

**Diseño de plan de implementación de un modelo piloto acorde con la metodología BIM:
Una perspectiva desde PMBOK**

Julián Andrés Victoria Mazuera

Asesor

Henry Alfonso Muñoz Rojas

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería

Maestría en Gerencia de Proyectos

2024

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD
por generar conocimiento y brindar un espacio
propicio para desarrollar e implementar todas las
habilidades y competencias en la gestión de proyectos.

Dedicatoria

A ELLA Y ÉL, PRIMUM MOVENS.

Resumen

Este proyecto de tesis aborda la implementación del Building Information Modeling (BIM) integrado con el Project Management Body of Knowledge (PMBOK) para optimizar los trámites de licencias de construcción en Colombia, particularmente en curadurías urbanas y autoridades estatales. La adopción de BIM tiene como objetivo digitalizar procesos, reducir tiempos y fortalecer la colaboración a lo largo del ciclo de vida del proyecto, alineándose con la Resolución 0441-2020 y la guía BIM Kit de CAMACOL.

El estudio analiza la relación entre BIM y la Cuarta Revolución Industrial, subrayando la importancia de la interoperabilidad y el cumplimiento de normativas internacionales como la ISO 19650, esenciales para impulsar la transformación digital del sector construcción. En este contexto, BIM se destaca como una herramienta clave para lograr una gestión eficiente, transparente y colaborativa, con beneficios directos en reducción de costos y optimización de tiempos.

Se desarrolla un modelo piloto denominado PIBoK, que fusiona la metodología BIM con los estándares PMBOK. Este modelo incorpora representaciones tridimensionales (3D) del proyecto, junto con documentación técnica detallada que cubre aspectos arquitectónicos, estructurales y legales, asegurando trámites ágiles y transparentes. La validación del modelo piloto revela mejoras considerables en la calidad de la información y una significativa reducción en los tiempos de revisión, facilitando una colaboración efectiva entre los actores involucrados.

El enfoque PIBoK está en total concordancia con las políticas nacionales vigentes (Resoluciones 0463 de 2017 y 0441-2020) y prácticas internacionales, impulsando así una transformación digital sostenible en el sector. Este enfoque no solo favorece la creación de infraestructuras más innovadoras y eficientes, sino que también contribuye a los Objetivos de

Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente en innovación tecnológica (ODS 9), ciudades sostenibles (ODS 11) e instituciones transparentes y colaborativas (ODS 16).

En conclusión, integrar BIM con PMBOK representa una solución efectiva para mejorar la gestión de licencias de construcción, ofreciendo una hoja de ruta clara y sostenible para la transformación digital del sector, conforme a la normativa ISO 19650.

***Palabras claves:** BIM, PMBOK, licencias de construcción, ISO 19650, transformación digital.*

Abstract

This thesis project addresses the implementation of Building Information Modeling (BIM) integrated with the Project Management Body of Knowledge (PMBOK) to optimize construction permitting processes in Colombia, specifically within urban curadurías and state authorities. The adoption of BIM aims to digitalize processes, reduce processing times, and strengthen collaboration throughout the project lifecycle, aligning with Resolution 0441-2020 and CAMACOL's BIM Kit guidelines.

The study analyzes the relationship between BIM and the Fourth Industrial Revolution, highlighting the importance of interoperability and compliance with international standards such as ISO 19650, essential for driving digital transformation in the construction sector. Within this context, BIM emerges as a key tool for efficient, transparent, and collaborative management, delivering direct benefits such as cost reduction and time optimization.

A pilot model named PIBoK was developed, merging BIM methodology with PMBOK standards. This model incorporates three-dimensional (3D) project representations alongside detailed technical documentation covering architectural, structural, and legal aspects, ensuring agile and transparent processes. Validation of the pilot model reveals considerable improvements in information quality and significant reductions in review times, facilitating effective collaboration among stakeholders.

The PIBoK approach aligns fully with current national policies (Resolutions 0463 of 2017 and 0441-2020) and international practices, thus driving sustainable digital transformation in the sector. This approach not only promotes the creation of more innovative and efficient infrastructure but also contributes to Sustainable Development Goals (SDGs), particularly

technological innovation (SDG 9), sustainable cities (SDG 11), and transparent, collaborative institutions (SDG 16).

In conclusion, integrating BIM with PMBOK represents an effective solution to enhance construction permitting management, providing a clear and sustainable roadmap for digital transformation within the sector, compliant with ISO 19650 standards.

Keywords: *BIM, PMBOK, construction permitting, ISO 19650, digital transformation.*

Tabla de contenido

Resumen	4
Abstract.....	6
Introducción.....	14
Definición del problema	15
Hipótesis	16
Pregunta de Investigación.....	17
Antecedentes.....	18
Justificación	21
Objetivos.....	22
Objetivo General	22
Objetivos Específicos	22
Alcance	23
Limitaciones	24
Marco de referencia	25
Ámbito global de BIM.....	25
La Cuarta Revolución Industrial (4IR).....	25
Industria 4.0.....	26
Gestión de la construcción 4.0	26
Historia y desarrollo de la metodología BIM.....	27
Gobierno 4.0 (E-Government y AI Government)	29
Procesos y Funcionamientos del BIM en el Sector Publico en Colombia.	29
BIM en Finlandia.....	30

BIM en Estados Unidos.....	31
BIM en Inglaterra	31
BIM en España	31
BIM en LATAM	32
Marco Conceptual	36
Modelado de información de construcción (BIM).....	36
Entorno Común de Datos (CDE - Common Data Environment).....	36
Plan de Ejecución BIM (BEP).....	36
Pasos del plan de implementación del BIM	37
Niveles de Madurez BIM	39
Nivel de Información Necesaria (LOIN - Level of Information Need): ISO 7817.....	39
Marco Internacional: BIM (Building Information Modeling): ISO 19650	39
Marco Teórico	40
Teorías de la Gestión de Proyectos de Construcción	40
La Teoría Clásica: Un Enfoque Estructurado.....	41
La Teoría de los Sistemas: Un Enfoque Integral.....	41
La Teoría de la Contingencia: Adaptabilidad en Escenarios Dinámicos	41
Lean Construction: Eficiencia y Reducción del Desperdicio.....	42
Gestión Ágil: Innovación y Respuesta Rápida.....	42
PMI: Project Management Instituto	43
Building Information Modeling (BIM).	46
Marco Jurídico.....	59
Resolución 0441 de 2020	59

	10
Decreto 1510 de 2013.....	59
Ley 80 de 1993 (Estatuto General de la Contratación de la Administración Pública)....	60
Resolución 0376 de 2022	61
Normativa Internacional (ISO 19650).....	61
Plan Nacional de Implementación BIM (PNI BIM)	62
Metodología.....	69
Tipo de investigación.	69
Fases del trabajo de grado.	69
Resultados y discusión.....	72
Fase 1. Marco de referencia y estado del arte sobre la metodología BIM y su articulación con PMBOK.	72
Fase 2. Componentes del plan de implementación de BIM articulados con PMBOK.....	84
Plan De Implementación BIM Bajo La Guía PMBOK (PIBoK)	84
Plan de Gestión PIBoK.....	85
Salidas: Plan de Implementación BIM (PIBoK)	88
Fase 3. Modelo piloto acorde con la metodología BIM y PMBOK aplicado a gestión de licencias de construcción.	92
Plan de entrenamiento y generación de conocimiento.	94
Discusión	99
Conclusiones.....	102
Bibliografía.....	105

Lista de tablas

Tabla 1 <i>Implementación BIM en LATAM</i>	34
Tabla 2 <i>Pasos Para la Implementación de BIM</i>	38
Tabla 3 <i>Áreas del Conocimiento y Proceso PMBOK y Anexos de Construcción.</i>	44
Tabla 4 <i>Niveles de madurez BIM</i>	50
Tabla 5 <i>Niveles de Desarrollo BIM.</i>	56
Tabla 6 <i>Descripción General del BIMKIT de CAMACOL</i>	66
Tabla 7 <i>Matriz de Articulación entre BIM y PMBOK</i>	70
Tabla 8 <i>Mapeo de Grupos de Procesos y Áreas de Conocimiento</i>	73
Tabla 9 <i>Ruta del Solicitante para Trámite de Licencia bajo BIM</i>	79
Tabla 10 <i>Ruta de la Curaduría o Autoridad Competente para Trámite de Licencia BIM</i>	81
Tabla 11 <i>Plan de Implementación PIBoK</i>	86
Tabla 12 <i>Relación de Usos BIM y Procesos de la Guía PMBOK, Gestión de Integración</i>	91

Lista de figuras

Figura 1 <i>Esquema Árbol de Problemas</i>	16
Figura 2 <i>Grafica de Productividad Anual vs Índice de Digitalización</i>	25
Figura 3 <i>Evolución de la Tecnología BIM</i>	27
Figura 4 <i>Aplicación de Modelos de Información en Arquitectura e Ingeniería</i>	28
Figura 5 <i>Mandato BIM Global</i>	30
Figura 6 <i>Gestión de Proyectos en Construcción</i>	40
Figura 7 <i>Grupo de Proceso en la Dirección de Proyectos</i>	45
Figura 8 <i>Niveles de madurez BIM</i>	49
Figura 9 <i>Esquema Ciclo de Vida de la información (CDE)</i>	57
Figura 10 <i>Transformación Digital, Gestión del Cambio</i>	64
Figura 11 <i>Metodología de la Investigación</i>	69
Figura 12 <i>Integración e Interoperabilidad de Procesos: Virtual Desing & Construction</i>	76
Figura 13 <i>Estructura del Modelo Piloto, una Aproximación a VDC</i>	77
Figura 14 <i>Entorno Común de Datos (CDE) Modelo Piloto: PIBoK Trámite de Licencias</i>	82
Figura 15 <i>Control y Monitoreo de la Información del Modelo</i>	83
Figura 16 <i>Gestión de los Stakeholders y Asignación de Roles y Perfiles BIM en el CDE</i>	85
Figura 17 <i>Grafica de Relación de Estándares PMI y Metodología BIM</i>	89
Figura 18 <i>Grafica de Procesos BIM para PIBoK Tramite de Licencias</i>	90
Figura 19 <i>Estructura de Modelo PIBoK Relación Solicitante / CDE / Curaduría</i>	92
Figura 20 <i>Ciudad Gemela Singapur</i>	93
Figura 21 <i>Usos PIBoK en las Fases de Planeación y Diseño: Tramites de Licencia</i>	94
Figura 22 <i>Modelación BIM, Modelo piloto, Estructura</i>	95

Figura 23 <i>Control y Monitoreo de Archivos IFC, herramienta BIMVision</i>	96
Figura 24 <i>Generación de Conocimiento: Gestión del Valor ganado.....</i>	97
Figura 25 <i>Dossier de Calidad para Gestión de los Interesados y Documentos.....</i>	98

Introducción

El presente proyecto se centra en la necesidad de optimizar la gestión de licencias de construcción en Colombia, un proceso que ha mostrado deficiencias significativas en términos de eficiencia, transparencia y colaboración entre los diferentes actores involucrados. La falta de un marco estructurado y la fragmentación de la información han llevado a retrasos y complicaciones en la obtención de permisos, lo que afecta tanto a desarrolladores como a autoridades. En este contexto, se plantea la integración de la metodología Building Information Modeling (BIM) con los procesos establecidos por el Project Management Body of Knowledge (PMBOK) como una solución innovadora que busca mejorar la gestión de estos trámites.

Los objetivos del proyecto incluyen el diseño de un plan de implementación de un modelo piloto que articule BIM y PMBOK, así como la elaboración de un marco de referencia que contemple el estado del arte de ambas metodologías. Se busca estructurar los componentes del plan de implementación y validar experimentalmente el modelo propuesto para su posible replicación en otras áreas. La metodología adoptada se basa en un enfoque sistemático que incluye la identificación de los procesos clave, la definición de roles y responsabilidades, y la creación de un cronograma y presupuesto que faciliten la transformación tecnológica y la capacitación del personal involucrado.

Los resultados esperados de este proyecto incluyen la mejora en la eficiencia de los procesos de gestión de licencias de construcción, así como una mayor transparencia y colaboración entre los actores del sector. La discusión se centrará en la validación del modelo piloto, analizando su impacto en la reducción de tiempos y costos asociados a la obtención de licencias, así como en la satisfacción de los usuarios del sistema.

Definición del problema

La gestión de licenciamiento de construcciones en Colombia enfrenta importantes deficiencias relacionadas con la eficiencia operativa, la transparencia y la colaboración entre los actores involucrados. Las curadurías urbanas, encargadas de gestionar estos trámites, operan mayormente con métodos manuales, procesos fragmentados y revisiones documentales físicas, lo que genera retrasos, errores y sobrecostos. La falta de interoperabilidad entre plataformas y la escasa digitalización de la información dificultan la trazabilidad y la coordinación entre desarrolladores, curadurías y autoridades.

Para hacer frente a estos desafíos, la integración de la metodología BIM con los procesos de la Guía PMBOK se presenta como una alternativa eficaz. BIM permite la creación de modelos 3D digitales que concentran la información técnica y documental del proyecto, mientras que PMBOK proporciona un marco estructurado para la dirección de proyectos, abordando aspectos clave como alcance, tiempo, costo, calidad, recursos y riesgos. Sin embargo, la aplicación de esta integración en las curadurías urbanas de Colombia es limitada, principalmente debido a la resistencia al cambio organizacional, la falta de capacitación técnica y la escasa interoperabilidad tecnológica.

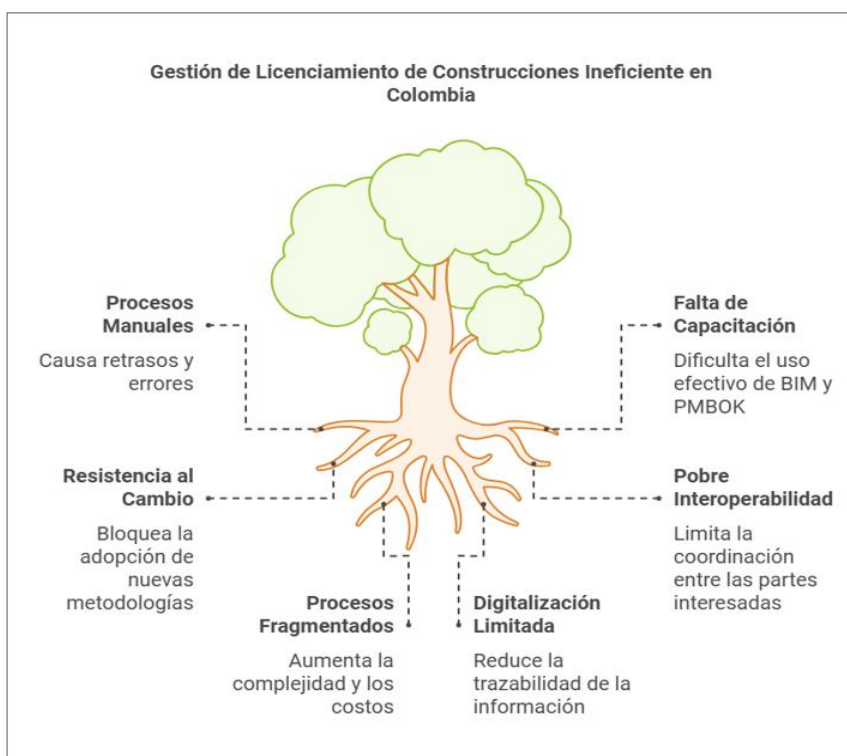
Este proyecto propone el diseño de un modelo piloto de implementación, con el fin de demostrar la viabilidad de la integración de BIM con los procesos de PMBOK en el licenciamiento de construcciones. El modelo busca reducir los tiempos de revisión, automatizar la gestión documental y facilitar la colaboración entre los actores, mediante la creación de un Entorno Común de Datos (CDE) que centralice toda la información del proyecto y permita la trazabilidad de las acciones. Para validar su eficacia, se aplicará un proceso de experimentación

controlada que permita evaluar la optimización de los tiempos, la precisión de la información y la colaboración efectiva entre los participantes.

En la Figura 1, se muestra un esquema similar a un árbol de problemas.

Figura 1

Esquema Árbol de Problemas



Nota. Problemas de la investigación.

Hipótesis

La implementación de un modelo piloto basado en la metodología BIM integrada con prácticas PMI bajo el enfoque VDC mejora significativamente la eficiencia, trazabilidad y transparencia en el proceso de licenciamiento urbanístico en curadurías urbanas de Colombia, alineándose con los lineamientos de la Guía BIM Kit de CAMACOL y los estándares internacionales ISO 19650.

Pregunta de Investigación

¿Cómo se diseña un plan de implementación de la metodología BIM articulado con la Guía del PMBOK en la gestión de licencias de construcción?

Antecedentes

A continuación, se describen aspectos relevantes de estudios o tesis de grado relacionados con las temáticas del desarrollo de este proyecto:

Fuentes (Casas, Castillo, & Pinedo, 2021), propone como objetivo principal de su proyecto desarrollar un modelo que integre la metodología Building Information Modeling (BIM) con los procesos de gestión de interesados, comunicaciones y recursos, según la Guía del PMBOK® sexta edición, para la elaboración de expedientes técnicos en proyectos de inversión pública en edificaciones. Se busca mejorar la eficiencia y efectividad en la gestión de estos proyectos, especialmente para las pequeñas y medianas empresas (PyMEs), al abordar las causas que generan la paralización de obras públicas y optimizar los tiempos de elaboración de los expedientes técnicos.

La metodología utilizada incluye un análisis exhaustivo de la situación actual de la industria de la construcción, la revisión de la normativa vigente y la recopilación de información de entidades como el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) y la Contraloría General de la República. Los resultados indican que la aplicación de BIM en la gestión de proyectos puede reducir significativamente los costos por retrabajo y mejorar la colaboración entre las partes interesadas. Las conclusiones destacan que, aunque la adopción de BIM es incipiente en las PyMEs, su integración con las buenas prácticas de gestión puede facilitar el cumplimiento de la normativa BIM propuesta por el Estado peruano y contribuir a la mejora de la calidad en la ejecución de proyectos de inversión pública.

(Osorio M. & Guevara G, 2023), plantean como objetivo principal de su trabajo desarrollar una guía metodológica para la gestión de proyectos de construcción de viviendas, integrando las prácticas del PMBOK y la metodología BIM. Esta guía busca estandarizar y

optimizar los procesos de iniciación, planeación, ejecución, monitoreo y control, y cierre de proyectos, con el fin de mejorar la eficiencia y efectividad en la empresa R&R SOLUTIONS S.A.S. La investigación se fundamenta en un análisis de las variables que afectan la planeación de proyectos de construcción, así como en la revisión de la documentación organizacional existente y la identificación de las mejores prácticas en la gestión de proyectos.

La metodología utilizada incluye la revisión de literatura sobre PMBOK y BIM, entrevistas con profesionales de la empresa, y el análisis de datos históricos de proyectos ejecutados. Los resultados indican que, aunque la empresa cuenta con documentación organizacional, esta no es suficiente para una gestión eficaz de proyectos. Las conclusiones destacan la necesidad de adoptar nuevas prácticas y la viabilidad de implementar la guía metodológica propuesta, que no solo se adapta a las necesidades de empresas pequeñas, sino que también demuestra que la aplicación de buenas prácticas puede generar valor en proyectos de menor escala. La adopción de esta metodología se considera esencial para alcanzar los objetivos estratégicos de la empresa y mejorar su desempeño en el sector de la construcción.

Finalmente, (Ocasión & Peña, 2023), en su trabajo "Centro de Atención Prioritaria en Salud – CAPS Diana Turbay" tiene como objetivo general analizar cómo la implementación de la metodología BIM (Building Information Modeling) y la adopción de enfoques basados en el PMBOK (Project Management Body of Knowledge) podrían haber impactado en la prevención de errores en diseño, recursos y tiempo durante la ejecución del proyecto. Los objetivos específicos incluyen representar gráficamente el proyecto utilizando la herramienta Revit, evaluar la mejora en la planificación y coordinación que podría haber proporcionado la metodología BIM, y proponer recomendaciones para la gestión de proyectos similares en el contexto de infraestructuras hospitalarias.

La metodología utilizada se centra en un análisis exhaustivo del caso de estudio del CAPS Diana Turbay, identificando las causas de los retrasos y sobrecostos experimentados. Se recopila información de fuentes legítimas y se realiza un diagnóstico inicial que permite identificar errores en las fases de planificación, ejecución y coordinación del proyecto. Los resultados indican que la falta de profesionalismo y la inadecuada gestión contribuyeron a un aumento significativo en los costos y tiempos de ejecución. Las conclusiones sugieren que la implementación de BIM y las prácticas del PMBOK podrían haber mitigado estos problemas, optimizando la gestión de recursos y mejorando la efectividad en la ejecución de proyectos de infraestructura pública en Colombia.

Justificación

El proceso de licenciamiento de construcción en Colombia, especialmente en las curadurías urbanas, presenta deficiencias en eficiencia, transparencia y trazabilidad. Los métodos manuales y la fragmentación de la información generan retrasos, sobrecostos y duplicidad de esfuerzos, afectando el desarrollo de proyectos y la percepción de la eficacia institucional.

Para abordar esta problemática, se propone la integración de la metodología BIM con los procesos de la Guía PMBOK. BIM centraliza la información técnica (arquitectura, estructura y normativa) en un modelo digital 3D, mientras que PMBOK proporciona la estructura metodológica para la dirección de proyectos, abarcando la gestión de alcance, tiempo, costo, calidad, recursos, riesgos e interesados. Esta articulación permite trazabilidad, control y colaboración a lo largo del ciclo de vida de los trámites.

El proyecto se basa en los lineamientos del BIM Kit (CAMACOL, 2019) y (Ministerio de Vivienda C. y., Resolución 0463, 2017), (Ministerio de Vivienda C. y., Resolución 0441, 2020), proponiendo la creación de un Entorno Común de Datos (CDE) para la centralización de la información. Con ello, se busca reducir los tiempos de revisión, optimizar la gestión de la información y fomentar la transparencia en la interacción entre curadurías, desarrolladores y entidades de control.

