para la resolución de conflictos, la circulación de datos, los plazos y la entrega de documentación. [43]

7.2.7.6.1 Reuniones de proyecto

Se establece las reuniones de coordinación del proyecto, detallando su tipo, propósito, frecuencia y cronograma, asegurando una gestión eficiente en el desarrollo y entregas. [43]

Tipo de Reunión	Descripción	Periodicidad
Sesión inicial del proyecto.	“Reunión destinada a establecer y adoptar los estándares, métodos y procedimientos para la generación de información BIM, en la cual los equipos definirán la formalización del plan de ejecución BIM” [43].	Definido por el contratante al inicio del proceso de producción o una vez conformado el equipo completo.

Tabla 31. Ejemplo Reuniones del proyecto para el BEP [43].

7.2.7.6.2 Estrategia de resolución de conflictos.

Esta sección define un procedimiento para la resolución de controversias relacionadas con el intercambio de información, abarcando escalamiento, mediación y arbitraje. Especifica los niveles de decisión, los

responsables y los protocolos de gobernanza conforme a la NTC-ISO 19650-1:2021, garantizando una administración transparente de las modificaciones en los requisitos de información. [43]

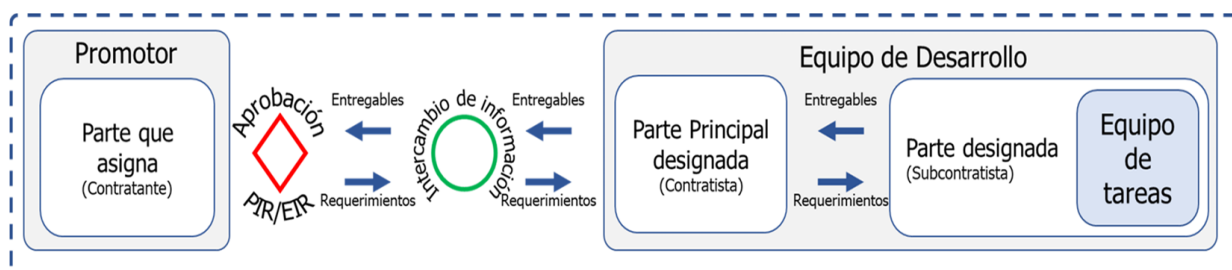


Figura 17. Flujo de estrategia de resolución de conflictos en el BEP [43].

7.2.7.6.3 Plazos para el cumplimiento del Cronograma de entregables.

“Corresponde a la clasificación de los entregables y sus respectivas frecuencias o plazos de entrega, con una gestión de retrasos basada en la estrategia de resolución de conflictos previamente definida” [43].

Tipo de entregable	Tiempo de entrega
Modelos listos para difusión.	15 días
Modelos almacenados en el CDE	Cada 8 días

Tabla 32. Ejemplo de plazos para el cumplimiento del cronograma de entregables para el BEP [43].

7.2.7.7 “Estrategia de coordinación”.

La gestión de coordinación en BIM debe asegurar el control y la garantía de calidad, fomentando la colaboración interdisciplinaria para preservar la coherencia de la información. Es fundamental integrar procedimientos de verificación, listas de control para modelos y herramientas digitales, junto con un protocolo interno de revisión. Se sugiere consultar la "Guía #9: Fichas de usos BIM" del BIM Forum Colombia para referencia adicional. [43].

Procesos	Responsable	Descripción
Registro de observaciones e incidencias.	Todas las partes del proyecto deberán identificar y reportar las no conformidades técnicas o funcionales, administrándolas mediante la generación de incidencias o comentarios en el	En el Entorno Común de Datos (CDE), es necesario documentar la incidencia o comentario, detallando el tipo de no conformidad, designando un responsable y

	Entorno Común de Datos (CDE) o en la plataforma asignada para tal fin.	definiendo una fecha estimada para su resolución.
--	--	---

Tabla 33. Ejemplo de procesos de coordinación BIM [43].

7.2.7.7.1 Estrategia de detección de interferencias

[43] Establece los métodos y herramientas para identificar y solucionar conflictos geométricos en modelos BIM, abarcando la estrategia de coordinación, categorías y niveles de interferencia. Consulte la 'Guía #9: Fichas de Usos BIM' del BIM Forum Colombia, volumen 2. Es fundamental considerar los siguientes aspectos:

- “Tipo de colisiones” [43].
- “Nivel de criticidad” [43].
- “Esquemas de colores por sistemas” [43].

7.2.7.8. Proceso de control y aseguramiento de Calidad

Para [43] Este apartado establece los procedimientos para la evaluación y aprobación de entregables, garantizando el cumplimiento de los requisitos y plazos estipulados. Se contemplan mecanismos de control de calidad BIM, métricas clave, estrategias de coordinación, identificación de interferencias y categorización según niveles de criticidad. Asimismo, se destacan elementos esenciales que contribuirán a una ejecución efectiva de estos objetivos:

- “Indicadores de Cumplimiento de Gestión y calidad de Información (KPI)” [43].
- “Estrategia de coordinación” [43].
- “Estrategia de detección de interferencias” [43].

7.2.7.9. Plataformas de Trabajo.

Esta sección define las soluciones tecnológicas para el desarrollo y colaboración en modelos BIM, incluyendo herramientas, requisitos técnicos, seguridad y selección de plataformas compatibles con los EIR.

7.2.7.9.1. Herramientas de intercambio y generación de información.

Se definen las tecnologías para la administración, distribución y evaluación de información BIM, abarcando plataformas de intercambio, el CDE y software alineado con los estándares BIM y las especificaciones del proyecto, asegurando protección y facilidad de acceso.

Requerimiento	Especificación	Versión	Uso Principal
Entorno Común de Datos (CDE)	Google Drive	2021	Almacenamiento de información.
Software de modelado paramétrico	Revit	2021	Modelación paramétrica de todo el proyecto
Software de modelado estructural	Etaps	2021	Modelación de análisis estructural
Software de representación 2D	AutoCAD,	2021	Desarrollo de algunas propuestas esquemáticas

Tabla 34. Ejemplo de herramientas de intercambio y generación de información para el BEP [43].

Fuente: Elaboración propia.

7.2.7.9.2. Hardware.

Se establecen las soluciones tecnológicas para la administración, generación, transmisión y evaluación de datos BIM, incluyendo herramientas de intercambio, el CDE y programas compatibles con los estándares BIM y los requisitos del proyecto, garantizando seguridad y accesibilidad.

7.2.8. GUÍA PARA DE MODELADO BIM.

La propuesta de modelado BIM se fundamenta en los lineamientos establecidos en la “Guía de Modelado BIM” versión 2 de “BIM Forum Colombia”, la cual proporciona criterios esenciales para definir las mejores prácticas en la creación de modelos BIM. Esta guía abarca aspectos clave que orientan el proceso de modelado, asegurando coherencia, precisión y alineación con los estándares del sector.

- “Estándares para el modelado en el diseño” [68].
- “Requerimientos del modelo BIM” [68].
- “Aseguramiento de la calidad de los Modelos BIM” [68].

7.2.8.1. Estándares para el modelado en el diseño.

Este capítulo ofrece una guía de consideraciones clave para iniciar una propuesta de diseño, estableciendo actividades que deben estandarizarse dentro del proceso y flujo de trabajo en la implementación de BIM [68].

7.2.8.1.1. Ficha descriptiva.

Cada disciplina debe contar con una ficha descriptiva que detalle el contenido y propósito del modelo, especificando software utilizado, versiones emitidas y nomenclaturas estandarizadas. También es clave documentar cambios y evolución para asegurar una trazabilidad clara [68].

7.2.8.1.2. Georreferenciación y manejo de coordenadas.

Se recomienda georreferenciar correctamente los modelos BIM para garantizar una información conectada, mejorar la coordinación y reducir errores en la vinculación con plataformas de gestión, facilitando así la evaluación del proyecto en su contexto real [68].

El punto de coordinación debe ubicarse en la zona positiva de los ejes X, Y y Z, definido por el Arquitecto. Se recomienda usar **MAGNA-SIRGAS** en Colombia y documentar la ubicación con referencias precisas [68].

7.2.8.1.3. Unidades de medida y escalas.

Se recomienda unificar el lenguaje en las disciplinas de diseño BIM, incluyendo unidades y escala, para optimizar la colaboración y garantizar una interpretación coherente del proyecto.

“El BEP (Building Execution Plan)” debe establecer la unidad de medida y, si corresponde, la representación visual del proyecto, asegurando una escala que garantice legibilidad y ajuste automático de elementos como cotas y textos. Para la PYME en estudio en Colombia, se recomienda adoptar el sistema métrico internacional para estandarizar la representación y facilitar la interoperabilidad en el desarrollo del proyecto.

7.2.8.1.4. Segregaciones, ejes y niveles.

Definir ejes, niveles y segregación desde el inicio asegura alineación de modelos y fluidez en el trabajo colaborativo. El BEP (Building Execution Plan) debe establecer estos parámetros según las características del proyecto, facilitando su gestión.

- **Segregación del modelo:** La segregación divide un proyecto en modelos funcionales para optimizar procesos según las capacidades del hardware y garantizar una integración eficiente con modelos complementarios. Un modelo federado integra modelos segregados mediante vínculos, y su conformación debe establecerse en el “Plan de Ejecución BIM (BEP)”
- **Ejes:** Los ejes deben ser definidos por el modelo Arquitectónico, validados por el modelo Estructural y replicados por las demás disciplinas para mantener la coherencia del modelo federado.
- **Niveles:** Los niveles deben definirse en conjunto, manteniendo un único nivel de referencia para evitar errores en cálculos, Identificación de interferencias y armonización de diseños. Todos los elementos modelados deben estar vinculados a su nivel correspondiente, ya que los softwares de simulación, análisis de espacios y el equipo de obra dependen de esta referencia para su correcto funcionamiento.

7.2.8.1.5. Nivel de Desarrollo (LOD).

La definición del LOD en un proyecto debe ajustarse a sus fases de diseño, estableciéndose en el BEP (Building Execution Plan) y en los alcances contractuales.

- “LOD 100: Diseño Conceptual y cabidas” [68].
- “LOD 200: Diseño Esquemático, anteproyecto” [68].
- “LOD 300: Desarrollo de Diseño y coordinación” [68].
- “LOD 350: Desarrollo de Diseño / Documentos de Construcción, fase de proyecto” [68].
- “LOD 400: Documentos de Construcción, fabricación o instalación, ejecución del proyecto” [68].
- “LOD 500: As built, record, operación y mantenimiento” [68].

7.2.8.1.6. Convenciones graficas.

La representación 3D en BIM no reemplaza la planimetría, ya que el modelo integra información clave para procesos de construcción. La planimetría permite interpretar la geometría y expresar datos esenciales para una lectura técnica precisa del proyecto.

7.2.8.1.7. Configuración de líneas y visualización de elementos en la representación planimétrica.

Espesor de líneas en el modelo, perspectiva y anotación deben ajustarse según las normas de representación gráfica 2D.

7.2.8.2. Requerimientos de modelado BIM.

Según [68] las etapas de diseño definen el nivel de detalle del modelo BIM según la información requerida. Desde el inicio, el BEP (Building Execution Plan) debe asignar un responsable para su actualización y validación, idealmente el director de proyecto de la PYME.

También en [68] se plantea que las versiones del modelo y su información deben archivar en el Ambiente Común de Datos (Common Desktop Environment CDE) para rastrear cambios en cada fase. La producción del modelo sigue dos directrices clave: los USOS BIM, definidos en el BEP, y las ETAPAS DE DISEÑO, que establecen los requisitos de información.

7.2.8.2.1. Usos BIM.

Se propone definir los usos BIM para ajustar el nivel de detalle del modelo según la etapa del proyecto, priorizando la visualización en fases iniciales sin extracción de datos.

Relación de USOS BIM con usos secundarios	
USOS BIM	USOS secundarios BIM
“Planeación” [68]	“Condiciones existentes de modelo” [68]
	“Análisis de sitio” [68]
	“Estimación de costos” [68]
	“Programación” [68]
“Diseño” [68]	“Revisiones de diseño” [68]
	“Autoría de Diseño” [68]
	“Análisis energético”[68]
	“Análisis estructural” [68]
	“Análisis de otras disciplinas”[68]
	“Análisis de iluminación” [68]
	“Análisis mecánico” [68]
	“Evaluación LEED” [68]
“Validación de códigos” [68]	
“Construcción” [68]	“Coordinación 3D” [68]
	“Planificación Layout” [68]
	“Diseño del sistema de construcción” [68]
	“Fabricación digital” [68]
	“3D Control y verificación” [68]
“Operación” [68]	“Planos record” [68]
	“Mantenimiento y operación” [68]
	“Análisis del edificio”
	“Gestión de activos” [68]
	“Mantenimiento de espacios” [68]
	“Planificación ante desastres” [68]

Tabla 35. Relación USOS BIM y USOS secundarios BIM [68].

7.2.8.2.2. Modelo Colaborativo.

Se recomienda fomentar la colaboración en procesos BIM para lograr una coordinación efectiva. Definir los alcances del proyecto y los participantes clave es esencial para garantizar el alcance de los propósitos del proyecto. Además, seguir el protocolo de comunicaciones optimiza la gestión de la información [68].

7.2.8.2.3. Relación de etapas de diseño y los niveles de desarrollo LOD.

El nivel de desarrollo (LOD) debe definirse como criterio para evaluar la confiabilidad de la información en el modelo. Su ajuste debe alinearse con la etapa y los usos BIM pactados para el proyecto, garantizando que los modelos con LOD específicos cumplan con objetivos concretos en cada etapa de diseño[68].

7.2.8.2.3.1 Conceptualización prefactibilidad (5%).

En esta etapa se establecen los principios esenciales del proyecto, definiendo su uso, equipos y metodología. Se reformulan conceptos clave y se involucran los equipos participantes para garantizar una planificación efectiva[68].

Los usos BIM en esta son para la etapa de PREDISEÑO o esquema básico, definido por la siguiente clave

- Clave 1. Condición actual del sitio de emplazamiento, incluyendo ubicación, entorno y redes, conforme a los lineamientos de modelado de terrenos
- Clave 2. El arquitecto o director del proyecto empleará un modelo conceptual de volúmenes para evaluar alternativas de diseño, permitiendo la obtención de datos bioclimáticos, cálculo de áreas y estimación de costos.

7.2.8.2.3.2. Diseño esquemático (15%) LOD 100

Durante la etapa de conceptualización. se analizan opciones de diseño considerando el lote y requisitos del cliente. Se emplean modelos conceptuales para definir volumetría y materialidad, facilitando los diseños complementarios. Se recomienda incluir criterios técnicos y estructurales básicos[68].

Los usos BIM son para la etapa de PLANEACIÓN definido por las siguientes claves:

- Clave 3. Modelo BIM espacial: En esta etapa, el **Modelo BIM** debe representar espacios y elementos clave para su análisis. Lo mínimo es diferenciar muros interiores y exteriores, así como suelos y cubiertas, definiendo el contorno de los espacios según su uso y circulación.

- Clave 4. Los datos espaciales del modelo facilitan la estimación de costos y otros estudios de viabilidad. Es esencial definir un identificador del uso del espacio para su transferencia a **IFC** y cálculo de áreas.

7.2.8.2.3.3. Criterios de diseño (30%) LOD 200.

En este punto, el **modelo BIM** define el producto final con un diseño preciso y características reales de sus elementos. Los entregables incluyen planos a escala e imágenes tridimensionales para el desarrollo de los diseños técnicos. Además, se completan especificaciones de materiales, acabados y procesos de licenciamiento[68].

Los usos BIM son para la etapa de DISEÑO DE PROYECTO definido por las siguientes claves:

- Clave 5. Modelado BIM Constructivo: Este **modelo BIM** integra espacios definidos y elementos constructivos categorizados por disciplina, con precisión dimensional según el **BEP**. Aunque la estructura aún no esté definida, los elementos deben incluir información básica y organizarse por niveles.
- Clave 6. En la fase de diseño general, el modelo BIM constructivo sirve como base para la extracción de documentación requerida para radicación y obtención de licencias, con información real y detallada. Se recomienda usar dimensiones nominales en los elementos, dimensiones reales en aberturas, y omitir materiales, acabados e instalaciones en la documentación gráfica. Los elementos especiales deben indicar sus características sin reflejarlas en los planos impresos.
- Clave 7. En la fase de diseño detallado, el modelo BIM debe estar completamente preparado para su implementación en la etapa de construcción. Esto implica que toda la información necesaria esté correctamente estructurada y verificada, asegurando precisión en los elementos y facilitando su ejecución en obra, asegurando constructibilidad y eficiencia.
- Clave 8. Modelado de elementos constructivos: El **modelo BIM** debe garantizar constructibilidad y eficiencia, diferenciando muros y verificando su calidad antes de la entrega. **Puertas y ventanas** deben integrar todos sus elementos con códigos correspondientes. Las **puertas y ventanas** deben modelarse con dimensiones reales y enlazarse al espacio. Los **muros cortina** deben modularse por niveles y transferirse correctamente a **IFC**. **Losas y forjados** deben modelarse con herramientas adecuadas,

evitando solapamientos. Los **aislamientos térmicos** pueden integrarse al forjado o modelarse por separado.

7.2.8.2.3.4. Diseño detallado / Anteproyecto (75%) – LOD 300.

En esta fase, los modelos de disciplinas complementarias permiten la coordinación técnica del diseño. Los entregables incluyen documentación gráfica y no gráfica con un alto grado de detalle, garantizando la certeza constructiva y la materialización del proyecto. Todos los diseños se concluyen, coordinan y validan para la etapa de construcción [68].

Los usos BIM son para la etapa de ANTEPROYECTO. En esta etapa, los elementos se representan gráficamente con cantidades y dimensiones precisas. Los modelos se utilizan para planificar procesos constructivos y pedidos en obra, integrando información de contratistas para reflejar la realidad constructiva.

7.2.8.2.3.5. Documentos de construcción (100%) – LOD 350

En esta etapa se determinan los detalles constructivos sin posibilidad de cambios en el diseño. Se complementan los planos generales bajo supervisión del arquitecto, asegurando que los elementos del modelo contengan parámetros definidos. Se generan los documentos para la ejecución por parte de los contratistas.

Los usos BIM son para la etapa de PROYECTO. Con este nivel de desarrollo, se modelan los elementos necesarios para la coordinación efectiva, asegurando información completa para la construcción. Se incluyen soportes y conexiones, definiendo cantidad, tamaño, forma y ubicación[68].

Relación entre etapa de diseño, LOD y USOS BIM			
ETAPA DISEÑO	LOD	USOS BIM	USOS secundarios BIM
Conceptualización prefactibilidad (5%):	0	Planeación	“Condiciones existentes de modelo” [68]
			“Análisis de sitio” [68]
Diseño esquemático (15%)	100	Planeación	“Estimación de costos” [68]
			“Programación”
Criterios de diseño (30%)	200	Diseño	“Revisiones de diseño” [68]
			“Autoría de Diseño” [68]
			“Análisis energético” [68]
			“Análisis estructural” [68]
Diseño detallado (75%)	300	Diseño	“Análisis de otras disciplinas” [68]
			“Análisis de iluminación” [68]
			“Análisis mecánico” [68]

			“Evaluación LEED” [68]
			“Validación de códigos” [68]
Documentos de construcción (100%)	350	Construcción	“Coordinación 3D” [68]
			“Planificación Layout” [68]
			“Diseño del sistema de construcción” [68]
			“Fabricación digital” [68]
			“3D Control y verificación” [68]
Documentos de As built	400	Operación	“Planos record” [68]
			“Mantenimiento y operación” [68]
			“Análisis del edificio” [68]
			“Gestión de activos” [68]
			“Mantenimiento de espacios” [68]
			“Planificación ante desastres” [68]

Tabla 36. Relación entre etapa de diseño, LOD y USOS BIM.

Fuente: Elaboración propia.

