

Proyecto piloto BIM 7D para especificaciones técnicas. Caso de estudio en viviendas fiscales BNL01 de la Armada de Colombia

Pilot project on BIM 7D for technical specifications – case study of BNL01 official housing of the colombian Navy

Daniel Eduardo Ramírez Rivas¹, Paulo Andrés Romero Larrahondo²

¹<https://orcid.org/0009-0005-8767-8723>, Universidad Nacional, Bogotá, Colombia, dramirezri@unal.edu.co

²<https://orcid.org/0000-0002-3250-3222>, Universidad Nacional, Colombia, paromerol@unal.edu.co

Fecha de recepción: 09/05/2025
Fecha de aceptación del artículo: 20/10/2025



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No comercial-SinObraDerivada 4.0 internacional.

DOI: <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.12791>

D. E. Ramírez Rivas y P. A. Romero Larrahondo, "Proyecto piloto BIM 7D para especificaciones técnicas. Caso de estudio en viviendas fiscales BNL01 de la armada de Colombia", *Avances*, vol. 22, no. 2 (julio-diciembre), Dic. 2025, doi: <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.12791>

Resumen

En Colombia, el gobierno nacional promueve el uso de nuevas tecnologías en las entidades estatales para su desarrollo competitivo. En este contexto, el presente documento evidencia la adaptación de herramientas 7D BIM para la estructuración de mantenimientos en las viviendas fiscales de la Armada de Colombia. Se adoptó una metodología basada en la triangulación de datos provenientes de tres casos de estudio con experiencias comparables en el contexto nacional, con el objetivo de contribuir a la construcción de una base estructurada y confiable de apoyo para toma de decisiones robustas en la ruta de integración de esfuerzos para la integración del BIM 7D. El desarrollo del proyecto piloto permitió validar el uso efectivo de la información para alimentar los modelos digitales, garantizando la generación de entregables confiables que contribuyen a fortalecer las capacidades de los estructuradores técnicos en su desempeño contractual.

Palabras clave: BIM, estudio de caso, mantenimientos, militar, proyecto piloto, viviendas fiscales, 7D.

Abstract

In Colombia, the national government promotes the adoption of new technologies within state entities to enhance their competitive development. This document presents the adaptation of 7D BIM tools for structuring maintenance processes in the fiscal housing of the Colombian Navy. To achieve this objective, data triangulation was conducted across three national cases with comparable experiences, providing a robust foundation for decision-making in integrating BIM 7D efforts. The development of the pilot project enabled the validation of results regarding the effective use of information to feed the modeling process. The project concludes with generating reliable deliverables to strengthen the technical structures' capacity to enhance their contractual roles.

Keywords: BIM, case study, maintenance, military, pilot project, official housing, 7D.

1. Introducción

La gestión eficiente del mantenimiento de infraestructuras estatales representa un reto creciente en Colombia, en particular en el sector de defensa. En el plan naval de infraestructura “Olimpo” [1] se reconoce explícitamente la necesidad de implementar una herramienta centralizada que permita la estructuración, control y seguimiento de los mantenimientos en el ámbito nacional, en respuesta a factores sensibles como la falta de personal, recortes presupuestales y dificultades de acceso a las edificaciones.

En ese sentido, la metodología *Building Information Modeling* (BIM), en su dimensión 7D, orientada a operación y mantenimiento, surge como una solución tecnológica emergente capaz de optimizar la gestión de la información, promover la sostenibilidad y mejorar la eficiencia en la administración de activos construidos. Para evaluar el estado actual de conocimiento en esta materia se realizó una revisión sistemática de bibliografía (RSL) de alcance internacional y nacional. Esta revisión identificó quince publicaciones que destacan la necesidad de nuevas investigaciones aplicadas [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], así como proyectos, planes piloto y estudios de casos relevantes [11], [12], [13], planes piloto [14], [8], [15]. No obstante, se identificó un vacío significativo en el contexto colombiano: la ausencia de casos de estudio locales documentados que permitan verificar de manera textual y completa la aplicabilidad de BIM 7D en operación y mantenimiento.

A partir de este aspecto, este estudio define una hoja de ruta basada en preguntas de investigación, siguiendo la metodología propuesta por McArthur [16], en su marco conceptual, para la gestión de activos existentes mediante BIM. Se adopta un enfoque de estudio de caso múltiple orientado a la obtención de evidencia, que sea convergente, conforme a los lineamientos metodológicos de Yin [17], en los que se busca

replicar hallazgos por medio del análisis de experiencias comparables.

Con base en lo anterior, este artículo consolida información de prácticas exitosas en el ámbito nacional, las cuales sirven como base para estructurar un proyecto piloto que se alinea con las directrices del Plan BIM 2026 [18]. Además, se argumenta la relevancia estratégica de esta iniciativa como modelo replicable para otras entidades del sector defensa, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS); en particular, el ODS 9, relacionado con industria, innovación e infraestructura.

El documento termina con una propuesta de metodología de implementación BIM 7D, diseñada para estructurar especificaciones técnicas, definir roles institucionales y planificar intervenciones de mantenimiento de forma sostenible y eficiente, alineadas con principios de gestión de activos basados en información digital.

2. Justificación: ¿por qué las viviendas fiscales BNL01(BNI)?

La Armada de Colombia, en cumplimiento de sus funciones institucionales, ha identificado la necesidad de implementar una herramienta centralizada para la gestión del mantenimiento de su infraestructura terrestre. De acuerdo con el análisis técnico realizado en esta investigación, la armada posee un total de 3611 edificaciones distribuidas en el territorio nacional. De éstas, la Jefatura de Operaciones Logísticas (JOLA) administra 1743 bienes inmuebles, lo que representa el 48,26 % del total, convirtiéndola en la unidad con mayor cantidad de activos construidos.

Al analizar la distribución geográfica de dichos activos, se evidencia que el 63 % de las edificaciones administradas por la JOLA se encuentran bajo la jurisdicción de la Fuerza Naval del Caribe, lo que posiciona a esta región como el área de mayor concentración

e influencia. Así mismo, se estableció que el tipo de infraestructura predominante corresponde a los alojamientos militares de uso familiar, comúnmente denominados viviendas fiscales, con un total de 1355 unidades, lo que representa el 77,7 % del inventario gestionado por la JOLA.

En función de estas condiciones, se seleccionó como caso piloto la casa fiscal (CF) número 100 de la Base Naval Bolívar (BN1), dado que cumple con los dos criterios principales de análisis: pertenencia a la FNC y tipología de vivienda fiscal. Adicionalmente, esta edificación se desarrolló como parte de un proyecto tipo, cuya construcción se replicó en al menos doce unidades, lo que le otorga un carácter representativo y facilita su elección como modelo de referencia. Esta reiteración constructiva permite además establecer patrones comparables y transferibles a otras unidades habitacionales similares dentro del parque inmobiliario de la armada, favoreciendo su estandarización y escalabilidad en futuras aplicaciones de la metodología BIM 7D.