Este modelo piloto es replicable a nivel nacional y contribuye a la transformación digital de las curadurías urbanas, facilitando la automatización de los procesos, la reducción de tiempos y la mejora en la transparencia y la colaboración entre actores clave.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un plan de implementación de un modelo piloto acorde con Building Information Modeling (BIM) articulado con los procesos de PMBOK.

Objetivos Específicos

Elaborar un marco de referencia y estado del arte sobre la metodología BIM y su articulación con PMBOK.

Estructurar los componentes del plan de implementación de BIM articulados con PMBOK.

Diseñar un modelo piloto acorde con BIM y PMBOK aplicado a gestión de licencias de construcción.

Alcance

El proyecto abarca el definir los elementos del plan de implementación de un modelo piloto para la gestión de licencias de construcción mediante la articulación de BIM y PMBOK en Autodesk sobre repositorio CDE de Trimble Connect. Incluye la definición de un marco de referencia, la identificación de componentes clave del plan de implementación y la validación experimental del modelo piloto para su posible replicación.

Limitaciones

El proyecto se limita a la gestión de trámites de licencias de construcción, excluyendo otros procesos administrativos de la construcción. La validación del modelo se realiza en un entorno controlado, por lo que su aplicación real podría requerir ajustes. Además, la adopción tecnológica y la resistencia al cambio pueden influir en su escalabilidad.

Marco de referencia

Ámbito global de BIM

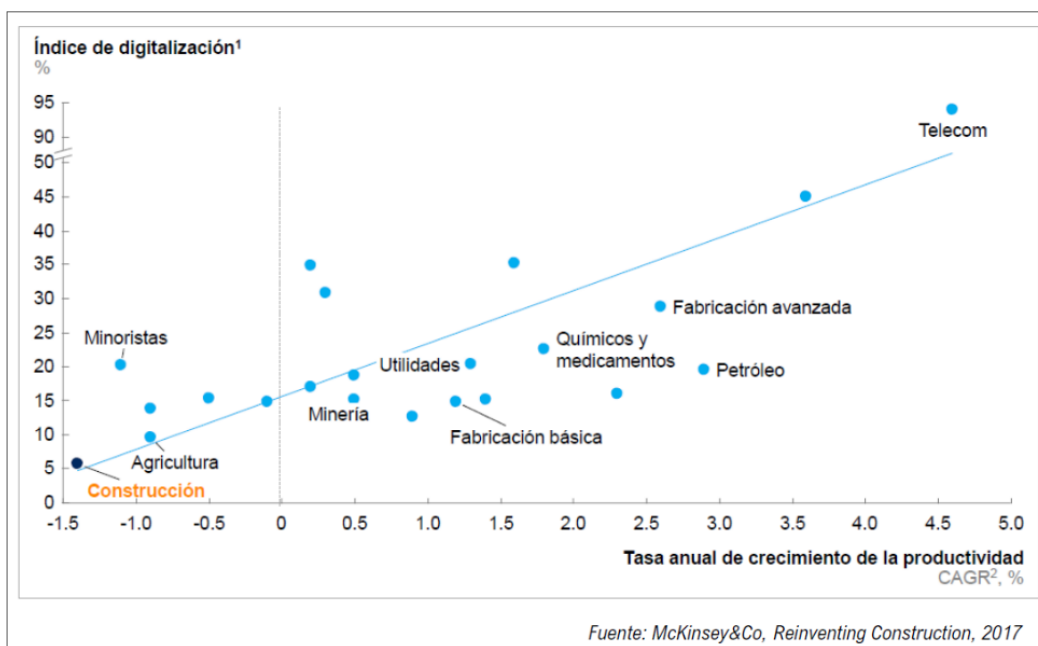
A continuación, se describe diferentes ámbitos y enfoques sobre BIM a nivel global.

La Cuarta Revolución Industrial (4IR)

Klaus Schwab define la Cuarta Revolución Industrial como una era caracterizada por la convergencia de tecnologías digitales, físicas y biológicas, que transforman profundamente la sociedad y la economía. Esta revolución se distingue por la velocidad, amplitud y profundidad de los cambios, que no tienen precedentes en la historia humana. Tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, la robótica, el Internet de las cosas, la impresión 3D y la biotecnología están fusionando los mundos físico, digital y biológico, alterando industrias y desafiando conceptos sobre lo que significa ser humano. (Schwab, 2017).

Figura 2

Grafica de Productividad Anual vs Índice de Digitalización



Nota. Índice de la digitalización de la construcción. Tomado de. Universidad Javeriana.

Diplomado de implementación BIM. (2023).

A diferencia de sectores como telecomunicaciones y fabricación avanzada, que han alcanzado altos niveles de digitalización y productividad, el sector de la construcción presenta uno de los índices de digitalización más bajos y un crecimiento de productividad cercano a cero. Esta situación evidencia la necesidad de adoptar tecnologías digitales que permitan mejorar la eficiencia operativa, la reducción de costos y la sostenibilidad ambiental, áreas de oportunidad cruciales para la industria, Ver Figura 2.

Industria 4.0

La Industria 4.0 se basa en la interconexión de sistemas digitales, físicos y biológicos mediante tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial (IA), el Internet de las Cosas (IoT), la robótica y el análisis de big data. Este enfoque permite la automatización y optimización de procesos en tiempo real, lo que se traduce en una producción más eficiente, flexible y colaborativa.

Gestión de la construcción 4.0

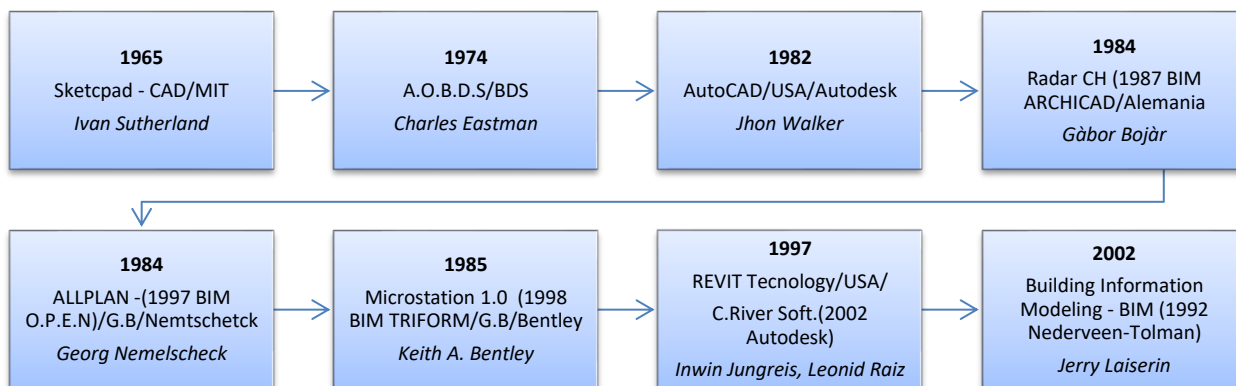
El concepto de Gestión de la Construcción 4.0 surge de la aplicación de los principios de Industria 4.0 al sector de la construcción. Este enfoque aboga por la utilización de tecnologías avanzadas como la realidad aumentada, la impresión 3D, drones, robótica y el Building Information Modeling (BIM), para mejorar la productividad y la gestión de proyectos constructivos. La Gestión de la Construcción 4.0 permite una mayor integración de todas las fases del proyecto, desde el diseño y la planificación hasta la operación y el mantenimiento, utilizando sistemas interconectados que optimizan los tiempos, costos y la calidad del producto final (Oesterreich & Teuteberg, 2016).

Historia y desarrollo de la metodología BIM

Building Information Modeling (BIM) ha transformado el sector de la construcción al pasar de una simple adopción masiva (difusión cuantitativa) a un uso más estratégico y optimizado (difusión cualitativa). Su origen se asocia con hitos tecnológicos como Sketchpad-CAD creado por Ivan Sutherland en 1962, que sentó las bases para la modelación digital, evolucionando como se poder ver en la Figura 3.

Figura 3

Evolución de la Tecnología BIM



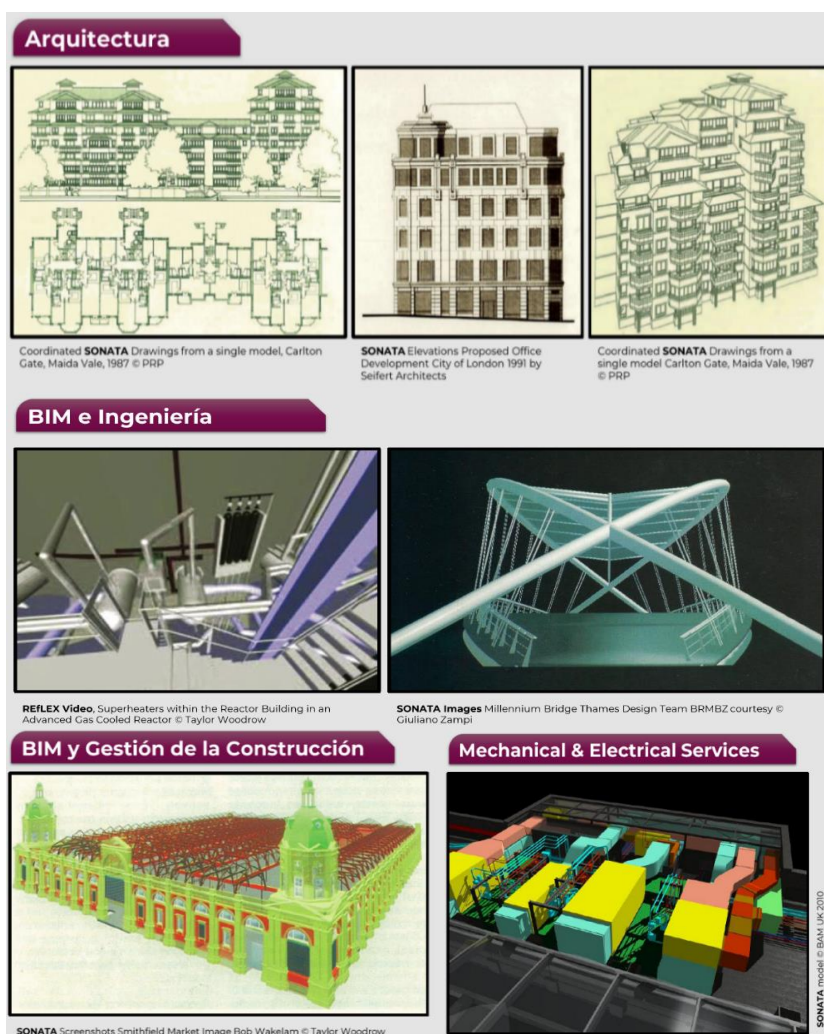
Nota. Evolución de las herramientas hasta BIM. Tomada de. TEDI LATAM. Diplomado Fundamentos BIM. (2024).

La evolución de BIM ha permitido su aplicación en diversas disciplinas de la construcción, a través de gestión del tiempo, simulación de iluminación, diseño de túneles, alineación de carreteras y acceso multiusuario a bases de datos. Esta metodología integra la información de diseño en un modelo 3D interactivo, mejorando la precisión, la colaboración y la trazabilidad en los proyectos de construcción.

Casos de estudio. La Figura 4 ilustra la aplicación de Building Information Modeling (BIM) en distintas disciplinas del sector de la construcción, destacando su capacidad para integrar y optimizar procesos. En arquitectura, facilita la coordinación y visualización de modelos detallados; en iluminación y sombra, permite simular condiciones lumínicas en espacios interiores y exteriores. Asimismo, en el ámbito de la ingeniería.

Figura 4

Aplicación de Modelos de Información en Arquitectura e Ingeniería



Nota. Evolución de las herramientas hasta BIM. Tomada de. TEDI LATAM. Diplomado Fundamentos BIM. (2024).

Gobierno 4.0 (E-Government y AI Government)

Gobierno 4.0 es un modelo de gestión pública digital e inteligente que integra el E-Gobierno (gobierno electrónico) para la digitalización de servicios públicos y el AI Government (gobierno con inteligencia artificial) para la automatización, análisis predictivo y toma de decisiones basadas en datos. Este enfoque promueve la eficiencia, transparencia e interoperabilidad en la relación entre el Estado, ciudadanos y empresas.

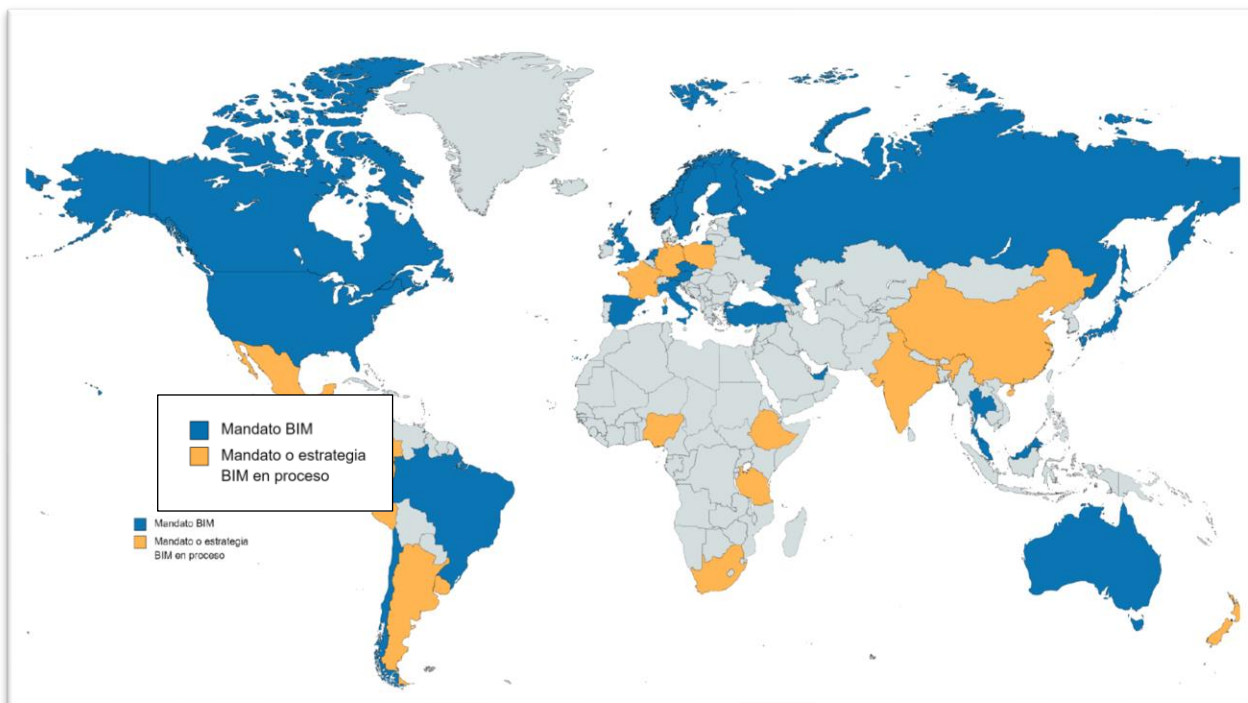
En Colombia, la implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el sector de la construcción ha sido impulsada por diversas estrategias y normativas gubernamentales. Un hito significativo es la Estrategia Nacional BIM 2020-2026, desarrollada por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, el Ministerio de Transporte y la Financiera de Desarrollo Nacional (FDN). Esta estrategia busca modernizar el sector de la construcción e infraestructura mediante procesos colaborativos que utilizan información estandarizada en entornos digitales, con el objetivo de mejorar la eficiencia y reducir costos en los proyectos públicos

Procesos y Funcionamientos del BIM en el Sector Público en Colombia.

El Building Information Modeling (BIM) en el sector público se basa en la digitalización de los procesos de diseño, construcción y gestión de proyectos mediante la creación de modelos 3D integrados con información técnica y normativa. Su funcionamiento implica la centralización de la información en un Entorno Común de Datos (CDE), permitiendo la interoperabilidad y la colaboración en tiempo real entre las entidades públicas, contratistas y otros actores; en la Figura 5 los países de color azul describen los que ya tienen implementado BIM y color amarillo en proceso, Colombia está alineado su implementación con el Plan BIM Nacional 2020-2026. (Planeación & DNP, 2021), en la Figura 5 se observa los países con mandato BIM.

Figura 5

Mandato BIM Global



Nota. Países en proceso BIM. Tomado de. Universidad Javeriana Diplomado de implementación BIM. 2023.

BIM en Finlandia

Finlandia es pionera en la adopción de BIM, impulsada por la agencia gubernamental Senator Propretores, que desde 2007 exige su uso en proyectos públicos, incluido el emblemático Proyecto RATAS. Esta iniciativa busca estandarizar la implementación de BIM en la construcción pública, promoviendo la interoperabilidad a través del formato IFC (Industry Foundation Classes), que permite la integración de diferentes plataformas de software. El enfoque finlandés se orienta hacia la eficiencia operativa, la sostenibilidad y la reducción de

costos, posicionando al país como referente en la transformación digital del sector de la construcción en Europa.

BIM en Estados Unidos

En Estados Unidos, la adopción de BIM es liderada por entidades como la General Services Administration (GSA), que desde 2003 exige su uso en proyectos federales. La industria de la construcción en el país ha adoptado BIM de forma voluntaria pero estratégica, especialmente en proyectos de gran escala y obras de infraestructura pública. Se prioriza la gestión del ciclo de vida del proyecto mediante la centralización de la información, la interoperabilidad y la reducción de riesgos y errores de construcción.

BIM en Inglaterra

Inglaterra es uno de los países con mayor avance en la implementación de BIM, gracias al mandato gubernamental de 2016 que exige su uso en proyectos públicos. Este mandato promueve la adopción de BIM Nivel 2, enfocado en la colaboración digital y la interoperabilidad mediante formatos IFC. La política busca reducir costos, optimizar la eficiencia y aumentar la transparencia en los proyectos financiados por el Estado. La implementación se ha convertido a Inglaterra en referente global en la aplicación de BIM.

BIM en España

En España, la adopción de BIM ha sido impulsada por la Comisión BIM España y la implementación del Plan de Incorporación de BIM en Contratos Públicos. Desde 2023, se exige el uso de BIM en licitaciones de obras públicas con el objetivo de digitalizar la industria de la construcción. La estrategia española se enfoca en la interoperabilidad, la trazabilidad y la sostenibilidad, facilitando la gestión del ciclo de vida del proyecto y garantizando una mayor transparencia y control en las obras públicas. (España, 2023).

BIM en LATAM

En América Latina, la adopción de Building Information Modeling (BIM) ha crecido significativamente en los últimos años, especialmente en países como Chile, Perú, Colombia y Brasil. El impulso proviene de proyectos públicos y privados, junto con políticas gubernamentales que buscan mejorar la eficiencia, sostenibilidad y competitividad en el sector de la construcción. Aunque el nivel de madurez varía, los países líderes han desarrollado normativas, planes nacionales y guías específicas.

Los objetivos principales son:

1. Digitalización del sector para reducir costos, tiempos y errores.
2. Adopción de estándares internacionales, como la ISO 19650, Protocolo IFC, PennState.
3. Implementar mandatos BIM en proyectos públicos para fomentar la adopción.

Chile lidera con un enfoque claro hacia la interoperabilidad y alineación internacional; Perú y Colombia están adoptando estrategias escalonadas con enfoque en proyectos de impacto social, Brasil apuesta por BIM en grandes infraestructuras, buscando liderar el desarrollo digital en la región

Estos avances consolidan a LATAM como un actor emergente en la transformación digital de la construcción, adaptando el BIM a sus necesidades locales.

La Red BIM de Gobiernos Latinoamericanos (LATAM, 2018) es una organización que agrupa a representantes del sector público de países de América Latina y el Caribe, incluyendo Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, México, Perú y Uruguay. Su objetivo es aumentar la productividad de la industria de la construcción mediante la transformación digital,

acelerando la implementación de BIM a través de la colaboración y el intercambio de conocimientos entre los países miembros.

A continuación, se presenta un cuadro actualizado que detalla las iniciativas BIM en algunos de estos países, ver Tabla 1:

Tabla 1*Implementación BIM en LATAM*

País	Decreto/Normativa	Directrices/Guías	Plan Nacional BIM	Año Meta	Puntos Relevantes
Argentina	-	-	-	-	Argentina forma parte de la Red BIM Gob LATAM, colaborando en la promoción y adopción de BIM en la región.
Brasil	Decreto N° 10.306 (2020): Establece la adopción gradual de BIM en proyectos públicos.	Estrategia BIM BR: Documento que guía la implementación de BIM en el país.	Estrategia BIM BR (2018): Plan para la adopción de BIM en la construcción.	2028	Brasil es miembro activo de la Red BIM Gob LATAM, participando en iniciativas regionales para la adopción de BIM.
Chile	Mandato BIM en proyectos públicos a partir de 2020.	Plan BIM Chile: Guía para la implementación de BIM en proyectos públicos.	Plan BIM Chile (2019): Estrategia para la adopción de BIM en el sector público.	2025	Chile es uno de los países fundadores de la Red BIM Gob LATAM, liderando esfuerzos en la región para la adopción de BIM.
Colombia	Decreto 1510 (2013): Promueve el uso de tecnologías como BIM en la contratación pública. Resolución 0441-2020	BIMKIT: Directrices para la Implementación de BIM en proyectos nacionales.	Estrategia Nacional BIM (2020): Plan para la adopción de BIM en el sector público.	2026	Colombia es miembro de la Red BIM Gob LATAM, participando en la promoción de BIM en la región.
Costa Rica	-	-	-	-	Costa Rica es miembro de la Red BIM Gob LATAM, colaborando en

País	Decreto/Normativa	Directrices/Guías	Plan Nacional BIM	Año Meta	Puntos Relevantes
México	-	-	-	-	iniciativas para la adopción de BIM en la región. México forma parte de la Red BIM Gob LATAM, contribuyendo al desarrollo y promoción de BIM en América Latina.
Perú	Resolución Ministerial N° 274-2019-VIVIENDA: Aprueba la implementación de BIM en proyectos públicos.	Guía BIM Perú: Documento que establece los lineamientos para la adopción de BIM.	Plan BIM Perú (2020): Estrategia nacional para la implementación de BIM.	2030	Perú es miembro activo de la Red BIM Gob LATAM, participando en esfuerzos regionales para la adopción de BIM. Uruguay es parte de la Red BIM Gob LATAM, colaborando en la promoción y adopción de BIM en la región.
Uruguay		-	-	-	

Nota. Iniciativas de los países de la red LATAM para la implementación BIM.