7.2.8.3. Control de Calidad del modelo.

Para que los modelos BIM funcionen, deben cumplir estándares mínimos de calidad que varían según su etapa de desarrollo. Es clave disponer de guías que unifiquen los criterios de modelación en todas las disciplinas. En el Anexo 3 se presenta una lista de verificación para validar el cumplimiento de los requerimientos en cada fase propuesto por [68].

7.2.9. GUÍA DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

Manejar eficientemente de la información es un elemento clave en la metodología BIM, pues integra todas las fases del ciclo de vida del proyecto., desde su concepción hasta su operación. Por ello, es fundamental establecer una estrategia clara que garantice una gestión eficiente, permitiendo que los participantes o el equipo de proyecto trabajen de manera alineada. Esto facilita la producción de información precisa y relevante, optimizando cada tarea asignada a las diferentes partes involucradas.

Según la Guía 4 del Volumen 1 del BIM KIT de “BIM Fórum Colombia”, publicada por Camacol, la estructura de la gestión de la información se fundamenta en el manejo de tres aspectos clave: el “Ambiente Común de Datos (CDE)”, los tipos de archivo de información y la estructura de carpetas con convenciones de nomenclatura. Estos elementos permiten una administración eficiente y organizada de la información a lo largo de las fases del proyecto, facilitando la colaboración entre los equipos y asegurando la coherencia en el desarrollo de cada fase.

7.2.9.1. Ambiente Común de Datos (CDE)

El Ambiente Común de Datos (CDE) es un ecosistema digital que centraliza la gestión de la información BIM, facilitando la colaboración y evitando errores o duplicaciones. No es una única solución tecnológica, sino un conjunto de herramientas y procedimientos que organizan el flujo de datos del proyecto. Su administración puede ser responsabilidad de la organización contratante o de una parte principal designada, siempre cumpliendo con los requisitos técnicos y de seguridad establecidos[69].

Ambiente Común de Datos

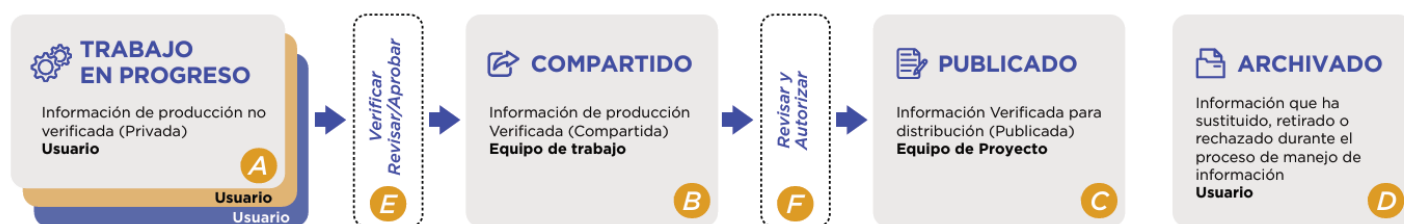


Figura 18. Flujo de estados de la información según NTC- ISO 19650-1[69].

7.2.9.1.1. Trabajo en Progreso – Producción.

El trabajo en progreso es información en desarrollo, disponible únicamente para el equipo creador y pendiente de revisión externa. Este espacio de trabajo flexible permite modificar y actualizar datos, almacenando versiones temporales del diseño. Puede incluir sincronización en tiempo real y alojarse en servidores locales o plataformas virtuales fuera del CDE del proyecto [69].

7.3.6.1.2. Verificar/Revisar/Aprobar.

La transición de verificación, revisión y aprobación asegura que la información cumpla con el “Plan Maestro de Entrega de Información (MIDP)”, los “Requerimientos de Intercambio de Información (EIR)” y el “Plan de Ejecución BIM (BEP)”. Este proceso, realizado por el equipo de origen, permite el paso de datos entre los contenedores de "Producción" y "Compartido", garantizando la calidad y cumplimiento de estándares [69].

7.2.9.1.3. Compartido.

El estado “compartido” en la gestión BIM permite un trabajo colaborativo eficiente, asegurando que la información sea verificada y aprobada antes de ser accesible para todos los equipos. Los modelos se intercambian periódicamente según el cronograma, manteniendo datos actualizados y trazables. Además, el contenedor compartido actúa como repositorio de información formalmente emitida, facilitando el acceso organizado para consulta y colaboración. [69].

7.2.9.1.4. Verificar/Revisar/Aprobar.

La transición de revisión y autorización evalúa los contenedores de información para verificar su coordinación, integridad y precisión. Si cumplen con los requisitos, pasan de compartido a publicado; si no, deben volver a producción para su ajuste. Este proceso distingue la información confiable para las siguientes etapas del proyecto de aquella aún sujeta a cambios[69].

7.2.9.1.5. Publicado.

Según [69], los entregables BIM deben ser revisados, aprobados y almacenados en el contenedor correspondiente al estado publicado del proyecto, garantizando el acceso para todo el equipo. Se debe llevar un control de revisión y publicación, asegurando que los archivos se compartan en formatos no editables. Además, las modificaciones deben seguir los protocolos de nomenclatura del BEP. La información publicada debe estar organizada por paquetes y puede ser aprobada o rechazada según el criterio del receptor [69].

7.2.9.1.6. Archivado.

La información de respaldo almacena datos revisados, autorizados y entregados para auditoría y trazabilidad, sirviendo como consulta para el usuario final. Se recomienda conservar copias digitales y físicas. Al finalizar el proyecto, los datos clave se trasladan del “Modelo de Información del Proyecto (PIM)” al “Modelo de Información del Activo (AIM)”, mientras que el resto se mantiene como solo lectura para auditoría, disputas o aprendizaje. El tiempo de retención debe definirse en los “Requerimientos de Intercambio de Información (EIR)” para garantizar eficiencia y calidad [69].

7.2.9.2. Tipos de archivo de información.

Los espacios compartidos deben mantenerse organizados y estructurados para garantizar una operación eficiente en el proyecto. Cada espacio debe ser independiente según sus funciones y usuarios, evitando un único contenedor a menos que la tecnología permita asignar permisos diferenciados. El acceso debe ser gestionado por director de proyectos definido en la propuesta de organigrama de la figura Figura 20. Organigrama propuesto como estructura jerárquica dentro del equipo de Proyecto BIM para la PYME en estudio. Adicionalmente cumplir estándares comunes durante todo el proyecto asegura un flujo de trabajo consistente y facilita el intercambio, control y entregas

7.2.9.2.1. Estructura de contenedores de información.

Según una estructura propuesta para la organización y desarrollo de carpetas, se sugiere el siguiente modelo:

Prioridad	Contenido	Descripción
1	Proyecto	“Identificación del proyecto mediante código, sigla o denominación oficial” [69].
2	Estado	“Clasificación de la información según NTC-ISO 19650 (Producción-WIP, Compartido, Publicado, Archivado), con la sugerencia de incluir un contenedor para referencias y recursos compartidos” [69].
3	Originador / Equipo	“Denominación o identificación del equipo responsable de la información” [69].
4	Paquete / Volumen	“Es necesario establecer un código único para cada subdivisión del proyecto, asegurando su alineación con la convención de desglose de contenedores de información definida por la parte designada” [69].
5	Tipo de Información	“Clasificación de la información según su tipo: Modelos, Plantas, Documentos o Datos” [69].
6	Contenedor de Información.	“Asignación de un identificador al contenedor de información conforme a las normas de nomenclatura establecidas.” [69].

Tabla 37. Descripción de propuesta de estructura de carpetas [69].

7.2.9.2.2. Nomenclatura o codificación.

Para garantizar una comunicación estructurada y comprensible de la información del proyecto, es importante establecer una forma estándar de nombrar los archivos. Esta regla de nombres se aplicará a todos los documentos creados en el proceso, y el contratante decidirá si los archivos de referencia deben seguir esa misma estructura o mantener su formato original. La nomenclatura se compone de distintos elementos que, juntos, forman el nombre del archivo y facilitan su organización [69].



Figura 19. Ejemplo de nomenclatura siguiendo la norma propuesta [69].



Figura 20. Ejemplo de estructura de carpetas para lograr nomenclatura [69].

A continuación, se describen los campos de un proyecto, con ejemplos y el número de caracteres pertinentes.

Campo	Descripción	Ejemplo	Caracteres.
“Código de Proyecto (Project)” [69]	“El código único del proyecto debe alinearse con el centro de costos actual, el código de contrato o el expediente interno. En caso de no contener caracteres alfanuméricos, se recomienda añadir una sigla de tres letras para facilitar su identificación” [69].	26OLV	2-8.
“Originador (Originator)” [69]	“Cada organización o equipo responsable de la generación de información debe contar con un código único para su identificación. Esto facilita la trazabilidad y gestión de los datos dentro del proyecto.” [69].	BCD	2-6.
“Volumen / Sistema (Volume or System)” [69]	“Cada agrupación, área o tramo representativo del proyecto debe contar con un código específico que identifique la zona correspondiente. Este código debe reflejar la edificación (Edificio, Etapa, Espacio) o la infraestructura (Unidad funcional, tramo, componente estructural, etc.) a la que pertenece el archivo, asegurando una clasificación clara y estructurada” [69].	UE6	2-6.
“Nivel o ubicación (Levels or Location)” [69]	“Cada nivel o localización dentro de un volumen o sistema debe contar con un código único que permita su identificación y organización eficiente dentro del proyecto. Esto facilita la estructuración de la información y su correcta gestión” [69]	P06	2-3.
“Serie Tipo de Documento (Type of	“Cada tipo de documento o contenedor de información (entregable) debe contar con un código único que facilite su identificación y organización dentro del	ARQ	1-3.

Document)” [69]	proyecto. Esto permite una gestión clara y estructurada de los archivos y datos relacionados” [69].		
“Numero / Consecutivo (Number)” [69]	“Para asignar un identificador único a cada contenedor de información, se debe utilizar un número secuencial como elemento diferenciador dentro de una serie, sin repetirlo en otros campos. Es necesario definir un número correlativo cuando un contenedor forma parte de una serie sin otra distinción previa”. [69]	101	3

Tabla 38. Ejemplo de estructura de esquema de nomenclatura [69].

7.3 RESULTADO FASE 4: PROPUESTA DE PROCESOS, PERSONAL, COMPETENCIAS Y TECNOLOGÍA PROPUESTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN BIM EN LA PYME EN ESTUDIO.

Presentar la propuesta de implementación de la metodología BIM en la Pyme en estudio como base para el desarrollo de futuros proyectos. Para ello, definiendo elementos clave, cómo procesos, personal, competencias y tecnología requeridos, en alineación con la hoja de ruta establecida en la fase 3.

La siguiente propuesta se basa en los lineamientos de la RUTA BIM de BIM Fórum Colombia, desarrollados en la fase 3. A partir de esta ruta de implementación, se ha diseñado una estrategia para integrar la metodología BIM en la empresa, asegurando que se adapte a sus procesos operativos.

Para ello, se llevó a cabo un diagnóstico con el propósito de evaluar la madurez y capacidad BIM de la Pyme. Con base en los resultados obtenidos, de esta manera se formula una propuesta de implementación alineada tanto con las necesidades específicas de la organización como con las recomendaciones del BIM Fórum Colombia establecidas en su portal.

La metodología BIM se fundamenta en cuatro pilares esenciales: personas, políticas, procesos y tecnología. Para garantizar una implementación efectiva en la Pyme, se han definido pasos clave que abordan cada uno de estos pilares, permitiendo la creación de una estructura sólida que facilite la adopción de BIM. Este enfoque busca optimizar la gestión y ejecución de proyectos de construcción.

El propósito de esta propuesta es desarrollar un plan estratégico que establezca los pasos a seguir para una implementación de BIM en la Pyme. Asimismo, este enfoque puede servir como referencia para otras empresas en condiciones similares que buscan incorporar BIM como una estrategia clave para mejorar la eficiencia y el desarrollo de sus proyectos.

La propuesta define una línea de tiempo de un año (1 año) para la adopción de BIM en la PYME estudiada, delineando los hitos clave y las acciones necesarias para una implementación efectiva. Dentro de esta planificación, se definen los siguientes puntos a desarrollar:

1. Análisis del diagnóstico del estado actual de la PYME en estudio.
2. Propuesta de Personas y competencias para implementación BIM en la PYME.
3. Propuesta de flujos de Trabajo internos y externos implementación BIM en la PYME.
4. Propuesta de tecnología para implementación BIM en la PYME.
5. Definición de proyecto piloto para implementación BIM en la PYME
6. Construcción de requerimientos de intercambio de información. (EIR)

7. Análisis de ofertas y designación (Contratación).
8. Construcción de plan de ejecución BIM (BEP)
9. Movilización de recursos.
10. Producción de la información
11. Entrega de modelos de información
12. Cierre
13. Evaluación final y establecimiento de estrategias de mejora continua.

7.3.1. ANÁLISIS DEL DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA PYME.

Este punto permite evaluar el estado actual de la Pyme, identificando los recursos con los que cuenta para el desarrollo de sus proyectos. A partir de este análisis, se determinan los recursos adicionales que necesitan adquirir para implementar la metodología BIM de manera efectiva en los proyectos que planean desarrollar. Esto asegurará una transición estructurada y optimizada hacia la digitalización y mejora en la gestión de la construcción.

Dentro del diagnóstico de la pyme en estudio, se han obtenido resultados a través del portal de evaluación de BIM Fórum Colombia, reflejados en la Figura 9: Evaluación de capacidad BIM de la pyme en estudio y la Figura 11. Evaluación Madurez BIM PYME en estudios desarrollado en la FASE 2: IDENTIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE LA PYME EN ESTUDIO.

Estos resultados evidencian que tanto la capacidad (PRE-BIM) como la madurez BIM, con un nivel de 1% (INICIAL), se encuentran en cero. Esto indica la necesidad urgente de adoptar múltiples acciones indispensables para la adopción de BIM. En particular, la pyme deberá enfocarse en tres aspectos fundamentales:

- Fortalecimiento del personal: Capacitación especializada y formación en principios de la metodología BIM.
- Desarrollo de competencias: Implementación de procesos y estándares alineados con las mejores prácticas BIM.
- Adopción tecnológica: Selección e integración de software y herramientas necesarias para la correcta aplicación de BIM.

Este diagnóstico resalta la importancia de una estrategia integral que permita a la pyme adquirir competencias y experiencia en BIM para la optimización de sus procesos y mejorar su competitividad en el sector.

7.3.2. PROPUESTA DE PERSONAS Y COMPETENCIAS PARA IMPLEMENTACIÓN BIM EN LA PYME.

Las personas y sus competencias representan el pilar fundamental en la adopción BIM dentro de una organización. Su conocimiento y habilidades garantizan la correcta aplicación de los principios de BIM, permitiendo una gestión eficiente y optimizada de los proyectos. La capacitación y especialización de los equipos de trabajo resultan clave para asegurar una adopción exitosa y su integración con los objetivos estratégicos de la empresa.

7.3.2.1. Definición de patrocinador y promotor para la implementación BIM en la PYME.

Según las recomendaciones, contar con un responsable del proceso es clave para asegurar la implementación efectiva de BIM en todas las áreas de la empresa. Este rol debe ser asumido por una persona con un nivel estratégico dentro de la organización, con la capacidad de gestionar recursos y tomar decisiones clave para el éxito del proceso.

En este caso de estudio, se propone que el gerente de la empresa asuma el rol de patrocinador. Su liderazgo y toma de decisiones serán determinantes para impulsar y facilitar la implementación de BIM, asegurando que la metodología se integre de manera efectiva en la estructura y operación de la compañía.

Responsable de proceso.		
Responsables	Cargo	Observación
Patrocinador	Gerente de proyectos	Se recomienda que el gerente de proyectos de la empresa asuma el rol de patrocinador para impulsar y facilitar el avance en la implementación BIM.
Promotor	Gerente de proyectos	Se sugiere que el rol de promotor sea asumido por el gerente de proyectos de la empresa, como principal impulsor de la implementación BIM. Este trabajo debe complementarse con un Consultor BIM externo, cuya experiencia asegure soporte técnico y tecnológico en las áreas que requieran apoyo adicional.

Tabla 39. propuesta de responsable de proceso de Implementación para la Pyme en estudio.

7.3.2.2. Propuesta de estructura para equipo de proyecto para implementación BIM en la Pyme.

En el caso de la pyme en estudio, se cuenta con dos personas asignadas al desarrollo de sus proyectos, identificadas en el diagnóstico del “RESULTADO FASE 2: IDENTIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE LA PYME EN ESTUDIO”. Que son el gerente de proyectos y el profesional de proyectos. Para lograr una implementación efectiva de BIM, ambos deben contar con competencias iniciales que les permitan desempeñar sus funciones de manera óptima.

Se propone una estructura organizativa para conformar un equipo de proyectos enfocado en la implementación y desarrollo de BIM en la Pyme.

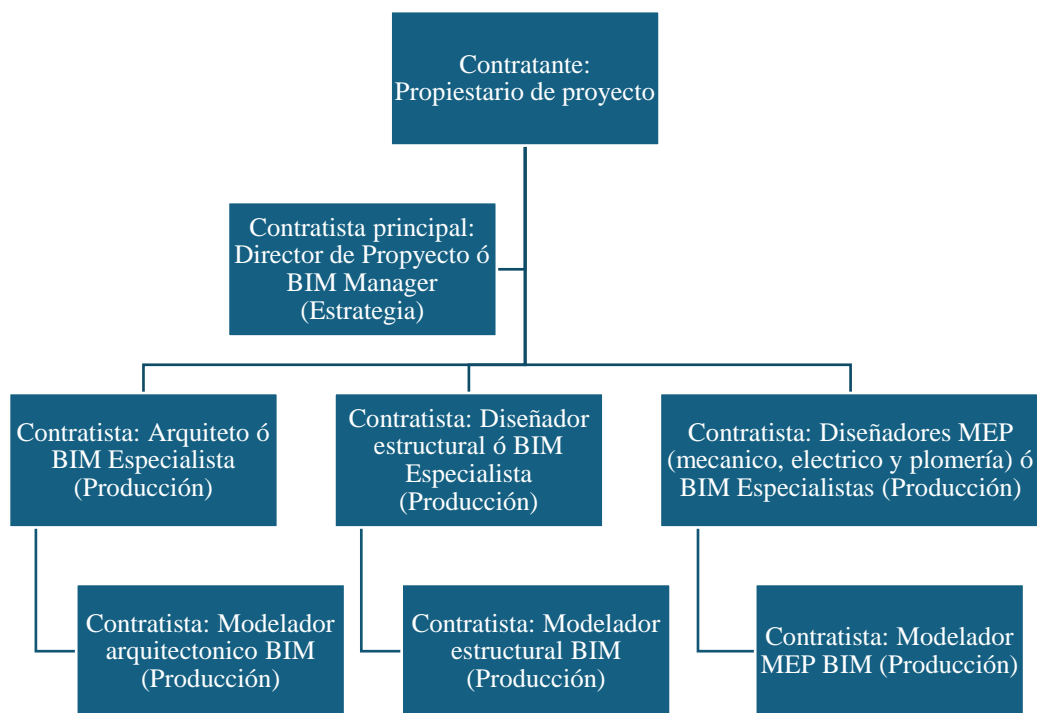


Figura 21. Organigrama propuesto como estructura jerárquica dentro del equipo de Proyecto BIM para la PYME en estudio.

Dentro de la estructura organizativa, el gerente de la empresa se recomienda que adicional desempeñe el rol de BIM Manager, según el organigrama.

En este caso el gerente de la empresa o BIM Manager debe fortalecer sus capacidades, se recomienda que realice estudios complementarios de posgrados o cursos para el rol de BIM Manager, lo que le permitirá liderar la adopción de BIM en la organización.

El organigrama también define la conformación del equipo de proyectos, donde el gerente de la pyme es el único actor interno, asumiendo la función de BIM Manager. Por otro lado, los profesionales de arquitectura, estructura y MEP, contratados de manera externa, deberán contar con competencias BIM para desarrollar los aspectos clave de la metodología.