3. Metodología

La presente investigación se enmarca en un enfoque descriptivo, dado que busca analizar, comprender y caracterizar el uso de herramientas correspondientes al séptimo nivel de madurez del *Building Information Modeling* (BIM 7D). En concordancia con este propósito, se adopta como método principal el estudio de caso fundamentado en antecedentes que evidencian su eficacia para explorar fenómenos contemporáneos en contextos reales, especialmente cuando la frontera entre fenómeno y contexto no está claramente definida [17].

El estudio de caso permite, en este contexto, generalizaciones analíticas a partir de casos particulares, con el objetivo de expandir y validar teorías aplicadas a escenarios similares. Como lo plantea Yin [17], “En lugar de pensar en su(s) caso(s), como una muestra de pensar en su estudio de caso,

como la oportunidad de arrojar luz empírica sobre algunos conceptos o principios teóricos”. Así, la lógica subyacente no es la extrapolación estadística de resultados, sino la producción de evidencia replicable que fortalezca el desarrollo teórico.

En esta investigación se recurre a un diseño de estudio de casos múltiple, en el cual se analizan diversos antecedentes de implementación de BIM 7D en contextos nacionales, con el fin de identificar patrones comunes, procedimientos transferibles y aprendizajes que puedan ser adaptados a las condiciones específicas de la armada nacional. Este enfoque permite construir una serie de conclusiones integradas (cross-case conclusions), a partir de la convergencia de hallazgos obtenidos en cada unidad de análisis.

Desde el punto de vista temporal, la investigación ha adoptado un diseño transversal al centrarse en un momento determinado del ciclo de vida de estos activos construidos: la fase de operación y mantenimiento. Esta relación metodológica responde al objetivo de examinar cómo se implementan las herramientas BIM en dicho estadio del ciclo constructivo y permite evaluar de forma simultánea diversas variables como los roles asignados a los actores, las herramientas empleadas en la modelación y los lineamientos seguidos para alimentar el modelo con información técnica pertinente. Según Ayala [19], La investigación transversal “Se realiza en un momento único, ya determinado”. Lo que resulta especialmente adecuado para el análisis de casos comparables en un marco temporal común.

Como parte del diseño metodológico. Se formuló un conjunto de preguntas problema orientadas a resolver interrogantes claves sobre el fenómeno objeto de estudio: la implementación del modelo BIM 7D en la vivienda fiscal 100 de la Base Naval Bolívar (BN1).

Estas preguntas, centradas en el enfoque del “cómo”, permiten estructurar una agenda investigativa que guíe la exploración empírica con los principios del estudio de caso y se enuncian de la siguiente manera:

- ¿Cómo estimar y organizar el nivel de esfuerzo requerido para la elaboración del modelo?
- ¿Cómo enfrentar la incertidumbre derivada de documentación incompleta del activo construido?
- ¿Cómo identificar la información crítica necesaria para garantizar operaciones sostenibles?
- ¿Cómo gestionar la transferencia de información entre el modelo BIM y otras plataformas o herramientas asociadas?

Estas preguntas orientan la recolección y análisis de datos mediante una lógica de réplica teórica, en la cual se seleccionan al menos dos casos adicionales con condiciones similares y resultados exitosos, con el fin de contrastar y validar las estrategias empleadas. De esta forma, el protocolo de investigación se configura como un esquema replicable, en el que la repetición controlada de variables con distintas condiciones permite verificar la consistencia de los resultados en la línea con la lógica de los experimentos analíticos de diseño de casos propuestos por Yin [17].

4. Descripción de casos, de acuerdo con las preguntas investigativas

Con el objetivo de contrastar los hallazgos y validar el modelo metodológico propuesto se identificaron tres casos de referencia en el contexto colombiano que aplican herramientas BIM en fase de operación y mantenimiento de edificaciones. Estos casos se categorizaron de la siguiente manera (tabla 1):

Tabla 1. Asignación categórica de casos.

#	Caso	Empresa /Entidad	Contexto
1	Aeropuerto Internacional el Dorado	OPAÍN S.A.	Gestión de la Infraestructura Aeroportuaria
2	Complejo Hospitalario San Juan De Dios	RENOBO	Restauración de Patrimonio Histórico
3	Ecosistema Empresarial Conecta 26	TERRANUM	Flujo de Información para Espacios Compartidos

Estos estudios de caso proporcionan evidencia empírica clave para responder a las preguntas planteadas. A continuación, se presentan los hallazgos originados por cada una de dichas preguntas:

- ¿Cómo estimar y organizar el nivel de esfuerzo requerido para la elaboración del modelo?

Caso 1. Inicia con un nivel de madurez BIM cero, separando la edificación en módulos estructurales, enfocando el esfuerzo en la revisión de planimetrías con personal a cargo de la modelación y gestión de BIM de forma *inhouse*, método de levantamiento más usado CAD to BIM, con rectificación en trabajo de campo.

Caso 2. A través del área encargada se establecen anexos técnicos para consultorías que permitan desarrollar el nivel de BIM necesario en los componentes de las edificaciones, se enfocan en el estado de la edificación y sus modificaciones en línea de tiempo con personal externo especializado. Método de levantamiento más usado SCAN to BIM, complementado con trabajo de campo.

Caso 3. De acuerdo con el nivel de complejidad de la edificación, su cadena de valor e información confidencial, se recomienda realizar visitas de validación con equipo técnico o contratistas para el levantamiento geométrico de la

infraestructura y con el equipo constructor, supervisor o de gestión para alimentar los modelos e integrar información que permita su mantenimiento dentro de los repositorios de la entidad.

- ¿Cómo enfrentar la incertidumbre derivada de documentación incompleta del activo construido?

Caso 1. Si bien la información está completa en forma digital, a través del tiempo se han realizado modificaciones, que una vez modelado de forma preliminar el CAD, la interacción con otros departamentos permiten realizar los ajustes necesarios.

Caso 2. En su mayoría, la información se encuentra desglosada en diferentes repositorios, lo cual dificulta el levantamiento preliminar, por lo que se realiza un levantamiento del estado actual y se complementa con información que se vaya identificando para alimentar la historia del sistema constructivo en el modelo.

Caso 3. Se utiliza el CAD como fuente principal. En sesiones con las empresas constructoras se complementa la información que sea posible obtener. Luego, se procede a parametrizar los espacios para realizar visitas de validación con el equipo de desarrollo mediante recorridos con parámetros de medición.