La Tabla 1 refleja el compromiso de los países miembros de la Red BIM Gob LATAM en la adopción de BIM, destacando sus esfuerzos por mejorar la productividad y eficiencia en la industria de la construcción a través de la transformación digital.

Marco Conceptual

El marco conceptual define los conceptos clave que sustentan la investigación sobre la implementación de BIM en la tramitación de licencias de construcción. Este marco establece una estructura lógica para entender los términos operativos esenciales que intervienen en el proceso.

Modelado de información de construcción (BIM)

El BIM es una metodología de trabajo colaborativa basada en la creación de un modelo digital 3D que integra información geométrica, documental y alfanumérica. Este modelo se actualiza a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, facilitando la coordinación entre las partes interesadas y garantizando la interoperabilidad. Su aplicación en la tramitación de licencias de construcción permite una mejor gestión de la información, la trazabilidad y la reducción de tiempos y costos.

Entorno Común de Datos (CDE - Common Data Environment)

El CDE es un sistema de gestión de la información que centraliza y organiza la información compartida del proyecto. Esta herramienta digital permite controlar el acceso, el almacenamiento y la trazabilidad de la información, facilitando la colaboración entre los actores. En la tramitación de licencias, el CDE garantiza la disponibilidad de la información actualizada y reduce la duplicidad de archivos y errores.

Plan de Ejecución BIM (BEP)

El BEP es un documento estratégico que establece las reglas de colaboración y los procedimientos operativos para la implementación de BIM. Definir los roles, responsabilidades, entregables y requisitos de información. Para la tramitación de licencias, el BEP asegura que todas las partes involucradas trabajen bajo un marco común, garantizando la estandarización y la coordinación.

Pasos del plan de implementación del BIM

A continuación, se muestra en la Tabla 2, los pasos para la implementación del BIM, alineados a la guía PMBOK, inicio/diagnostico, planeación, ejecución, medición y seguimiento y por último retroalimentación.

Tabla 2*Pasos para la Implementación BIM*

Procesos	BIMKIT/Pasos
01 - Inicio/Diagnóstico	<p>A. Definir un responsable del proceso y un patrocinador estratégico.</p> <p>B. Diagnosticar: Core del negocio, objetivos estratégicos, procesos internos, capacidades del equipo y tecnología.</p> <p>C. Consultar documentos técnicos (políticas, estándares y procesos).</p>
02 - Planeación	<p>A. Alinear la metodología con la misión de la compañía.</p> <p>B. Establecer objetivos a corto, mediano y largo plazo.</p> <p>C. Definir roles BIM.</p> <p>D. Crear un plan de implementación con cronograma, presupuesto, transformación tecnológica, capacitaciones y difusión.</p>
03 - Ejecución	<p>A. Desarrollar el estándar BIM de la organización.</p> <p>B. Reingeniería de procesos (priorización, observación, propuesta y gestión de conocimiento).</p> <p>C. Desarrollar capacitaciones (metodología, políticas y tecnología).</p> <p>D. Transformación tecnológica (software, hardware y comunicación).</p> <p>E. Desarrollar el proyecto piloto.</p>
04 - Medición y seguimiento	<p>A. Realizar medición de indicadores BIM.</p> <p>B. Incentivar la participación de los equipos.</p> <p>C. Identificar oportunidades de mejora.</p>
05 - Retroalimentación	<p>A. Realizar la matriz de madurez BIM.</p> <p>B. Identificar oportunidades de mejora y ajustar políticas y procesos.</p> <p>C. Validar el alcance y entregables.</p>

Nota. Ruta para la implementación BIM.

Niveles de Madurez BIM

Los niveles de madurez BIM miden la capacidad de una organización para adoptar BIM.

Los principales niveles son:

- Nivel 0: Uso de CAD 2D en colaboración.
- Nivel 1: Modelos CAD 3D con intercambio de archivos de forma manual.
- Nivel 2: Colaboración total con modelos 3D e interoperabilidad mediante

formatos IFC.

- Nivel 3: Modelo federado y colaboración en tiempo real con acceso a un CDE.

En la tramitación de licencias, el objetivo es alcanzar al menos el Nivel 2, para facilitar la interoperabilidad y la colaboración efectiva.

Nivel de Información Necesaria (LOIN - Level of Information Need): ISO 7817

El LOIN establece la cantidad, granularidad y precisión de la información que se necesita en cada fase del proyecto. Se basa en tres elementos:

- Información geométrica: Detalle de la representación gráfica del modelo.
- Información alfanumérica: Datos técnicos y administrativos.
- Documentos de respaldo: Manuales, fichas técnicas y otra documentación.

En la tramitación de licencias, el LOIN asegura que la información generada sea suficiente para la validación del proyecto sin generar sobrecarga de datos.

Marco Internacional: BIM (Building Information Modeling): ISO 19650

La ISO 19650 es la norma internacional que regula la gestión de la información en proyectos BIM. Esta norma establece los principios de colaboración e interoperabilidad entre los actores del proyecto, definiendo cómo se gestiona la información en la fase de diseño, construcción y operación. La ISO 19650 es esencial para garantizar que los procesos de

tramitación de licencias se realicen de forma estándar y alineada con las mejores prácticas globales.

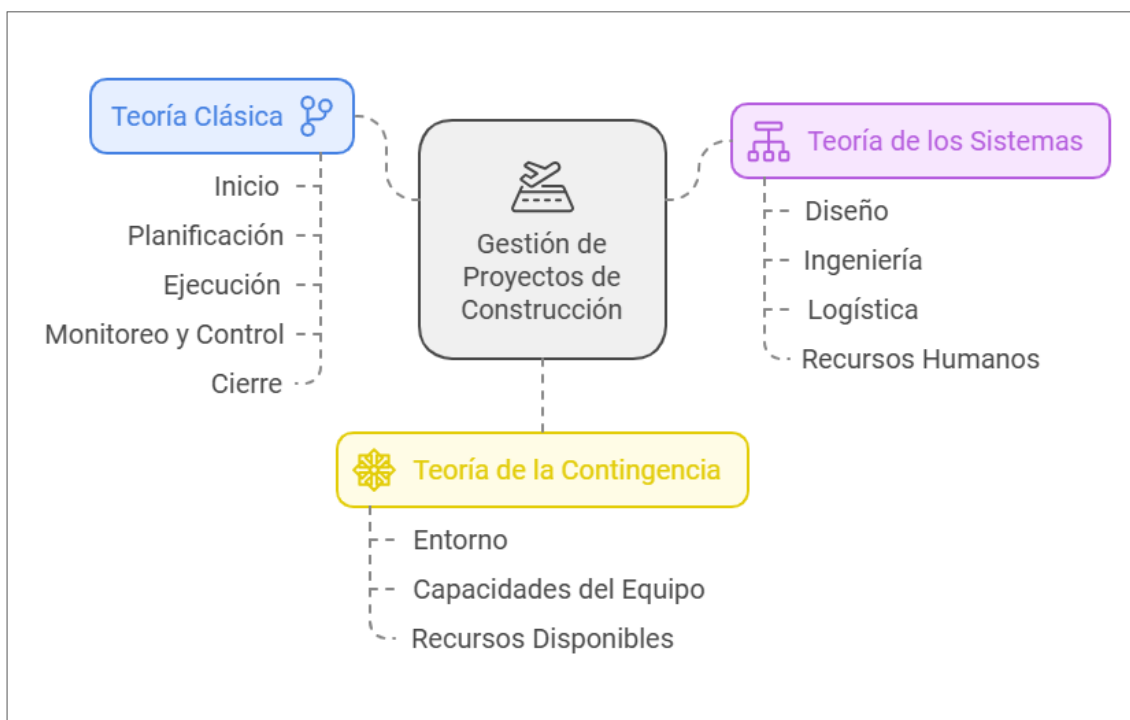
Marco Teórico

Teorías de la Gestión de Proyectos de Construcción

La gestión de proyectos de construcción se ha desarrollado como una disciplina esencial para enfrentar los desafíos técnicos, económicos y sociales asociados con el desarrollo de infraestructuras modernas. En este contexto, las teorías de gestión desempeñan un papel crucial, proporcionando marcos conceptuales y prácticos para optimizar recursos, cumplir con los plazos y garantizar la calidad en los resultados. Este ensayo analiza críticamente algunas de las teorías más relevantes en la gestión de proyectos de construcción, destacando su aplicabilidad y limitaciones en un sector en constante transformación, ver Figura 6.

Figura 6

Gestión de Proyectos en Construcción



Nota. Diagrama de teorías de gestión para la construcción.

La Teoría Clásica: Un Enfoque Estructurado

La teoría clásica de la gestión de proyectos es la base sobre la cual se han construido muchas prácticas contemporáneas. Este enfoque organiza el trabajo en cinco fases fundamentales: inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre. Su estructura clara y lógica ha permitido estandarizar procesos y establecer un lenguaje común en la industria. Sin embargo, esta misma rigidez se convierte en su principal limitación cuando los proyectos enfrentan cambios inesperados. En proyectos de construcción con altos niveles de incertidumbre, como aquellos afectados por condiciones climáticas o factores socioeconómicos, la teoría clásica puede carecer de la flexibilidad necesaria para adaptarse a nuevos escenarios.

La Teoría de los Sistemas: Un Enfoque Integral

La teoría de los sistemas considera los proyectos como un conjunto interdependiente de subsistemas que trabajan en armonía para alcanzar los objetivos generales. Este enfoque es particularmente valioso en proyectos de gran escala, donde las interacciones entre diseño, ingeniería, logística y recursos humanos son complejas. Por ejemplo, un retraso en la entrega de materiales puede repercutir en los costos y el cronograma, afectando múltiples aspectos del proyecto. Aunque este enfoque proporciona una visión holística, también exige herramientas avanzadas y habilidades analíticas sofisticadas, lo que puede ser una barrera para su implementación en equipos menos experimentados.

La Teoría de la Contingencia: Adaptabilidad en Escenarios Dinámicos

La teoría de la contingencia sostiene que no existe una única manera "correcta" de gestionar proyectos; en cambio, las estrategias deben adaptarse al entorno y las condiciones específicas. En proyectos de construcción, esta flexibilidad es invaluable, ya que permite ajustar los enfoques según las características del entorno, las capacidades del equipo y los recursos

disponibles. Sin embargo, esta adaptabilidad puede interpretarse como una falta de consistencia, especialmente cuando no se definen criterios claros para la toma de decisiones, lo que puede generar confusión en los equipos de trabajo.

Lean Construction: Eficiencia y Reducción del Desperdicio

El enfoque Lean proviene del sector manufacturero y se ha adaptado al ámbito de la construcción con el objetivo de maximizar el valor y minimizar el desperdicio en cada etapa del proyecto. Su aplicación se basa en la optimización de recursos, la reducción de actividades sin valor agregado y la mejora continua en los procesos constructivos.

Una de las herramientas clave de Lean es el Last Planner System (LPS), que se enfoca en la planificación colaborativa y la gestión de compromisos entre los actores del proyecto. LPS permite una mejor coordinación entre contratistas, subcontratistas y proveedores, reduciendo retrasos, minimizando costos y aumentando la predictibilidad en los plazos de entrega. Este sistema mejora la gestión del flujo de trabajo y promueve la toma de decisiones basada en datos reales y actualizados.

Gestión Ágil: Innovación y Respuesta Rápida

La gestión ágil, originada en el desarrollo de software, ha comenzado a ganar terreno en la construcción, especialmente en proyectos colaborativos que requieren innovación constante. Este enfoque utiliza ciclos iterativos para entregar resultados incrementales, lo que permite una retroalimentación continua y una mayor capacidad de respuesta ante cambios. A pesar de sus beneficios, la gestión ágil enfrenta desafíos en su aplicación a proyectos de construcción, donde la naturaleza física y lineal del trabajo puede limitar su efectividad.

PMI: Project Management Instituto

El PMI es una organización líder en la gestión de proyectos que establece estándares internacionales, como el PMBOK (Project Management Body of Knowledge). Este marco define 10 áreas del conocimiento clave, como integración, alcance, tiempo, costo, calidad, recursos humanos, comunicaciones, riesgos, adquisiciones e interesados, que se articulan a lo largo de las 5 fases de los procesos de gestión de proyectos: inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre. (PMI, 2017).

El PMBOK incluye 49 procesos distribuidos en estas áreas, garantizando la correcta planificación y ejecución de proyectos. Además, en el contexto de la construcción, el PMI incorpora anexos específicos, La *Extensión de Construcción* introduce dos áreas adicionales específicas para proyectos de construcción:

- Gestión de Salud, Seguridad, Seg. Física y Medioambiente (HSSE) (*Sección 14*).
- Gestión Financiera de Proyectos (*Sección 15*).

Tabla 3*Áreas del Conocimiento y Proceso PMBOK y Anexos de Construcción*

	Áreas del Conocimiento	Procesos (Fases)				
		Inicio	Planificar	Ejecución	Monitoreo y Control	Cierre
1	Integración					
2	Alcance					
3	Tiempo					
4	Costo					
5	Calidad			49 procesos		
6	RR. HH					
7	Comunicaciones					
8	Riesgo					
9	Adquisiciones					
10	Interesados					PMBOK
11	G. Salud					
12	G. Seguridad					
13	G. Medio ambiente (HSSE)					
14	G. Financiera					Extensión de Construcción

Nota. Áreas del conocimiento para el desarrollo de la investigación.

La Extensión de Construcción es un complemento de la Guía PMBOK® diseñada para abordar las particularidades de los proyectos de construcción, proporcionando lineamientos específicos adaptados a las necesidades de esta industria. Se enfoca en describir el ciclo de vida de los proyectos constructivos, así como en las actividades y prácticas esenciales para garantizar la eficiencia y el éxito de estos procesos. La extensión incluye las diez áreas de conocimiento tradicionales del PMBOK, con modificaciones orientadas a las demandas del sector, y añade dos nuevas áreas: la Gestión de Salud, Seguridad, Seguridad Física y Medioambiente (HSSE) y la Gestión Financiera de Proyectos. Estas incorporaciones responden a los desafíos únicos del

entorno constructivo, como la seguridad laboral, la gestión de recursos financieros y la sostenibilidad. De igual manera, se destacan herramientas y procesos clave, como la gestión de reclamaciones, que son fundamentales en proyectos de construcción debido a su complejidad y riesgos inherentes. La Extensión de Construcción permite alinear las prácticas de gestión con las particularidades del sector, promoviendo la eficiencia, la transparencia y el cumplimiento de objetivos en proyectos de infraestructura, ver Tabla 3.

Figura 7

Grupo de Proceso en la Dirección de Proyectos

INICIO	PLANEACIÓN	EJECUCIÓN	CONTROL Y MONITOREO	CIERRE
<ul style="list-style-type: none"> •Se define el nuevo proyecto •se autoriza el inicio del proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> •Se establece el alcance del proyectos •Se define objetivos y acciones para cumplir con los objetivos 	<ul style="list-style-type: none"> •se determinan los procesos a realizar para desarrollar el trabajo •Se define el plan para la dirección del proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> •Se hace seguimiento, analiza y regula el proceso y desempeño del proyecto •Se gestiona y controlan los cambios 	<ul style="list-style-type: none"> •Procesa que permite cerrar formalmente el proyecto.

Nota. Esquema de definiciones de los procesos de acuerdo la guía PMBOK.

El ciclo de vida de un proyecto, ver Figura 7 se compone de cinco fases: inicio, donde se define y autoriza el proyecto; planeación, para establecer objetivos y acciones; ejecución, que determina procesos y planos de dirección; control y monitoreo, con seguimiento y ajustes; y cierre, que formaliza la conclusión del proyecto, (Victoria M., 2021).

La 7ª Edición del PMBOK introduce un enfoque más flexible y adaptable, orientado a la gestión de proyectos basada en principios, en lugar de centrarse únicamente en procesos específicos. Esta edición se organiza en 12 principios fundamentales, como el liderazgo, la colaboración, la calidad y la sostenibilidad, y en 8 dominios de desempeño, que incluyen las

áreas clave para el éxito de un proyecto, como los interesados, el equipo, la planificación. y la entrega de valor.

El enfoque enfatiza la importancia de la adaptación a diferentes entornos y metodologías, como enfoques ágiles, híbridos o tradicionales, permitiendo que los equipos seleccionen las prácticas más adecuadas para cumplir los objetivos del proyecto. La edición refleja las necesidades del mundo actual, incorporando herramientas digitales y prácticas para gestionar la innovación y la sostenibilidad en los proyectos.

La gestión de integración de proyectos. La gestión de la integración de proyectos en la construcción implica la alineación de todos los componentes del proyecto, desde la planificación hasta la ejecución, para garantizar una colaboración fluida y el éxito del proyecto. Este proceso abarca la gestión de las interdependencias entre las distintas disciplinas, partes interesadas y organizaciones involucradas. Aborda las complejidades específicas de la construcción, como el cumplimiento normativo, los factores culturales y los desafíos ambientales. La integración comienza en las primeras fases del ciclo de vida del proyecto con la planificación inicial y continúa durante la ejecución y el cierre, haciendo hincapié en la participación de las partes interesadas, la comunicación eficaz y las estrategias adaptativas para la gestión del cambio. El objetivo final es equilibrar el alcance, el coste y el tiempo, respetando al mismo tiempo los requisitos contractuales y de calidad, garantizando que los objetivos del proyecto se cumplan de forma eficiente.

Building Information Modeling (BIM)

Es una metodología de modelado digital que permite integrar toda la información relevante de un proyecto de construcción en un único modelo tridimensional. Este modelo no solo contiene información geométrica, sino también datos sobre materiales, tiempos de ejecución, costos,

requisitos legales y operativos. La metodología BIM facilita la colaboración entre los diferentes actores involucrados, lo que reduce los errores y mejora la eficiencia durante todas las fases del ciclo de vida de un proyecto, desde la planificación y diseño hasta la operación y el mantenimiento (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011).

En el contexto de la Gestión de la Construcción 4.0, BIM se presenta como una de las herramientas fundamentales para lograr una mayor transparencia, reducir tiempos de entrega, optimizar recursos y mejorar la sostenibilidad en los proyectos de construcción. A nivel global, BIM ha sido adoptado por diversos países y ha demostrado ser una metodología clave para la modernización de la industria. En Colombia, la implementación de BIM está promovida por el BIMKit de CAMACOL y las Resoluciones 0463 de 2017 y 0441-2020, que establece lineamientos claros para su adopción en el proceso de licenciamiento de proyectos de construcción.

BIM facilita la coordinación y la colaboración entre los distintos actores involucrados en un proyecto de construcción, desde la fase de diseño hasta la construcción y el mantenimiento. Al centralizar la información en un solo modelo digital, BIM reduce los errores y conflictos, optimiza la utilización de recursos y permite una planificación más precisa y eficiente. En el contexto del licenciamiento de construcción, BIM puede transformar significativamente los procesos al facilitar la revisión y aprobación de proyectos por parte de las autoridades, reduciendo los tiempos de respuesta y mejorando la transparencia y la precisión de la información (Azhar, 2011).

- "Building" se refiere a "Construcción" o "Edificación". En el contexto de BIM, no solo se limita a los edificios, también incluye otras infraestructuras como puentes, carreteras, túneles y cualquier otra estructura construida. La idea es abarcar todo el espectro de proyectos en el sector de la construcción.

- "Information" en español significa "Información". En BIM, la información es un componente clave y diferencial, ya que se trata de un modelo que integra datos específicos sobre cada aspecto del proyecto de construcción. Esta información puede incluir detalles sobre los materiales, el costo, el tiempo, el rendimiento energético, el impacto ambiental y más, todo centralizado en un solo modelo.

- "Modeling" se traduce como "Modelado" en español. Se refiere al proceso de crear un modelo digital tridimensional (3D) que represente todas las características físicas y funcionales de la construcción. Este modelado permite visualizar, analizar y gestionar cada elemento del proyecto en un entorno digital antes de construir en la realidad.

Entonces, "Building Information Modeling" BIM o "Modelado de Información para la Construcción" (MIC) en español, se entiende como una metodología o un sistema de varios estándares y protocolos que permite crear y gestionar un modelo digital con toda la información relevante para un proyecto de construcción. Este modelo integra datos estructurales, de diseño, de tiempo y de costos, entre otros, y facilita la colaboración entre todos los actores involucrados, optimizando la eficiencia y la precisión a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Nivel de madurez BIM. El nivel de madurez BIM (ver Figura 8) se refiere al grado de implementación y sofisticación con el que se utiliza el Modelado de Información de Construcción (BIM) en proyectos. Se estructura en niveles establecidos por el UK BIM Framework, que refleja cómo una organización adopta y gestiona BIM:

Nivel 0:

- Uso de CAD en 2D sin colaboración entre disciplinas.
- Datos dispersos y no centralizados.

Nivel 1:

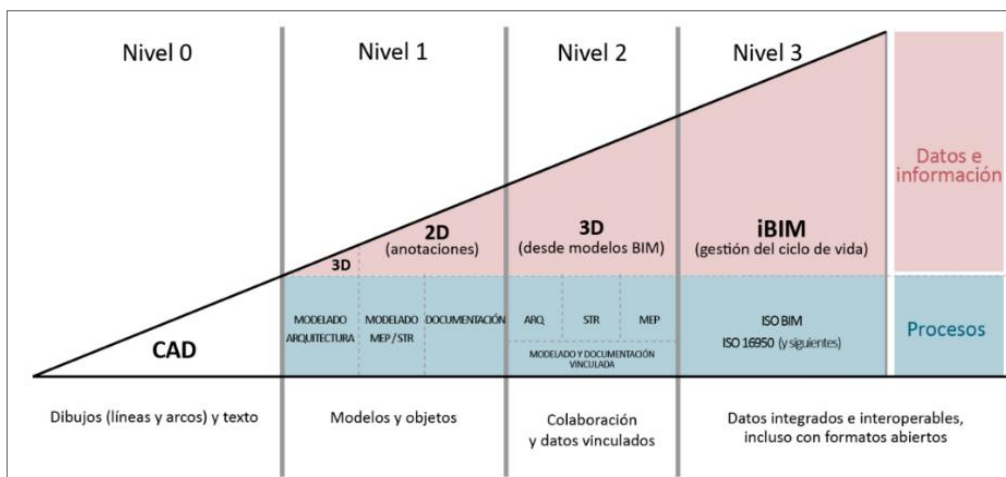
- Incorporación de CAD en 3D para ciertas disciplinas.
- Gestión parcial de datos mediante estándares.
- Colaboración limitada y división básica de información.