Para conformar el equipo de tareas, se plantean dos estrategias de contratación inicial:

- Contratación individual de especialistas, donde cada disciplina se gestiona de manera independiente, asegurando el cumplimiento de los requerimientos de intercambio de información, las ofertas de contratación y el plan de ejecución BIM.
- Contratación de un equipo consolidado, en el que la pyme selecciona un grupo de profesionales que ya han implementado BIM, garantizando una estructura operativa establecida. Este enfoque

permite una mayor eficiencia y facilita el desarrollo integral de todas las disciplinas, aprovechando la experiencia previa de la empresa elegida.

7.3.2.3. Definición de partes y responsables del equipo de proyectos.

La definición de las partes del proceso es esencial, ya que permite determinar quién realiza cada tarea, cómo, cuándo y dónde se ejecuta, así como qué herramientas se utilizarán. Esto garantiza una visión clara de los entregables necesarios para obtener la información requerida en el proyecto.

Además, la estructuración de cada parte está directamente vinculada al alcance del proyecto, estableciendo qué disciplinas deben integrarse y qué aspectos se deben desarrollar para cumplir con los objetivos. Esta claridad en el proceso facilita la coordinación, optimiza los recursos y asegura una ejecución eficiente. Para garantizar una transición estructurada y eficiente, se debe apoyar en las definiciones de la tabla 11. “Propuesta de partes, roles responsables de implementación para PYME en estudio”.

Para clarificar los roles dentro de esta estructura, se presentan las competencias necesarias en la **Tabla 11: Propuesta de partes, roles y responsables de la implementación BIM para la pyme en estudio**, donde se detallan las funciones específicas de cada integrante del equipo y los conocimientos requeridos para una ejecución exitosa del proyecto BIM.

7.3.2.4 Propuesta de capacidades del equipo de proyectos.

Para que este equipo de trabajo pueda avanzar en la adopción de BIM, es importante contar con capacidades tanto técnicas como adaptativas. En particular, deben enfocarse en el liderazgo, la comunicación efectiva y el trabajo en equipo para resolver las necesidades del proyecto de manera eficiente.

Propuesta Capacidades Equipos de trabajo Metodología BIM.	
Propietario del proyecto	Contar con un conocimiento sólido de la metodología BIM es fundamental para comprender su funcionamiento, las actividades involucradas en el desarrollo del proyecto y la manera en que se implementa. Además, es importante conocer los diferentes usos de BIM y los beneficios que aporta al proyecto, permitiendo una gestión más eficiente, una comunicación efectiva entre los equipos de trabajo y una optimización de los recursos.
Director de Proyecto	Se requiere una persona con sólida capacidad de liderazgo y habilidades efectivas de comunicación para transmitir ideas y planteamientos dentro del equipo. Debe contar con al menos 10 años de trayectoria acumulada en la industria de la construcción, lo que le permitirá tomar decisiones técnicas, administrativas, logísticas y económicas en beneficio del proyecto. Además, es fundamental que tenga un buen manejo de herramientas tecnológicas para el almacenamiento y trabajo en la nube (Drive), lo que facilitará la gestión de licencias y la transferencia de información entre disciplinas. También se valora la capacidad de visualizar y gestionar proyectos en Revit, asegurando una toma de decisiones eficiente y precisa.

Arquitecto	<p>Se requiere un equipo con capacidad de liderazgo y habilidades para la exposición de ideas, fundamentales para el desarrollo y conceptualización del proyecto. Es importante que cuente con habilidades blandas como la adaptación al cambio, la solución de desafíos, la comunicación asertiva y el trabajo en equipo. Además, debe tener competencias para la elaboración de propuestas de materialidad en la edificación, la especificación de detalles constructivos y la gestión del espacio conforme a las normas arquitectónicas.</p> <p>Asimismo, es imprescindible que posea conocimientos en herramientas tecnológicas para el desarrollo de trabajo en la nube (Drive) y dominio de Revit como software de representación gráfica, permitiendo la creación de propuestas finales con un nivel de desarrollo (LOD) 400</p>
Diseñador Estructural	<p>Se requiere un equipo con capacidad para el desarrollo estructural del proyecto, con habilidades blandas esenciales como la adaptación al cambio, la resolución de problemas, la comunicación asertiva y el trabajo en equipo. Debe contar con competencias para la elaboración de propuestas estructurales que cumplan con la normativa vigente, así como para el planteamiento de sistemas constructivos eficientes.</p> <p>Asimismo, es fundamental que tenga conocimientos en herramientas tecnológicas para el desarrollo de trabajo en la nube (Drive) y dominio de Revit como software de representación gráfica, permitiendo la creación de propuestas finales con un nivel de desarrollo (LOD) entre 350 y 400.</p>
Diseñador Eléctrico, Hidrosanitario, Detección y RCI	<p>Se requiere una persona con capacidad para el desarrollo de planteamientos eléctricos, con habilidades esenciales como la adaptación al cambio, la resolución de problemas, la comunicación asertiva y el trabajo en equipo. Debe contar con competencias para la elaboración de propuestas de su disciplina que cumplan con la normativa vigente y satisfagan las exigencias de los entes prestadores del servicio relacionados según la localidad del proyecto.</p> <p>Asimismo, es fundamental que posea conocimientos en herramientas tecnológicas para el trabajo en la nube (Drive) y dominio de Revit como software de representación gráfica, permitiendo la creación de propuestas finales con un nivel de desarrollo (LOD) entre 350 y 400.</p>

Tabla 40. Propuesta Capacidades Equipos de trabajo Metodología BIM en la PYME.

Fuente: Elaboración Propia.

El fortalecimiento de los equipos y el desarrollo de competencias BIM no solo optimizan la gestión de los proyectos, sino que también impulsan la madurez digital de la empresa, garantizando su competitividad en el mercado. Para ello, se recomienda un plan de capacitación, definido en la Tabla 16. Plan de capacitaciones propuesta en metodología, procesos y herramientas BIM, que permitirá al equipo enfrentar los desafíos del sector con mayor eficiencia y adaptabilidad.

Además, es esencial que el equipo cuente con competencias para administrar herramientas digitales que faciliten la interoperabilidad entre disciplinas. Esto incluye el manejo de plataformas BIM, la administración de bases de datos, la aplicación de protocolos de intercambio de información y la validación de modelos conforme a los estándares de calidad del proyecto.

Finalmente, se debe fomentar una cultura organizacional centrada en la gestión de datos, promoviendo la capacitación continua en herramientas digitales y metodologías BIM. Esto garantizará que los profesionales optimicen la producción, revisión y almacenamiento de información, permitiendo una ejecución eficiente del proyecto, garantizando trazabilidad y acceso a los datos en la fase operativa.

7.3.3. PROPUESTA FLUJOS DE TRABAJO SEGÚN DIAGNÓSTICO DE LA COMPAÑÍA.

Según el diagnóstico estratégico descrito en el apartado de “7.1 RESULTADO FASE 2: IDENTIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE LA PYME EN ESTUDIO”, la Pyme analizada cuenta con un equipo reducido de dos personas, dedicadas a la planificación y ejecución de proyectos de edificaciones residenciales y comerciales. Dado este contexto, la implementación de la metodología BIM requiere una estructura de flujos de trabajo bien definida, ya que su correcta organización influye directamente en la eficiencia de la gestión de los equipos.

Para ello, se propone un esquema de flujos de trabajo liderado por el director de proyectos, quien también asumirá el rol de BIM Manager. Este rol es fundamental para coordinar y articular las distintas fases del proceso, asegurando una gestión eficaz de los flujos internos y externos. Su labor consiste en garantizar la integración efectiva de BIM, mejorando la comunicación y optimizando la gestión dentro del equipo de trabajo.

7.3.3.1 Propuesta de Flujos de trabajo internos de la PYME.

Considerando lo establecido en el numeral “7.1 RESULTADO FASE 2: IDENTIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE LA PYME EN ESTUDIO”, se propone un flujo para el proceso interno de trabajo general que permita iniciar la adopción de BIM como modelo operativo en la PYME analizada. Este enfoque busca estructurar y optimizar los procesos internos, facilitando la integración de la metodología BIM en la gestión y ejecución de los proyectos.

Según el flujo propuesto en la Figura 24, el proceso comienza con la definición del alcance por parte del propietario del proyecto. Posteriormente, se presenta la metodología BIM al cliente o propietario, seguida de la evaluación de criterios de aceptación. Una vez aceptada la propuesta, se establecen los flujos de trabajo externos que involucran a otros interesados fuera de la Pyme. Luego, se lleva a cabo un análisis de propuestas para determinar el inicio del plan de ejecución BIM y, finalmente, se procede con la ejecución del proyecto.

Tras la fase de desarrollo, la información consolidada del proyecto se transfiere al equipo de obra. Este equipo se encarga de extraer y aplicar los datos consignados en planos, detalles constructivos, cantidades de materiales y planificación logística. Este enfoque permite entregar un proyecto lo más consolidado posible, garantizando mejores estándares de calidad y rendimiento en la construcción.

Los flujos de trabajo internos propuestos para la Pyme en estudio están diseñados para abarcar todo el proceso de concepción, construcción y entrega del proyecto. La labor interna se centra en que el director de proyectos coordine todas las soluciones necesarias para la concepción del proyecto mediante la metodología BIM.

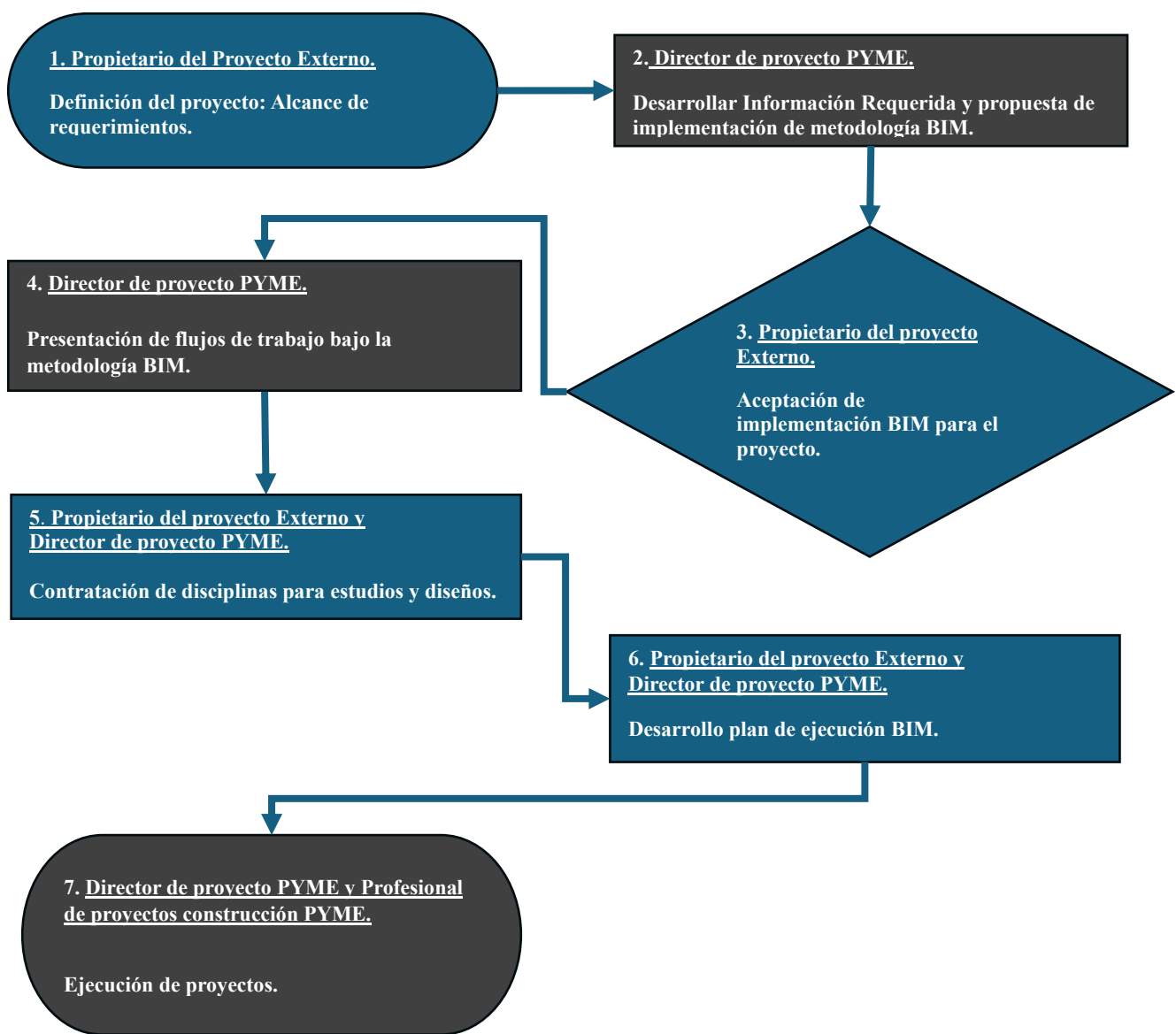


Figura 23. Propuesta proceso general interno para apertura de la Implementación BIM en la PYME estudiada.

Fuente: Elaboración Propia.

7.3.3.2. Propuesta de flujos externos de trabajo entre disciplinas del equipo de proyecto.

De igual manera que el punto anterior partiendo de lo establecido en el numeral “7.1 RESULTADO FASE 2: IDENTIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE LA PYME EN ESTUDIO”, se deriva la siguiente propuesta como flujo de trabajo externo.

Para la adopción de BIM en esta fase inicial, se propone que los diseños sean desarrollados por profesionales especializados, quienes deberán seguir las indicaciones proporcionadas por los propietarios y el director del proyecto.

El proceso comenzará con la contratación de la disciplina de arquitectura, donde se presentará una idea inicial basada en bocetos 2D, imágenes de referencia y una modelación de nivel LOD 100-200, dependiendo del volumen del proyecto. Tras su elaboración, dicha propuesta será analizada y aprobada por el propietario y el director del proyecto.

Una vez aprobada, se buscará que la disciplina de arquitectura alcance un nivel de modelado LOD 300 para la interacción con otras disciplinas, y finalmente un nivel LOD 350 o 400, según la complejidad del proyecto. Este nivel permite definir detalles para la planificación, el presupuesto y la fabricación de elementos de construcción.

De manera similar, el mismo proceso se aplicará a las disciplinas restantes, como estructura y redes. Se comenzará con análisis preliminares en niveles de detalle LOD 100-200, complementados con esquemas 2D e imágenes de referencia. Posteriormente, las propuestas serán sometidas a revisión y aprobación por el propietario y el director del proyecto, para avanzar a la construcción de modelos de información en nivel LOD 300, destinados a la coordinación entre disciplinas. Finalmente, se alcanzará un nivel LOD 350 o 400 para concretar detalles técnicos y logísticos.

La PYME desempeñará un rol primario y directivo en la coordinación de las disciplinas involucradas, trabajando en colaboración con los actores clave del proyecto. Este enfoque armoniza los aspectos técnicos y garantiza la generación de un modelo final LOD 350 que optimiza la planificación presupuestaria, la programación de obras y la gestión logística.

Con esta estrategia, se establece una base organizada, eficiente y estructurada para iniciar la fase de construcción, asegurando resultados sólidos y alineados con los objetivos planteados por los propietarios. Este enfoque integral maximiza la calidad y la productividad de los proyectos.

Idealmente, se recomienda que el propietario implemente la metodología BIM desde el inicio del proyecto, contratando a la PYME como coordinadora principal. Esto permitirá una integración temprana de todas las disciplinas —como arquitectura, estructura y redes—, logrando una concepción integral y eficiente del proyecto. Con base en esto, se propone para la PYME en estudio el siguiente flujo de trabajo:

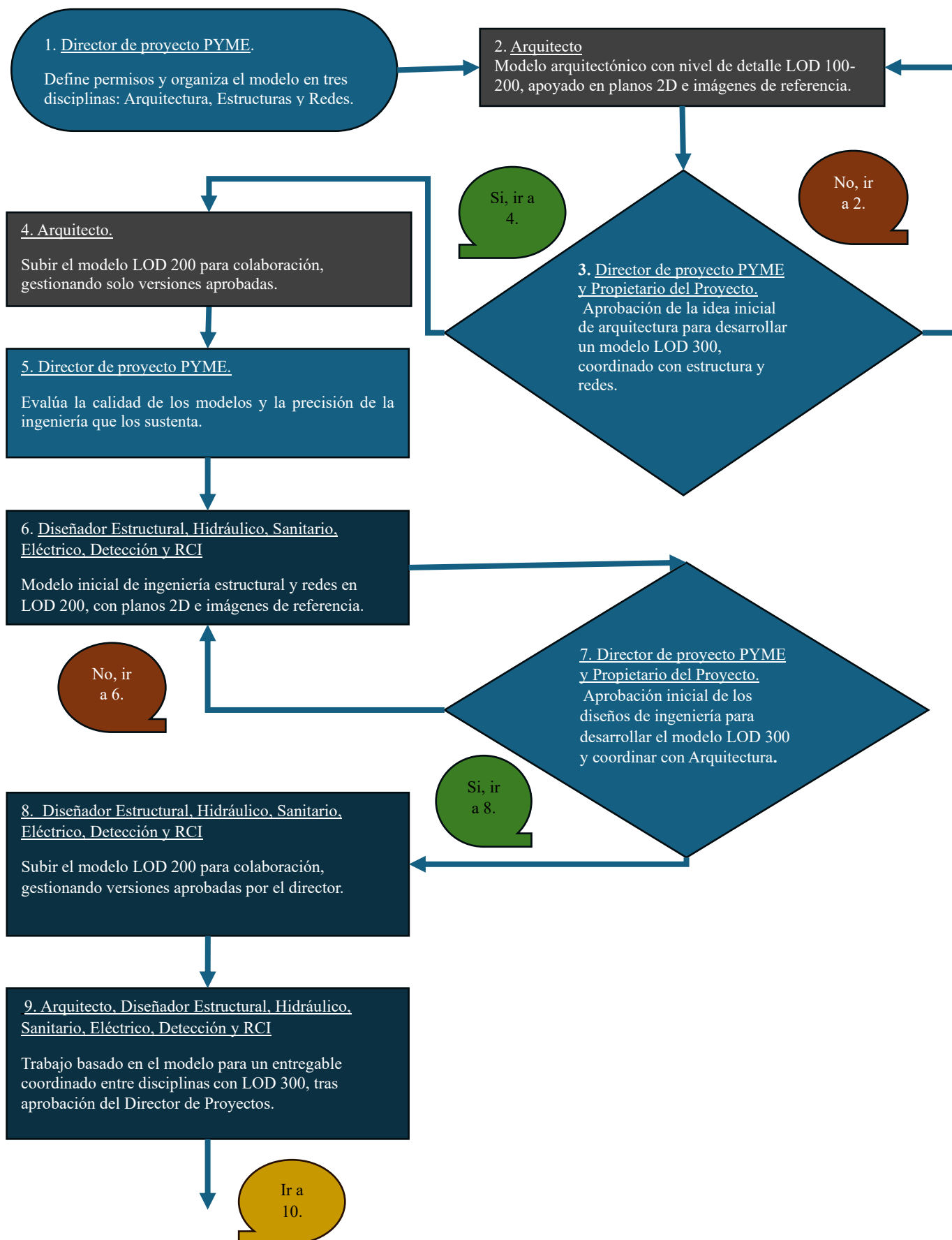
Secuencia	Responsable	Tarea	Herramienta
1	Director de proyecto PYME	Establece los permisos de trabajo y organiza el modelo en tres disciplinas principales: Arquitectura (manejo externo), Estructuras (manejo externo) y Redes (manejo externo).	CDE (Drive)
2	Arquitecto	El modelo arquitectónico se desarrolla con un nivel de detalle LOD 100 a LOD 200, complementado por planos en 2D y referencias visuales como imágenes ilustrativas.	Revit y AutoCAD, Documentación
3	Director de proyecto PYME Propietario del Proyecto Externo	Aprobación de la idea inicial de arquitectura para iniciar el desarrollo del modelado. Esto dará paso a la creación de un modelo con nivel de detalle LOD 300, orientado a la coordinación con las disciplinas restantes, como estructura y redes.	Revit + AutoCAD+ Documentación + CDE + Correo
4	Arquitecto externo	Subir el modelo LOD 200 a una plataforma de trabajo colaborativo para facilitar la interacción con el equipo del proyecto, gestionando exclusivamente las versiones aprobadas por el director del proyecto.	CDE (Drive)
5	Director de proyecto PYME	Evalúa la calidad de los modelos y la precisión de la ingeniería que los sustenta.	Revit + CDE
6	Diseñador Estructural, Hidráulico, Sanitario & Eléctrico	Desarrollo inicial del modelo de ingeniería estructural y de redes con un nivel de detalle LOD 200, complementado por planos en 2D e imágenes de referencia.	Revit y AutCad, Documentación
7	Director de proyecto PYME Propietario del Proyecto Externo	Aprobación de la idea inicial de los diseños de ingeniería para iniciar el desarrollo del modelado con un nivel de detalle LOD 300, destinado a la coordinación con la disciplina de Arquitectura.	Revit + AutoCAD+ Documentación + CDE + Correo
8	Diseñador Estructural, Hidráulico, Sanitario & Eléctrico	Cargar el modelo LOD 200 a la plataforma de trabajo colaborativo para promover la interacción efectiva con el equipo del proyecto, asegurando la gestión de las versiones exclusivamente aprobadas por el director del proyecto.	CDE (Drive)