- ¿Cómo identificar la información crítica necesaria para garantizar operaciones sostenibles?

Caso 1. A través de las revisiones de diseño y en el momento de la actualización del modelo, se plantea en la modernización de instalaciones el remplazo de elementos que permiten incluir la sostenibilidad en la operación del edificio.

Caso 2. De acuerdo con el estado de los sistemas constructivos en función de su lenguaje arquitectónico y estructural, en el momento de la restauración se toman las

decisiones propicias del caso utilizando el modelo como pieza gráfica.

Caso 3. Se incluyen los datos detallados en las familias BIM utilizando fichas técnicas y el dossier de los elementos. Estos datos enriquecen la representación de los activos construidos, permitiendo una gestión efectiva y eficiente a lo largo de su ciclo de vida. Se aborda la conexión estratégica de las familias BIM para una gestión óptima de activos, debido a que permite detectar y abordar rápidamente problemas potenciales. Además, posibilita la optimización de los sistemas de gestión de edificios, lo que contribuye a mejorar la eficiencia operativa y la sostenibilidad a largo plazo, garantizando la eficacia y durabilidad de los proyectos construidos.

- ¿Cómo gestionar la transferencia de información entre el modelo BIM y otras plataformas o herramientas asociadas?

Caso 1. De acuerdo con los permisos correspondientes en el CDE empresarial del modelo, se solicita la información. El área encargada accede a la información de mantenimiento que aparece como documento en la carpeta del activo construido

Caso 2. Teniendo en cuenta que a la fecha no se tiene experiencia en este campo, se planea ejecutar de forma gráfica en el modelo y por medio de una capacitación al momento de la búsqueda de información.

Caso 3. La importancia de la veracidad de la información y los elementos del modelo radica en que éste se convierte en un repositorio dinámico y centralizado de la información del inmueble. Esto se convierte en un ambiente común de información, que permite asignar carpetas, permisos o roles y un lugar confiable y centralizado para la organización por lo cual toda la documentación, como fichas técnicas, garantías, plan de mantenimiento y directorios, debe vincularse desde el

cuadro de propiedades de cada familia del proyecto mediante URL en la nube. Con esta organización, a través de metodologías ágiles, de acuerdo con sus roles y permisos otorgados en el modelo, se crea la hoja que entrega el fabricante o contratista, se ajusta con la plataforma contable, acuerdos, tablas de depreciación y mantenimientos de forma manual.

5. Análisis de la información

Para el análisis cualitativo de los casos de estudio, se empleó el *software* ATLAS.ti, herramienta que permitió realizar la triangulación de información en función de las proposiciones formuladas en esta investigación. La codificación de los datos se realizó a partir de palabras claves identificadas en las descripciones de cada caso, las cuales fueron agrupadas en citas que

funcionan como unidades de significado. Este procedimiento facilitó la consolidación de patrones comunes y permitió establecer convergencias temáticas entre los casos analizados, en relación directa con las preguntas de investigación planteadas.

A continuación, se presentan los resultados de este proceso de triangulación, evidenciando cómo las citas extraídas reflejan las ideas centrales que sustentan las proposiciones analíticas del estudio (figuras 1 a 4).

En la figura 1 se evidencian las citas que sustentan la necesidad de estandarizar, de manera gradual, los requisitos mínimos en función del uso y los objetivos del BIM, apoyándose en la experiencia progresiva que la organización adquiere en el manejo de estas herramientas.

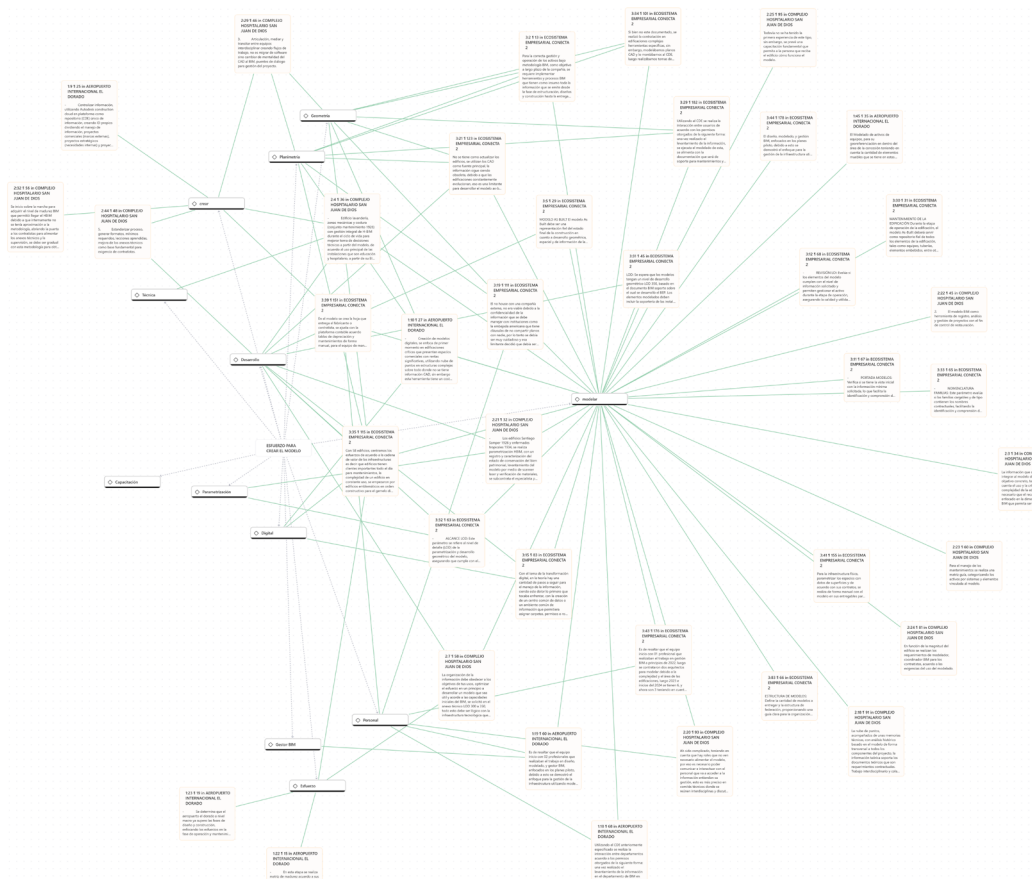


Figura 1. Mapa de citas de las evidencias de los casos en respuesta a la proposición “Esfuerzos para crear el modelo” (imagen en alta definición para observar detalles).

Se concluye que el esfuerzo requerido para la elaboración del modelo no depende exclusivamente de las herramientas de levantamiento, sino que resulta fundamental una estrategia integral para complementar la información, en la que el trabajo de campo se posiciona como un pilar esencial para la generación de modelos as-built.