Nivel 2:

- Integración colaborativa mediante modelos 3D separados por disciplinas.
- Interoperabilidad mediante formatos como IFC.
- Estándares definidos para la gestión de datos y la colaboración.

Nivel 3:

- Entorno completamente colaborativo con modelos compartidos en tiempo real.
- Uso de un entorno de datos común (CDE).
- Automatización de flujos de trabajo y análisis avanzados.

Figura 8*Niveles de Madurez BIM*

Nota. Niveles de madurez BIM. Tomado de. Niveles de madurez BIM. Moret, S. (2020).

<http://surl.li/vzwdhn>

Los niveles de madurez BIM representan el grado de adopción e integración de la metodología BIM (Building Information Modeling) en proyectos de construcción. Estos niveles permiten medir el progreso de las organizaciones en la implementación de BIM, desde el uso básico de herramientas de diseño hasta la creación de un "gemelo digital" completamente integrado. A continuación, en la Tabla 4, se describe de forma ejecutiva los principales niveles de madurez BIM, con base en la guía BIM Kit de CAMACOL Colombia.

Tabla 4

Niveles de Madurez BIM

Nivel	Modelo	Colaboración	Interoperar	Gestión de la información	Relevancia en BIM Kit CAMACOL
Nivel 0	CAD 2D	No colaborativo	Dibujo en formato DWG	Individual	No se menciona
Nivel 1	3D parcial	Limitada	IFC parcial	Control de versiones	Punto de partida
Nivel 2	BIM 3D Colaborativo	Moderada	IFC interoperable	CDE y control de interferencias	Meta inicial
Nivel 3	BIM Integrado	Completa	IFC completa	BEP, modelo federado	Objetivo principal
Nivel 4	Gemelo digital	Tiempo real	Total (IoT)	Gestión de activos	Perspectiva futura

Nota. Descripción de los niveles de madurez BIM

Funcionamiento del BIM. BIM es una metodología que utiliza modelos digitales para planificar, diseñar, construir y gestionar proyectos de infraestructura. Su funcionamiento incluye:

Transformación digital. BIM es el núcleo de la transformación digital en la construcción, permitiendo crear modelos digitales detallados que integran datos multidimensionales. Esto optimiza los procesos, desde el diseño hasta la operación, y permite la implementación de tecnologías avanzadas como realidad aumentada, IoT y simulaciones.

Integración. BIM promueve la colaboración entre arquitectos, ingenieros, contratistas y demás partes interesadas a través de un Entorno Común de Datos (CDE). Esto asegura que todos los actores trabajen con información actualizada y coordinada, eliminando redundancias y errores.

Calidad. La gestión centralizada de datos y la detección temprana de conflictos en el modelo aseguran estándares más altos de calidad en el diseño y la construcción. BIM permite prevenir y resolver problemas antes de que ocurran en la obra, reduciendo retrabajos y costos adicionales.

Eficiencia. BIM optimiza los recursos al integrar cronogramas (4D), costos (5D) y análisis de sostenibilidad (6D) en un único modelo. Esto mejora la planificación y ejecución de proyectos, reduciendo tiempos y desperdicios. Cabe aclarar que en la literatura comercial se habla de dimensiones como forma conceptual para describir la metodología BIM que en realidad las dimensiones = usos BIM, que son los procesos.

Mejor Comunicación con la Ciudadanía. Para proyectos públicos, BIM facilita la visualización y comunicación de los diseños con la ciudadanía. Los modelos 3D y simulaciones permiten que los interesados comprendan el impacto del proyecto en su entorno, mejorando la aceptación y el involucramiento.

Supervisión de Avance de Obra. La integración de BIM con herramientas de seguimiento permite un monitoreo en tiempo real del avance de la obra. Esto asegura que los cronogramas se cumplan y permite tomar decisiones informadas ante cualquier desvío.

Rendimiento de activos. BIM no termina con la construcción. Su modelo 7D gestiona el ciclo de vida del activo, facilitando el mantenimiento, las actualizaciones y las reparaciones durante la operación. Esto maximiza la vida útil de la infraestructura.

Impacto en el Medio Ambiente. BIM promueve la sostenibilidad mediante simulaciones de eficiencia energética y la selección de materiales menos perjudiciales. También permite calcular las emisiones de carbono durante la construcción y operación.

Transparencia. La trazabilidad de los datos en BIM asegura transparencia en todo el proceso del proyecto. Esto facilita auditorías, promueve la confianza entre las partes y minimiza los riesgos de corrupción o desinformación.

La construcción es una de las industrias más rezagadas en digitalización, con un índice cercano a cero y un crecimiento negativo en productividad. En comparación, sectores como TIC y fabricación avanzada han capitalizado la tecnología para mejorar su eficiencia. Incluso industrias tradicionales como minería y agricultura superan a la construcción en estos campos. ver Figura 2.

Este retraso refleja problemas estructurales como la fragmentación del sector, la falta de integración tecnológica y la resistencia cultural al cambio. La construcción sigue utilizando métodos tradicionales, perdiendo oportunidades para optimizar procesos y reducir costos. La potencia

El sector debe adoptar tecnologías como BIM, LoT y drones, además de fomentar la colaboración y capacitación. Este cambio no solo aumentará la competitividad, sino que también posicionará a la construcción como un sector clave para el desarrollo económico y sostenible.

Dimensiones BIM (Usos BIM). El BIM tiene varias dimensiones que expanden su utilidad más allá del diseño 3D. Las principales dimensiones incluyen:

- 2D: Las dimensiones iniciales son los procesos iniciales de estudios de normas, planeación e implementación.
- 3D: Representación geométrica tridimensional del proyecto, modelo federado

- 4D: Incorporación de la variable tiempo para la planificación y simulación del cronograma.
- 5D: Añade análisis de costos y presupuestos al modelo.
- 6D: Enfoque en sostenibilidad, integrando análisis energético y ambiental.
- 7D: Gestión del ciclo de vida del edificio, incluyendo operación, mantenimiento y desmantelamiento.

La norma ISO 19650 no hace referencia a dimensiones, la palabra dimensión es una forma abreviada y de categorizar los niveles de la metodología como un sistema de capas, para una implementación BIM de acuerdo con los estándares, normas y protocolos se denominan Usos BIM que son los encargados de todos los procesos de la metodología en todo el ciclo de vida del proyecto.

Herramientas BIM. Las herramientas BIM permiten la creación, gestión y análisis de modelos digitales en proyectos de construcción. Entre las más destacadas se encuentran Revit, Navisworks, Archicad y Tekla Structures , las cuales facilitan la coordinación, detección de interferencias, simulación 4D/5D y la interoperabilidad entre disciplinas técnicas y de diseño y herramientas no nativas que se suman para formar un sistema tecnológico integrado/interoperable.

Herramientas Nativas BIM. Estas son herramientas diseñadas específicamente para trabajar dentro de un entorno BIM. Su principal objetivo es crear, gestionar y coordinar modelos digitales ricos en información.

Herramientas de Modelado BIM (Diseño y Documentación):

- Autodesk Revit: Solución integral para arquitectura, estructura y MEP (instalaciones mecánicas, eléctricas y de plomería).

- ArchiCAD: Software especializado en diseño arquitectónico con capacidades colaborativas.
- Bentley AECOSim Building Designer: Solución avanzada para modelado multidisciplinario.
- Vectorworks: Focalizado en diseño arquitectónico con funcionalidad BIM.
- Tekla Structures: Enfocado en el modelado detallado de estructuras.

Herramientas de Coordinación y Detección de Conflictos:

- Autodesk Navisworks: Análisis y coordinación de modelos multidisciplinarios.
- Solibri Model Checker: Detección de errores, chequeo de normas y control de calidad.
- BIMcollab: Gestión de problemas y comunicación entre equipos.

Entorno Común de Datos (CDE):

- BIM 360 (Autodesk): Plataforma colaborativa para gestionar modelos, documentación y flujos de trabajo.
- Trimble Connect: Gestión de proyectos BIM en tiempo real.
- BIMVision: Gestión de proyectos BIM protocolo IFC/ Coordinación.

Herramientas de análisis

- Green Building Studio: Simulación energética para diseño sostenible.
- Autodesk Insight: Análisis de rendimiento energético dentro de Revit.
- IES VE (Soluciones Ambientales Integradas): Análisis ambiental y energético avanzado.

Herramientas no nativas BIM. Estas herramientas no están diseñadas específicamente para BIM, pero se integran con plataformas nativas para complementar el proceso y agregar funcionalidades.

Gestión de proyectos

- Primavera P6: Planificación y control de proyectos, que puede vincularse con cronogramas BIM (4D).
- Microsoft Project: Herramienta de programación utilizada en proyectos BIM. Diseño 2D/3D complementario.
- AutoCAD: Utilizado para crear planos 2D y modelos complementarios BIM.
- SketchUp: Herramienta 3D sencilla, que puede integrar modelos básicos con plataformas BIM.

Renderizado y visualización:

- Lumion: Renderizado rápido y visualización en tiempo real.
- Twinmotion: Herramienta de visualización 3D para entornos BIM.
- Enscape: Extensión de visualización en tiempo real para Revit y otras plataformas.

Gestión de Costos y Presupuestos:

- Oficina Vico: Estimación de costos basada en modelos BIM (5D).
- Cost-It: Extensión para ArchiCAD para vincular costos y modelos.
- Presto: Presupuestos y planificación vinculados a modelos BIM.

Sistemas de Información Geográfica (SIG):

- ArcGIS: Integración de datos geospaciales con modelos BIM.
- QGIS: Solución de código abierto que puede integrarse con entornos BIM.

Simulación y Realidad Virtual/Aumentada:

- Unity Reflect: Integración de modelos BIM en entornos de realidad virtual.
- HoloBuilder: Seguimiento visual de proyectos mediante realidad aumentada.
- VRcollab: Presentaciones y revisiones colaborativas en realidad virtual.

Niveles de Desarrollo BIM. Niveles de Desarrollo de LOIN (Level of Information Need

- Nivel de Información Necesaria). El LOIN establece la cantidad, calidad y granularidad de la información requerida en un modelo BIM en cada fase del ciclo de vida del proyecto. Este concepto, desarrollado en la ISO 19650, reemplaza al tradicional LOD (Level of Development), proporcionando una definición más precisa y flexible de los requisitos de información.

A continuación, en la Tabla 5, se presentan los niveles más relevantes de LOIN y su aplicación práctica:

Tabla 5

Niveles de Desarrollo BIM

Nivel LOIN	Descripción	Aplicación	Ejemplos de Información Necesaria
LOIN Básico	Información mínima para la toma de decisiones iniciales.	Fase de Pre-diseño y Conceptualización.	Datos generales, volúmenes, áreas de uso.
LOIN Intermedio	Se define información geométrica y atributos clave.	Fase de Diseño y Coordinación.	Geometría 3D inicial, propiedades de objetos y materiales.
LOIN Detallado	Detalle geométrico preciso con información técnica.	Fase de Construcción y Fabricación.	Detalles constructivos, especificaciones técnicas.
LOIN Completo	Información exhaustiva de operación y mantenimiento.	Fase de Operación y Mantenimiento.	Información de mantenimiento preventivo, manuales, O&M.

Nota. Descripción de los niveles de desarrollo y su aplicación.

Entonces LOIN = LOD + LOI, información Geométrica + Información alfanumérica y documentación asociada.

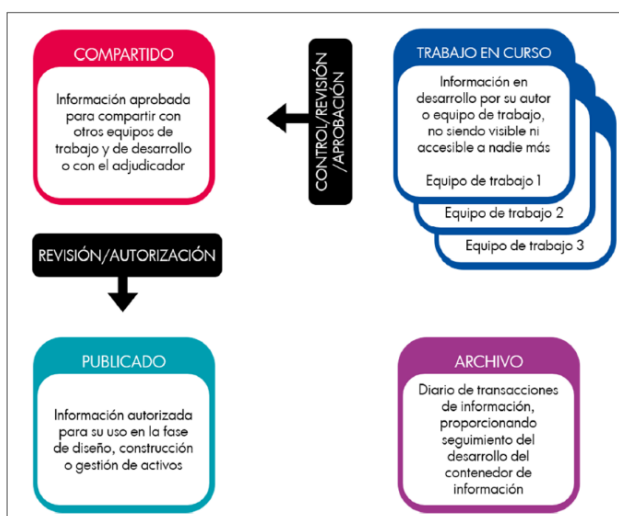
Entorno Colaborativo de Trabajo BIM. Un Entorno Común de Datos (CDE, por sus siglas en inglés: Common Data Environment) es un sistema centralizado y compartido donde se gestiona toda la información relacionada con un proyecto. Este entorno se utiliza para reunir, gestionar, almacenar y distribuir la información de forma eficiente y controlada a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, desde la fase de diseño hasta la operación y mantenimiento.

Principales características del CDE:

- Acceso Centralizado: El CDE es la única fuente de información verificada del proyecto, lo que evita duplicidad de archivos y errores por versiones desactualizadas.
- Gestión del Ciclo de Vida de la Información: La información pasa por diferentes estados antes de ser aceptada como definitiva. Estos estados incluyen, ver Figura 9.

Figura 9

Esquema Ciclo de Vida de la Información (CDE)



Nota. Estados del contenedor CDE. Tomado de. Introducción a la Serie EN ISO 19650.

BuildingSMART. (2012). <https://www.buildingsmart.es/recursos/en-iso-19650/>

- Trabajo en curso (WIP - Work in Progress): La información está siendo desarrollada.
- Compartido (S - Shared): La información está disponible para su revisión por todas las partes interesadas.
- Publicado (P - Publisher): La información ha sido aprobada y está lista para su uso.
- Archivado (ARC - Archivado): La información se almacena de forma permanente como referencia.
- Control de Versiones: El CDE garantiza que siempre se trabajará con la versión más reciente de los documentos y modelos.
- Acceso Controlado: Los diferentes usuarios tienen permisos específicos para ver, editar o aprobar la información.
- Gestión de Contenedores de Información: Se almacenan archivos en contenedores, que pueden ser modelos 3D, documentos, imágenes o archivos de texto.
- Interoperabilidad: El CDE permite la importación y exportación de archivos en formatos abiertos (por ejemplo, IFC), facilitando la interoperabilidad entre distintos softwares.

Según la ISO 19650, el CDE es fundamental para la gestión de la información a lo largo del ciclo de vida de un activo. La norma establece que la producción colaborativa de la información se debe llevar a cabo dentro del CDE. Este sistema permite la trazabilidad de los documentos, la coordinación de las disciplinas y la gestión de la información de manera ordenada y estructurada. Según datos recopilados por OpenKM, los trabajadores emplean más del 36% de su jornada laboral en la búsqueda de información relevante para sus tareas, lo que equivale a aproximadamente 67 minutos diarios.

Marco Jurídico

El marco jurídico establece la base legal que regula la implementación de BIM en la tramitación de licencias de construcción en Colombia. Este marco se fundamenta en normas, resoluciones y decretos que promueven la adopción de la metodología BIM en los procesos de contratación pública y en los procedimientos de construcción e infraestructura.

Resolución 0441 de 2020

La Resolución 0441 de 2020, emitida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, establece un marco normativo orientado a la transformación digital en el sector de la construcción en Colombia mediante la adopción de la metodología Building Information Modeling (BIM). Esta normativa obliga a las curadurías urbanas a modernizar sus procedimientos administrativos, incorporando el uso de tecnologías digitales para la tramitación de licencias de construcción. Entre sus disposiciones clave se incluye la reducción de tiempos en los trámites de licenciamiento, así como la exigencia de que la información técnica de los proyectos sea presentada en formatos digitales e interoperables, alineados con los principios de BIM. La resolución impulsa la eficiencia y transparencia en los procesos de revisión, aprobación y control de proyectos constructivos, posicionando a BIM como una herramienta fundamental para la innovación y modernización del sector en el país. (Ministerio de Vivienda C. y., Resolución 0441, 2020).

Decreto 1510 de 2013

El Decreto 1510 de 2013, emitido por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y la Presidencia de la República de Colombia, establece las normas que rigen los procesos de contratación pública en el país, promoviendo el uso de tecnologías avanzadas como Building Information Modeling (BIM) para optimizar estos procedimientos. Este decreto facilita la

interoperabilidad de la información en proyectos de infraestructura, con especial énfasis en la contratación de obras civiles, al incluir criterios de innovación tecnológica como eje central. Se exige que los procesos de contratación pública incorporen herramientas digitales y metodologías que permitan la modernización y digitalización de los procedimientos, lo que convierte a BIM en un recurso clave para garantizar la eficiencia y transparencia en la gestión de proyectos de infraestructura. De esta manera, el decreto habilita a las entidades del Estado para requerir la implementación de BIM como un requisito fundamental en los procesos de contratación pública, consolidando así un enfoque tecnológico en el desarrollo de obras públicas en Colombia. (DNP & República, 2013).

Ley 80 de 1993 (Estatuto General de la Contratación de la Administración Pública)

La Ley 80 de 1993, conocida como el Estatuto General de la Contratación de la Administración Pública, fue emitida por el Congreso de la República de Colombia con el objetivo de regular la contratación pública en el país, promoviendo principios fundamentales como la transparencia, eficiencia y eficacia en la gestión de los recursos del Estado. Si bien la ley no menciona explícitamente el uso de Building Information Modeling (BIM), sus principios se alinean con la implementación de esta metodología, ya que BIM facilita la optimización de recursos públicos, reduce errores y permite un control más eficiente de los proyectos de Infraestructura. Los artículos de la ley exigen que las entidades públicas aseguren la eficacia en la contratación y la reducción de costos, objetivos que pueden lograrse mediante la adopción de herramientas tecnológicas avanzadas como BIM. Esta normativa constituye el marco general de la contratación pública en Colombia y se ve complementada por disposiciones posteriores, como el Decreto 1510 de 2013, que enfatiza la modernización y digitalización de los procesos de contratación. (Colombia, 1993).

Resolución 0376 de 2022

La Resolución 0376 de 2022, emitida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, tiene como objetivo fortalecer la adopción de Building Information Modeling (BIM) en el sector de la construcción, estableciendo procedimientos claros para la ejecución del Plan Nacional de Implementación BIM en Colombia. Esta normativa define una hoja de ruta específica para la incorporación de BIM en proyectos tanto públicos como privados, impulsando el uso de plataformas digitales para la gestión eficiente de la información en el desarrollo de proyectos constructivos. Asimismo, la resolución promueve la interoperabilidad de los datos a través de formatos abiertos como IFC (Industry Foundation Classes), garantizando la estandarización y el acceso eficiente a la información.

Además, la normativa refuerza la implementación de BIM en sectores clave como proyectos de vivienda, infraestructura vial e infraestructura educativa, posicionándolo como una herramienta fundamental para la modernización y digitalización del proceso constructivo. Con esto, la resolución formaliza la adopción de BIM como parte integral del Plan Nacional BIM de Colombia, contribuyendo a la transformación digital y a la optimización de procedimientos en la tramitación de licencias y la ejecución de proyectos de infraestructura. (Ministerio de Vivienda C. T., 2022).

Normativa Internacional (ISO 19650)

La ISO 19650 es una normativa internacional que establece los lineamientos para la gestión de la información en proyectos de construcción mediante el uso de la metodología Building Information Modeling (BIM). Su objetivo principal es estandarizar los procesos de gestión de la información a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, desde la planificación inicial hasta la operación y mantenimiento de los activos construidos. Esta norma se basa en los

principios de la BS 1192 y la PAS 1192, los cuales fueron la base para la creación de la normativa ISO.

La ISO 19650 se aplica a proyectos de infraestructura y edificación e incluye las siguientes partes principales:

- ISO 19650-1: Conceptos y principios generales de la gestión de la información.
- ISO 19650-2: Requisitos para la entrega de información durante la fase de desarrollo de los activos.
- ISO 19650-3: Aplicación de la gestión de la información en la fase de operación y mantenimiento.
- ISO 19650-5: Requisitos para la seguridad de la información en los entornos colaborativos de proyectos BIM.

Esta normativa promueve la implementación de un Entorno Común de Datos (CDE), la definición de roles y responsabilidades claras para la entrega de información y la interoperabilidad a través de formatos abiertos como IFC (Industry Foundation Classes). La aplicación de la ISO 19650 busca aumentar la eficiencia, transparencia y colaboración en los proyectos de construcción a nivel global. (ICONTEC, 2021).