9	Arquitecto, Diseñador Estructural, Hidráulico, Sanitario & Eléctrico	Desarrollar el trabajo en torno al modelo, orientado hacia un entregable que integre la coordinación y articulación entre disciplinas bajo un nivel de detalle LOD 300, una vez aprobado por el Director de Proyectos.	Revit+ CDE + Excel.
10	Director de proyecto PYME	Reunión técnica para validar hitos en la coordinación de disciplinas, generar retroalimentación y avanzar hacia versiones más precisas del modelo. Estas versiones facilitarán la planificación, presupuesto y fabricación, alcanzando niveles de detalle LOD 350 o 400 según la complejidad del proyecto.	CDE + Reunión virtual
11	Arquitecto, Diseñador Estructural, Hidráulico, Sanitario & Eléctrico	Cargar el modelo con nivel de detalle LOD 300 en una plataforma de trabajo colaborativo para fomentar la interacción eficiente con el equipo del proyecto, asegurando la gestión exclusiva de las versiones previamente aprobadas por el director del proyecto.	CDE (Drive)
12	Arquitecto, Diseñador Estructural, Hidráulico, Sanitario & Eléctrico	Desarrollar el trabajo basado en el modelo, orientado a un entregable que abarque planimetría, presupuesto, programación y fabricación. El nivel de detalle alcanzará LOD 350 o 400, según la complejidad del proyecto.	Revit+ CDE + Excel.
13	Director de proyecto PYME	Evaluación y validación de los contenidos para su aprobación, orientados al uso en presupuestos, programación, fabricación y compras destinadas a la construcción. Este proceso establece las bases para iniciar la ejecución del proyecto de manera organizada y eficiente.	Revit+ CDE + Reunión virtual+ Excel.
14	Arquitecto, Diseñador Estructural, Hidráulico, Sanitario & Eléctrico	Cargar el modelo con nivel de detalle LOD 350 a LOD 400 en la plataforma de trabajo colaborativo, promoviendo una interacción fluida con el equipo del proyecto y garantizando la gestión exclusiva de las versiones aprobadas por el director del proyecto.	CDE (Drive)
15	Director de proyecto PYME	Validación definitiva de los contenidos para su aprobación y posterior uso en presupuestos, programación, fabricación y compras destinadas a la construcción. Este paso es esencial para establecer las bases e iniciar la ejecución del proyecto de manera organizada y eficiente.	Revit+ CDE + Reunión virtual+ Excel.

Tabla 41. Propuesta de flujo de trabajo para desarrollo de metodología BIM entre Disciplinas.

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla anterior se presenta en un flujo gráfico en la siguiente figura, ofreciendo una visión resumida para facilitar la comprensión de la interacción entre los pasos establecidos.



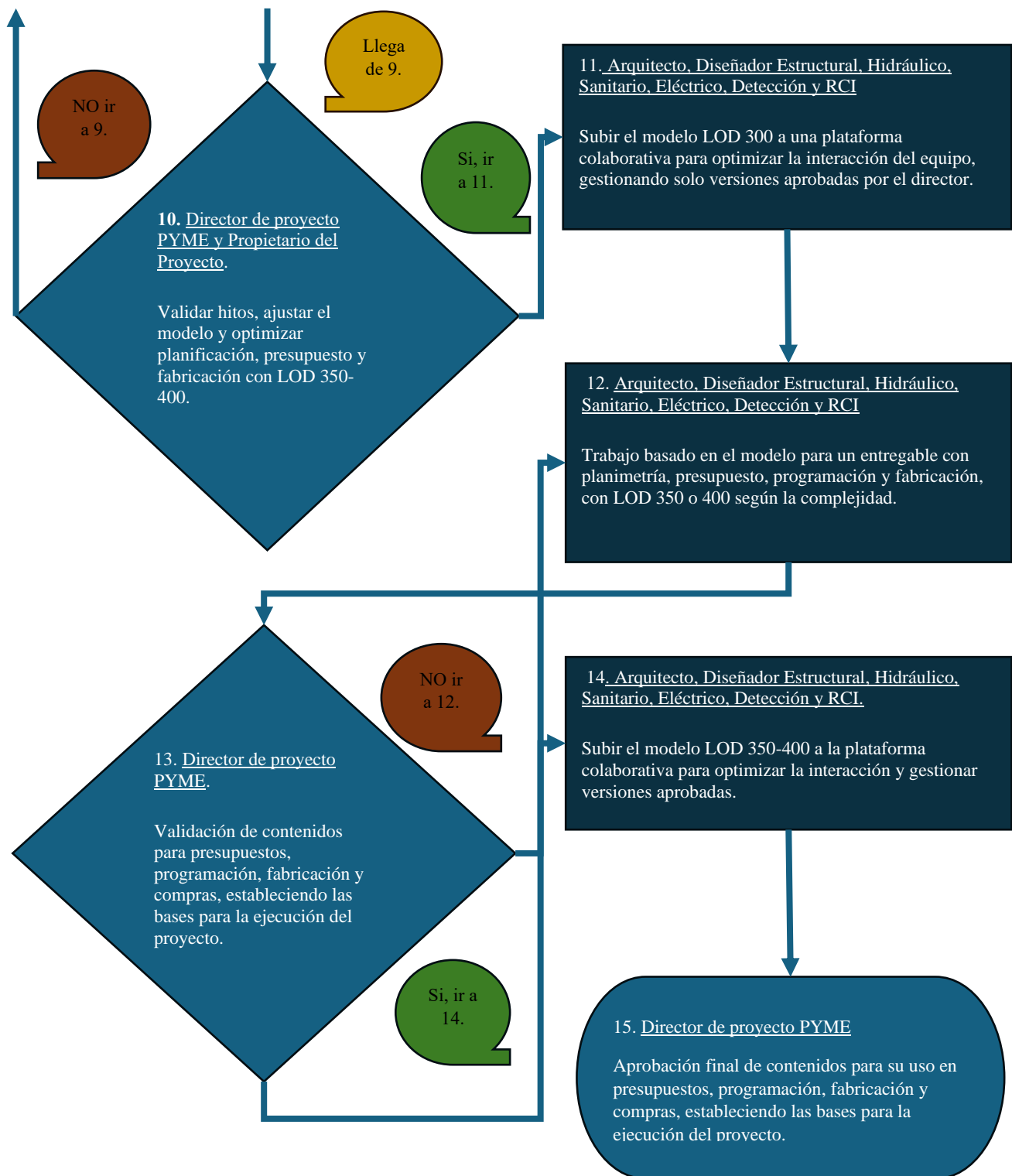


Figura 24. Propuesta gráfica de flujo de trabajo para ejecución de metodología BIM entre Disciplinas (Externo).

Fuente: Elaboración Propia.

Basados en el flujo de trabajo previamente descrito, se propone para la pyme en estudio una estructuración de roles y funciones conforme a la norma ISO-19650. Esta organización se presenta en la

siguiente tabla adaptativa, con el objetivo de comprender la propuesta de operación y garantizar una gestión eficiente de la información dentro del proyecto.

Propuesta de partes de la metodología BIM según ISO 19650 Para Pyme en estudio	
“Parte que designa (Appointing party)” [32].	Propietario y director de proyecto
“Parte principal designada (Lead Appointed party)” [32].	Director de Proyecto
“Parte designada (Appointed party)” [32].	Arquitecto, Diseñadores estructural y redes.
“Equipo de proyecto (Project Team)” [32].	Propietario, director de proyecto, Arquitecto, Diseñadores estructural y redes.
“Equipo de entregas o Equipo de desarrollo (Delivery team)” [32].	Arquitecto, Diseñadores estructural y redes.
“Equipo de tareas (Task team)” [32].	Equipo de cada disciplina.

Tabla 42. Propuesta de partes de la metodología BIM según ISO 19650 Para Pyme en estudio.

Fuente: Elaboración Propia.

7.3.4. PROPUESTA DE TECNOLOGÍA PARA IMPLEMENTACIÓN BIM EN LA PYME.

La propuesta tecnológica para la implementación de BIM en la Pyme se basa en la adquisición de un entorno común de datos (CDE), el software de modelación y equipos de computación adecuados. Estos elementos constituyen la base tecnológica que permitirá gestionar de manera eficiente la producción, intercambio y almacenamiento de información dentro del flujo de trabajo BIM.

Herramienta	Función
Entorno Común de datos: Google Drive	Google Drive funciona como un Centro de Almacenamiento y Gestión de Archivos (CED), permitiendo guardar, organizar, compartir y acceder a archivos de forma segura desde cualquier dispositivo. Se utiliza para guardar datos en la nube y se integra con otras aplicaciones de Google Workspace, facilitando la colaboración y el acceso a la información.
Software de Modelación: Revit	Autodesk Revit ha revolucionado la creación de modelos BIM, simplificando y optimizando el proceso de diseño. Es una herramienta esencial para profesionales de la arquitectura, la construcción y la ingeniería, ya que mejora la precisión, la colaboración y la gestión eficiente de proyectos. Para la Pyme en estudio se propone para el desarrollo de los modelos LOD 400.
Equipo de computación adecuado	Para la modelación, se recomienda un PC con un procesador potente de Intel (i5, i7, i9) o AMD (Ryzen 5, Ryzen 7, Ryzen 9) con 3 GHz o más, al menos 16 GB de RAM, una GPU potente con al menos 4 GB de VRAM, y un almacenamiento SSD

Tabla 43. Propuesta de estructura tecnológica para implementación BIM en PYME.

Fuente: Elaboración Propia.

7.3.4.1 Propuesta de Entorno Común de Datos: Google Drive.

Para la pyme en estudio, y considerando su alcance y estado actual, se propone el uso de Google Drive como entorno común de datos (CDE) para la gestión y almacenamiento en la nube de la información relacionada con los proyectos de la empresa. Esta elección se fundamenta en su facilidad de uso y accesibilidad, lo que lo convierte en una opción viable para la fase inicial de implementación de BIM.

Además, Google Drive cuenta con una amplia adopción en otras organizaciones y empresas del sector colombiano como entorno común de datos (CDE) en proyectos, lo que favorece la interoperabilidad de la información y facilita la colaboración entre equipos. Es fundamental que la gestión de la información en esta plataforma de almacenamiento en la nube se lleve a cabo de acuerdo con los procesos establecidos por la pyme para este propósito. Para ello, es imprescindible garantizar que la organización de carpetas y el sistema de nomenclatura de la información sean organizadas y administradas conforme a las directrices establecidas en el apartado “7.2.9. GUÍA DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN”. Este enfoque asegura una organización eficiente y un acceso estructurado a los datos, facilitando la consulta, el intercambio de información y la interoperabilidad dentro de los proyectos de la pyme.

El responsable designado para la administración del entorno común de datos es el gerente de la pyme, quien también cumple el rol de BIM Manager dentro de la organización. Según el organigrama descrito anteriormente, esta persona ocupa el segundo nivel de autoridad dentro del equipo de proyectos, después del cliente o propietario.

Como administrador del entorno común de datos, debe garantizar que los accesos se compartan de manera controlada con cada parte involucrada, asegurando que la información se almacene conforme a los requerimientos establecidos para la gestión del proyecto.

Además, debe velar por la capacitación del equipo en los procedimientos y el uso adecuado de la plataforma de almacenamiento en la nube. Para cumplir eficazmente con estas responsabilidades, es fundamental que cuente con competencias técnicas que le permitan comprender el funcionamiento de Google Drive, asegurando una administración eficiente de la información, una correcta estructuración de los datos y una adecuada interoperabilidad entre los actores del proyecto.

7.3.4.2 Propuesta de Software de modelado: Revit.

Para la producción de la información del proyecto, se propone el uso de Revit como software de modelado, permitiendo el desarrollo final de la representación gráfica y paramétrica del proyecto. A

través de este software, se podrán derivar planos, secciones, detalles, cantidades, especificaciones y otros tipos de información clave, los cuales deberán ser desarrollados por cada disciplina y actor descrito en el equipo de proyectos.

El uso de Revit resulta conveniente debido a su amplia aceptación en el mercado, lo que ha fortalecido su presencia dentro de la industria de la construcción y ha permitido que los profesionales que lo utilizan tengan una mayor competitividad. Es uno de los softwares más enseñados y utilizados en el sector debido a su facilidad de acceso y su interoperabilidad con diversas disciplinas, incluyendo arquitectura, estructura y redes.

El objetivo es que a través de Revit se modelen la arquitectura, la estructura y las redes, derivando de estos modelos toda la información necesaria para el proyecto. Esta información deberá cumplir con los requerimientos de información, el plan de ejecución BIM y las solicitudes contractuales establecidas. Para el desarrollo de los modelos en Revit, es esencial seguir los lineamientos planteados en el apartado “7.2.8. GUÍA PARA MODELADO BIM.”

En términos de coordinación de los diseños, el BIM Manager debe capacitarse en el manejo del programa, adquiriendo conocimientos que le permitan realizar lecturas, análisis y extracción de información para evaluar particularidades del proyecto desde un enfoque técnico. Esto le brindará el soporte necesario para la toma de decisiones estratégicas.

Además, el Profesional de proyectos debe contar con competencias en el manejo de Revit, lo que le permitirá extraer información para gestionar eficientemente la obra. Esto garantizará que toda la información se derive directamente desde los modelos, lo que facilitará:

- La extracción de cantidades de obra.
- El seguimiento a la secuencia constructiva.
- La visualización de detalles.
- El acceso a información relevante para el equipo de obra ante posibles incertidumbres en la interpretación de los datos.

De esta manera, el uso de Revit contribuirá a la adopción efectiva de BIM en la construcción. Adicionalmente, el conocimiento de Revit por parte del profesional de proyectos optimizará la interpretación de la información, permitiendo una toma de decisiones más precisa en obra y facilitando la gestión de modificaciones que puedan surgir durante el proceso constructivo.

7.3.5. DEFINICIÓN DE PROYECTO PILOTO PARA IMPLEMENTACIÓN BIM EN LA PYME.

Para desarrollar la implementación de BIM, es fundamental que la PYME defina un proyecto piloto que permita aplicar las estrategias propuestas en este trabajo de investigación. De esta manera, se podrá construir y validar cada una de las proyecciones descritas dentro de un proyecto específico.

Para ello, es indispensable haber analizado previamente aspectos clave como la estructura del equipo de trabajo, el estado actual de la Pyme, los flujos de trabajo y la propuesta tecnológica elegida para la implementación de BIM.

El proyecto seleccionado se recomienda ser de mediana escala, permitiendo a la Pyme incursionar en BIM de forma práctica, minimizando posibles dificultades en su adopción dentro de esta primera incursión. Además, el proyecto debe justificar la implementación de BIM en función de su complejidad y requisitos técnicos.

Como primera recomendación para el proyecto piloto, se sugiere seleccionar un proyecto cuyo propietario esté interesado en la gestión del inventario construido después de la ejecución. Este enfoque permitirá aprovechar al máximo las capacidades de BIM, proporcionando una solución integral que optimice la operación del cliente y facilite la adopción de esta metodología como un estándar de trabajo dentro de la empresa.

Las características ideales del proyecto para la primera incursión de la Pyme en BIM son:

1. Requerimiento del propietario: Que el cliente necesite el modelo de información para la operación posterior a la construcción, lo que incentivará la aceptación de BIM como herramienta clave en el desarrollo del proyecto.
2. Integración de disciplinas: Que el proyecto incluya todas las disciplinas de una edificación, como arquitectura, estructura y MEP, permitiendo alcanzar el objetivo de coordinación entre partes y fomentar la consolidación del trabajo colaborativo, uno de los principios fundamentales de BIM.
3. Escala adecuada: Que el proyecto tenga una superficie entre 1.000 y 1.500 m², brindando a la Pyme una oportunidad de maniobra adecuada para implementar BIM. Esto garantizará una primera experiencia bien estructurada, minimizando dificultades y aportando aprendizaje sin generar un impacto negativo en la gestión del proyecto.

Una vez definido el proyecto piloto, se puede dar inicio a la fase de gestión y producción de la información, siguiendo los pasos establecidos en el proceso de implementación dentro de la Pyme. Este

enfoque garantiza que la implementación de BIM sea adecuada y permita que la empresa gane experiencia de manera práctica.

Es fundamental ejecutar cada etapa del proceso en la práctica, ya que la verdadera experiencia se adquiere a través de la aplicación y no simplemente dejando la planificación en el papel. La implementación activa de BIM proporcionará aprendizajes valiosos, optimizando su uso y adquisición de nuevo conocimiento.

7.3.6. CONSTRUCCIÓN DE REQUERIMIENTOS DE INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN. (EIR) PARA LA IMPLEMENTACIÓN BIM EN LA PYME

Los requerimientos de intercambio de información (EIR) constituyen el punto de partida para analizar el proyecto y definir la estructura de datos necesaria para su desarrollo. A partir de ellos, se establecen los objetivos del proyecto y los criterios fundamentales para generar información coherente, precisa y alineada con las necesidades específicas de cada etapa.

La construcción de los requisitos de intercambio de la información (EIR) debe realizarse tras la selección del proyecto a desarrollar, asegurando que la información inicial abarque de manera integral el concepto y los objetivos del mismo. En esta fase, es clave definir aspectos fundamentales como el tipo de proyecto, su uso, las áreas involucradas, las disciplinas participantes, el trabajo a desarrollar, los usos BIM y todos los elementos relacionados con la definición preliminar del proyecto.

Para garantizar una planificación adecuada, se recomienda que la construcción de los requerimientos de información en la Pyme se lleve a cabo de manera conjunta entre el propietario, contratante o dueño del proyecto y el director de proyectos (gerente de la Pyme). Mientras el propietario establece el alcance y los objetivos del desarrollo, el gerente aporta propuestas y experiencia constructiva para optimizar el proyecto. Este proceso también puede incluir la participación de consultores y expertos en diversas disciplinas, quienes contribuirán a la especificación detallada antes de iniciar la fase de producción de información.