La figura 2 reúne un conjunto de citas que resaltan la importancia del uso de modelos BIM en la gestión de activos, particularmente mediante la integración con entornos de Digital Twin en proyectos de construcción.

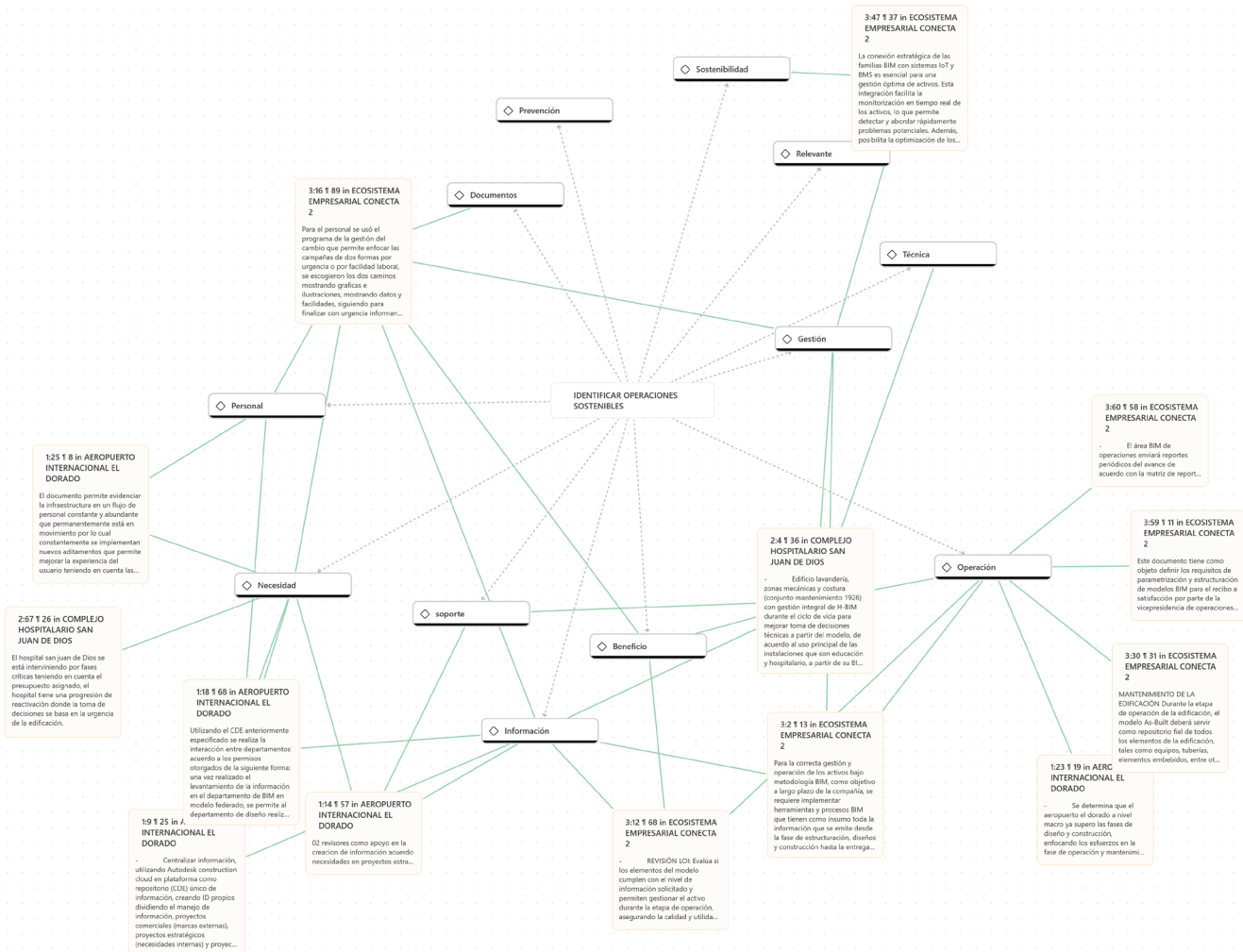


Figura 2. Mapa de citas de las evidencias de los casos en respuesta a la preposición "Identificar operaciones sostenibles" (imagen en alta definición para observar detalles).

Esta articulación permite optimizar la eficacia operativa y la durabilidad de los activos edificados. Así mismo, se hace énfasis en el valor del modelo como soporte gráfico que facilita la incorporación de

información no geométrica, lo que resulta clave para integrar de manera efectiva la dimensión 6D del BIM orientada a las actividades de mantenimiento.