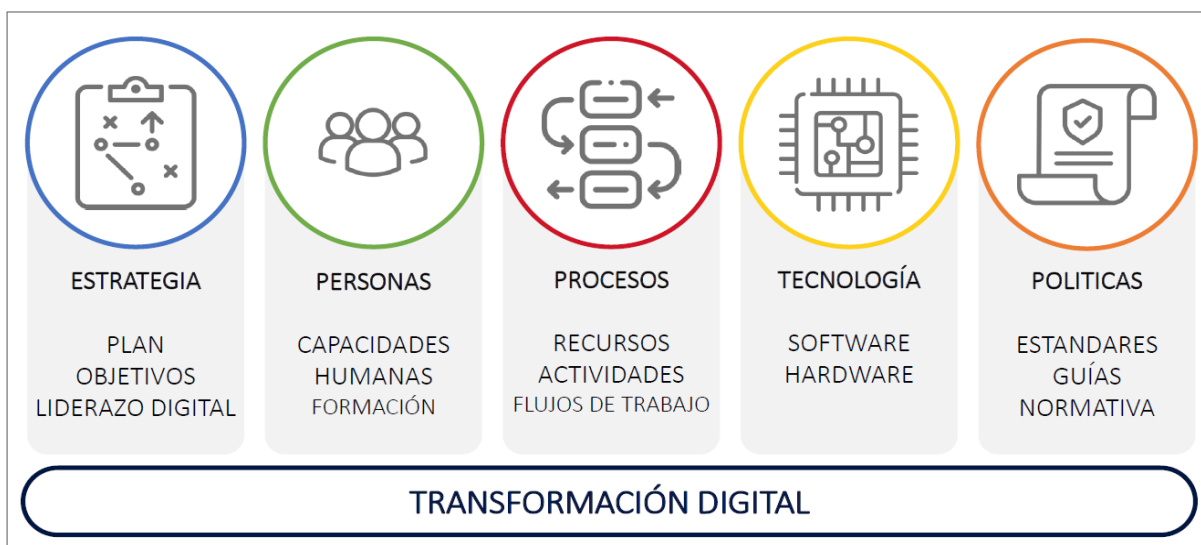
Plan Nacional de Implementación BIM (PNI BIM)

El Plan Nacional BIM, emitido por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), constituye una estrategia integral para la adopción gradual y estructurada de BIM en los proyectos de construcción pública en Colombia. Su objetivo principal es modernizar los procesos de contratación pública, fomentando la digitalización y la eficiencia en la gestión de proyectos, alineando al país con estándares internacionales en infraestructura. El plan establece que el Estado Colombiano debe incorporar BIM como metodología estándar en sus procesos,

definiendo un enfoque progresivo que contempla tanto el fortalecimiento de capacidades técnicas como la implementación de normas de interoperabilidad entre plataformas digitales, ver Figura 10.

La estrategia está organizada en cuatro fases. La primera fase (Diagnóstico) se enfoca en la identificación de la situación actual, evaluando las capacidades técnicas y organizativas de las entidades públicas. La segunda fase (desarrollo de capacidades) prioriza la formación y capacitación en BIM para los actores clave del sector público y privado. En la tercera fase (Implementación gradual), se busca validar la viabilidad de BIM a través de su aplicación en proyectos piloto seleccionados. Finalmente, la cuarta fase (Adopción total) establece el uso obligatorio de BIM en todas las contrataciones públicas, consolidando la metodología como un requisito normativo.

El impacto de este plan es significativo, ya que establece la hoja de ruta nacional para la digitalización del sector de la construcción, promoviendo la interoperabilidad, la sostenibilidad y la transparencia en los procesos públicos. Asimismo, mejora la eficiencia en la gestión de proyectos y optimiza áreas clave como los trámites de licencias de construcción, impulsando una transformación digital que posiciona a Colombia como referente regional en modernización del sector.

Figura 10*Transformación Digital, Gestión del Cambio*

Nota. Pilares de fundamentales para el Plan BIM Nacional. Tomada de. Universidad Javeriana. Diplomada implementación BIM. (2023).

La Estrategia Nacional BIM 2020-2026 de Colombia busca modernizar el sector de la construcción e infraestructura mediante la adopción de la metodología Building Information Modeling (BIM). Esta iniciativa tiene como objetivo mejorar la eficiencia, reducir costos y aumentar la productividad en los proyectos de construcción, contribuyendo al desarrollo económico del país. (Planeación & DNP, 2021).

La implementación de BIM ofrece beneficios económicos significativos, incluyendo ahorros de costos de hasta un 20% en la fase de entrega de proyectos. Además, proporciona herramientas para gestionar el impacto ambiental, optimizar el diseño para un mejor rendimiento energético y facilitar la comunicación con las comunidades involucradas.

La estrategia se centra en tres objetivos principales:

1. Consistencia: Establecer un marco colaborativo que promueva la transformación digital del sector.
2. Eficiencia: Lograr un ahorro mínimo del 10% en costos en proyectos de construcción e infraestructura pública.
3. Eficacia: Gestionar la información de manera digital a través de un entorno común de datos.

La adopción de BIM está alineada con estándares internacionales y busca cerrar las brechas de infraestructura que han limitado el crecimiento de Colombia, promoviendo procesos transparentes y auditables que generen confianza entre los financiadores y abran oportunidades para el desarrollo del país.

Guía CAMACOL BIM Kit. El BIM Kit es una colección de documentos desarrollados por la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL) y el BIM Forum Colombia, con el objetivo de proporcionar herramientas prácticas para la implementación efectiva de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el sector de la construcción. Esta iniciativa busca establecer un lenguaje común entre los diversos actores de la cadena de valor de la construcción, facilitando la adopción de BIM en las organizaciones. (CAMACOL, 2019).

La primera edición del BIM Kit se consolidó en 2019, y desde entonces ha sido objeto de actualizaciones para adaptarse a las necesidades cambiantes del sector. En 2023, Camacol y el BIM Forum Colombia emprendieron esfuerzos para actualizar el kit, reflejando la evolución continua de la industria y las mejores prácticas en la implementación de BIM.

A continuación, en la Tabla 6, se presenta una tabla que detalla los tres volúmenes del BIM Kit, junto con las guías y rutas que componen cada uno:

Tabla 6*Descripción General del BIM Kit de CAMACOL*

Volumen	Guías y Rutas	Descripción
Volumen 1: Establece las bases conceptuales de BIM, incluyendo guías para roles, estándares de modelado, flujos de trabajo, gestión de información, indicadores de desempeño y creación de contenido. También incorpora un anexo contractual para integrar BIM en acuerdos legales, sirviendo como punto de partida para estructurar procesos y roles. (CAMACOL, 2019).	01 - Roles y Perfiles BIM	01 - Definir las responsabilidades y competencias de los actores en proyectos BIM, facilitando la formación de equipos efectivos.
	02 - Modelado BIM	02 - Proporciona estándares para la creación y manejo de modelos BIM, garantizando la consistencia y calidad de los datos.
	03 - Flujos de trabajo	03 - Establece procesos para asegurar la colaboración eficiente entre las partes involucradas en un proyecto BIM.
	04 - Gestión de la Información	04 - Detalla la forma de almacenar, compartir y proteger la información BIM, fomentando la trazabilidad y el acceso seguro.
	05 - Indicadores BIM	05 - Definir métricas para evaluar el desempeño de procesos y equipos BIM, promoviendo la mejora continua.
	06 - Creación de contenido	06 - Proporciona lineamientos para la creación de contenido BIM de alta calidad, como familias y componentes digitales.
	07 - Anexo Contractual	07 - Suministra una guía para incluir requisitos BIM en contratos legales, asegurando el compromiso de las partes con la metodología.
Volumen 2: Proporciona hojas de ruta para implementar BIM en organizaciones, incluyendo guías para usos BIM, requisitos para licencias y la creación del Plan de Implementación BIM (BEP). También adapta BIM a procesos administrativos, como	08 - Hoja de Ruta para la Implementación BIM	08 - Proporciona un plan paso a paso para que las organizaciones adopten BIM, considerando recursos, objetivos y plazos.
	09 - Usos BIM	09 - Describir las aplicaciones de BIM en diseño, construcción y operación, maximizando su valor en cada fase.
	10 - Requisitos BIM para Trámites de Licencia	10 - Detalla los estándares y criterios BIM para gestionar permisos y trámites de construcción.
	11 - Plan de Implementación BIM (BEP)	11 - Especifica cómo desarrollar un BEP (Plan de Ejecución BIM) para coordinar y gestionar procesos BIM en proyectos.

Volumen	Guías y Rutas	Descripción
trámites de licencias, con directrices para solicitantes y autoridades competentes, enfocándose en su aplicación práctica en proyectos reales. (CAMACOL, 2019).	<ul style="list-style-type: none"> - Hoja de Ruta para el Solicitante - Hoja de Ruta para la Curaduría o Autoridad Competente 	<p>Ofrece directrices para que los solicitantes de licencias adapten BIM a los requisitos legales y administrativos.</p> <p>Presenta un enfoque para que las autoridades reguladoras implementen BIM en la revisión y aprobación de proyectos.</p>
Volumen 3: Orientado a la operación y mantenimiento de proyectos BIM, incluye herramientas como la Evaluación de Capacidad (CCA), Matrices de Responsabilidad (MDR), PREBEP, PDM y requisitos de información para organizaciones (OIR), proyectos (PIR) y activos (AIR). También ofrece un glosario técnico, enfocándose en sostenibilidad y desempeño a lo largo del ciclo de vida del proyecto. (CAMACOL, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> 01 - Evaluación de Capacidad y Competencia (CCA) 02 - Matriz Detallada de Responsabilidades (MDR) 03 - Plan de Ejecución BIM Precontractual (PRE-BEP) 04 - Plan de Movilización BIM (PDM) 05 - Planes de Entrega (MIDP-TIDP) 06 - Requerimientos de Información de la Organización (OIR) 07 - Requerimientos de Información del Activo (AIR) 08 - Requerimientos de Información del Proyecto (PIR) 09 - Requerimientos de Intercambio de Información (EIR) 	<p>01 - Proporciona una herramienta para evaluar las capacidades técnicas y operativas de los equipos y organizaciones que trabajan con BIM.</p> <p>02 - Definir las responsabilidades específicas de cada participante en un proyecto BIM, asegurando claridad y asignación efectiva de tareas.</p> <p>03 - Establece los lineamientos preliminares para la ejecución de BIM antes de la formalización de contratos.</p> <p>04 - Detalla cómo organizar y preparar los recursos y equipos para la implementación de BIM en un proyecto.</p> <p>05 - Definir cómo y cuándo se deben entregar los modelos BIM, asegurando el cumplimiento de los objetivos del proyecto.</p> <p>06 - Establece las necesidades de información específica de una organización para implementar BIM en sus procesos internos.</p> <p>07 - Definir los datos necesarios para gestionar activos construidos durante su ciclo de vida, integrando la metodología BIM.</p> <p>08 - Detalla las necesidades de información específicas para la ejecución de proyectos, alineadas con los objetivos del cliente y las partes interesadas.</p> <p>09 - Establece criterios para el intercambio de datos BIM entre las partes involucradas, promoviendo la colaboración efectiva y la reducción de errores</p>

Volumen	Guías y Rutas	Descripción
	10 - Glosario de Términos BIM	10 - Ofrece definiciones claras y uniformes de términos técnicos relacionados con BIM, facilitando la comunicación entre los actores del proyecto.
	- Anexo Técnico BIM Infraestructura Vial	Proporciona líneas específicas para aplicar BIM en proyectos de infraestructura vial, considerando particularidades técnicas y operativas.

Nota. Resumen descriptivo de la guía BIM Kit de CAMACOL.

Metodología

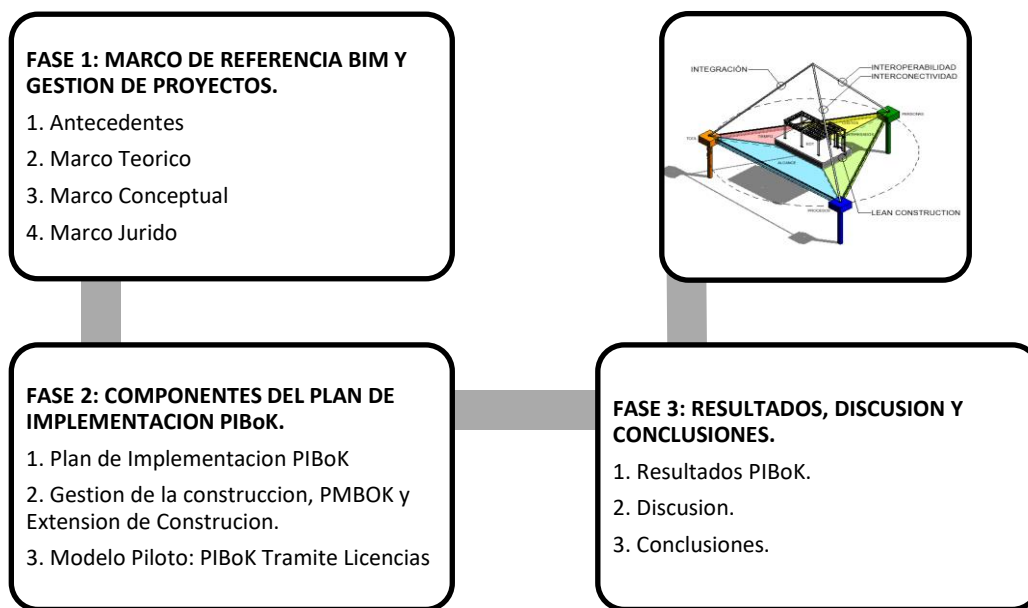
Tipo de investigación

Se adoptará una metodología mixta que combinará análisis cualitativo y descriptivo. En el enfoque cualitativo, se revisarán normativas, estudios previos y documentos técnicos sobre BIM y su relación con PMBOK, complementado con entrenamiento a profesionales para integrar BIM en la gestión de proyectos; Figura 11 se describen las fases de la investigación.

Fases del trabajo de grado

Figura 12

Metodología de la Investigación



Nota. Definición de las fases de la investigación.

Fase 1. Marco de referencia y estado del arte sobre la metodología BIM y su articulación con PMBOK.

Actividades:

- Exploración bibliográfica y documental sobre procesos de BIM para determinar

La Tabla 8 es la matriz que permite al gestor del proyecto articular procesos estandarizados de gestión y usos BIM.

Fase 3. Modelo piloto acorde con BIM y PMBOK aplicado a gestión de licencias de construcción.

Actividades:

Estructurar el plan de implementación del diseño de un modelo piloto en Autodesk Revit basado en PIBok. El modelo piloto se construyó por el autor, integrando conceptos de BIM para la visualización 3D y el uso de un Entorno Común de Datos (CDE).

Implementar un modelo piloto en Autodesk Revit sobre un repositorio CDE.

Herramientas:

Common Data Environment (CDE) – Trimble Connect. Contenedor de objetos multimediales, textuales de BIM, entre otros Autodesk Revit, Navisworks, BIMVision

Resultados y discusión

Fase 1. Marco de referencia y estado del arte sobre la metodología BIM y su articulación con PMBOK

Según lo definido en la Guía PMBOK, la "gestión de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del proyecto" *La extensión de Construcción* añade dos áreas de conocimiento clave: la Gestión de Salud, Seguridad y Medio Ambiente (HSSE) y la Gestión Financiera del proyecto, destacando la importancia de estas dimensiones en los proyectos constructivos. Estas áreas complementan las prácticas estándar, alineándolas con las necesidades específicas de cada fase del proyecto de construcción. (PMI, 2017).

La Gestión de la Integración del Proyecto en el sector de la construcción es una disciplina fundamental, especialmente para proyectos caracterizados por la rapidez en su ejecución, la sensibilidad a costos y tiempos, y una elevada complejidad técnica y logística. Esta área de conocimiento busca garantizar la cohesión y coordinación de los diversos aspectos técnicos y administrativos que intervienen en un proyecto constructivo, minimizando discrepancias entre disciplinas y mejorando la eficiencia general del proceso.

El proceso de integración comienza en la etapa inicial, desde que el propietario decide emprender una renovación o desarrollar una nueva construcción. En este punto, la gestión de adquisiciones y la incorporación de organizaciones especializadas juegan un papel crucial, ya que el éxito del proyecto depende en gran medida de una planificación y contratación adecuadas. Este enfoque permite que los proyectos sean gestionados bajo un esquema holístico que incluye financiación, diseño, construcción y gestión de riesgos.

Además, el anexo de la Extensión de Construcción proporciona un marco de referencia visual que mapea las áreas de conocimiento con los grupos de procesos, destacando la transversalidad de la gestión de integración a través de todas las fases: inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre. Esto resalta cómo la integración actúa como un eje que conecta las áreas de alcance, tiempo, costos y calidad con aspectos específicos de construcción como salud y seguridad, y gestión financiera, ver Tabla 9. (PMI P. M., 2016).

Tabla 9

Mapeo de Grupos de Procesos y Áreas de Conocimiento

Áreas de conocimiento	Grupo de proceso iniciación	Grupo de proceso planificación	Grupo de procesos ejecución	Grupo de procesos de seguimiento y control	Grupo de proceso cierre
4. Gestión de la integración de proyectos	●	●	●	●	●
5. Gestión del alcance del proyecto		●	●	●	
6. Gestión del cronograma del proyecto		●		●	
7. Gestión de costes del proyecto		●	●	●	
8. Gestión de la calidad del proyecto		●	●	●	
9. Gestión de recursos del proyecto		●	●	x	x
10. Gestión de las comunicaciones del proyecto		●	●	●	
11. Gestión de riesgos del proyecto		●		●	
12. Gestión de adquisiciones de proyectos		●	●	●	
13. Gestión de las partes interesadas del proyecto	●	●	●	●	
14. Gestión de la salud, la seguridad, la protección y el medio ambiente del proyecto		x	x	x	
15. Gestión financiera del proyecto		x		x	

Nota. ● = Área de Conocimiento y Grupos de Procesos incluidos en la Guía PMBOK, X =

Específicos para la Extensión de Construcción. Adaptada de. Extensión de Construcción. PMI P. M. (2016).

La incorporación de tecnología en la industria de la construcción ha transformado radicalmente los procesos de gestión, monitoreo y ejecución de proyectos. El uso de maquinaria avanzada con posicionamiento geoespacial y sensores permite diagnósticos en tiempo real, predicción de fallos estructurales y mayor seguridad en obra.

Los sistemas centralizados en la nube y las tecnologías de colaboración en construcción (CCT) han facilitado la gestión integrada de la información, optimizando la comunicación en equipos multidisciplinarios y dispersos geográficamente. Asimismo, la tecnología móvil y las aplicaciones conectadas garantizan acceso bidireccional a datos en tiempo real, mejorando la coordinación del trabajo. (PMI P. M., 2016).

La implementación de impresión 3D reduce costos y tiempos, permitiendo construir en entornos complejos o peligrosos. A esto se suman los drones y UAVs, que, con su capacidad de monitoreo y mapeo de alta resolución, han revolucionado las inspecciones y el seguimiento de progreso en áreas de difícil acceso.

Finalmente, herramientas como la transmisión de video en tiempo real y software de animación virtual permiten visualizar avances y productos finales, mejorando la toma de decisiones y la satisfacción del cliente. Estas tecnologías refuerzan la necesidad de un entorno colaborativo, eficiente y tecnológicamente conectado, clave para la evolución del sector de la construcción.

BIM es un sistema basado en la información y procesos que permite la generación y gestión de representaciones digitales de las características físicas y funcionales de los proyectos de construcción. El BIM mejora la manera en que se diseñan y construyen los proyectos, generando valor a largo plazo y fomentando la innovación.

Además, facilitar la distribución de información entre todos los interesados durante todo el ciclo de vida del proyecto, asegurando que los datos estén disponibles para la toma de decisiones. También permite crear prototipos virtuales antes de la construcción física, lo que optimiza el diseño y reduce errores durante la ejecución.

En el contexto del PMBOK, esta parte destaca la importancia de la gestión de la información y la integración, pilares clave en la gestión de proyectos, al promover la colaboración entre equipos y garantizar que los objetivos del proyecto se cumplan eficientemente a lo largo de todas las fases del ciclo de vida del proyecto.

Los métodos modernos de construcción, como la prefabricación y la modularización, son soluciones innovadoras para aumentar la productividad y eficiencia en la industria. Estas técnicas trasladan actividades complejas de los sitios de construcción a instalaciones controladas, donde las condiciones laborales son más seguras y estables.

La tecnología moderna reduce costos y tiempos, optimizando cronogramas y mejorando la calidad de los procesos constructivos. En entornos controlados, se minimizan los impactos climáticos y se garantiza mayor precisión, logrando estándares superiores en seguridad laboral y productividad; estos métodos abordan los desafíos de obra y fomentan la innovación, optimizando recursos y mejorando la entrega de proyectos.

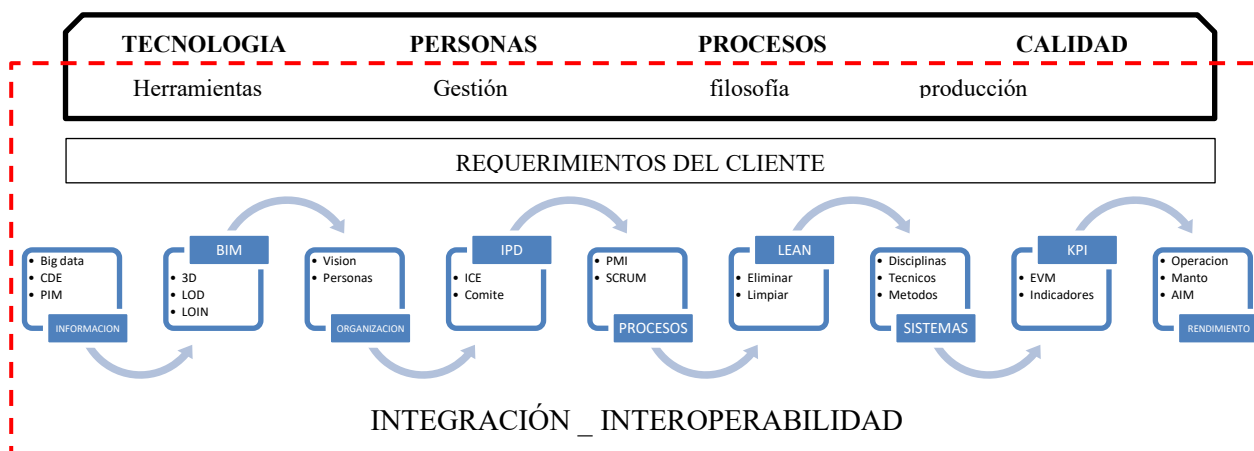
La creciente complejidad, el alto riesgo y los costos en los proyectos del sector de la construcción han impulsado la adopción de metodologías emergentes que permiten enfrentar los desafíos actuales de manera efectiva. El PMBOK presenta estas metodologías como una respuesta a la necesidad de optimizar procesos, mejorar la colaboración entre actores y aumentar la flexibilidad en la gestión de proyectos.