La definición de estos requerimientos depende de múltiples variables, como el tipo de proyecto, los usos del suelo, las disposiciones urbanísticas aplicables al lote y la complejidad del desarrollo. Por ello, es fundamental consolidar toda la información relevante en colaboración con el propietario, el director de la Pyme y otros actores clave. Esta planificación adecuada evitará reprocesos en las etapas posteriores del proceso de implementación. Una vez consolidada la información necesaria, el desarrollo del proyecto podrá iniciar con una estructura clara y bien definida, asegurando una implementación efectiva y alineada con los objetivos estratégicos.

La propuesta de una estructura inicial para la construcción de los requerimientos de intercambio de información (EIR) en la Pyme se presenta en el apartado “7.2.6. ESTRUCTURA PROPUESTA PARA REQUERIMIENTOS DE INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN.”

Una vez definido el alcance del proyecto, se inicia la fase contractual, en la cual se presentan las ofertas para su desarrollo. En esta etapa, se toman en cuenta los alcances y definiciones previamente establecidos, lo que proporciona un punto de partida sólido para los miembros del equipo de proyecto encargados de ejecutar las tareas asignadas.

Este proceso permite al director de proyectos y al propietario del proyecto tener claridad sobre los resultados esperados y la información que recibirán de los contratistas. Así, se evita la aparición de ambigüedades derivadas de la falta de estipulación de entregables desde el inicio.

Para facilitar la comprensión de este procedimiento, se ha desarrollado un flujo que muestra cómo los requerimientos de información alimentan el proceso de implementación BIM, asegurando una gestión estructurada y eficiente para la PYME.

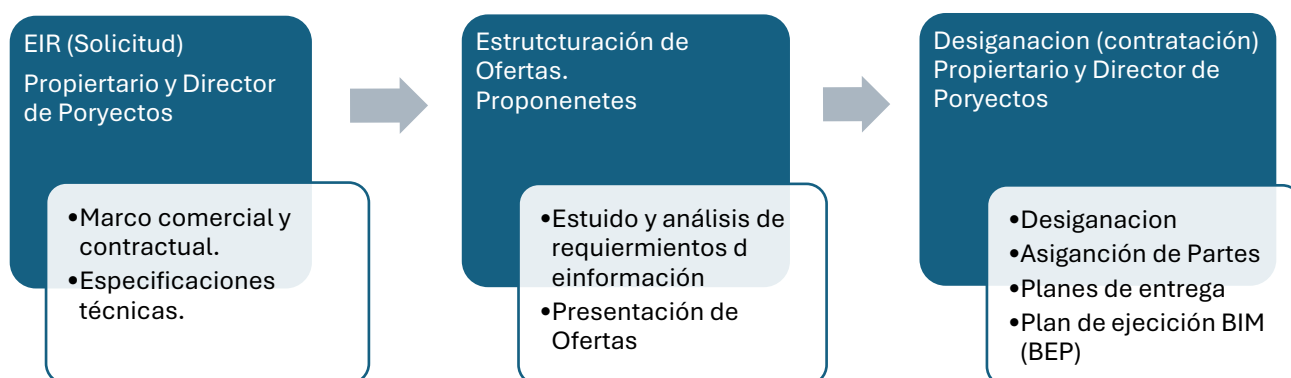


Figura 25. Flujo de solicitud de oferta para PYME.

7.3.7. ANÁLISIS DE OFERTAS Y DESIGNACIÓN (CONTRATACIÓN).

Los análisis de contratación tienen como punto de partida los requerimientos de intercambio (EIR). Este enfoque permite definir con claridad los requerimientos del proyecto y asegurar una alineación estratégica con los objetivos establecidos.

El director de proyectos de la PYME y el propietario realizan el análisis de contratación después de definir los EIR. Este proceso ayuda a establecer las disciplinas que participarán en el proyecto, asegurando que tengan las competencias necesarias para mantener un buen flujo de trabajo.

Desde esta perspectiva, las decisiones contractuales deben fundamentarse en un análisis comparativo riguroso que garantice la selección de la mejor opción para el desarrollo del proyecto. Asimismo, se recomienda evaluar la posibilidad de continuar con el mismo equipo de trabajo, ya que la acumulación de experiencia en proyectos BIM contribuye al fortalecimiento del conocimiento y la optimización de los procesos, generando un impacto positivo en la ejecución y los resultados.

Antes de la presentación de proponentes y la toma de decisiones en la contratación, es esencial que la PYME tenga desarrollado los siguientes puntos:

1. Establecimiento de flujos de trabajo internos y externos: Definir con precisión la interacción entre equipos y la gestión de información para garantizar una colaboración efectiva.
2. Definición de partes y responsables de procesos: Definir roles y responsabilidades de manera clara, asegurando la correcta ejecución y seguimiento de las tareas dentro del proyecto.
3. Especificación de requerimientos de intercambio de información (EIR): Determinar los criterios y estándares para la gestión y transferencia de datos, garantizando la coherencia y accesibilidad de la información entre todos los involucrados.

7.3.8. CONSTRUCCIÓN DE PLAN DE EJECUCIÓN BIM (BEP).

Una vez establecidos los Requerimientos de Intercambio de Información (EIR) en el apartado anterior, se recomienda que la PYME en estudio proceda con la elaboración del “Plan de Ejecución BIM (BEP)”. Este plan debe desarrollarse después de definir todas las condiciones iniciales del proyecto, asegurando una base sólida para su implementación.

El Plan de Ejecución BIM debe ser liderado por el Director de Proyecto o Gerente de la PYME, con el objetivo de documentar de manera estructurada todos los aspectos acordados en los EIR. Este plan permitirá a la empresa gestionar eficientemente la producción de información, estableciendo criterios claros sobre el tipo de información requerida y sus respectivas entregas.

Objetivos del BEP también se centra en permitirle al Director de proyecto pueda:

- Realizar un seguimiento estructurado de la producción de información.
- Definir con claridad quién, cuándo y cómo se desarrollará la información.
- Establecer la estrategia tecnológica para la modelación, almacenamiento y gestión de la información.

Para la correcta elaboración del “Plan de Ejecución BIM (BEP)”, se recomienda que la PYME en estudio se fundamente en los siguientes aspectos clave:

1. Objetivos y Alcance derivados de los EIR:

- Establecer claramente los objetivos del BEP y su alineación con los requerimientos del proyecto.
- Establecer los límites y objetivos del proceso BIM, especificando el nivel de desarrollo (LOD) previsto para cada etapa.

2. Procesos y Metodología:

- Utilizar estándares internacionales y normativas aplicables en la gestión BIM.
- Definir flujos de trabajo que faciliten la coordinación entre los equipos de proyecto.

3. Asignación de Roles y Responsabilidades:

- Especificar los roles clave en el desarrollo y gestión del BIM dentro de la PYME.
- Determinar quién será responsable de la actualización, revisión y validación de los modelos mediante la matriz de responsabilidades y el plan maestro de tareas y entregas.

4. Tecnología y Gestión de Información:

- Seleccionar las herramientas digitales adecuadas para la modelación y almacenamiento de datos.
- Implementar estrategias de versionamiento y control de cambios para garantizar la integridad de la información.

5. Criterios de Calidad y Evaluación:

- Definir los parámetros de calidad esperados para los modelos BIM.
- Establecer mecanismos de revisión y auditoría para asegurar el cumplimiento de los estándares.

Estos fundamentos garantizarán que el Plan de Ejecución BIM se estructure de manera eficiente, permitiendo una gestión óptima de la información y facilitando la colaboración en el proyecto.

Finalmente, la propuesta de estructura inicial del BEP para la PYME en estudio se encuentra detallada en el apartado “7.2.7. ESTRUCTURA DEL PLAN DE EJECUCIÓN BIM (BEP)”.

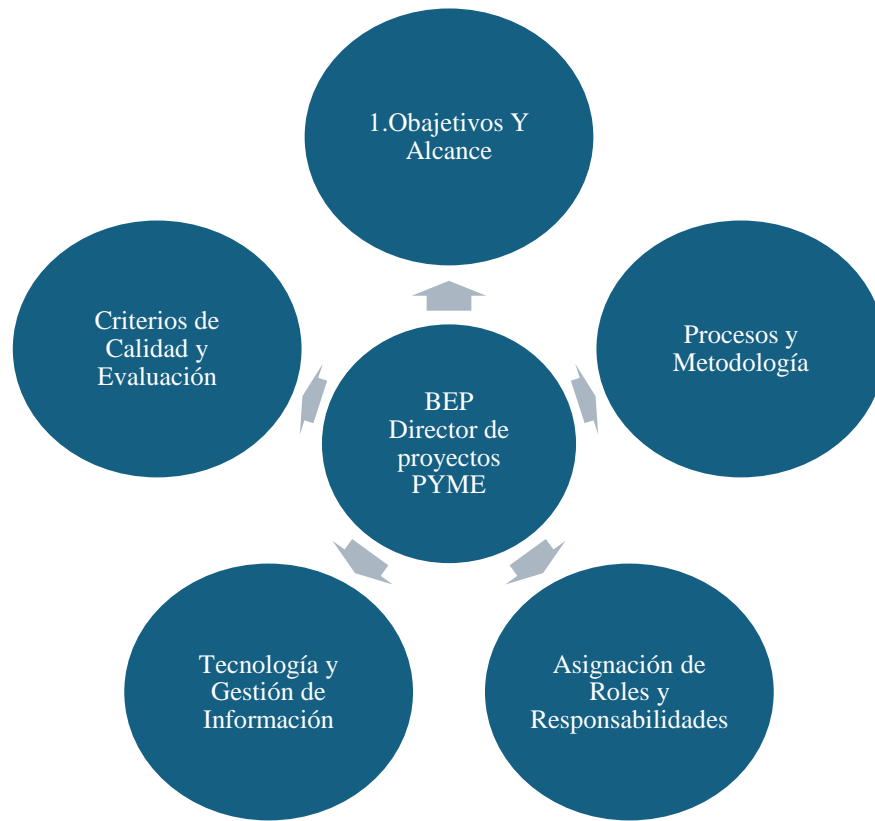


Figura 26. Aspectos clave para la construcción del BEP en la PYME por el director de proyectos.

Fuente: Elaboración propia.

7.3.9. MOVILIZACIÓN DE RECURSOS.

Antes de empezar a producir la información, es clave asegurarse de que todo lo necesario esté disponible. Esto incluye tener claro el alcance del proyecto, definir los procesos que se seguirán, contar con la tecnología adecuada y reunir al personal con las habilidades requeridas. Sin estos elementos, el trabajo puede verse afectado y volverse menos eficiente. El director de proyecto y el propietario deben encargarse de esta tarea y considerarla dentro del contrato para evitar problemas más adelante.

Para que la PYME pueda implementar la metodología BIM de manera efectiva, es esencial garantizar un soporte tecnológico adecuado y su correcta operatividad. Esto incluye la gestión del licenciamiento del entorno común de datos (CDE), la selección de las licencias; versiones del software de modelado seleccionado; herramientas computación adecuadas para el desarrollo de los modelos y la contratación del equipo de entrega de información, asegurando que, al menos, cuente con la disciplina clave que precede a cada fase del desarrollo.

Además, como parte de la movilización de recursos, se recomienda que los profesionales involucrados hayan recibido capacitación y formación en las áreas necesarias para ejecutar correctamente las tareas definidas en el Plan de Ejecución BIM. Esto puede lograrse mediante cursos y entrenamientos específicos, asegurando que el equipo cuente con los conocimientos adecuados para el desarrollo del proyecto.

La movilización de recursos requiere que la PYME realice inversiones a lo largo del proceso de implementación BIM. Por ello, este aspecto es clave para la definición del presupuesto necesario, asegurando que se contemplen todos los costos asociados.

7.3.8.1. Propuesta de estructura de Presupuesto para implementación BIM en la Pyme.

La propuesta de presupuesto para el proceso de implementación BIM de la PYME en estudio se basa en la adquisición de los recursos esenciales que la empresa aún no posee, de acuerdo con las propuestas desarrolladas en los puntos anteriores. Para definir estos requerimientos, se parte de un diagnóstico inicial basado en su capacidad BIM y nivel de madurez, que actualmente se encuentra en un estado pre-BIM. Ante esta realidad, el enfoque principal del presupuesto se centra en el fortalecimiento tecnológico y la adquisición de conocimiento y competencias, asegurando una transición efectiva hacia la metodología BIM.

Para lograr estos objetivos, se establece un plan estratégico de inversión, donde los recursos asignados se destinan a las siguientes áreas clave:

1. Infraestructura tecnológica

- Equipos para la modelación: Adquisición de hardware adecuado que garantice el rendimiento óptimo en los procesos de modelado y gestión BIM.
- Licenciamiento de software de modelación: Inversión en herramientas especializadas como Autodesk Revit, necesarias para el desarrollo y administración de representaciones digitales del proyecto.
- Licenciamiento de almacenamiento y colaboración: Implementación de soluciones en la nube como Google Drive u otras plataformas de almacenamiento y gestión documental para el entorno común de datos (CDE), asegurando accesibilidad y seguridad de la información.

2. Capacitación y desarrollo de competencias

- Formación técnica en BIM: Desarrollo de programas de capacitación para que el equipo adquiera habilidades en el uso de software BIM, metodologías de modelado y gestión de datos.

- Capacitación en habilidades blandas: Talleres de formación en trabajo en equipo, gestión del cambio y comunicación efectiva, fundamentales para la integración de la metodología BIM dentro de la estructura organizativa.

En el Anexo 4, se presenta la estructura detallada del presupuesto, incluyendo el desglose de insumos necesarios para la implementación BIM en la PYME en estudio. Este análisis financiero permite definir con precisión los recursos requeridos para consolidar la metodología BIM dentro de la empresa y garantizar su operatividad durante un año.

El presupuesto total estimado asciende aproximadamente a 16,541,000 millones, cubriendo la inversión necesaria para que la PYME opere bajo BIM y ejecute sus proyectos de manera eficiente. Esta planificación presupuestaria abarca la adquisición de herramientas tecnológicas, el fortalecimiento de la infraestructura, la capacitación del equipo y la implementación de sistemas de gestión de información.

7.3.10. PRODUCCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

La producción de información es una de las fases más críticas del proceso, ya que refleja el trabajo y dedicación de cada miembro del equipo. Para garantizar su calidad y utilidad dentro del proyecto, es esencial seguir los lineamientos establecidos en el Plan de Ejecución BIM (BEP).

Se propone para la PYME que el director de proyecto será responsable de supervisar la producción de información generada por el equipo, asegurando que cada entrega se ajuste a lo definido en el BEP. Este seguimiento permitirá mantener la alineación con el plan establecido y garantizar una gestión eficiente.

A partir de este punto, se deberá llevar a cabo el plan maestro de entregas, incluyendo la matriz de tareas y entregables, la estrategia de colaboración, la coordinación entre equipos y el plan de aseguramiento de calidad, cuyos detalles se presentan en el apartado “7.3.4. DE ESTRUCTURA DEL PLAN DE EJECUCIÓN BIM (BEP).”

El **director de proyectos** debe asegurarse de que los equipos de entrega trabajen conforme a la propuesta de modelado, buscando la estandarización y la calidad en la producción de información. Los equipos de tareas o modeladores deben transferir los datos a los responsables de cada disciplina, quienes los analizarán y evaluarán antes de su entrega definitiva al equipo de entrega de información, conformado por el director de proyectos y las demás disciplinas.

Finalmente, cuando el director de proyecto haya validado toda la información conforme a lo establecido en el Plan de Ejecución BIM (BEP), procederá a aprobarla y archivarla en la estructura de carpetas definida dentro de la propuesta de gestión de la información.

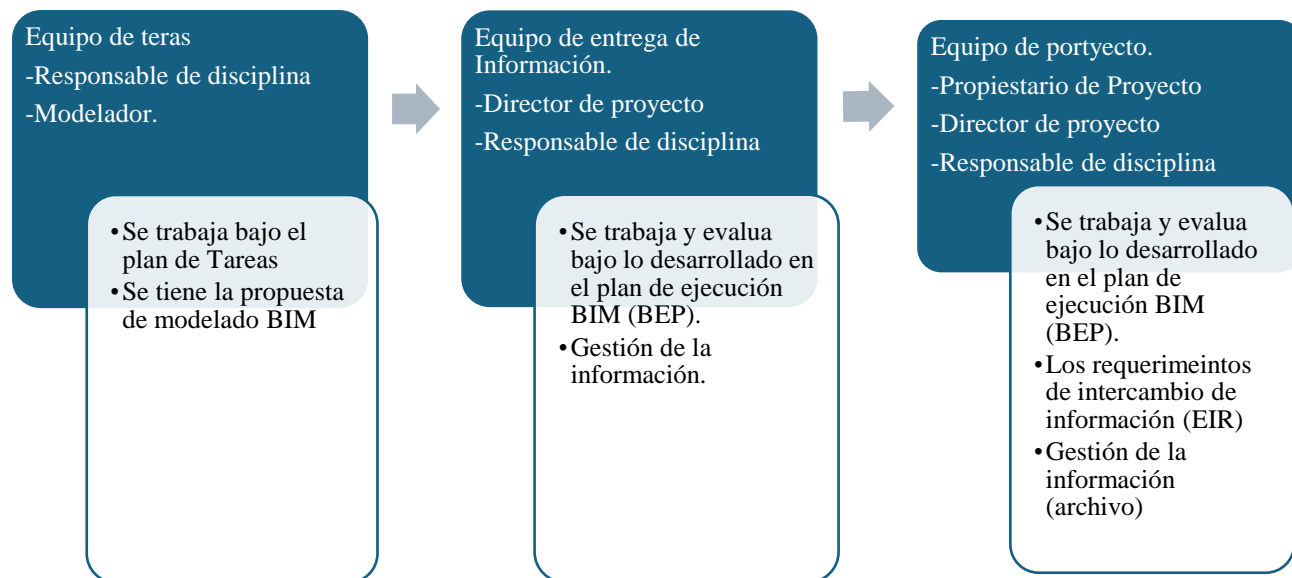


Figura 27. Flujo de producción de la información.

El desarrollo de los modelos de información es fundamental en la producción de datos para el proyecto, ya que su calidad y precisión dependen directamente de la correcta aplicación de los estándares de modelado. Mantener un enfoque riguroso en la metodología garantizará que la información generada sea coherente y útil en cada etapa. Para ello, se recomienda seguir la propuesta establecida en "7.3.8 GUÍA PARA DE MODELADO BIM".

Para que la PYME pueda optimizar el trabajo, se sugiere que un único modelador desarrolle los modelos con su equipo, mientras que los responsables de cada disciplina se encarguen de visualizar y aprobar las propuestas antes de que sean almacenadas y compartidas en la estructura de carpetas del proyecto. Esto garantizará un flujo de trabajo organizado y eficiente.

7.3.11. ENTREGA DE MODELOS DE INFORMACIÓN.

La **entrega de la información** es un proceso clave para que el equipo de proyectos cumpla con los objetivos y metas establecidos. Se propone que el **director de proyecto** garantice que los equipos de entrega de información y los equipos de tarea, liderados por los responsables de cada disciplina, sigan los lineamientos definidos para asegurar una transmisión ordenada y efectiva.

Este proceso se basa en una **estructura de carpetas** diseñada para el proyecto, donde cada disciplina contará con espacios organizados para la información en **producción, compartida, revisada y**

archivada. Esta estructura facilita la transición de los **modelos de información del proyecto** hacia los **modelos de información del activo**, asegurando su correcta gestión y uso por parte del cliente.

El objetivo es que la entrega de los modelos información alimente el Modelo de Información del Activo (AIM), permitiendo su uso eficiente en la fase de operación del proyecto. Para garantizar su correcta estructuración y utilidad, la entrega de la información debe alinearse con los lineamientos definidos en “7.2.9. GUÍA DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN”, asegurando el cumplimiento de estándares y requisitos previamente establecidos.

Además, esta gestión permitirá que el **director de la PYME** tenga control sobre las versiones y pueda aprobar la información conforme a lo acordado en el proyecto, garantizando un flujo de trabajo eficiente y alineado con los estándares establecidos.