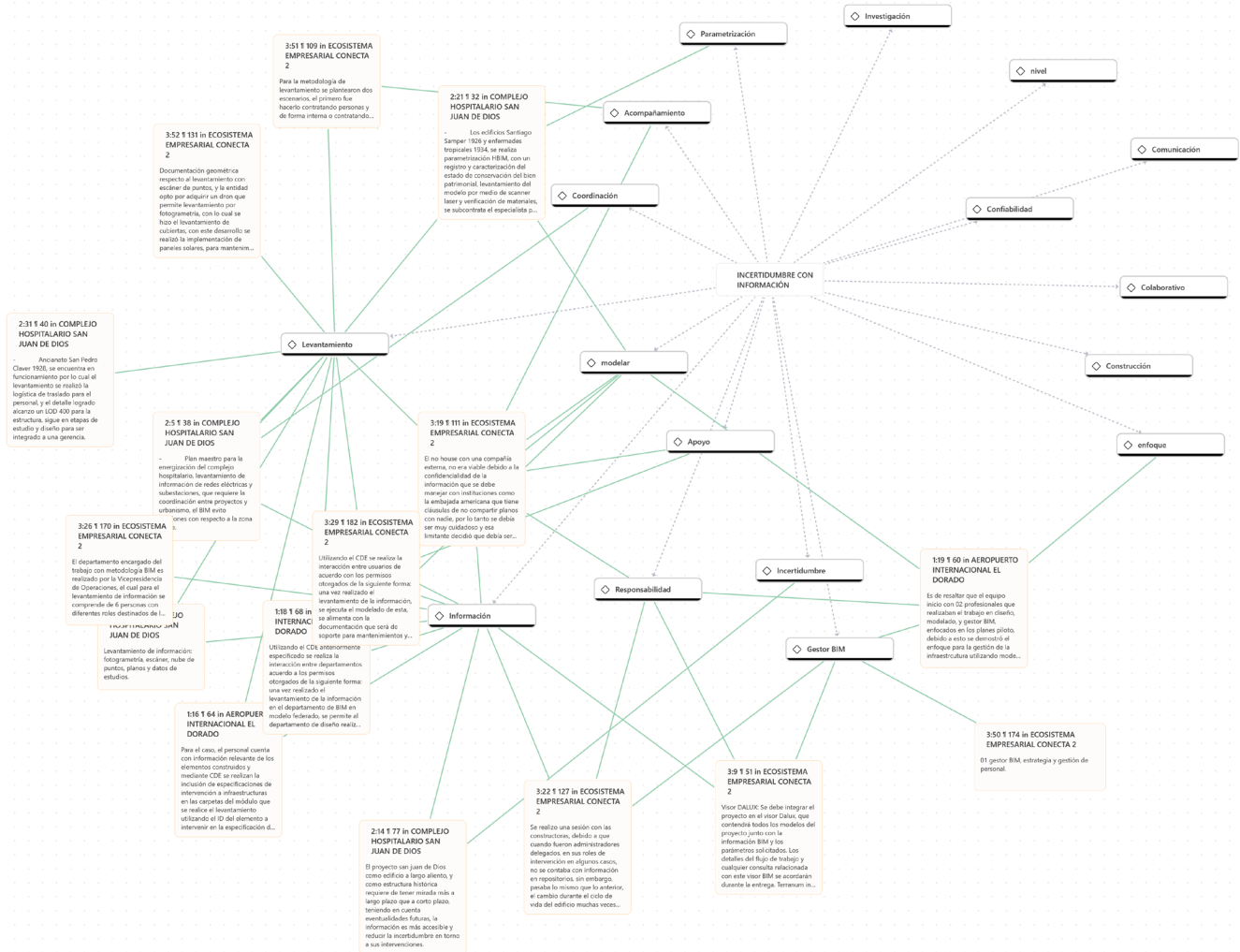


Figura 3. Citas de las evidencias de los casos en respuesta a la preposición “Incertidumbre con información incompleta” (imagen en alta definición para observar detalles).

Las citas representadas en la figura 3 evidencian, en los tres casos analizados, que la interacción interdisciplinaria y el trabajo colaborativo desempeñan un papel fundamental en la gestión de la incertidumbre durante la creación del modelo. La presencia de información desactualizada u obsoleta

tiende a generar reprocesos que dificultan la consolidación del modelo BIM. Por ello, se considera recomendable establecer mesas de trabajo técnicas que permitan consensuar niveles de aceptación de la información disponible, definiendo criterios claros para su incorporación al modelo.

6. De proposiciones generales a la particularidad del estudio de caso.

Una vez definidos los contextos de los casos de estudio y su relación con las hipótesis metodológicas planteadas en este trabajo, se formulan una serie de afirmaciones generalizables que permiten establecer consideraciones claves para la adaptación y evolución del estudio de caso específico. Estas afirmaciones vinculan la evidencia empírica recopilada con principios analíticos que fortalecen la validez externa del enfoque propuesto para la implementación de BIM 7D en el contexto nacional.

- ¿Cómo estimar y organizar el nivel de esfuerzo requerido para la elaboración del modelo?

Afirmación general. Se requiere la estandarización progresiva de requisitos mínimos, en coherencia con el uso previsto y los objetivos estratégicos de la metodología BIM. Esta estandarización debe implementarse de forma gradual, conforme la organización adquiera experiencia en el manejo de estas herramientas, las cuales desempeñan un papel central en la toma de decisiones relacionadas con la estructuración del modelo. Cabe destacar que el esfuerzo requerido para desarrollar el modelo no depende exclusivamente de las herramientas de levantamiento utilizadas, sino principalmente de la estrategia adoptada para complementar la información. En ese sentido, el trabajo de campo se configura como un componente fundamental para la generación de modelos *as-built* precisos y funcionales.

Afirmación adaptada al estudio de caso. Se establecen lineamientos específicos que orientan el enfoque del modelo hacia la estructuración de actividades de mantenimiento, priorizando criterios de sostenibilidad aplicados a edificaciones existentes.

- ¿Cómo enfrentar la incertidumbre derivada de documentación incompleta del activo construido?

Afirmación general. La interacción interdisciplinaria y el trabajo colaborativo resultan fundamentales para gestionar la incertidumbre inherente a la ausencia o desactualización de la documentación técnica del edificio. La información obsoleta o fragmentada tiende a generar reprocesos que dificultan la consolidación del modelo, por lo cual es recomendable implementar mesas de trabajo especializadas que permitan consensuar criterios y establecer niveles de aceptación para la información que se incorpora en el modelo BIM.

Afirmación adaptada al estudio de caso. Se propone la construcción de un modelo preliminar que pueda ser objeto de modificaciones y actualizaciones sucesivas, integrándose como parte del flujo operativo del personal encargado de la estructuración.

- ¿Cómo identificar la información crítica necesaria para garantizar operaciones sostenibles?

Afirmación general. El modelo BIM, entendido como soporte gráfico ampliado, permite integrar información no geométrica relevante de la edificación, lo que resulta esencial para incorporar la dimensión 6D del BIM en las actividades de operación y mantenimiento. Esta capacidad de integrar datos técnicos contextuales facilita la toma de decisiones orientadas a la sostenibilidad a lo largo del ciclo de vida del activo.

Afirmación adaptada al estudio de caso. A través de visitas técnicas, el reconocimiento de materiales no identificados previamente y el análisis de antecedentes contractuales, es posible recopilar información crítica que sustente la ejecución de actividades de mantenimiento bajo criterios de sostenibilidad.

- ¿Cómo gestionar la transferencia de

información entre el modelo BIM y otras plataformas o herramientas asociadas?

Afirmación general. El modelo BIM debe funcionar como un canal estructurado de diálogo entre los equipos de mantenimiento y modelación, en un entorno controlado que promueva el aprendizaje mutuo.

Para que esta transferencia sea efectiva es necesario vincular de forma adecuada los entregables digitales, asegurando su pertinencia y aplicabilidad en las actividades operativas concretas.

Afirmación adaptada al estudio de caso. El entregable final debe representar gráficamente o de manera esquemática las actividades paramétricas de mantenimiento, facilitando su incorporación como soporte técnico en la estructuración de anexos contractuales y procedimientos de intervención.

En conjunto, esta relación entre afirmaciones generales y adaptadas permite validar el Plan de Ejecución BIM (BEP) propuesto, sustentado en casos de éxito aplicados al contexto colombiano. Las connotaciones de enfoque y uso demuestran la viabilidad

de aplicar principios de interoperabilidad, sostenibilidad y gestión estratégica de activos en la implementación progresiva del BIM 7D.