En primer lugar, la Entrega Integrada de Proyectos (IPD) surge como un enfoque colaborativo que fomenta la cooperación temprana y continua entre propietarios, contratistas y diseñadores. Este modelo rompe con los silos tradicionales, promoviendo la integración de equipos y la transparencia en la toma de decisiones, lo cual es esencial para la gestión eficiente de recursos y la reducción de riesgos. (PMI P. M., 2016).

Por otro lado, el enfoque Lean Construction aborda la ineficiencia en la industria al centrarse en la eliminación de desperdicios y en la optimización del flujo de trabajo. Este enfoque permite maximizar la productividad mediante la planificación detallada y la asignación eficiente de recursos, logrando una reducción significativa de costos y tiempos. . (PMI P. M., 2016).

Figura 13

Integración e Interoperabilidad de Procesos: Virtual Desing & Construction



Nota. Diagrama de integración e interoperabilidad de procesos. Adaptada de. Gestión integrada de procesos en BIM. Camacol. (2020).

Finalmente, la adopción de metodologías Agile responde a la necesidad de adaptabilidad en proyectos dinámicos y en constante cambio. Este enfoque proporciona una estructura flexible

que facilita la gestión de ajustes durante el ciclo de vida del proyecto, asegurando que los objetivos y entregables se alineen con las expectativas de los interesados. La agilidad en la gestión también permite una mayor resiliencia frente a las incertidumbres y un control más eficiente de los cambios. (PMI P. M., 2016).

Virtual Design and Construction (VDC) es un enfoque avanzado en la gestión de proyectos de construcción que utiliza herramientas digitales integradas para planificar, diseñar y coordinar todas las fases del ciclo de vida de un proyecto. VDC combina tecnologías como BIM, metodologías colaborativas (como IPD) y procesos Lean para optimizar la eficiencia, reducir costos y asegurar la calidad. Este enfoque permite una mejor coordinación entre equipos multidisciplinarios y facilita la toma de decisiones basada en datos, mejorando los resultados en proyectos complejos de construcción, ver Figura 14 (Camacol, 2020).

Figura 15

Estructura del Modelo Piloto, una Aproximación a VDC



Nota. Estructura del PIBoK para trámite de licencias. Adaptada de. Gestión integrada de procesos en BIM. Camacol. (2020). <https://acortar.link/oZrsLk>

El trabajo de investigación es desarrollar un plan de implementación BIM alineado al PMI como plan para la gestión de todos los procesos del proyecto y obtener unos entregables con calidad, BIM permite trabajar de forma integrada con otras partes del ciclo de vida del proyecto y uno de sus pilares son las herramientas (tecnología) ofreciendo a todos los interesados métodos para gestionar la información del modelo (3D+LOIN), en la siguiente figura se plantea la gestión de integración del modelo piloto: trámite de licencias BIM_PMI. Por eso la relevancia de la primera área del conocimiento Integración y es la encargada de gestionar todas las partes del proyecto y lo más importante los interesados, ver Figura 16.

Tabla 10*Ruta del Solicitante para Trámite de Licencia bajo BIM*

Paso	Descripción	Requisitos clave
1. Preparación de documentos	Organizar los documentos necesarios para la radicación, asegurando el cumplimiento de las normativas. Revisión de normas técnicas y estructuración de carpetas digitales con nomenclatura específica.	Documentos en formato PDF/A-1b; firmas digitales; estructura lógica de carpetas separando documentos legales, arquitectónicos y estructurales. Opcionalmente, modelos BIM en formato IFC 2x3 revisados con el Manual de Entrega de Información (MEI).
2. Radicación	Enviar los documentos a través del canal definido por la curaduría o autoridad competente (nube o servidor administrado por la entidad). Realice los ajustes solicitados en caso de observaciones.	Cumplir con los formatos de entrega (PDF/A-1b y IFC). Registrar un correo único para la comunicación. Evitar nubes públicas como WeTransfer. Fijar valla en la obra dentro de los 5 días posteriores y realizar complementos en 15 días.
3. Respuesta al acta de observaciones	Subsanar observaciones realizadas por la curaduría sobre los documentos presentados, garantizando la calidad y el cumplimiento de los requisitos del proyecto.	Subir documentos corregidos al canal asignado, exportar planimetría en PDF/A-1b y modelo BIM en IFC 2x3. Atender observaciones en formatos BCF o PDF según las indicaciones de la curaduría.
4. Entrega de viabilidad	Si las observaciones son subsanadas correctamente, la curaduría envía el acta de viabilidad al solicitante.	Realizar los pagos y cumplir con todos los requerimientos en un plazo de 30 días tras la emisión de viabilidad.
5. Expedición del acta administrativo	La curaduría o entidad competente emite la licencia ejecutada y planos firmados digitalmente por todas las partes, para su posterior descarga y ejecución.	Descargue la licencia de la plataforma indicada por la curaduría. Asegurarse de cumplir con los requisitos finales para la obtención del acta administrativo.

Nota. Pasos para tramitar y gestionar licencias de construcción en Colombia. Adaptada de. Guía BIMKit. Camacol. (2019). <https://acortar.link/Rnm3ov>

En la Tabla 10 y Tabla 11, la guía BIMKit plantea una ruta para la solicitud de licencias y desde esos parámetros se desarrollará el Plan de Implementación BIM bajo la guía PMBOK y la

extensión de construcción, el objetivo del Plan BIM Nacional es impulsar la implementación de nuevas tecnologías para la cadena de valor de la construcción como lo es la metodología BIM y el objetivo de la investigación es que con las herramientas y técnicas desarrolladas en la maestría y la guía PMBOK como base fundamental para gestionar procesos poder e implementar un plan BIM (PIBoK), (CAMACOL, 2019).

Tabla 11*Ruta de la Curaduría o Autoridad Competente para Trámite de Licencia BIM*

Paso	Descripción	Requisitos Clave
1. Preparación del entorno digital	La curaduría debe habilitar un sistema de almacenamiento seguro (servidor o nube) para la recepción de documentos. Se deben crear protocolos de acceso y definir una estructura lógica de carpetas para organizar la información.	Implementar servidores seguros. No usar plataformas públicas como WeTransfer. Disponer de software para lectura de PDF y modelos OpenBIM (IFC). Estructurar carpetas lógicas para documentos legales, arquitectónicos y estructurales.
2. Radicación	Se establece la comunicación con el cliente mediante un correo único. La curaduría recibe la documentación inicial y asigna un número de radicado. Los documentos se revisan para confirmar su legalidad y suficiencia de la información.	Registro de un correo de contacto único. Validación de los documentos para verificar que cumplan con la Resolución 0441 de 2020 y la Resolución 0463 de 2017. Revisión de la imagen de la constancia de la valla.
3. Revisión y Expedición del Acta de Observaciones	La curaduría revisa los documentos y modelos BIM presentados por el solicitante. Se genera un acta de observaciones con comentarios específicos sobre el cumplimiento de los requisitos técnicos y normativos.	Exportar las observaciones en formato BCF o PDF. La curaduría sube el acta de observaciones con los planos visados para que el solicitante pueda revisar los ajustes necesarios.
4. Recepción de Documentos de Respuesta	El cliente accede al canal para cargar los corregidos. La curaduría verifica el cumplimiento de las observaciones y gestiona la revisión por parte de los profesionales responsables.	Acceso controlado al sistema de carga de documentos. Los documentos complementarios pueden estar en formato PDF/A-1b y modelos BIM IFC 2x3 . Los documentos aceptados se liquidan con base en la normativa vigente.
5. Viabilidad	Tras la revisión de los documentos corregidos, la curaduría emite la carta de viabilidad , la cual indica que el proceso ha cumplido los requisitos. Esta carta autoriza la continuidad del trámite.	La carta de viabilidad certifica la conformidad de la información del proyecto. La curaduría solicitará el pago de los gastos dentro de un plazo de 30 días tras la emisión de la viabilidad.
6. Expedición del Acto Administrativo	La curaduría firma digitalmente los planos y la licencia, generando la licencia ejecutoriada . Los solicitantes pueden	No se aceptan documentos escaneados . Todas las firmas deben realizarse con mecanismos de firma electrónica . El acceso

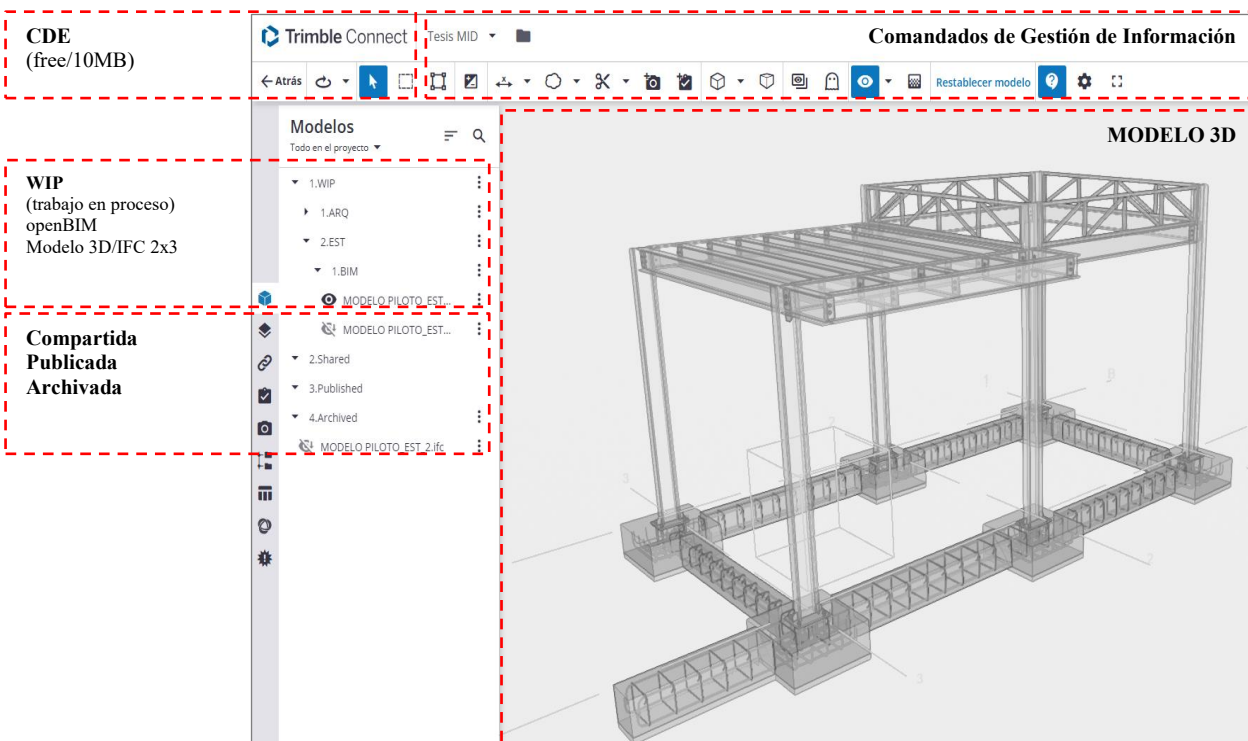
Paso	Descripción	Requisitos Clave
	acceder a los documentos oficiales para su descarga.	a la licencia ejecutoriada se proporciona al solicitante, pero sin permisos de modificación.
7. Archivo y Reporte	La curaduría archiva los documentos y genera informes de las licencias expedidas, asegurando la trazabilidad y cumplimiento normativo.	Todos los archivos del proyecto se almacenan de forma centralizada. Se genera un reporte de las actividades realizadas para la autoridad competente, garantizando la trazabilidad de la información.

Nota. Descripción y puntos clave para la curaduría en la implementación BIM. Adaptada de.

Guía BIMKit. Camacol. (2019). <https://acortar.link/Rnm3ov>

Figura 17

Entorno Común de Datos (CDE) Modelo Piloto: PIBoK Trámite de Licencias

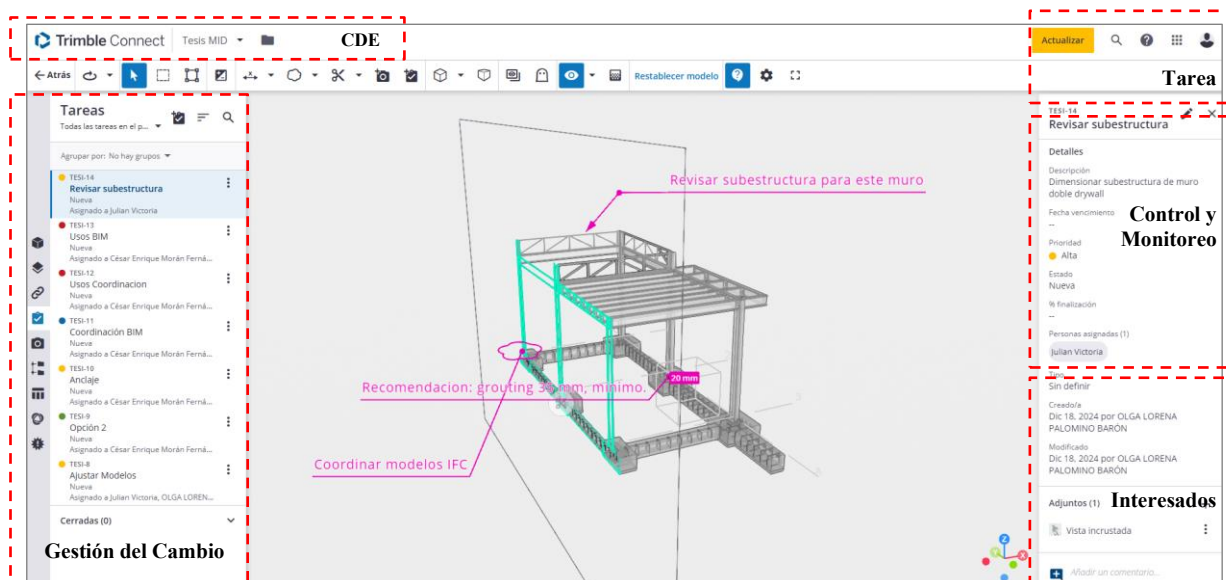


Nota. Esquema de trabajo en el entorno común de datos (CDE).

En la Figura 17 y Figura 18 se observa la gestión de integración de la información en un centro común de datos en donde funciona como un contenedor (carpetas de trabajo, compartidas, publicadas y archivados) en donde se deposita la información de una forma controlada y gestionada, la herramienta Trimble Connet proporciona una plataforma 3D para la gestión de la información y la gestión de los interesados (propietario, modeladores, especialistas, coordinadores, curadores) todos trabajando conectado e interoperando y generando información de calidad.

Figura 18

Control y Monitoreo de la Información del Modelo



Nota. Revisiones, asignación de tareas, gestión del cambio.

Fase 2. Componentes del plan de implementación de BIM articulados con PMBOK

Se identifican los componentes clave para implementar BIM integrados con PMBOK, incluyendo la gestión del alcance (definición de entregables y criterios de éxito), del tiempo (planificación por fases) y de costos (recursos para software, capacitación y tecnología). La calidad se gestiona según la Guía BIM de Camacol, y la comunicación se canaliza mediante el Entorno Común de Datos (CDE). También se abordan riesgos, adquisiciones y stakeholders para facilitar una adopción eficiente de BIM.

Plan De Implementación BIM Bajo La Guía PMBOK (PIBoK)

El PIBoK es un plan piloto desarrollado en el marco de una investigación de Maestría en Gerencia de Proyectos. Su objetivo es demostrar cómo los lineamientos del PMBOK pueden integrarse eficazmente en la implementación de la metodología BIM (Building Information Modeling) para la gestión de procesos en fases iniciales de proyectos constructivos. El plan busca consolidar un enfoque estructurado y funcional para optimizar los trámites de licenciamiento, mejorando la planificación, ejecución, monitoreo y cierre de proyectos vinculados al manejo de modelos de información.

La integración de BIM y PMBOK permite alinear el modelado digital con procesos clave como alcance, tiempo, costo, calidad, recursos, comunicación, riesgos, adquisiciones y gestión de interesados. Se definen entregables concretos, fases de ejecución y recursos asignados para software, formación y tecnología. La calidad se rige por la Guía BIM de Camacol, y la gestión de datos se centraliza en un Entorno Común de Datos. La participación de stakeholders y la gestión de riesgos fortalecen la colaboración y sostenibilidad del modelo propuesto, ver Figura 19.

Figura 19

Gestión de los Stakeholders y Asignación de Roles y Perfiles BIM en el CDE

The screenshot shows the 'Miembros del proyecto' (Project Members) page in Trimble Connect. The interface includes a left sidebar with navigation options like 'Datos', 'Explorador', 'Vistas', 'Versiones', 'Actividad', 'Temas BCF', 'Tarea', 'Equipo', 'Bibliotecas de conjuntos...', and 'Configuraciones'. The main area displays a table of project members with columns for 'Nombre', 'Empleador', 'Función', 'Estado', and 'Último acceso'. Below the table, there are three red dashed boxes with labels: 'BCF Tareas Stakeholders' pointing to the sidebar, 'Stakeholders Equipos de trabajo Roles y Perfiles BIM' pointing to the table, and 'Roles y Perfiles BIM Coordinador BIM Especialistas BIM' pointing to the right sidebar.

Nombre	Empleador	Función	Estado	Último acceso
Julian Victoria victorinoma78@gmail.com	JULIAN VICTORIA	Admin	Active	Dec 15, 2024 11:09 AM
OLGA LORENA PALOMINO BARÓN olguitapato@gmail.com	--	User	Active	Dec 06, 2024 03:57 PM
César Enrique Morán Fernández cemofe@gmail.com	cemofe	User	Active	Dec 04, 2024 09:55 AM
alfafran80 alfafran80@hotmail.com	--	User	Removed	--
mategame mategame@gmail.com	--	User	Removed	--
AlovaTico AlovaTico@hotmail.com	--	User	Removed	--

Nota. Coordinación e integración de los interesados.

Plan de Gestión PIBoK

El plan de gestión PIBoK es el resultado académico de un proceso de investigación y entrenamiento BIM con el objetivo de desarrollar un modelo piloto para la gestión de licencias de construcción alineado a los procesos de los estándares PMI, Su objetivo es optimizar los trámites de licencias de construcción mediante herramientas digitales, mejorando la colaboración, transparencia y eficiencia en los procesos, alineado a estándares internacionales como la ISO 19650 y promoviendo la transformación digital del sector construcción, en la Tabla 12 se hace una relación de los pasos del BIMKit y procesos PMBOK + entregable BIM: PIBoK.

Tabla 12*Plan de Implementación PIBoK*

Procesos	PMBOK Áreas del Conocimiento	BIMKit/Pasos	PIBoK
01 - Inicio/Diagnóstico	Integración, es fundamental la articulación entre los interesados (personas), procesos (PMI/BIM/otros) y tecnología (herramientas, software), le da inicio al proyecto (acta constitución del proyecto).	A. Definir un responsable del proceso y un patrocinador estratégico. B. Diagnosticar: Core del negocio, objetivos estratégicos, procesos internos, capacidades del equipo y tecnología. C. Consultar documentos técnicos (políticas, estándares y procesos).	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto/Pre-BEP - Identificar Interesados. (Matriz RACI) - Gestionar el conocimiento del proyecto.
02 - Planeación	Alcance del proyecto, tiempos y costos	A. Alinear la metodología con la misión de la compañía. B. Establecer objetivos a corto, mediano y largo plazo. C. Definir roles BIM. D. Crear un plan de implementación con cronograma, presupuesto, transformación tecnológica, capacitaciones y difusión.	<ul style="list-style-type: none"> - Roles y Perfiles BIM - Plan de capacitaciones (entrenamiento) - Desarrollar el Cronograma (Power BI) - Estimar los Costos. (Ms Project) - Crear la EDT/WBS - Gestión del Cambio/8 pasos de Kotter
03 - Ejecución	Integración, gestionar la calidad y los recursos.	A. Desarrollar el estándar BIM de la organización. B. Reingeniería de procesos (priorización, observación, propuesta y	<ul style="list-style-type: none"> - Gestionar el conocimiento/BIMKIT - Gestionar a los interesados/CDE

Procesos	PMBOK Áreas del Conocimiento	BIMKit/Pasos	PIBoK
		gestión de conocimiento). C. Desarrollar capacitaciones (metodología, políticas y tecnología). D. Transformación tecnológica (software, hardware y comunicación). E. Desarrollar el proyecto piloto.	· Gestionar la Calidad/Dossier · Dirigir el equipo · Modelo piloto 3D: LOG +LOI=LOD · Modelo piloto Licencias: LOIN · Plan PIBoK/BEP
04 - Medición y seguimiento	Gestión de los costos, los indicadores como gestores	A. Realizar medición de indicadores BIM. B. Incentivar la participación de los equipos. C. Identificar oportunidades de mejora.	· Gestión del valor ganado (EVM)/Power BI. · CDE/sesiones ICE · Indicadores
05 - Retroalimentación	Ajustar políticas y procesos, medir el desempeño y validar el alcance de los entregables.	A. Realizar la matriz de madurez BIM. B. Identificar oportunidades de mejora y ajustar políticas y procesos. C. Validar el alcance y entregables.	· Validar el Alcance · Cerrar la fase/entregables

Nota. Descripción de los procesos, áreas del conocimiento, usos BIM y PIBoK.

La hoja de ruta de implementación BIM de Camacol es abordada como proyecto estratégico basado en la guía de proyectos del PMI (PMBOK GUIDE). Este enfoque permite aplicar buenas prácticas de gestión, administración y dirección de proyectos. La implementación utiliza herramientas y técnicas relacionadas con los procesos internos de los cinco grupos de

procesos: inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre, alineados con las 10 áreas de conocimiento. Esta metodología asegura una estructura eficiente y sistemática para la gestión exitosa de proyectos dentro de las organizaciones.