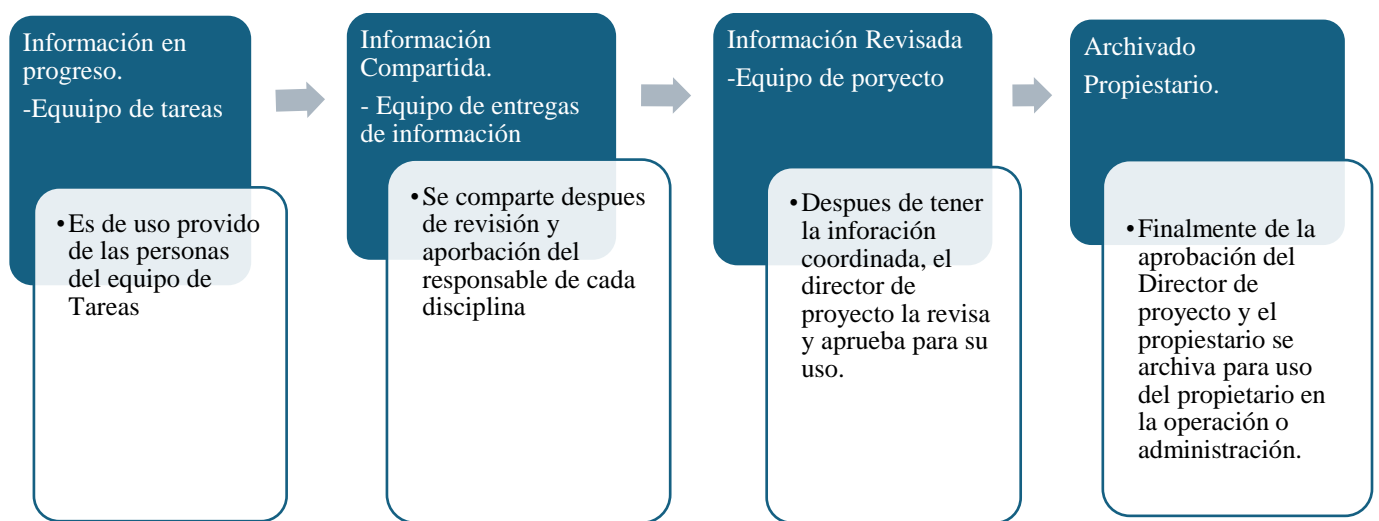


Figura 28. Flujo de gestión de la información para la PYME

Fuente: Elaboración Propia.

La entrega de los modelos de información se fundamenta en la recopilación de todos los datos generados a lo largo de los flujos de trabajo establecidos. Durante este proceso, la información es producida, revisada y almacenada en el entorno común de datos (CDE), asegurando su integridad y accesibilidad.

7.3.12. CIERRE.

El cierre del proyecto ocurre cuando el director de proyecto transfiere y archiva el Modelo de Información del Proyecto (PIM) para el cliente final, convirtiéndolo en el Modelo de Información del Activo (AIM) destinado a la fase de operación. Este proceso se da al finalizar la producción de información y consolidar todos los datos generados tanto en la fase de planeación como en la de construcción.

En la PYME, el director de proyecto es responsable de nutrir esta información durante todas las fases, junto con el equipo de profesionales involucrados en la ejecución de los trabajos. Los datos as-built se van enriqueciendo con los detalles constructivos resultantes de cambios en obra, especialmente si la PYME es la encargada de desarrollar el proyecto.

El cierre se formaliza con la integración completa de la información en el entorno común de datos (CDE) y en carpetas físicas, alineándose con los Requerimientos de Intercambio de Información (EIR), el Plan de Ejecución BIM (BEP) y el alcance contractual del proyecto. Como parte del procedimiento, el director de proyecto debe gestionar la firma de un acta de cierre por parte del cliente, con base en la información archivada, asegurando que todo esté conforme al alcance acordado entre la PYME y el propietario.

Este proceso garantiza una transición ordenada y eficiente hacia la fase operativa, dejando un modelo de información robusto y alineado con los objetivos previamente definidos.

Es fundamental que, durante el cierre del proyecto, se realice un ejercicio paralelo que permita registrar de manera organizada todos los cambios e interferencias ocurridos durante el proceso de implementación BIM en la PYME. Para ello, se recomienda llevar una bitácora digital y física, donde se documenten estos aspectos clave.

Este registro servirá para generar métricas de efectividad, facilitando la evaluación de los indicadores del proceso de implementación. A futuro, estos datos permitirán medir la capacidad BIM y el nivel de madurez BIM de la PYME, asegurando una mejora continua.

Por lo tanto, es recomendable definir desde el inicio los indicadores necesarios para evaluar el desempeño y almacenar toda la experiencia adquirida, incluyendo los desafíos enfrentados y sus soluciones. Esto proporcionará una referencia sólida para fortalecer la capacidad y madurez BIM durante el ciclo de vida del proyecto y futuras implementaciones.

7.3.11.1 Propuesta de Indicadores clave de Desempeño BIM.

Dado que la PYME en estudio no cuenta con un proceso previo de implementación de la metodología BIM, se plantea como punto de partida la definición de algunos indicadores clave. Estos permitirán medir y analizar su posición a medida que adquiera experiencia en la metodología, facilitando la toma de decisiones y fortaleciendo el proceso de adopción progresiva a lo largo del tiempo.

Inicialmente, los siguientes indicadores proporcionarán a la PYME una visión clara para sus futuros procesos de implementación, permitiéndole evaluar su evolución y definir estrategias de mejora en la aplicación de BIM para su desempeño en la empresa.

Indicadores de Desempeño BIM					
Etapa	Objetivos	Definición KPI	Unidades	Periodicidad	Forma de calcularlo
“1. Conceptualización, prefactibilidad y diseño esquemático”	“Optimizar tiempos de diseño, especialmente en la planificación de proyectos inmobiliarios.” [65]	“Fluctuación temporal en la determinación de opciones de diseño iniciales o cabidas.” [65].	%	“Frecuencia: una vez por proyecto o mensualmente si es un proceso recurrente” [65].	$\frac{(t_2 - t_1)}{t_1} * 100$
“2. Anteproyecto y documentación de construcción”	“Reducción de modificaciones requeridas en cada fase de entrega” [65]	“Proporción de cambio expresada en porcentaje entre distintas solicitudes de modificación” [65].	%	“Cierre de la fase de coordinación dentro del proyecto” [65].	$\frac{(SC_2 - SC_1)}{SC_1} * 100$
“2. Anteproyecto y documentación de construcción”	“Minimizar solicitudes de información en cada fase de entrega” [65].	“Cantidad total de solicitudes de información (RFI) generadas dentro del proyecto” [65].	%	“Cada entrega debe realizarse con seguimiento continuo a lo largo de todo el proyecto para garantizar control y optimización” [65].	$\frac{(RFI_2 - RFI_1)}{RFI_1} * 100$
“2. Anteproyecto y documentación de construcción”	“Optimizar el proceso de presupuestación para acortar tiempos” [65].	“Duración requerida para determinar el presupuesto del proyecto” [65].	%	“Una vez concluido el período de cálculo del presupuesto” [65].	$\frac{\frac{t_2}{m_2} - \frac{t_1}{m_1}}{\frac{t_1}{m_1}} * 100$
“3. Pre-construcción y compras”	“optimizar la planificación del cronograma de obra para maximizar eficiencia” [65].	“Duración requerida para elaborar el cronograma de obra” [65].	%	“Única, tras finalizar la programación” [65].	$\frac{\frac{t_2}{m_2} - \frac{t_1}{m_1}}{\frac{t_1}{m_1}} * 100$
“4. Construcción / ejecución material del proyecto.”	“Minimizar conflictos y obstáculos durante la ejecución de la obra” [65].	“Cantidad de obstáculos durante la construcción” [65].	%	“una vez al mes por cada proyecto” [65].	$\frac{IQ}{m^2}$

Tabla 44. Propuesta de indicadores de desempeño para PYME en estudio en su proceso de implementación BIM [65].

“T1: Tiempo inicial de ejecución de la actividad o referencia histórica, usado para calcular mejoras porcentuales.”. [65]

“T2: Tiempo evaluado posteriormente al tiempo de referencia, de acuerdo con la periodicidad establecida” [65].

“SC1: Requerimientos de ajuste debido a inconsistencias o modificaciones esenciales. SC1: línea base, SC2: referencia comparativa.” [65].

“RFI: Solicitud de información (Request For Information, RFI) RFI1: referente a la línea base, RFI2: correspondiente al valor de comparación.” [65].

“IQ: Número de interferencias identificadas en obra, con normalización utilizando metros cuadrados (M2) cuando se encuentra en el denominador.” [65].

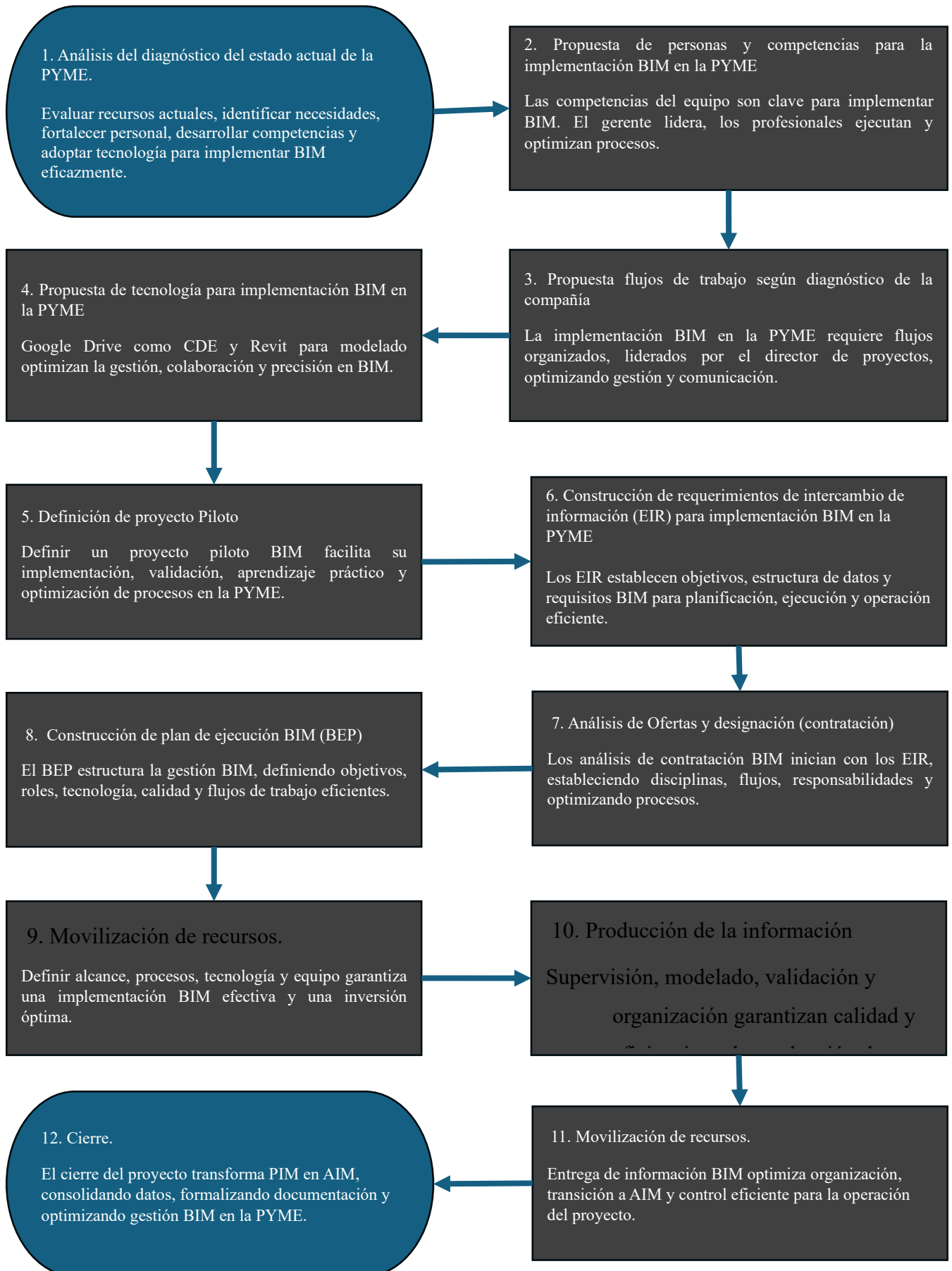


Figura 29. Flujos de procesos propuestos para la implementación BIM de PYME en estudio.

8. CONCLUSIONES

La ISO-19650 se ha consolidado como una herramienta fundamental para establecer estándares de gestión BIM a nivel internacional. Su enfoque permite definir con claridad los actores involucrados y los procesos que deben ejecutar en cada fase del ciclo de implementación BIM de un proyecto. Asimismo, proporciona una estructura sólida para la comprensión y aplicación de conceptos clave necesarios en cualquier proceso de adopción de la metodología BIM, independientemente de la escala de la organización. Esto facilita la uniformidad y estandarización, permitiendo que los principios de BIM se adapten de manera eficaz en distintas partes del mundo, asegurando consistencia, interoperabilidad y eficiencia en la gestión de la información.

El BIM Forum Colombia, liderado por la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), desempeña un papel pionero y fundamental en la definición de pautas para la implementación de la metodología BIM a nivel nacional. Su enfoque se basa en la adopción y adaptación del estándar ISO 19650 a la realidad local, facilitando la integración de BIM en las organizaciones colombianas mediante la publicación de guías de acceso gratuito. Estas guías establecen pautas claras para que las empresas interesadas en implementar BIM puedan realizar un diagnóstico sobre su nivel de madurez y capacidad BIM, identificando fortalezas y áreas de mejora. También ayudan a definir una ruta estratégica para fortalecer los puntos clave que exige la metodología BIM, asegurando una implementación progresiva y efectiva en sus proyectos. Además, facilitan la ejecución de proyectos bajo la metodología BIM, estableciendo procesos de modelado, coordinación y gestión eficiente de la información. Otro aspecto fundamental es la posibilidad de analizar las experiencias adquiridas, evaluando el impacto de la implementación y ajustando estrategias para mejorar resultados. Finalmente, se promueve la generación de un ciclo de retroalimentación continua, permitiendo la evolución y perfeccionamiento de BIM dentro del sector mediante el aprendizaje basado en la práctica. Gracias a esta iniciativa, BIM Forum Colombia no solo proporciona una hoja de ruta para la adopción de BIM, sino que también fomenta la colaboración y el crecimiento del ecosistema digital en la construcción, facilitando la transición de más empresas hacia esta metodología sin importar su escala.

La implementación de BIM es un proceso dinámico y continuo que permite a las organizaciones fortalecer su madurez y capacidad BIM a medida que integran la metodología en sus operaciones. Las propuestas establecidas en la ISO 19650, junto con la adaptación realizada por el BIM Forum Colombia

al contexto local, ofrecen una guía estructurada para que las empresas, independientemente de su tamaño, logren una implementación efectiva.

Es fundamental comprender que BIM no es un modelo rígido al que las empresas deben ajustarse, sino una metodología flexible que se adapta a sus necesidades y características específicas. A medida que las organizaciones avanzan en su adopción, BIM crece con ellas, impulsando su evolución y mejorando sus procesos de gestión y desarrollo de proyectos.

Para cualquier proceso de implementación BIM, es fundamental contar con diversas etapas estructuradas. En primer lugar, se debe realizar un diagnóstico del estado actual de la organización o equipo que busca adoptar BIM. Luego, se procede a la fase de planificación, donde se desarrolla la propuesta de implementación a ejecutar. Posteriormente, en la fase de desarrollo, se implementan las pautas establecidas para la adopción efectiva de la metodología. Finalmente, la etapa de retroalimentación permite recopilar lecciones aprendidas, contribuyendo al ciclo evolutivo de esta metodología dinámica en la industria de la construcción.

El ciclo de implementación BIM, en sus distintas etapas, tiene como objetivo garantizar una gestión eficiente de la información en proyectos de construcción. A través de la recopilación, almacenamiento y compartición transparente de datos entre todos los involucrados, se fortalece la toma de decisiones estratégicas y se optimiza la ejecución del proyecto.

El propósito central de este proceso es que la información generada durante la fase de diseño y construcción contribuya al desarrollo del Modelo de Información del Proyecto (PIM), el cual, al concluir la obra, se transforma en el Modelo de Información del Activo (AIM). Este modelo permite que el propietario o cliente final administre la operación del activo de manera eficiente, contando con registros detallados y datos clave para su gestión.

Además, la implementación de BIM no solo mejora la eficiencia en los proyectos, sino que genera valor, optimizando los procesos y promoviendo la entrega de construcciones más sostenibles. Su correcta aplicación garantiza una transición estructurada que potencia la calidad y rentabilidad del proyecto a lo largo de su ciclo de vida.

Con el avance tecnológico y la creciente complejidad de los proyectos, la metodología BIM ha adquirido una gran importancia en la industria de la construcción. Su aplicación permite optimizar la gestión de proyectos, incrementando la eficiencia en cada etapa y generando valor tanto para las organizaciones como para los equipos ejecutores. Gracias a BIM, es posible abordar proyectos con mayor precisión, coordinación y sostenibilidad, mejorando así los resultados finales.

REFERENCIAS

- [1] S. Abrishami, J. Goulding, y F. Rahimian, «Generative BIM workspace for AEC conceptual design automation: prototype development», *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 28, n.º 2, pp. 482-509, 2021, doi: 10.1108/ECAM-04-2020-0256.
- [2] F. Mellado y E. C. W. Lou, «Building information modelling , lean and sustainability : An integration framework to promote performance improvements in the construction industry», *Sustain Cities Soc*, vol. 61, n.º June, p. 102355, 2020, doi: 10.1016/j.scs.2020.102355.
- [3] D. Bishop, A. Felstead, A. Fuller, N. Jewson, L. Unwin, y K. Kakavelakis, «Constructing learning: adversarial and collaborative working in the British construction industry», *Journal of Education and Work*, vol. 22, n.º 4, pp. 243-260, 2009, doi: 10.1080/13639080903290355.
- [4] H. Verheij y G. Augenbroe, «Collaborative planning of AEC projects and partnerships», *Autom Constr*, vol. 15, n.º 4, pp. 428-437, 2006, doi: 10.1016/j.autcon.2005.06.011.
- [5] F. Elghaish, S. Abrishami, M. R. Hosseini, y S. Abu-Samra, «Revolutionising cost structure for integrated project delivery: a BIM-based solution», *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 28, n.º 4, pp. 1214-1240, 2020, doi: 10.1108/ECAM-04-2019-0222.
- [6] B. Succar y E. Poirier, «Lifecycle information transformation and exchange for delivering and managing digital and physical assets», *Autom Constr*, vol. 112, n.º January, p. 103090, 2020, doi: 10.1016/j.autcon.2020.103090.
- [7] A. Elsayegh y I. H. El-adaway, «Holistic Study and Analysis of Factors Affecting Collaborative Planning in Construction», *J Constr Eng Manag*, vol. 147, n.º 4, p. 04021023, 2021, doi: 10.1061/(asce)co.1943-7862.0002031.
- [8] J. Lee y Y. Jeong, «User-centric knowledge representations based on ontology for AEC design collaboration», *CAD Computer Aided Design*, vol. 44, n.º 8, pp. 735-748, 2012, doi: 10.1016/j.cad.2012.03.011.
- [9] J. A. Ramírez-Sáenz, J. M. Gómez-Sánchez, J. L. Ponz Tienda, J. P. Romero Cortés, y L. Gutierrez Bucheli, «Requirements for a BIM execution plan (BEP): a proposal for application in Colombia», *Building & Management*, vol. 2, n.º 2, p. 5, sep. 2018, doi: 10.20868/bma.2018.2.3763.
- [10] S. G. Yeomans, N. M. Bouchlaghem, y A. El-Hamalawi, «An evaluation of current collaborative prototyping practices within the AEC industry», *Autom Constr*, vol. 15, n.º 2, pp. 139-149, 2006, doi: 10.1016/j.autcon.2005.02.011.
- [11] H. M. F. Shehzad, R. B. Ibrahim, A. F. Yusof, K. A. M. Khaidzir, M. Iqbal, y S. Razzaq, «The role of interoperability dimensions in building information modelling», *Comput Ind*, vol. 129, p. 103444, 2021, doi: 10.1016/j.compind.2021.103444.
- [12] M. P. Gallaher, A. C. O'Connor, J. L. Dettbarn, y L. T. Gilday, «Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry. National Institute of Standards and Technology (NIST)», *National Institute of Standards and Technology (NIST), Gaithersburg, MD, USA, Tech. Rep.*, pp. 04-867, 2004.
- [13] G. Engineering, «Developments in the Built Environment Interoperability in construction – Mission impossible?», vol. 4, n.º June, 2020, doi: 10.1016/j.dibe.2020.100018.
- [14] X. Zhang, S. Azhar, A. Nadeem, y M. Khalfan, «Using Building Information Modelling to achieve Lean principles by improving efficiency of work teams», *International Journal of Construction Management*, vol. 18, n.º 4, pp. 293-300, 2018, doi: 10.1080/15623599.2017.1382083.