7. Proyecto piloto vivienda fiscal 100 Isla Manzanillo – BNL01

Para la demostración de los resultados obtenidos, la estructuración del Plan de Ejecución BIM (BEP, por su sigla en inglés: BIM Execution Plan) toma como referencia el “BIM KIT” de Camacol [20]. El BEP es un documento técnico-estratégico que define los procedimientos, responsabilidades, herramientas, niveles de desarrollo, flujos de trabajo y entregables relacionados con la implementación de la metodología BIM en un proyecto determinado. En este caso, se emplea para organizar de manera sistemática las especificaciones asociadas al uso de BIM en las fases de operación y mantenimiento —correspondientes al séptimo nivel de madurez—. Este enfoque metodológico permite establecer una planificación estructurada, orientada a prolongar la vida útil de las instalaciones, en línea con los lineamientos propuestos por BIM&CO [21].

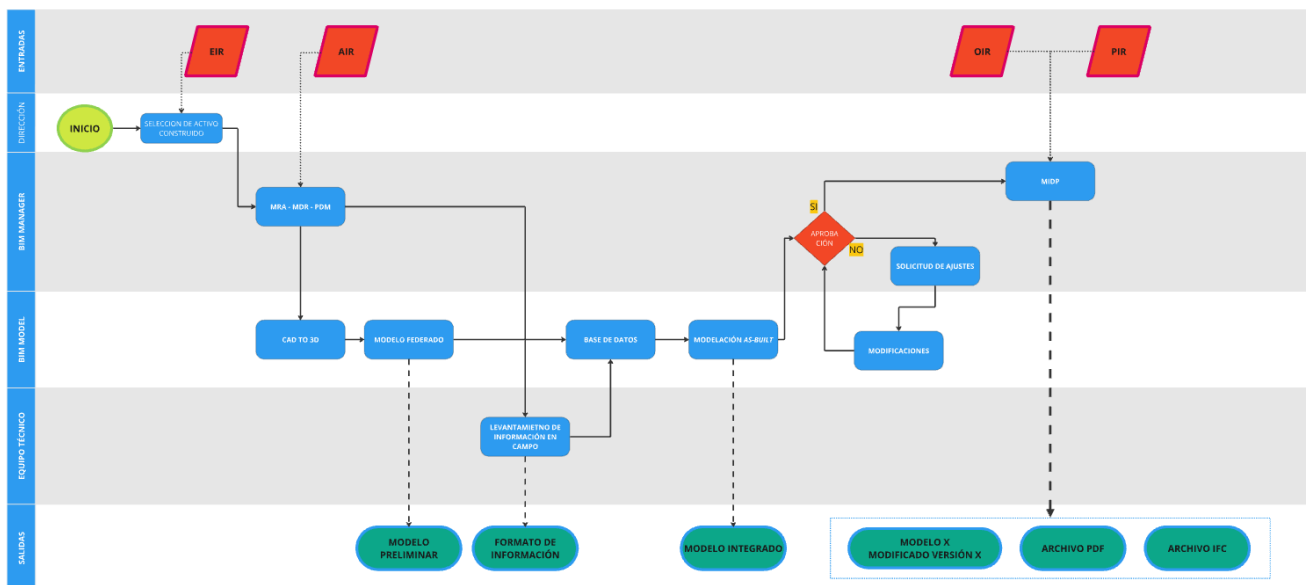


Figura 5. Mapa de procesos para el flujo de trabajo.

Aplicando este plan, se procede con el modelado de la casa fiscal 100, atendiendo a su estructura de familias y nomenclatura, lo cual permite una alineación organizada y coherente de la información correspondiente a cada sistema constructivo, tal como se evidencia en los siguientes resultados.

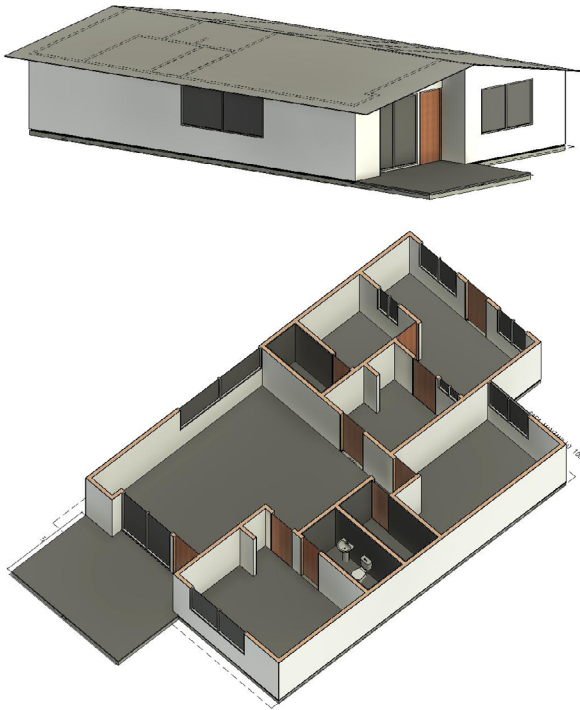


Figura 6. Modelo de vivienda fiscal 100.

El modelado da lugar a la construcción de una base de datos estructurada, alimentada mediante formatos de información que permiten incorporar las especificaciones de materiales vigentes en cada componente del modelo. En los casos en que se detectan inconsistencias o vacíos en la información técnica, se gestionan solicitudes de actualización o remplazo de fichas técnicas, con el fin de integrar de manera eficiente la dimensión 6D del BIM, relacionada con la sostenibilidad y el mantenimiento. Con base en esta información enriquecida, se procede a definir las especificaciones de mantenimiento codificadas por sistema constructivo, estableciendo criterios precisos para su gestión operativa durante la fase de uso del activo.

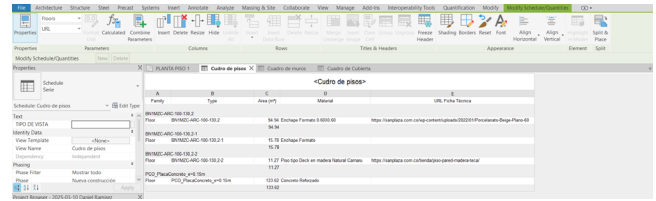


Figura 7. Modelado de la información vinculado a fichas técnicas y especificaciones de mantenimientos para pisos.

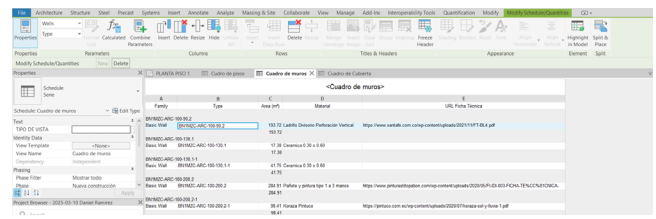


Figura 8. Modelado de la información vinculado a fichas técnicas y especificaciones de mantenimientos para muros.