Salidas: Plan de Implementación BIM (PIBoK)

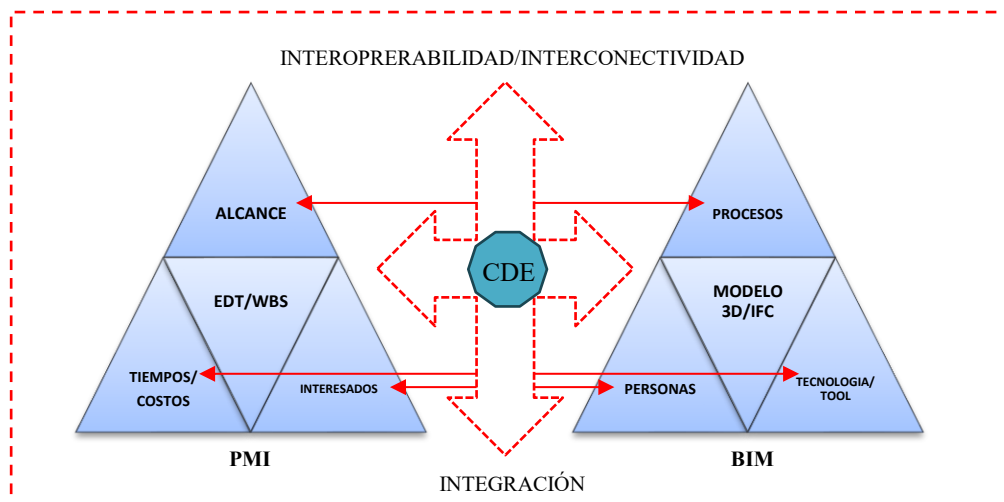
Plan de Ejecución BEP (PEB). El Plan de Ejecución BIM (BEP) establece la estrategia, alcance, objetivos y lineamientos para coordinar y supervisar proyectos utilizando la metodología BIM. Incluye metas específicas, roles, responsabilidades, cronogramas, hitos y estándares técnicos necesarios para asegurar la interoperabilidad y calidad de los modelos. Además, define los requisitos de modelado, intercambio de información y detección de interferencias. El BEP también contempla herramientas de colaboración, revisiones periódicas (sesiones ICE), y el uso de modelos 3D y documentación técnica para garantizar una ejecución eficiente y alineada con las necesidades del proyecto. El alcance del modelo PIBoK es de Pre-BEP siendo el insumo para desarrollar el BEP.

Gestión de integración PMI y BIM. La guía PMBOK y la Extensión de anexos de construcción tienen como objetivo es ampliar e integrar nuevas técnicas o metodologías para gestionar proyectos de construcción, en el siguiente análisis se detalla la relación directa y coherente entre las dos restricciones de cada metodología destacando como pilares fundamentales las personas (interesados). Los estándares PMI plantea tres líneas base Alcance, Tiempos y Costos, en el proceso de acoplar pilares de cada sistema metodológico se plantea una triple restricción ajustada Alcance, Tiempo/Costos e Interesados (stakeholders) este ajuste se

hace con el fin de darle una categoría de línea base a la gestión de todos los involucrados del proyecto, ver Figura 20.

Figura 20

Grafica de Relación de Estándares PMI y Metodología BIM



Nota. Estructura de integración e interoperabilidad del modelo PIBoK.

El desarrollo de la investigación para integrar e interoperar dos metodologías permitió comprender la importancia de la gestión de las personas (*stakeholders*), ya que, al final, todo proyecto es gestionado y desarrollado por personas y para personas. Este enfoque resalta que la gestión del cronograma (tiempos) no puede separarse de la gestión de los costos (presupuesto), ya que ambos aspectos están intrínsecamente relacionados. La integración de estas dos metodologías favorece el desarrollo de productos de mayor calidad, optimizando tanto los tiempos de entrega como los costos del proyecto.

Además, la tecnología y las herramientas digitales elevan la eficiencia en la gestión y dirección de proyectos. Un claro ejemplo de ello es la relación entre programas de gestión de costos y tiempos, como MS Project y Power BI, en conjunto con un modelo federado. Esta

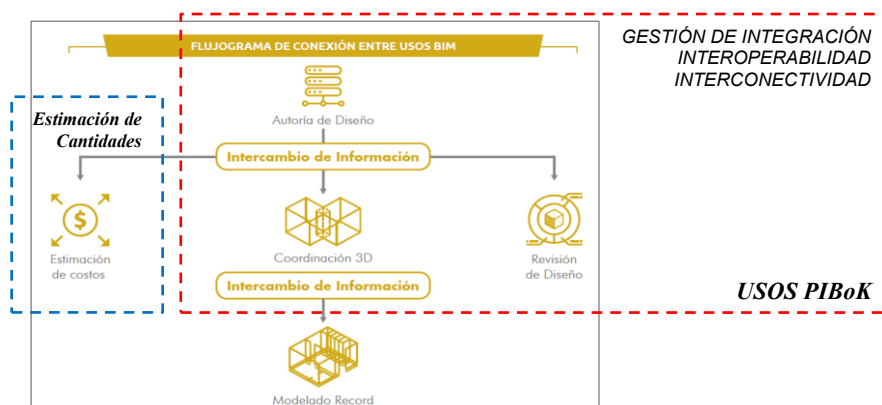
relación se basa en el concepto de interoperabilidad, entendido como el flujo consistente de información (entradas y salidas) a través de protocolos definidos, lo que garantiza la integración efectiva de los diferentes sistemas y herramientas utilizadas en la gestión de proyectos.

El desarrollar un modelo virtual del proyecto e integrando a todos los interesados y disciplinas para trabajar de forma conjunta en un centro común de datos, no solo potencia los entregables (EDT), sino que también le da herramientas de gestión y toma de decisiones a los directivos y coordinadores aumentando las habilidades de gestión y liderazgo para dirigir el equipo de trabajo y dirigir el proyecto.

Los usos BIM son los procesos de la metodología BIM y tiene como marco de referencia a PennState College of Engineering que ha desarrollado la guía de proceso para gestionar los diferentes Usos BIM, los usos BIM se puede relacionar a los 49 procesos de la guía PMBOK y esa relación requiere un conocimiento de ambas metodologías, capacidades y habilidades de gestión de proceso, conocimientos de procesos constructivos, liderazgo, debido a esto cada vez que se hable de proyectos de construcción el área del conocimientos Integración es fundamental y clave de éxito para cualquier proyecto, ver Figura 21, (Penn State, 2013).

Figura 21

Grafica de Procesos BIM para PIBoK Tramite de Licencias



Nota. Usos básicos aplicados al modelo PIBoK

Tabla 13*Relación de Usos BIM y Procesos de la Guía PMBOK, Gestión de Integración*

Usos básicos BIM	Descripción	PIBoK
Autoría de Diseño	Creación del modelo inicial del diseño, integrando información geométrica y técnica.	Modelo Piloto 3D/un activo de la gestión de integración
Coordinación 3D	Identificación de interferencias geométricas y coordinación entre disciplinas.	Dirección y coordinación/dirigir al equipo de trabajo.
Revisión de diseño	Validación del diseño según criterios técnicos y requisitos del proyecto.	Gestión de información/Validar el Alcance.
Estimación de costos	Cuantificación de elementos y estimación presupuestaria mediante modelos 5D.	El nivel del alcance solo es para estimación de cantidades del modelo 3D.
Planeación de fases	Secuenciación de actividades usando modelos 4D para visualizar cronogramas.	PIBoK deja estructurado la fase con EDT/3D IFC.

Nota. Descripción de los usos BIM y el modelo PIBoK.

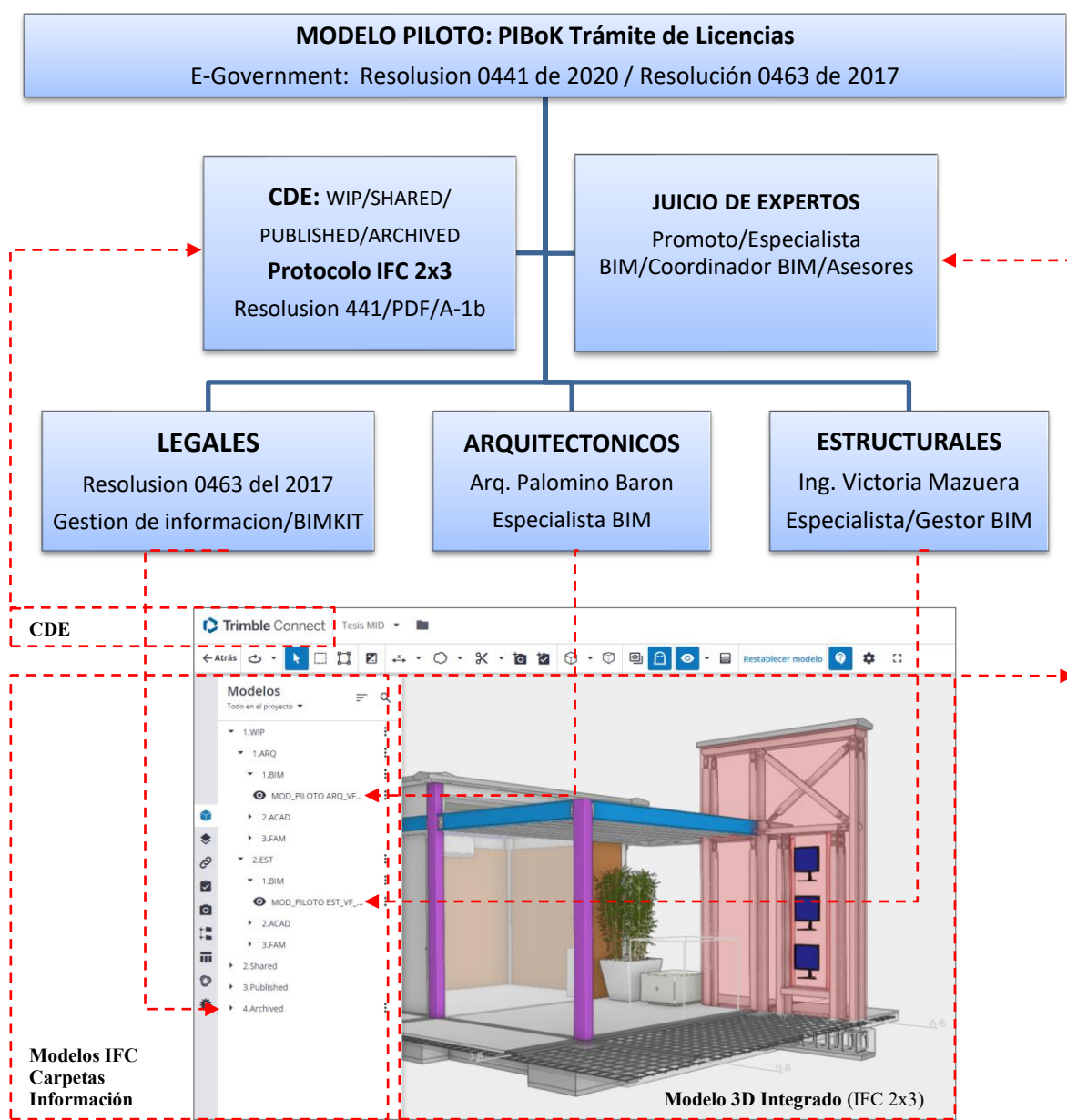
En plan de implementación PIBoK lo que busca es equilibrar la metodología BIM que tiene un componente tecnológico importante y fundamental para el desarrollo de la gestión de modelos de información (PIM) con las áreas fundamentales del conocimiento de la gestión de proyectos, la complejidad y el avance tecnológico cada vez es mayor e incorporando nuevas formas de procesar información y personas con el objetivo de optimizar las 3 líneas base (alcance, tiempo, costos) y Coordinación de proyectos (Integración e Interesados), el uso planeación de fases no hace parte del alcance del trámite de licencias, pero si es un proceso importante para todo el ciclo de la puesta en marcha del proyecto quedando estructurado para su implementación y gestión, ver Tabla 13.

Fase 3. Modelo piloto acorde con la metodología BIM y PMBOK aplicado a gestión de licencias de construcción

A continuación, en la Figura 22, se describe el desarrollo de un modelo piloto que aplica BIM en Autodesk con repositorio CDE de Trimble Connect.

Figura 22

Estructura de Modelo PIBoK Relación Solicitante / CDE / Curaduría



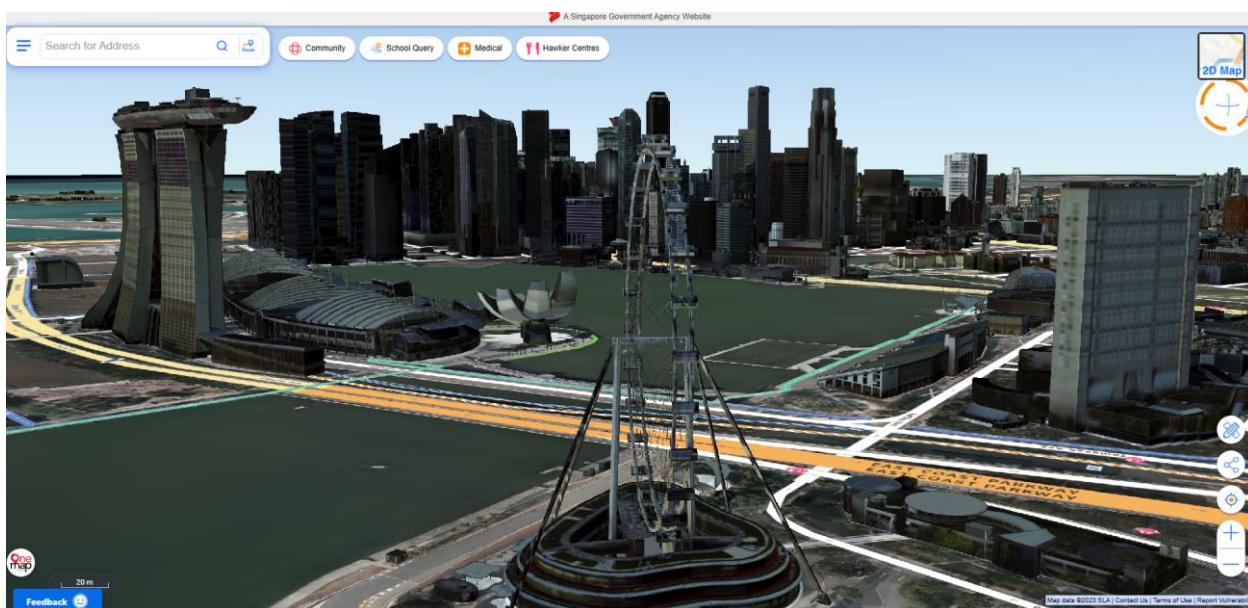
Nota. Integración e interoperabilidad de los interesados en un CDE.

El modelo piloto: PIBoK propone una gestión eficiente y colaborativa de licencias de construcción, basados en la implementación de la metodología (BIM) y el enfoque PMI (PMBOK + anexos de construcción) y su relación con las regulaciones gubernamentales vigentes, específicamente la Resolución 0441 de 2020. La investigación integra el uso de un Entorno Común de Datos (CDE), la interoperabilidad mediante formatos IFC 2x3, la gestión de los interesados (roles y perfiles BIM).

El plan de implementación PIBoK es la integración y alineación de todos los procesos y usos básicos para gestionar un modelo de información (PIM) y desarrollar unos entregables mínimos exigidos por los entes de control, generando activos para ambas partes (solicitante/autoridad), un modelo 3D (Lod +Loin) no solo es un activo para las fases iniciales, diseño, planeación, ejecución y operación, sino que es la base para el desarrollo e implementación de digital twins (gemelo digital), Figura 22.

Figura 23

Ciudad Gemela Singapur

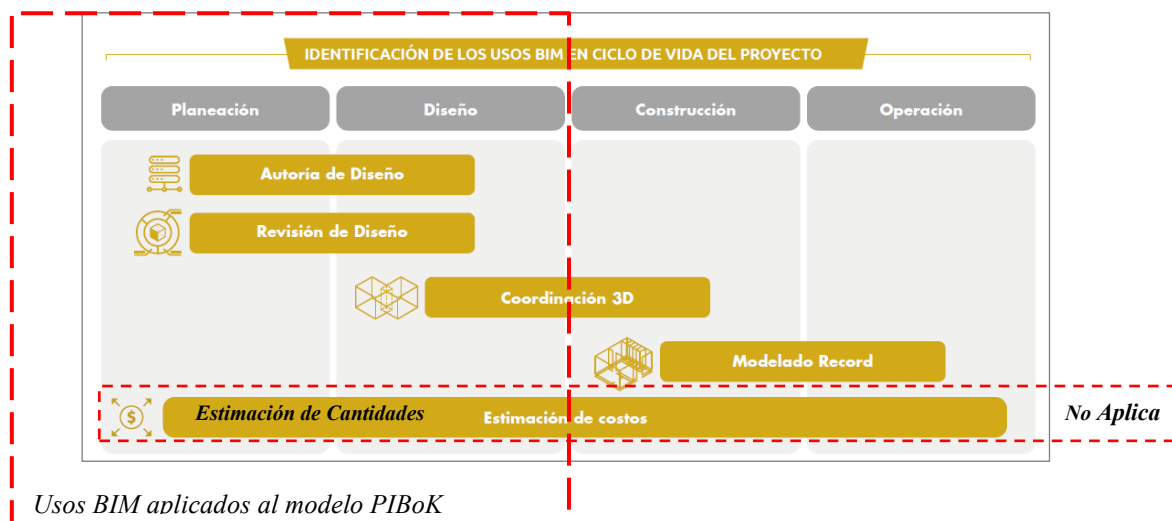


Nota. Modelo Gemelo integral de la ciudad de Singapur. Tomada de. [OneMap](#)

Un modelo digital (digital twins) se define como digital world (mundo digital BIM) + physical world (mundo físico), para mejor entendimiento uno de los casos de éxito de la implementación y desarrollo de una ciudad gemela es Singapur, ver Figura 23.

Figura 24

Usos PIBoK en las Fases de Planeación y Diseño: Tramites de Licencia



Usos BIM aplicados al modelo PIBoK

Nota. Usos BIM y fases iniciales. Tomada de. Guia BIM Kit. Camacol (2019). <https://n9.cl/jj8d0>

El Plan PIBoK tiene como alcance gestionar los usos básicos BIM para el trámite de licencias, estimación de costos no se contempla para el trámite de licencia, los trámites solo se centran en los aspectos legales, arquitectura y estructura, la parte de gestión de costos es un uso BIM que dependerá del alcance entre el contratista y el cliente, esta parte se define en el BEP, la Figura 24 es la representación de los procesos BIM aplicados al modelo piloto para trámite de licencias.

Plan de entrenamiento y generación de conocimiento

Learning by doing, Aprender haciendo es un enfoque pedagógico basado en la idea de que las personas aprenden mejor al realizar actividades prácticas relacionadas con el

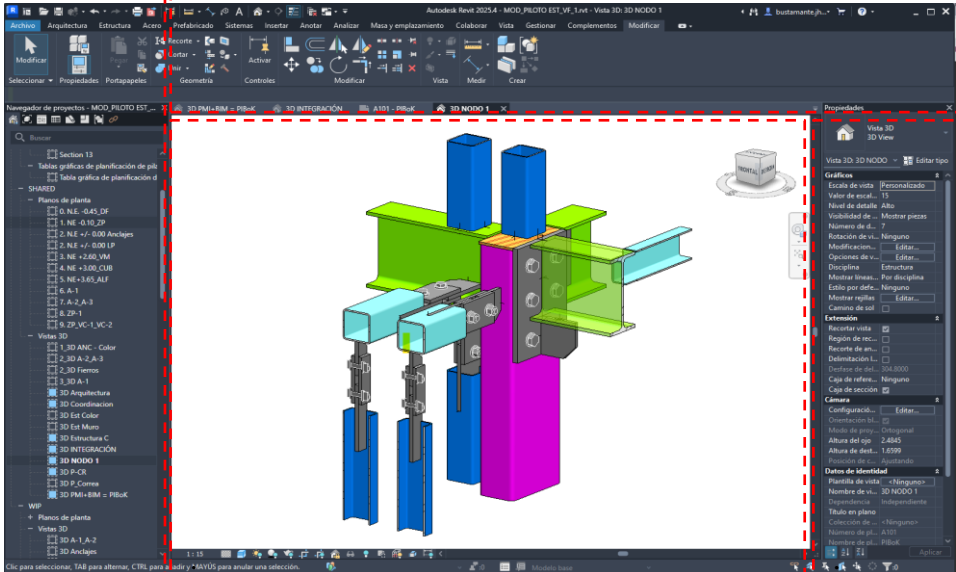
conocimiento o habilidad que desean adquirir. En lugar de limitarse a estudiar teoría o escuchar explicaciones, los aprendices participan activamente en tareas reales o simuladas que requieren la aplicación del contenido aprendido, los siguientes cursos fueron tomados en la Institución TEDI LATAM, de forma virtual y asesoramiento continuo.

Modelación BIM: Elaboración de Modelo Piloto. En los roles y perfiles BIM el modelador es el encargado de desarrollar el modelo, pero es importante que los demás roles también tengan conocimiento, un especialista BIM, coordinador BIM y director BIM deben tener conocimientos de modelación BIM, la gestión de la modelación requiere tener conocimientos de los diferentes perfiles y roles de la metodología BIM, de ahí lo importante del aprendizaje “haciendo”, ver Figura 25 modelación BIM.