- [15] A. S. Hanna, «Benchmark Performance Metrics for Integrated Project Delivery», *J Constr Eng Manag*, vol. 142, n.º 9, p. 04016040, 2016, doi: 10.1061/(asce)co.1943-7862.0001151.
- [16] W. T. Chen y T. T. Chen, «Critical success factors for construction partnering in Taiwan», *International Journal of Project Management*, vol. 25, n.º 5, pp. 475-484, 2007, doi: 10.1016/j.ijproman.2006.12.003.
- [17] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, y K. Liston, *Animated horsehairs*, vol. s7-II, n.º 32. New Jersey, 2008. doi: 10.1093/nq/s7-II.32.110-e.
- [18] M. El Jazzer, C. Schranz, H. Urban, y H. Nassereddine, «Integrating Construction 4.0 Technologies: A Four-Layer Implementation Plan», *Front Built Environ*, vol. 7, 2021, doi: 10.3389/fbuil.2021.671408.
- [19] M. C. Georgiadou, «An overview of benefits and challenges of building information modelling (BIM) adoption in UK residential projects», *Construction Innovation*, vol. 19, n.º 3, pp. 298-320, 2019, doi: 10.1108/CI-04-2017-0030.
- [20] J. A. Ramírez-Sáenz, J. M. Gómez-Sánchez, J. L. Ponz-Tienda, J. P. Romero-Cortés, y L. A. Gutierrez-Bucheli, «Requirements for a BIM execution plan (BEP): a proposal for application in Colombia», *Building and Management*, vol. 2, n.º 2, 2018.
- [21] British Standards Institution, «Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works , including building information modelling (BIM) - Information management using building information modelling», *Bs En Iso 19650-1:2018*, pp. 1-46, 2018.
- [22] R. Johnson, M. Clayton, ge Xia, J. H. Woo, y Y. Song, «The strategic implications of e-commerce for the design and construction industry», *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 9, n.º 3, pp. 241-248, 2002, doi: 10.1108/eb021219.
- [23] buildingSMART_Spain, «uBIM 03 - Diseño arquitectónico», *Guia de usuarios BIM*, p. 53, 2014.
- [24] B. Keskin, B. Salman, y B. Ozorhon, «Airport project delivery within BIM-centric construction technology ecosystems», *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 28, n.º 2, pp. 530-548, feb. 2021, doi: 10.1108/ECAM-11-2019-0625.
- [25] S. Kim, S. Chin, J. Han, y C.-H. Choi, «Measurement of Construction BIM Value Based on a Case Study of a Large-Scale Building Project», *Journal of Management in Engineering*, vol. 33, n.º 6, p. 05017005, 2017, doi: 10.1061/(asce)me.1943-5479.0000551.
- [26] A. Aka, J. Iji, R. B. Isa, y A. A. Bamgbade, «Assessing the relationships between underlying strategies for effective building information modeling (BIM) implementation in Nigeria construction industry», *Architectural Engineering and Design Management*, vol. 17, n.º 5-6, pp. 434-446, 2021, doi: 10.1080/17452007.2020.1847026.
- [27] F. Mellado y E. C. W. Lou, «Building information modelling, lean and sustainability: An integration framework to promote performance improvements in the construction industry», *Sustain Cities Soc*, vol. 61, oct. 2020, doi: 10.1016/j.scs.2020.102355.
- [28] D. Mehran, «Exploring the Adoption of BIM in the UAE Construction Industry for AEC Firms», en *Procedia Engineering*, Elsevier Ltd, 2016, pp. 1110-1118. doi: 10.1016/j.proeng.2016.04.144.
- [29] C. M. . Eastman, *BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. Wiley, 2008.
- [30] BuildingSMART Spain, «¿Qué es BIM?» Accedido: 22 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.buildingsmart.es/bim/qu%C3%A9-es/>

- [31] R. Miettinen y S. Paavola, «Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling», *Autom Constr*, vol. 43, pp. 84-91, 2014, doi: 10.1016/j.autcon.2014.03.009.
- [32] BIM FORUM COLOMBIA, «ROLES Y PERFILES BIMV1», BOGOTÁ, 2019.
- [33] British Standards Institution (BSI), *BS EN ISO 19650-1*. British Standards Institution, 2021.
- [34] ICONTEC, «NTC-ISO 19650-1:2021». Accedido: 22 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://tienda.icontec.org/gp-organizacion-y-digitalizacion-de-la-informacion-en-edificaciones-y-obras-de-ingenieria-civil-incluyendo-bim-building-information-modelling-gestion-de-la-informacion-usando-bim-parte-1-conceptos-y-principios-ntc-iso19650-1-2021.html>
- [35] ICONTEC, «NTC-ISO 19650-2:2021». Accedido: 22 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://tienda.icontec.org/gp-organizacion-y-digitalizacion-de-la-informacion-en-edificaciones-y-obras-de-ingenieria-civil-incluyendo-bim-building-information-modelling-gestion-de-la-informacion-usando-bim-parte-2-fase-de-entrega-de-los-activos-ntc-iso19650-2-2021.html>
- [36] ICONTEC, «NTC-ISO 19650-3:2022».
- [37] ICONTEC, «NTC-ISO 19650-4:2022».
- [38] ICONTEC, «NTC-ISO 19650-5:2021».
- [39] BIM FORUM COLOMBIA, «REQUERIMIENTOS DE INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN (EIR)», ago. 2024.
- [40] BIM FORUM COLOMBIA, «REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN DEL ACTIVO (AIR)», ago. 2024.
- [41] BIM FORUM COLOMBIA, «REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN DEL PROYECTO (PIR)», ago. 2024.
- [42] BIM FORUM COLOMBIA, «REQUERIMIENTO DE INFORMACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN (OIR)», ago. 2024.
- [43] BIM FORUM COLOMBIA, «PLAN DE EJECUCIÓN BIM DE DESARROLLO (BEP)», jun. 2024.
- [44] Reto Kömmerling, «¿Qué es un Plan de Ejecución BIM (PEB) y cómo definirlo?», ¿Qué es un Plan de Ejecución BIM (PEB) y cómo definirlo? Accedido: 23 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://retokommerling.com/plan-ejecucion-bim/>
- [45] BIM FORUM COLOMBIA, «GUÍA DE USOS BIM», oct. 2024.
- [46] BibLus, «Las 10 dimensiones del BIM». Accedido: 24 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://biblus.accasoftware.com/es/las-dimensiones-del-bim/>
- [47] Konstruedu, «Las 7 dimensiones de BIM». Accedido: 24 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://konstruedu.com/es/blog/las-7-dimensiones-de-bim#:~:text=Las%20dimensiones%20BIM%20consisten%20en,aunada%20en%20el%20modelo%20digital>
- [48] SalvaMoret., «Usos y dimensiones BIM». Accedido: 24 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.salvamoret.com/post/usos-y-dimensiones-bim>
- [49] BIM Global Network, «Plantilla de la Matriz de Responsabilidades». Accedido: 24 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://globalbim.org/es/info-collection/plantilla-de-la-matriz-de-responsabilidades/#:~:text=La%20matriz%20de%20responsabilidades%20detallada,valores%20permitidos%20para%20cada%20campo>.
- [50] BIM NDCTA Smart Engineering, «¿Qué es el LOD en metodología BIM?» Accedido: 24 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.bimnd.es/lod-la-metodologia-bim/>

- [51] INESA TECH CIVIL ENGINEERING SCHOOL AND CONSULTING, «LOD en metodología BIM. Nivel de desarrollo y significado LOD».
- [52] MY DIGITAL BUILDINGS, «¿Qué es el LOI (nivel de información) de un modelo digital?» Accedido: 24 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: [https://www.mydigitalbuildings.com/es/glosario/level-of-information#:~:text=El%20concepto%20de%20nivel%20de,Nivel%20de%20detalles%20\(LOD\).](https://www.mydigitalbuildings.com/es/glosario/level-of-information#:~:text=El%20concepto%20de%20nivel%20de,Nivel%20de%20detalles%20(LOD).)
- [53] BibLus, «Significado y función de LOD y LOIN en el BIM». Accedido: 24 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://biblus.accasoftware.com/es/lod-y-loin-en-bim/>
- [54] Z. Giménez, H. Hernández, J. P. Leyva Londoño, P. A. Castro Bedoya, y N. P. Garcia-Lopez, «Analyzing the relationship between the level of BIM maturity and the value generated in construction projects in Colombia», *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 16, n.º 5, abr. 2025, doi: 10.1016/j.asej.2025.103351.
- [55] BIM Management, «De 0 a 3 ¿Qué son los niveles de madurez BIM?»
- [56] B. Succar - Translated by Victor Roig Segura, «BIM Maturity Matrix - Spanish». [En línea]. Disponible en: <http://bit.ly/BIMPaperA2>
- [57] Building SMART Spain, «La asociación». Accedido: 28 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.buildingsmart.es/bssp/la-asociaci%C3%B3n/>
- [58] CAMACOL, «BIM Forum Colombia». Accedido: 28 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://camacol.co/productividad-sectorial/digitalizacion/bim-forum>
- [59] Building Smart Spain, «OpenBIM: Colaboración sin barreras en la construcción». Accedido: 28 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.buildingsmart.es/bim/openbim/>
- [60] EDITECA, «Softwares BIM más utilizados en Ingeniería Civil». Accedido: 28 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://editeca.com/softwares-bim-ingenieria/#Revit>
- [61] OceanBIM, «Los 7 softwares de entorno de datos común (CDE) más recomendados para BIM». Accedido: 28 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://blog.oceanbim.com/7-recommend-common-data-environment-software-bim/>
- [62] B. Succar - Translated by Victor Roig Segura, «BIM Maturity Matrix - Spanish». [En línea]. Disponible en: <http://bit.ly/BIMPaperA2>
- [63] BIM FORUM COLOMBIA, «https://rutabim.com/rutabim_1/#/dashboard», RUTA BIM. Accedido: 22 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://rutabim.com/rutabim_1/#/dashboard KEY INFORMATIO
- [64] BIM FORUM COLOMBIA, «HOJA DE RUTA DE IMPLEMENTACIÓN», BOGOTÁ, 2020.
- [65] BIM FORUM COLOMBIA, «INDICADORES BIM», BOGOTÁ, 2019.
- [66] BIM FORUM COLOMBIA, «GUÍA DE ROLES Y PERFILES EN LA METODOLOGÍA BIM», 2020.
- [67] BIM FORUM COLOMBIA, «ANEXO CONTRAFACTUAL».
- [68] BIM FORUM COLOMBIA, «GUÍA DE MODELADO BIM», BOGOTÁ, 2019.
- [69] BIM FORUM COLOMBIA, «GUÍA DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN BIM».

ANEXO 1: INFORME

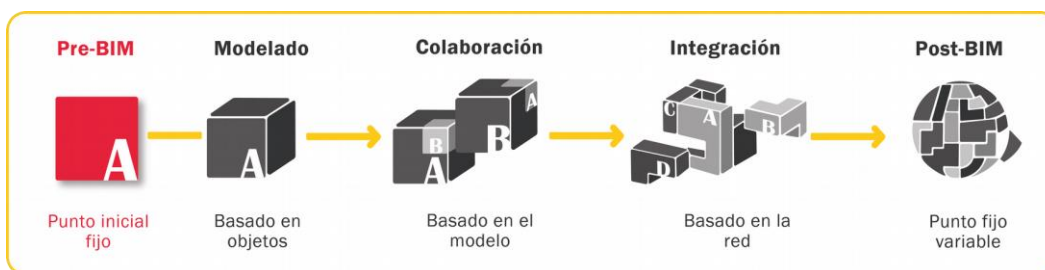
INFORME DE EVALUACIÓN RUTA BIM CIVART ARTE CIVIL S.A.S

Empresa	Civart	Elaborado por	Ramón David Mosquera
Nit/CC	901819356-1	Fecha informe	Feb 28 2025

Ruta BIM es una herramienta de conocimiento cuyo objetivo es identificar el nivel de Madurez BIM actual de las organizaciones o equipos de proyectos.

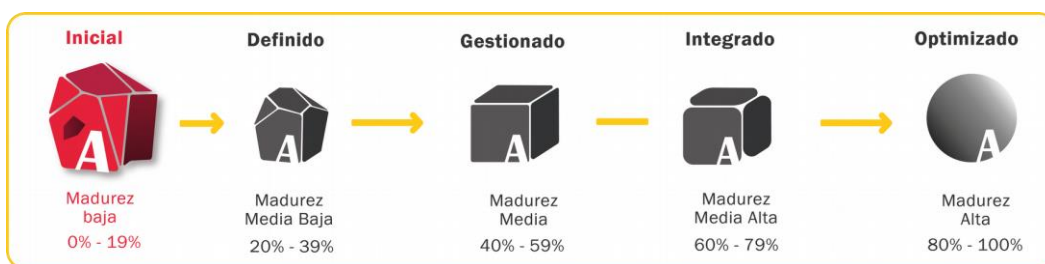
En el siguiente informe encontrará el resultado de la autoevaluación de acuerdo con las respuestas suministradas, el cual, le permitirá identificar el nivel de adopción BIM de la organización mediante dos conceptos: Capacidad BIM y Madurez BIM.

Capacidad BIM hace referencia a las habilidades mínimas de la organización para entregar resultados medibles. De acuerdo con la autoevaluación realizada, la Capacidad BIM de la organización es **PRE-BIM**. [1]



La Madurez BIM hace referencia a la mejora gradual y continua de la calidad, repetibilidad y predictibilidad con base en la Capacidad BIM de la organización. De acuerdo con la autoevaluación realizada, la organización se clasifica en el nivel **INICIAL**, el cual corresponde a Madurez Baja. En términos porcentuales el avance general de la organización se sitúa en un **1%**. [1]

Para mayor información sobre el nivel de Capacidad y Madurez BIM indicado, por favor ir a la parte final del informe donde encontrará las definiciones.



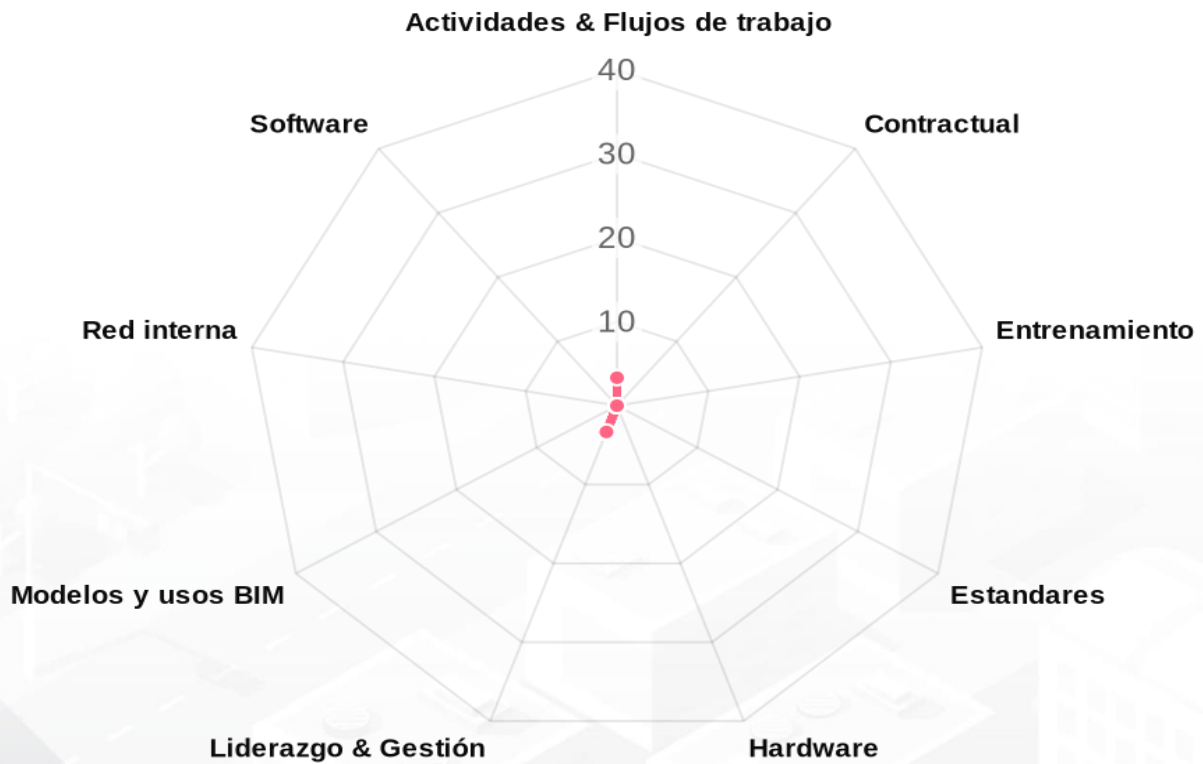
[1] Referencias de las definiciones tomadas del archivo Matriz de Madurez de BIM Excellence Initiative.

Dimensiones Matriz de Madurez BIM

El siguiente gráfico muestra la autoevaluación de cada una de las Áreas de Madurez, las cuales se encuentran agrupadas en tres (3) series: **Tecnología** (Software, Hardware, Red) , **Procesos** (Actividades & Flujos de trabajo, Modelos y usos BIM, Liderazgo & Gestión) y **Políticas** (Entrenamiento, Estándares, Contractual).

La puntuación de cada una de las respuestas corresponde a uno de los cinco (5) niveles de Madurez: (0) Inicial, (10) Definido, (20) Gestionado, (30) Integrado y (40) Optimizado.

El promedio de los resultados obtenidos determina el nivel general de Madurez BIM de la organización.



En la parte final de este informe se encuentran las definiciones de los niveles de Madurez Y Capacidad BIM. Si desea consultar con más detalle cada uno de los componentes de su resultado puede ingresar a su perfil en la página de Ruta BIM.

TÉRMINOS Y DEFINICIONES

A continuación, presentamos los términos empleados en el siguiente informe y su definición para garantizar la comprensión de este documento.

CAPACIDAD BIM - ETAPAS BIM

La capacidad BIM es la habilidad de usar BIM a partir de la tecnología, procesos y políticas. Para evaluar la capacidad se parte de tres etapas, las cuales parten de un punto fijo inicial (Estado Pre BIM) y un punto final variable (Post BIM).

Estado Pre-BIM: El estado pre BIM parte del desarrollo de proyectos basados en documentación 2D y procesos arcaicos de comunicación entre los diversos actores de un proyecto. La inversión en tecnología es baja y los datos adolecen de interoperabilidad. Es el estado inicial de las empresas tradicionales.