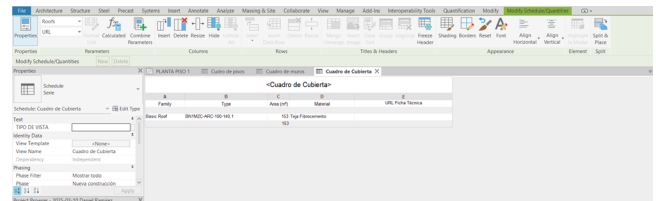


Figura 9. Modelado de la información vinculado a fichas técnicas y especificaciones de mantenimientos para cubiertas.

Las figuras integran información relacionada con las especificaciones geométricas, las fichas técnicas y los procedimientos de mantenimiento correspondientes a los distintos niveles de la edificación. Esta información, organizada en el modelo, permite que cada intervención registrada pueda ser consultada de manera ágil mediante un solo clic, consolidándose así en un repositorio digital accesible que facilita su trazabilidad y análisis posterior.

8. Discusión de los entregables

Se llevó a cabo la simulación del modelo en un software de código abierto compatible con BIM, con el propósito de verificar visualmente

la consistencia del trabajo colaborativo desarrollado. Esta simulación permitió evaluar el comportamiento del modelo en un entorno independiente y confirmar la interoperabilidad de la información. Posteriormente, se elaboró un cuadro comparativo de indicadores que permitió contrastar los resultados del modelo propuesto con respecto al enfoque utilizado.

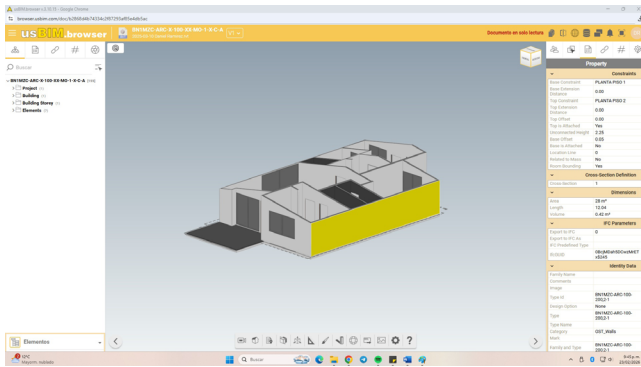


Figura 10. Visual del modelo con open BIM.

La visualización del modelo posibilita la identificación preliminar de sus propiedades, estimando el estado general de la edificación. A través de la nomenclatura del modelo se localiza su ubicación física y, gracias a la documentación vinculada, se evidencia una mejora sustancial en la estructuración de especificaciones técnicas destinadas al personal profesional de la Armada de Colombia.

En concordancia con esta propuesta, se procedió a comparar estos resultados con los informes de supervisión publicados en la plataforma Secop II, específicamente para el contrato 0040-ARC-CBNL01-2024, correspondiente a la última vigencia de intervenciones en viviendas fiscales, con el fin de validar los aportes documentados en el presente estudio.

Tabla 2. Indicadores de comparación para la estructuración de especificaciones técnicas.

Indicadores	BIM 7D	Informes de Supervisión SECOP II
Nivel de detalle	OPAÍN S.A.	Gestión de la Infraestructura Aeroportuaria
Accesibilidad a la información	A través de las propiedades de los elementos se permite el acceso a sus especificaciones	Las descritas contractualmente
Flujo de trabajo	Información de quienes intervienen en la realización de actividades de acuerdo con sus idoneidades	Responsabilidad visible sólo del supervisor
Control para la ejecución de contratos	Control de cronograma, acuerdo pagos por avance modelado e intervenciones especificadas dentro de éste	Acuerdo porcentaje de ejecución

La tabla 2 sintetiza el proceso de verificación mediante indicadores comparativos aplicados durante la etapa de estructuración contractual, considerando variables claves para la toma de decisiones basadas en información visual y paramétrica. Los informes de supervisión —de carácter contractual— constituyen una herramienta comúnmente utilizada como repositorio de avance del proyecto. Sin embargo, su estructura tradicional resulta limitada frente al potencial del modelo BIM 7D, que puede integrarse como un repositorio activo y dinámico. Así mismo, tanto los estudios previos como los pliegos de condiciones se benefician de esta lógica documental, reforzando el ecosistema técnico de información.

La comparación entre ambos enfoques permite concluir que el uso de BIM 7D aumenta la trazabilidad, el control y la transparencia en la ejecución contractual. En particular, fortalece el papel del estructurador técnico, quien a partir de esta herramienta puede definir de forma precisa las convenciones de mantenimiento

y, en articulación con el supervisor de obra, asegurar un control riguroso sobre el cumplimiento del proveedor durante la ejecución del contrato.

9. Conclusiones

A lo largo del presente artículo se han documentado y analizado casos de éxito en el contexto nacional que evidencian el impacto positivo de la implementación de la metodología BIM 7D, tanto en el sector público como en el privado. En particular, se ha demostrado que su aplicación contribuye significativamente a la estructuración técnica, la trazabilidad documental y la sostenibilidad operativa de los activos construidos. No obstante, el éxito de esta implementación depende, en gran medida, del compromiso y la disposición del talento humano involucrado. Cuando los actores responsables del trabajo colaborativo carecen de motivación o muestran resistencia ante prácticas innovadoras, la adopción de herramientas digitales se ve obstaculizada, reduciendo el potencial transformador de la metodología.

Por tal motivo, se recomienda que las entidades promotoras de la digitalización — en este caso, instituciones como la Armada de Colombia— implementen mecanismos de seguimiento gradual de la madurez BIM organizacional, asegurando que el proceso de transición tecnológica sea progresivo, inclusivo y exento de traumatismos operacionales. La capacitación continua, la asignación clara de roles y la creación de entornos de aprendizaje colaborativo deben ser pilares fundamentales de esta estrategia.

El uso eficiente de modelos BIM en el séptimo nivel (BIM 7D) ha demostrado ser una herramienta clave para gestionar de forma integrada la información técnica durante el ciclo de vida de las edificaciones. El desarrollo del proyecto piloto en la vivienda fiscal 100 de la Base Naval Bolívar constituye una evidencia sólida de viabilidad y pertinencia, y sienta las bases para su replicabilidad en edificaciones

de mayor complejidad o con mayores restricciones técnicas. En ese sentido, se destaca la necesidad de condicionar el BEP a las particularidades de cada proyecto, de forma que el proceso colaborativo no sólo sea viable, sino también efectivo en términos operativos y contractuales.

De cara a futuras investigaciones, se recomienda profundizar en la integración progresiva de dimensiones superiores del modelado BIM, como el 8D (seguridad y salud) [22], 9D (inclusión de metodologías Lean Construction) [23] y 10D (construcción industrializada) [24].