Figura 25

Modelación BIM, Modelo Piloto, Estructura 3D

Herramientas de modelado y gestión
 Arquitectura, Ingeniería, MEP, Dynamo, Gestión, Integración



Gestión de los entregables
Vistas 3D, planimetrías

Modelo 3D
Lod: geometría, formas, ejes: conexiones: Lod 350, perfiles lod 300

Gestión de información
Loin: 200, propiedades Básicas, Protocolo IFC 2x3

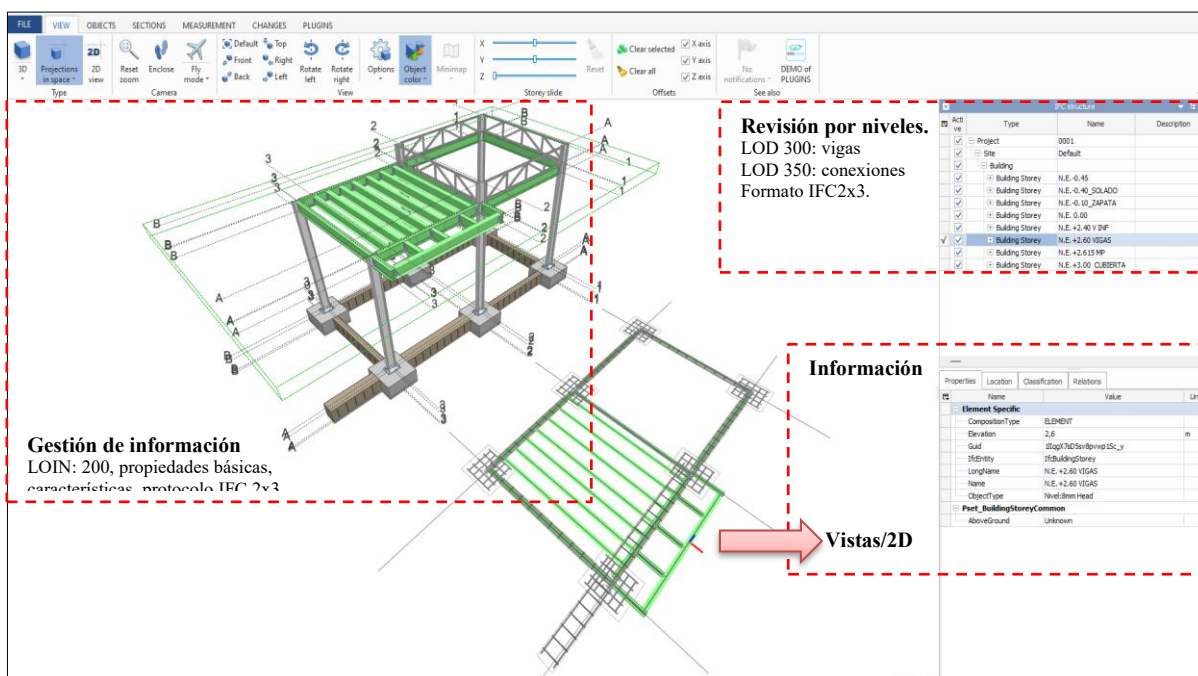
Nota. Grafica que muestra el alcance de Revit 2025.

Coordinación BIM: Protocolo IFC, sesiones ICE. Esta parte del entrenamiento fue fundamental y clave para el desarrollo del plan PIBoK. La coordinación tiene la responsabilidad de integrar al director de proyectos (BIM Manager) con los especialistas BIM y los modeladores BIM. El Coordinador o Gestor BIM se encarga de gestionar los entregables e implementar los protocolos de la metodología openBIM (IFC).

El protocolo IFC es esencial para etiquetar y organizar de forma consistente toda la información del proyecto, lo que resulta fundamental para la correcta gestión de los modelos de información. Sin este protocolo, la información tiende a la entropía alta de datos, generando caos y desorden. Para lograr estos objetivos, se llevaron a cabo sesiones ICE (simulación), en las cuales se definieron los roles, la gestión de los interesados, la elaboración de informes de gestión, las revisiones y todas las operaciones (monitoreo y control) en tiempo real, ver Figura 26.

Figura 27

Control y Monitoreo de Archivos IFC, herramienta BIMVision



Nota. Grafica de software para gestionar modelos IFC.

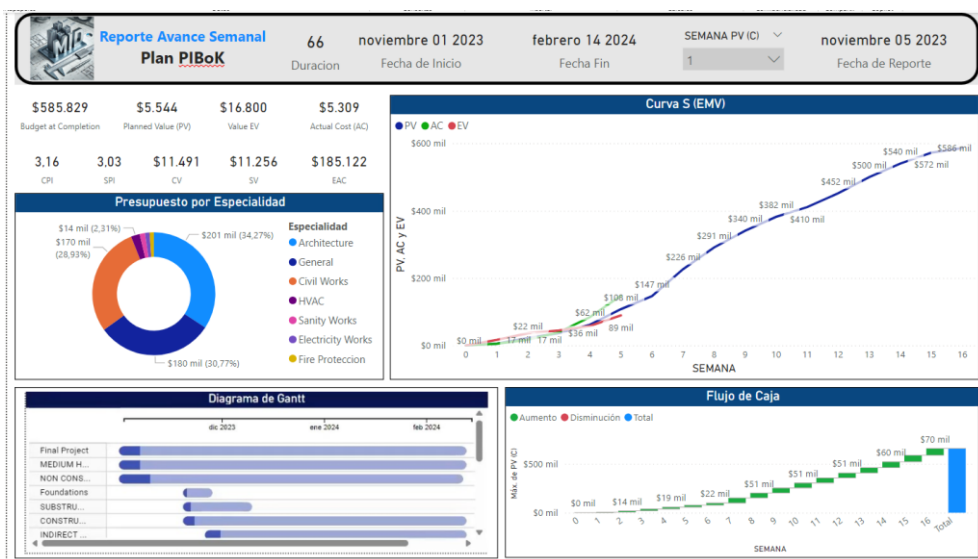
En la escuela de entrenamiento BIM TEDI Latam se tomaron otros cursos con el fin de alinearse a la estrategia nacional de transformación digital, alineados a BIM y PMI.

- POWER BI e interacción BIM: Plantilla de EVM
- Ms Project: Plantilla y EDT insumo de entrada de EVM
- Fundamentos BIM: estudio y marco de referencia de la metodología
- Industria 4.0: Estudio de la 4 Revolución Industrial y Gestión 4.0
- Habilidades Blandas: Industria 5.0 y habilidades blandas.
- Certificación BIM: modelación, especialista estructura, coordinación

Gestión del Valor ganado EVM. En esta parte se tomaron dos cursos uno de MS Project y aplicando la guía PMI y el curso de Power BI es la gestión de los datos generados por el presupuesto, esos datos pasan por el Query se hace una análisis y revisión de la data y como resultado una plantilla de control y monitoreo de indicadores (CPI, SPI), valores (PV, EV, AC, SV, CV, EAC), ver Figura 28.

Figura 28

Generación de Conocimiento: Gestión del Valor Ganado

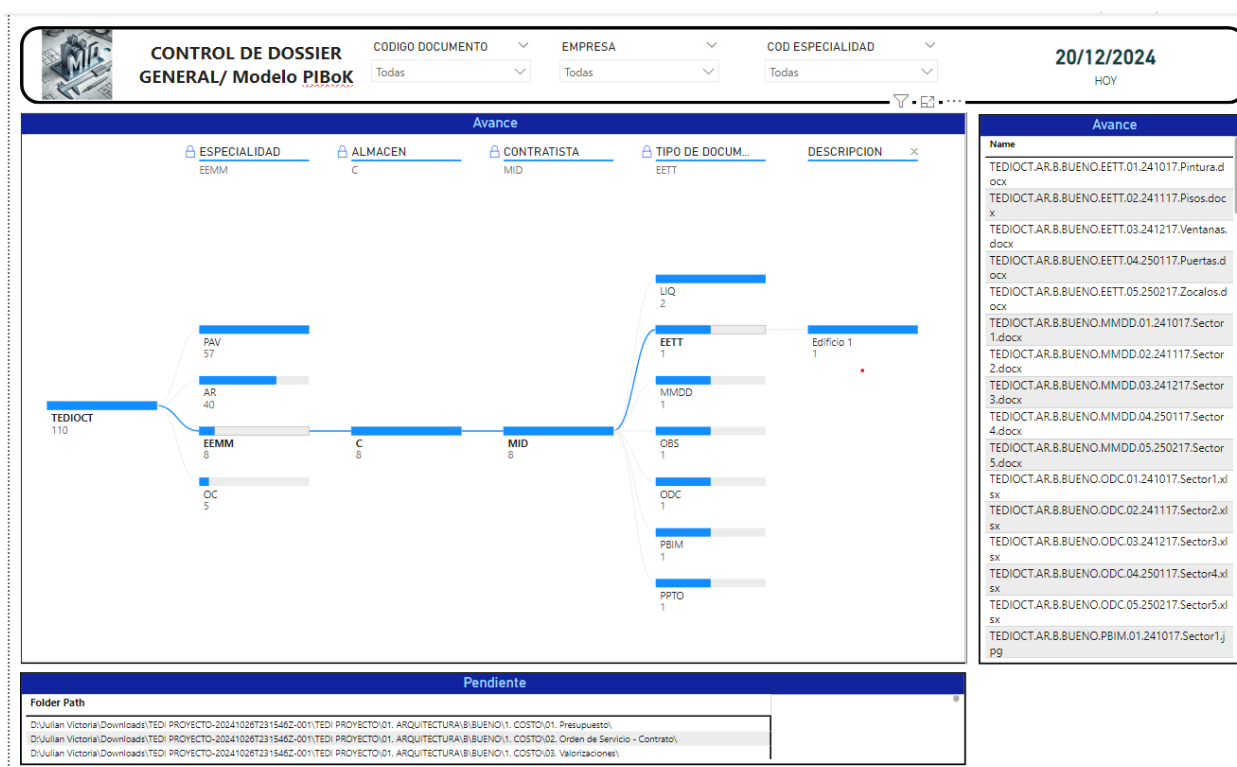


Nota. Plantilla elaborada en el curso Power BI, gestión del valor ganado.

Gestión de la calidad. Es esta parte del entrenamiento se desarrolló una herramienta de gestión de documentación un dossier de calidad, en la Figura 30 se hace una interoperabilidad a unas bases de datos (nube) y se revisan la documentación proyectada vs la documentación entregada y además monitorea y controla el protocolo de escritura de los archivos y un control de tallado por especialidad, alancen, contratistas, tipo de documento, descripción, avance. Pendientes y la dirección del archivo (navegador), ver Figura 29.

Figura 30

Dossier de Calidad para Gestión de los Interesados y Documentos



Nota. Plantilla elaborada en el curso Power BI, gestión de documentos.

Discusión

La implementación de BIM en proyectos de construcción representa un desafío técnico, organizacional y cultural, especialmente cuando se busca integrar esta metodología bajo los lineamientos del PMBOK. La adopción de BIM requiere cambios significativos en los flujos de trabajo, la interoperabilidad de la información y la capacitación del personal. Estas transformaciones afectan la forma de gestionar los proyectos, ya que se pasa de un enfoque tradicional a uno más colaborativo y digitalizado. Entre sus principales beneficios destaca la optimización de los procesos de planificación, ejecución y control, con modelos digitales que promueven la colaboración entre las partes interesadas y permiten una trazabilidad de la información en tiempo real. No obstante, la resistencia al cambio, la inversión inicial en tecnología y la necesidad de competencias digitales especializadas se presentan como los principales obstáculos para su adopción efectiva.

En este contexto, la norma ISO 19650 constituye un hito en la estandarización de la gestión de la información mediante BIM. La ISO 19650 establece lineamientos claros para la organización y digitalización de la información a lo largo del ciclo de vida de los proyectos de construcción, desde la planificación inicial hasta la operación y el mantenimiento de la infraestructura. La adopción de esta norma permite a los gerentes de proyecto garantizar la coherencia de los datos, mejorar la trazabilidad de la información y reducir los riesgos asociados a la fragmentación de la documentación. En Colombia, la aplicación de esta norma se encuentra alineada con la guía BIMKIT, desarrollada por Camacol y BIM Forum Colombia, la cual adapta los principios de la ISO 19650 al contexto colombiano. Esta guía sirve como un instrumento clave para facilitar la estandarización y la adopción de la metodología BIM en proyectos locales, promoviendo la interoperabilidad, la colaboración y la transparencia.

El desarrollo del modelo piloto basado en la integración de BIM y los lineamientos de PMBOK® evidenció beneficios tangibles, como la reducción de la duplicidad de la información y la mejora de la trazabilidad documental. Estos resultados subrayan la importancia de la colaboración entre los actores del proyecto y la visibilidad de la información en tiempo real. Sin embargo, la aplicación del modelo se observó bajo condiciones controladas, lo que sugiere la necesidad de fortalecer la capacitación en metodologías BIM y PMI, así como la exploración y actualización de los sistemas tecnológicos que respaldan estas nuevas metodologías en el sector de la construcción. La formación del personal y la adaptación de los equipos de trabajo se consideran factores determinantes para asegurar la adopción efectiva del modelo.

El uso de herramientas de código abierto y licencias temporales de software permitió minimizar la inversión inicial, facilitando la adopción gradual por parte de curadurías y otras instituciones públicas. Esta estrategia reduce la barrera de entrada para aquellas entidades con recursos limitados, fomentando la escalabilidad y la replicabilidad del modelo. No obstante, se recomienda contar con asesoría de expertos o realizar capacitaciones especializadas para maximizar los beneficios y garantizar la correcta implementación de estas herramientas. Este enfoque asegura una relación proporcional entre los costos y los beneficios obtenidos, reforzando la sostenibilidad financiera del modelo. Además, el modelo económico propuesto puede replicarse en otros proyectos, especialmente en aquellos donde la adopción de nuevas tecnologías enfrenta restricciones presupuestarias.

El desarrollo de los componentes clave del modelo incluyó la definición de roles y perfiles, el control de flujos de información, la gestión de los interesados y el uso de herramientas de software basadas en OpenBIM (IFC). Esta integración permitió alcanzar una mayor flexibilidad operativa y una distribución de la información más eficiente. La inclusión de

herramientas de bajo costo facilitó la participación de diversos actores en el proceso, reduciendo la barrera económica para la adopción de la metodología. Esta accesibilidad es fundamental para la escalabilidad del modelo en curadurías y entidades gubernamentales, garantizando su viabilidad en escenarios de recursos limitados.

Además, la aplicación de la norma ISO 19650 y la guía BIMKIT impulsa la estandarización de procesos a nivel internacional, permitiendo que los proyectos locales cumplan con los requisitos globales de interoperabilidad. Esta alineación favorece la competitividad de las empresas de construcción, permitiéndoles operar bajo estándares internacionales y acceder a nuevos mercados. La adopción de la normativa también permite la aplicación de tecnologías de vanguardia, como la automatización de procesos de control documental y la implementación de sistemas de análisis de datos. Estas herramientas permiten predecir riesgos y fomentar la mejora continua en la gestión de proyectos.

Conclusiones

Las conclusiones del proyecto sobre la implementación de un modelo piloto que integra la metodología Building Information Modeling (BIM) con los procesos del Project Management Body of Knowledge (PMBOK) para la gestión de licencias de construcción en Colombia resaltan la importancia de esta integración para abordar las deficiencias existentes en el sistema. En primer lugar, se ha experimentado que la adopción de BIM, junto con un enfoque estructurado como el que ofrece el PMBOK, mejora significativamente la eficiencia operativa de las curadurías urbanas. La digitalización de la información y la creación de modelos tridimensionales permiten una gestión documental más ágil, reduciendo los tiempos de revisión y minimizando errores en los trámites.

En segundo lugar, el proyecto ha evidenciado que la colaboración entre los diferentes actores involucrados en el proceso de licenciamiento se fortalece mediante la implementación de un Entorno Común de Datos (CDE). Este sistema centraliza la información del proyecto, facilitando una comunicación más fluida y una mayor transparencia en la gestión. La visibilidad en tiempo real de los datos contribuye a una mejor toma de decisiones y a la identificación temprana de posibles inconvenientes, lo que resulta en una gestión más proactiva y menos reactiva.

Un aspecto crucial que se ha destacado es la capacitación del personal como un factor determinante para el éxito de la implementación del modelo. La resistencia al cambio y la falta de competencias digitales son obstáculos que deben ser abordados mediante programas de formación específicos. Invertir en capacitación no solo mejora la adopción de nuevas tecnologías, sino que también empodera a los empleados, fomentando un ambiente de trabajo más colaborativo y eficiente. La formación continua se convierte en un pilar fundamental para

asegurar que el personal esté preparado para enfrentar los desafíos que conlleva la integración de estas metodologías.

Además, se ha identificado la necesidad de contar con un marco normativo que respalde la integración de BIM y PMBOK en el contexto colombiano. La alineación con estándares internacionales, como la norma ISO 19650, proporciona un marco de referencia que puede guiar a las entidades en la adopción de estas metodologías. La colaboración con organismos como Camacol y BIM Forum Colombia es esencial para adaptar estos lineamientos a las particularidades del país, asegurando así una implementación efectiva y sostenible que responda a las necesidades locales.

Otro hallazgo importante es que la implementación del modelo piloto ha permitido observar beneficios tangibles, como la reducción de la duplicidad de la información y la mejora de la trazabilidad documental. Estos resultados subrayan la importancia de la colaboración entre los actores del proyecto y la visibilidad de la información en tiempo real. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la aplicación del modelo se realizó bajo condiciones controladas, lo que sugiere la necesidad de fortalecer la capacitación en metodologías BIM y PMI, así como la exploración y actualización de los sistemas tecnológicos que respaldan estas nuevas metodologías en el sector de la construcción.

Asimismo, el uso de herramientas de código abierto y licencias temporales de software ha permitido minimizar la inversión inicial, facilitando la adopción gradual por parte de curadurías y otras instituciones públicas. Esta estrategia reduce la barrera de entrada para aquellas entidades con recursos limitados, fomentando la escalabilidad y la replicabilidad del modelo. No obstante, se recomienda contar con asesoría de expertos o realizar capacitaciones especializadas para maximizar los beneficios y garantizar la correcta implementación de estas herramientas.

Finalmente, los resultados obtenidos en este proyecto no solo son aplicables a la gestión de licencias de construcción, sino que también pueden ser replicados en otros ámbitos del sector de la construcción. La experiencia adquirida y los modelos desarrollados ofrecen un camino claro hacia la modernización de los procesos en la industria, promoviendo la innovación y la competitividad. En conclusión, la integración de BIM y PMBOK representa una oportunidad valiosa para transformar la gestión de proyectos en Colombia, contribuyendo a un desarrollo más eficiente y sostenible en el sector de la construcción.

Bibliografía

Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): tendencias, beneficios, riesgos y desafíos para la industria AEC. Liderazgo y gestión en ingeniería. Leadership and Management in Engineering, 241-252.

buildingSMART. (2012). buildingsmart. Obtenido de <https://www.buildingsmart.es/bim/>

Camacol. (2020). Gestión integrada de procesos en BIM. Colombia.

CAMACOL, B. F. (2019). BIMKit. Obtenido de CAMCOL: <https://camacol.co/productividad-sectorial/digitalizacion/bim-forum/bim-kit>

Casas, P. F., Castillo, M. M., & Pinedo, V. W. (05 de 02 de 2021). Modelo de gestión integrado de la Metodología BIM con la gestión de interesados, comunicaciones y recursos de la guía del PMBOK® en la elaboración de expedientes técnicos para proyectos de inversión pública para edificaciones. Lima, Peru: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Colombia, C. d. (29 de 10 de 1993). <https://www.suin-juriscal.gov.co/>. Obtenido de <tps://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=304>

DNP, & República, P. d. (17 de 07 de 2013). Departamento Nacional de Planeación y Presidencia de la República. Obtenido de <https://www.gov.co/home>:

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=53776>

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). Manual BIM: una guía para el modelado de información de construcción para propietarios, gerentes, diseñadores, ingenieros y contratistas. Nueva Jersey: Wiley.

España, G. d. (06 de 2023). PILAN BIM en la contratacion publica. Obtenido de <https://cibim.transportes.gob.es/>

ICONTEC. (17 de 02 de 2021). NTC-ISO 19650-1:2021. Obtenido de <http://surl.li/ybfzjd> :

<http://surl.li/ybfzjd>

LATAM, B. G. (2018). BIM GOB LATAM. Obtenido de <https://redbimgoblatam.com/>

Ministerio de Vivienda, C. T. (18 de 03 de 2022). <https://www.minvivienda.gov.co/>. Obtenido de

<https://www.minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0376-2022>

Ministerio de Vivienda, C. y. (17 de 07 de 2017). Resolución 0463. Obtenido de

<https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0463-2017-0>

Ministerio de Vivienda, C. y. (31 de 08 de 2020). Resolución 0441. Obtenido de

<https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0441-2020>

Ocasion, O. A., & Peña, C. (2023). Análisis del impacto de BIM y PMBOK en proyecto CAPS y

propuestas de mejora. Título a Especialización en gerencia de obras. Bogota,

Cundinamarca, Colombia: Universidad Católica De Colombia.

Oesterreich, T., & Teuteberg, F. (2016). Comprender las implicaciones de la digitalización y la

automatización en el contexto de la Industria 4.0: una agenda de investigación para la

industria de la construcción. *Computers in Industry*, 121-139.

Osorio M., L., & Guevara G, R. (2023). Propuesta para la gestión de proyectos de construcción

de viviendas según PMBOK y. Trabajo de grado para optar el título de Magíster en

Dirección y Gestión de Proyectos. Bucaramanga, Santander, Caolombia: Universidad

Santo Tomás.

Penn State, C. (2013). BIM Planning. Obtenido de BIM Uses, Version 0.9: <https://bim.psu.edu/>

Planeación, D. N., & DNP. (11 de 11 de 2021). Plan Nacional BIM. Obtenido de

<https://www.minvivienda.gov.co/>: <https://www.minvivienda.gov.co/node/44390>

PMI. (2017). Guía del PMBOK® (6ª ed.). En P. Project Management Institute, Guía del PMBOK®. Pensilvania: Instituto de Gestión de Proyectos.

PMI, P. M. (2016). Construction Extension to the PMBOK®. En P. M. PMI, PMBOK® Guide. Pensilvania: Instituto de Gestión de Proyectos. Obtenido de Project Management Institute: <https://www.pmi.org/>

Schwab, K. (2017). The Fourth Industrial Revolution. New York: Crown Business.

Victoria M., J. (2021). Plan de integración de los estándares project management institute (PMI) y la metodología building information modeling (BIM) a la gestión de proyectos de construcción para Colombia. Documento de investigacion. Cali, Valle del Cauca, Colombia: UNAD.