Etapas 1 (Modelado): Los proyectos generan documentación 2D coordinada y visualizaciones 3D a partir de un modelo BIM, pero el modelo rico en parámetros en sí, no se comparte con otras disciplinas.

Etapas 2 (Colaboración): Los proyectos parten de un modelo rico en información, en el que participan al menos dos disciplinas, y se desarrollan bajo un modelo de colaboración, con el fin de intercambiar y compartir modelos / base de datos que pueden no incluir geometría (Diagramas, bases de datos ambientales, presupuestos, entre otros). Las dos empresas pueden ser coautores de una sola base de datos, al vincular dos formatos diferentes (formatos abiertos o cerrados). Esta “interoperación” les permite realizar estudios de tiempo en 4D, detección de conflictos interdisciplinarios y generar una gran variedad de resultados basados en el análisis.

Etapas 3 (Integración): Esta etapa es la recopilación de todos los ideales de eficiencia constructiva y filosofía BIM. En esta etapa, las fases del ciclo de vida del proyecto se disuelven sustancialmente y los actores interactúan en tiempo real para generar beneficios reales a partir de flujos de trabajo virtuales. En esta etapa todo el trabajo esta es desarrollada en la red. Las tecnologías existentes y de rápida mejora desempeñan funciones habilitadoras, haciendo que los proyectos e información este siempre disponible para cada uno de los actores durante todo el ciclo de vida de un proyecto.

Estado Post-BIM: Es un estado variable que recopila todos los beneficios de la etapa anterior y se centra en los procesos de mejora continua, acorde a las posibilidades tecnológicas del momento. Aplica para todas las fases del ciclo de vida de un proyecto.

NIVELES DE MADUREZ BIM

Los niveles de madurez definidos en este documento corresponden a los definidos en el Índice de madurez BIM, compuesto por (5) niveles de madurez distintos (a) Inicial / Ad HOC (b) Definido (c) Gestionado (d) Integrado (e) Optimizado.

Nivel de madurez a (Inicial): La implementación de BIM se caracteriza por la ausencia de una estrategia general y una escasez significativa de procesos y políticas definidos. Las herramientas de software BIM se implementan de manera no sistemática y sin las investigaciones y preparaciones previas adecuadas.

Nivel de madurez b (Definido): La implementación de BIM está impulsada por la visión general de los altos directivos. La mayoría de los procesos y políticas están bien documentados, se reconocen las innovaciones de procesos y se identifican las oportunidades comerciales que surgen de BIM, pero aún no se explotan. El heroísmo de BIM comienza a perder importancia a medida que aumenta la competencia; la productividad del personal sigue siendo impredecible. Las pautas básicas de BIM están disponibles, incluidos manuales de capacitación, guías de flujo de trabajo y estándares de entrega BIM.

Nivel de madurez c (Gestionado): la visión para implementar BIM es comunicada y entendida por la mayoría del personal. La estrategia de implementación de BIM se combina con planes de acción detallados y un régimen de seguimiento. BIM se reconoce como una serie de cambios de tecnología, procesos y políticas que deben gestionarse sin obstaculizar la innovación. Las oportunidades comerciales que surgen de BIM se reconocen y utilizan en los esfuerzos de marketing. Los roles BIM están institucionalizados y los objetivos de desempeño se logran de manera más consistente. Especificaciones de producto. El modelado, la representación 2D, la cuantificación, las especificaciones y las propiedades analíticas de los modelos 3D se gestionan mediante estándares detallados y planes de calidad. Las responsabilidades, los riesgos y las recompensas de la colaboración son claros dentro de las alianzas de proyectos temporales o las asociaciones a más largo plazo.

Nivel de madurez d (Integrado): La implementación de BIM, sus requisitos y la innovación de procesos / productos se integran en los canales organizacionales, estratégicos, gerenciales y comunicativos. Las oportunidades de negocio que surgen de BIM son parte de la ventaja competitiva del equipo, la organización o el equipo del proyecto y se utilizan para atraer y retener clientes. La selección e implementación de software sigue objetivos estratégicos, no solo requisitos operativos. Los entregables de modelado están bien sincronizados entre proyectos y están estrechamente integrados con los procesos comerciales. El conocimiento está integrado en los sistemas organizativos.

Nivel de madurez e (Optimizado): Las partes interesadas de la organización y del proyecto han internalizado la visión BIM y la están logrando activamente. La estrategia de implementación de BIM y sus efectos en los modelos organizacionales se revisan y

realinean continuamente con otras estrategias. Si se necesitan modificaciones en los procesos o las políticas, se implementan de manera proactiva. Se buscan soluciones innovadoras de productos / procesos y oportunidades comerciales. La selección / uso de herramientas de software se revisa continuamente para mejorar la productividad y alinearse con los objetivos estratégicos. Los entregables de modelado se revisan / optimizan cíclicamente para beneficiarse de las nuevas funcionalidades de software y las extensiones disponibles. La optimización de los canales integrados de datos, procesos y comunicación es incesante.

[1] **La Matriz de Madurez RUTA BIM** está basada en la Matriz de Madurez de BIM Excellence Initiative que toma en cuenta la investigación de Bilal Succar bajo la licencia de Creative Commons Attribution – Noncommercial – Sharealike 3.0 Unported License. Para más información de BIMexcellence consulte el siguiente enlace: <https://bimexcellence.org/wp-content/uploads/301in.ES-Matriz-de-Madurez-BIM.pdf>

Se aclara que **RUTA BIM** es concebida como una herramienta de autoevaluación, investigación y formación con fines estadísticos. La Cámara Colombiana de la Construcción - Camacol y BIM Forum Colombia podrán efectuar las gestiones pertinentes para el desarrollo del objeto especificado de la herramienta, en lo relacionado con el procesamiento de datos para tal fin. Adicionalmente, es importante tener en cuenta que, los profesionales u organizaciones que deseen utilizar este documento o cualquiera de sus contenidos para evaluar terceros o para ofrecer cualquier tipo de servicio tendrá que obtener una licencia de ChangeAgents AEC Para obtener más información, póngase en contacto info@changeagent.com.au

ANEXO 2: MATRIZ

MATRIZ DE ASIGNACIÓN DE LA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Proceso	#	Actividad	Parte o factor	Parte o factor	Parte o factor	Parte o factor	Observaciones
1. Evaluación de proyecto	1.1	Definir responsables para llevar a cabo la función de gestión de la información					
	1.2	Establecer los requerimientos de información del proyecto					
	1.3	Establecer los hitos de entrega de información del proyecto					
	1.4	Establecer el estándar de información del proyecto					
	1.5	Establecer los métodos y procedimientos de producción de información del proyecto.					
	1.6	Establecer la información de referencia del proyecto y los recursos compartidos					
	1.7	Establecer el Ambiente Común de Datos del proyecto					
	1.8	Establecer el protocolo de información del proyecto					
2. Petición de Ofertas	2.1	Establecer los requerimientos de intercambio de información del contratante					
	2.2	Reunir información de referencia y recursos compartidos					
	2.3	Establecer requisitos de respuesta a la licitación y los criterios de evaluación					
	2.4	Compilar la información para salir a licitar					
3. Presentación de Ofertas	3.1	Definir responsables para llevar a cabo la función de gestión de la información.					
	3.2	Establecer el plan de ejecución BIM precontractual del equipo de entrega (PRE BEP)					
	3.3	Evaluar la capacidad y la Competencia de cada equipo de tareas					
	3.4	Establecer la capacidad y competencia del equipo de entrega.					
	3.5	Establecer el plan de movilización del equipo de entrega.					
	3.6	Establecer el registro de riesgos del equipo de entrega (contratistas)					

	3.7	Compilar la respuesta del equipo de entrega (contratistas)					
4. Contratación	4.1	Confirmar el plan de ejecución BIM (BEP) del equipo de entrega					
	4.2	Establecer la matriz de responsabilidad detallada del equipo de entrega					
	4.3	Establecer los requerimientos de intercambio de información de la parte principal designada					
	4.4	Establecer los planes de entrega de información de tareas (TIDP)					
	4.5	Establecer el plan maestro de entrega de información (MIDP)					
	4.6	Completar los documentos de nombramiento de la parte principal designada					
	4.7	Completar los documentos de contratación de la parte designada (contratista)					
5. Movilización	5.1	Movilizar recursos					
	5.2	Movilizar la tecnología de la información.					
	5.3	Probar los métodos y procedimientos de producción de información del proyecto.					
6. Producción de Información	6.1	Verifique la disponibilidad de información de referencia y recursos compartidos					
	6.2	Generar información					
	6.3	Llevar a cabo un control de calidad					
	6.4	Revisar información y aprobar para compartir					
	6.5	Revisar del modelo de información (PIM)					
7. Entrega de Modelo de Información	7.1	Presentar el modelo de información para la autorización por parte de la parte principal designada					
	7.2	Revisar y autorizar el modelo de información					
	7.3	Presentar modelo de información para la aceptación por el Contratante					
	7.4	Revisar y aceptar el modelo de información					
8. Cierre	8.1	Archivar el modelo de información del proyecto.					
	8.2	Capturar las lecciones aprendidas para proyectos futuros					

Tabla 45. Anexo 2. Matriz de asignación de la gestión de la información BIM.

ANEXO 3: FORMATO

FORMATO ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS MODELOS BIM Y SUS ENTREGABLES

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS MODELOS BIM Y SUS ENTREGABLES						
Categoría	Número	Descripción	Cumple			Observación
			SI	NO	N/A	
Generalidades	1	El nombre del archivo coincide con lo establecido en el protocolo de nomenclatura				
	2	El archivo para auditoria utilizado se encuentra liberado del central, preservando worksets				
	3	Estan vigentes las referencias externas utilizadas como base para la modelación y/o vinculación (ej. Levantamiento topográfico / despieces estructurales)				
	4	El modelo cumple con el LOD establecido para esta estapa según el BEP				
	5	La información no gráfica asociada a la documentación esta realizada a través de Etiquetas (Tags), no a través de textos				
	6	El modelo solo contiene elementos que son parte integral del Diseño				
	7	Los elementos de modelado cuentan con la información mínima requerida en cuanto a sus propiedades físicas				
	8	Se uso el sistema internacional de unidades, a menos que se especifique lo contrario				
Localización	9	Modelo está utilizando las coordenadas especificadas en el BEP				
	10	El norte real del modelo corresponde a la topografía georreferenciada				
	11	No existen grupos dentro de grupos				
Grupos	12	No existen elementos fantasmas.				
	13	Los grupos están definidos a través de un nombre				
Errores	14	No existen elementos flotantes en el modelo				
	15	Revisar que no exista duplicidad de elementos				
	16	Verificar que no existan "Warning"				
Niveles	17	Los niveles se encuentran debidamente coordinados con el modelo base (arquitectura) además fueron referenciados con una herramienta de monitoreo (Autodesk: Copy/Monitor)				
Ejes	18	Los ejes se encuentran debidamente coordinados con el modelo base (arquitectura) además fueron referenciados con una herramienta de monitoreo (Autodesk: Copy/Monitor)				
vistas	19	Validar que toda vista esté clasificada en su correspondiente parámetro de organización (Nivel, tipo de vista, disciplina, categoría serie, uso y usuario)				
	20	Revisar que no existan Vistas innecesarias dentro de las vistas de Diseño de planta. No aplica para vistas 3D o de Corte, ya que estas sirven para el proceso de edición del consultor.				
	21	El uso de elementos bidimensionales dentro del modelo está de acuerdo con el LOD establecido en el BEP.				

	22	Validar que las vistas asociadas a los planos (entregables) se encuentren almacenados en un grupo específico de vistas para impresión				
Organización de los elementos (Autodesk: familias)	23	Elementos cuentan con sistema de clasificación de especificaciones, códigos de ensamble. (Autodesk: keynotes, assembly codes)				
	24	Validar que se haya utilizado una nomenclatura de los elementos según estándar de creación de objetos.				
	25	Categorizar de manera adecuada los elementos complementarios en las familias que correspondan evitando usar elementos genéricos.				
	26	Los elementos modelados coinciden dimensionalmente con las definiciones del proyecto				
	27	Verificar que no existan familias corruptas (interferencias, elementos dentro de elementos, parámetros mal definidos, incongruencia en unidades, relación de objetos geométricos) (Autodesk: Audit)				
	Arquitectura	28	Validar la ubicación de aparatos sanitarios, mesones, estufas, lavamanos, lavaplatos, etc)			
29		Los equipos especiales están modelados verificando su funcionalidad en cuanto a conexiones y espacio				
30		Validar el área de servicio del mobiliario fijo dentro del modelo				
31		Los elementos arquitectónicos se han modelado con las herramientas adecuadas (Muros, puertas, ventanas, etc)				
32		Los elementos estructurales del modelo están claramente diferenciados de los no estructurales				
33		Muros enlazados a niveles descontando espesores de placa				
34		Los muros deben ser elementos compuestos ensamblados por capas, definiendo espesores del núcleo estructural y sus acabados.				
35		En el modelado de rampas o pendientes, cumple con el punto de partida y llegada teniendo en cuenta nivel estructural y nivel de acabado.				
36		Los cielos rasos están modelado incluyendo la lámina de acabado y la altura de sus elementos estructurales.				
Estructural	37	Las columnas y vigas deben referenciarse a su nivel base				
	38	Cada elemento de concreto reforzado debe ser nombrado según su despiece. (agregar parámetro de instancia)				
	39	Los elementos de concreto reforzado deben modelarse según el proceso constructivo (Columnas y muros por niveles y vigas según dinámicas de fundición)				
	40	El armazón estructural deberá tener conexiones analíticas funcionales.				
	41	Interacción entre placa y vigas se debe utilizar mediante la herramienta de unión. (Autodesk: Join)				
	42	Los elementos copiados y monitoreados provenientes de la arquitectura deben quedar en un workset diferente a los elementos modelados por el diseñador estructural.				
	43	Todos los elementos deben estar clasificados como "Estructurales" y según su uso. (Viga, vigueta, riostra, etc.)				
	44	En modelos de estructura metálica, incluir el código de fabricación del elemento				
	45	Los elementos estructurales se han modelado con las herramientas adecuadas (Muros, Losas, Vigas, etc.)				

MEP (Mecánico, eléctrico y Plomería)	46	Se diferencian visualmente los sistemas MEP (sea con filtros o por subproyectos) (gas, agua fría, agua caliente, eléctricas, TV, datos, etc)				
	47	Verificar que todo el sistema se encuentra debidamente conectado y sin tramos faltantes.				
	48	Los diámetros nominales de las tuberías que se trabajan en sistema imperial (pulgadas), así permanecen.				
	49	El modelado de ductos y tuberías debe incluir aislamientos				
	50	Las tuberías, ductos y equipos deben contener la metadata (número de serie, voltajes, etc. Según LOD) asociada al equipo y estas a su vez deben estar relacionadas con las propiedades del elemento				
	51	A partir del modelo arquitectónico se puede proveer al diseño eléctrico la ubicación de los dispositivos tales como interruptores, tomas etc., estos deben ser extraídos y monitoreados con la herramienta copy/monitor, de lo contrario el diseño debe incluir la ubicación de los mismos				
	52	Los equipos especiales están modelados verificando su funcionalidad en cuanto a conexiones y espacio				
	53	Todos los dispositivos incluidos en la modelación eléctrica deben contar la simbología correspondiente los cuales deben ser incluidos en un cuadro el cual relaciona el símbolo del plano con su significado, esto para la planimetría, con el fin de garantizar la correcta lectura de los símbolos de anotación.				
Entregables	54	Modelo BIM/Formato y versión según BEP				
	55	Documentación (Planos) a partir del modelo				
	56	El modelo contiene tablas configuradas para la extracción de cantidades que apliquen				
	57	Validar que los entregables cumplan con los requerimientos del protocolo de nomenclatura y versionamiento				
	58	Validar copia digital no modificable del entregable en el formato destinado por la compañía				

Tabla 46. Anexo 3. Formato de aseguramiento de la calidad de los modelos BIM [68]

ANEXO 4: PRESUPUESTO

PROPUESTA DE PRESUPUESTO PARA IMPLEMENTACIÓN BIM.

PRESUPUESTO IMPLEMENTACIÓN BIM PYME EN ESTUDIO PARA UN AÑO (1 AÑO) Fecha: 16/05/2025.								TOTAL
								\$ 16,540,905
ITEM	ACTIVIDAD/INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	FACTOR	PRECIO UNIARIO	PRECIO PARCIAL	VALOR TOTAL INSUMOS	VALOR TOTAL ACTIVIDAD
1	Infraestructura tecnológica							\$ 7,666,905
1.100	Equipos para la modelación	GB	1.00	5%	\$ 5,499,900			\$ 5,774,895
	Portatil Gamer MSI Katana Intel i7-13620H 16/1 TB SSD RTX 4050 6GB 15.6" 144Hz FHD Win 11 home.	UN	1.00	0%	\$ 5,499,900	\$ 5,499,900	\$ 5,499,900	
1.200	Licenciamiento de software de modelación	GB	1.00	5%	\$ 1,025,000			\$ 1,076,250
	Revit 2023 - Suscripción Anual para un computador (Modelador Arquitecto)	AÑO	1.00	0%	\$ 205,000	\$ 205,000	\$ 205,000	
	Revit 2023 - Suscripción Anual para un computador (Modelador Estructural)	AÑO	1.00	0%	\$ 205,000	\$ 205,000	\$ 205,000	
	Revit 2023 - Suscripción Anual para un computador (Modelador Eléctrico)	AÑO	1.00	0%	\$ 205,000	\$ 205,000	\$ 205,000	
	Revit 2023 - Suscripción Anual para un computador (Modelador Hidrosanitario)	AÑO	1.00	0%	\$ 205,000	\$ 205,000	\$ 205,000	
	Revit 2023 - Suscripción Anual para un computador (Modelador Mecánico)	AÑO	1.00	0%	\$ 205,000	\$ 205,000	\$ 205,000	
1.300	Licenciamiento de almacenamiento y colaboración (CDE)	GB	1.00	3%	\$ 792,000			\$ 815,760
	Google Drive Premium (2TB) para casa correo (Director de proyecto)	MES	12.00	0%	\$ 11,000	\$ 132,000	\$ 132,000	
	Google Drive Premium (2TB) para casa correo (Arquitecto)	MES	12.00	0%	\$ 11,000	\$ 132,000	\$ 132,000	
	Google Drive Premium (2TB) para casa correo (Ing. Estructural)	MES	12.00	0%	\$ 11,000	\$ 132,000	\$ 132,000	
	Google Drive Premium (2TB) para casa correo (Ing. Eléctrico)	MES	12.00	0%	\$ 11,000	\$ 132,000	\$ 132,000	

	Google Drive Premium (2TB) para casa correo (Ing. Hidrosanitario)	MES	12.00	0%	\$ 11,000	\$ 132,000	\$ 132,000	
	Google Drive Premium (2TB) para casa correo (Ing. Mecánico)	MES	12.00	0%	\$ 11,000	\$ 132,000	\$ 132,000	
2	Capacitación y desarrollo de competencias							\$ 8,874,000
2.100	Formación técnica en BIM	GB	1.00	2%	\$ 5,000,000			\$ 5,100,000
	Máster Superior BIM Manager – Online (Director de proyecto)	UN	1.00	0%	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000	
	Modelado de proyectos bajo metodología BIM utilizando REVIT (Modelador)	UN	1.00	0%	\$ 2,000,000	\$ 2,000,000	\$ 2,000,000	
2.200	Capacitación en habilidades blandas	GB	1.00	2%	\$ 3,700,000			\$ 3,774,000
	Curso liderazgo por persona	UN	1.00	0%	\$ 1,300,000	\$ 1,300,000	\$ 1,300,000	
	Curso habilidades blandas, trabajo en equipo, resolución de problemas, comunicación asertiva.	UN	6.00	0%	\$ 400,000	\$ 2,400,000	\$ 2,400,000	

Tabla 47. Anexo 4. Propuesta de presupuesto para implementación BIM.

Fuente: Elaboración propia.