Adicionalmente, se identifica como línea de investigación prioritaria el fortalecimiento de modelos BIM aplicados a operaciones sostenibles y eficiencia energética, lo cual permitiría avanzar hacia la obtención de certificaciones ambientales adaptadas al contexto colombiano, como la Casa Colombia [25]. Este enfoque permitiría no sólo optimizar el uso de recursos en la fase operativa, sino también contribuir al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), particularmente el ODS 9, relativo a innovación e infraestructura.

Referencias

1. Armada de Colombia, Plan Naval de Infraestructura “OLIMPO.” Dirección de Construcción e Infraestructura - DICI, 2020.
2. K. A. B. Asare, R. Liu, C. J. Anumba, and R. R. A. Issa, “Real-world prototyping and evaluation of digital twins for predictive facility maintenance,” *Journal of Building Engineering*, vol. 97, p. 110890, Nov. 2024, doi: 10.1016/J.JOBE.2024.110890.

3. A. R. Radzi, N. F. Azmi, S. N. Kamaruzman, R. A. Rahman, and E. Papadonikolaki, "Relationship between digital twin and building information modeling: a systematic review and future directions," *Construction Innovation*, vol. 24, no. 3, pp. 811–829, Apr. 2024, doi: 10.1108/CI-07-2022-0183.
4. A. L. Ciuffreda et al., "Historic Building Information Modeling for Conservation and Maintenance: San Niccolo's Tower Gate, Florence," *Heritage*, vol. 7, no. 3, pp. 1334–1356, Mar. 2024, doi: 10.3390/heritage7030064.
5. H. Van Giang, N. T. Anh, L. Hoai Nam, T. Phuong Nam, and T. Tuan Tu, "Challenges on application of digital technology in building operation and maintenance of high-rise buildings in Vietnam," *Malaysian Construction Research Journal*, vol. 23, pp. 131–149, 2024.
6. H. A. Goretti and P. Kaming, "A review and bibliometric analysis of utilizing building information modeling (BIM) on effective operation and maintenance (O&M)," *E3S Web of Conferences*, vol. 429, p. 01002, Sep. 2023, doi: 10.1051/E3S-CONF/202342901002.
7. X. Gao and P. Pishdad-Bozorgi, "BIM-enabled facilities operation and maintenance: A review," *Advanced Engineering Informatics*, vol. 39, pp. 227–247, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.AEI.2019.01.005.
8. A. Albarello Forero and L. A. Gutiérrez Bucheli, "BIM para el mantenimiento: Más planeación menos sobrecostos," 2018. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/352900806>
9. P. Marchione and F. Ruperto, "Prototyping a digital twin. A case study of a 'U-shaped' military building," *International Journal of Energy Production and Management*, vol. 7, no. 1, pp. 83–94, Mar. 2022, doi: 10.2495/EQ-V7-N1-83-94.
10. K. García and M. Peña, "Plan de negocio y guía metodológica para el mantenimiento de edificaciones aplicando BIM," Tesis de maestría, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador, 2022.
11. E. Spallarossa and A. Bonicelli, "Digital twin, BIM and asset management systems implementation," *Bridge Maintenance, Safety, Management, Digitalization and Sustainability - Proceedings of the 12th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management, IABMAS 2024*, pp. 1845–1852, Jul. 2024, doi: 10.1201/9781003483755-216/DIGITAL-TWIN-BIM-ASSET-MANAGEMENT-SYSTEMS-IMPLEMENTATION-SPALLAROSSA-BONICELLI.
12. M. Flórez and C. García, "Propuesta de un estándar para implementar la metodología BIM en obras de edificación financiadas con recursos públicos en Colombia," Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C., 2018.
13. J. Giraldo, "Propuesta para la implementación de la metodología BIM en el desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura en la Policía Nacional de Colombia," Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, Bogotá, D.C., Colombia, 2019.
14. E. Spallarossa and G. Pasqualato, "Digital Twin and Asset Management for Italian highways decision support towards scheduled maintenance, repair and rehab," *Procedia Structural Integrity*, vol. 62, pp. 241–249, Jan. 2024, doi: 10.1016/J.PROSTR.2024.09.039.
15. R. Sood and B. Laishram, "Challenges in Implementation of 7D-BIM for Infrastructure Asset Management: A Systematic Review," *Construction Economics and Building*, vol. 24, no. 3, pp. 95–117, Jun. 2024, doi: 10.5130/AJCEB.v24i3.8738.

16. J. J. McArthur, "A Building Information Management (BIM) Framework and Supporting Case Study for Existing Building Operations, Maintenance and Sustainability," in *Procedia Engineering*, Elsevier Ltd, 2015, pp. 1104–1111. doi: 10.1016/j.proeng.2015.08.450.
17. R. K. Yin, *Case study research and applications: design and methods*, Sexta edición. SAGE Publications, 2018.
18. Departamento Nacional de Planeación, "Estrategia Nacional BIM," Nov. 2020.
19. M. Ayala, "Investigación transversal," <https://www.lifeder.com/investigacion-transversal/>.
20. Camacol, "Guías para la adopción BIM en las organizaciones - BIM KIT," 2024.
21. BIM&CO, "BIM en la Fase de operación: beneficios, desafíos y perspectivas," <https://www.bimandco.com/bim/es/bim-en-la-fase-de-operacion-beneficios-desafios-y-perspectivas/>.
22. C. Tello, H. Hosein, H. Montero, and D. Adrian, "Implementación de BIM 8D en el sistema de seguridad para mitigar los riesgos en obras de edificación," Trabajo de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2024. Accessed: Jan. 18, 2025. [Online]. Available: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/675576>
23. S. Jaiswal, A.-Q. Gbadamosi, O. Olawale, and B. Oluwayemi, "Enabling Quality in Lean Construction: Integrating the Principles of Total Quality Management with 9D-BIM," 2022, Bristol, United Kingdom. Accessed: Jan. 19, 2025. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/364120174_Enabling_Quality_in_Lean_Construction_Integrating_the_Principles_of_Total_Quality_Management_with_9D-BIM
24. E. J. Sango Navas, "Desarrollo y aplicación de la metodología BIM para la planificación y ejecución de un proyecto inmobiliario en la ciudad de Quito: gestión de costos y colisiones utilizando herramientas BIM.," Trabajo de grado, Escuela Politécnica Nacional, 2024. Accessed: Jan. 19, 2025. [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25955>
25. Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, "Sistema de Certificación de Construcción Sostenible - CASA Colombia." Accessed: Mar. 23, 2025. [Online]. Available: <https://casa.cccs.org.co/>