

Propuesta de un plan de acción para la implantación del modelado de información de construcción (BIM) en la empresa EIH Constructora para la fase de diseño y preconstrucción

ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

CONSTANCIA DE PRESENTACIÓN PÚBLICA DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Propuesta de un plan de acción para la implantación del modelado de información de construcción (BIM) en la empresa EIH Constructora para la fase de diseño y preconstrucción


Llevado a cabo por el estudiante:

Mora Angulo Justin

Carné: 2019079458

Trabajo Final de Graduación presentado públicamente ante el Tribunal Evaluador el martes 19 de agosto de 2025 como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

En fe de lo anterior firman los siguientes integrantes del Tribunal evaluador:

 **Tecnológico de Costa Rica**
Firmado digitalmente por JOSE ANDRES ARAYA OBANDO (FIRMA)
Fecha: 2025.08.25 09:31:51 -06'00'

Dr. Ing. José Andrés Araya Obando
Director de Escuela

LEONARDO JOSUE TORRES HERNANDEZ (FIRMA)
Firmado digitalmente por LEONARDO JOSUE TORRES HERNANDEZ (FIRMA)
Fecha: 2025.08.21 08:24:42 -06'00'

Ing. Leonardo Torres Hernández
Profesor Guía

MARCO ANTONIO CABRERA SANDOVAL (FIRMA)
Firmado digitalmente por MARCO ANTONIO CABRERA SANDOVAL (FIRMA)
Fecha: 2025.08.21 12:05:20 -06'00'

Arq. Marco Cabrera Sandoval, MGP
Profesor Lector

MILTON ANTONIO SANDOVAL QUIROS (FIRMA)
Firmado digitalmente por MILTON ANTONIO SANDOVAL QUIROS (FIRMA)
Fecha: 2025.08.20 08:55:04 -06'00'

Ing. Milton Sandoval Quirós, MAE
Profesor Observador

Resumen

Este trabajo final de graduación aborda la implantación de la metodología BIM en EIH Constructora, una PYME costarricense con tres profesionales. El objetivo general fue diseñar un plan de acción para digitalizar procesos en la fase de anteproyecto y diseño, estableciendo bases para futuros niveles de madurez BIM. Se aplicaron métodos cualitativos, como entrevistas y revisión de proyectos, para diagnosticar el estado actual de los flujos de trabajo, la gestión de información y el uso de herramientas digitales, identificando que la empresa opera en un nivel BIM 0. Entre los principales resultados destacan la creación de plantillas y familias en Revit para las disciplinas estructural, mecánica, eléctrica y arquitectónica; el desarrollo de un flujo de trabajo estandarizado; la asignación de roles BIM adaptados a su estructura organizativa; y un análisis multicriterio que justifica el uso de ArchiCAD o Revit como software base. Además, se capacitó al personal técnico en fundamentos BIM, uso del CDE y herramientas digitales. Se concluye que, aunque EIH parte de un enfoque tradicional, es posible avanzar progresivamente mediante estandarización, capacitación y digitalización inicial, estableciendo condiciones reales para una futura evolución hacia una metodología BIM más colaborativa y eficiente.

Palabras clave: Metodología BIM, PYME, implantación, digitalización, estandarización, modelado, madurez BIM, entorno común de datos

Abstract

This final graduation project addresses the implantation of the BIM methodology at EIH Constructora, a Costa Rican SME composed of three professionals. The main objective was to design an action plan to digitalize processes during the preliminary design phase, establishing a foundation for future levels of BIM maturity. Qualitative methods, such as interviews and project reviews, were applied to diagnose the current state of workflows, information management, and the use of digital tools, identifying that the company currently operates at BIM Level 0. Key outcomes include the creation of Revit templates and families for structural, mechanical, electrical, and architectural disciplines; the development of a standardized workflow; the assignment of BIM roles tailored to the company's organizational structure; and a multicriteria analysis that supports the use of ArchiCAD or Revit as the core modeling software. Additionally, technical staff were trained in BIM fundamentals, the use of a Common Data Environment (CDE), and digital tools. It is concluded that, although EIH operates under a traditional approach, it is possible to move forward progressively through standardization, training, and initial digitalization, setting the conditions for a future transition toward a more collaborative and efficient BIM methodology.

Keywords: BIM methodology, SME, implementation, digitalization, standardization, modeling, BIM maturity, common data environment

Propuesta de un plan de acción para la implantación de modelado de información de construcción (BIM) en la empresa EIH Constructora para la fase de diseño y preconstrucción.

JUSTIN JESUS MORA ANGULO

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Agosto del 2025

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Resumen ejecutivo	1
Introducción	3
Objetivos	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos.....	4
Antecedentes	5
Agradecimientos.....	7
Capítulo 1: Marco teórico.....	8
1.1 Metodología BIM y procesos.....	8
1.1.1 Introducción a la metodología BIM y sus beneficios	8
1.1.2 Diferencia entre implantación e implementación de BIM	10
1.1.3 Flujos de trabajo BIM y ciclo de vida de un proyecto	10
1.1.4 Herramientas, entorno BIM y gestión de información en BIM	14
1.2 Normativa y regulaciones.....	20
1.2.1 Estandarización en BIM: normativas y estándares internaciones	20
1.2.2 Plan de ejecución BIM (BEP) y roles en proyectos BIM.....	23
1.3 BIM en Costa Rica	27
1.3.1 BIM en pymes constructoras y su impacto económico	27
1.3.2 Capacitación y estrategias para la adopción de BIM en Costa Rica.....	30
Capítulo 2: Metodología.....	32
Capítulo 3: Resultados y análisis.....	35
3.1 Estado actual en EIH Constructora.....	35
3.1.1 Estructura organizacional actual.....	36
3.1.2 Herramientas y software utilizados.....	37
3.1.3 Coordinación y gestión de proyectos.....	38
3.1.4 Gestión de la información	39
3.1.5 Conocimiento y expectativas sobre BIM	39
3.1.6 Lecciones aprendidas de proyectos recientes	43

3.1.7	Análisis FODA del estado actual	43
3.2	Buenas Prácticas para la Implantación BIM	45
3.2.1	Revisión de buenas prácticas.....	45
3.2.2	Objetivos BIM.....	47
3.2.2.1	Objetivos a corto y largo plazo.....	47
3.2.2.2	Alcance corto y largo plazo	49
3.2.3	Hoja de ruta de la implantación	50
3.2.4	Herramientas tecnológicas seleccionadas	53
3.2.5	Estándares de colaboración	59
3.2.5.1	Entorno común de datos (CDE).....	59
3.2.5.2	Roles BIM.....	66
3.3	Implantación de herramienta de modelado BIM	69
3.4	Capacitación del personal en la metodología BIM.....	76
Conclusiones		79
Recomendaciones.....		81
Referencias.....		84
Apéndice.....		87
Apéndice 1. Formulario aplicado.....		87
Apéndice 2. Respuestas al formulario “Análisis del Estado Actual de EIH Constructora”		89
Apéndice 3. Tablas del análisis multicriterio AHP para software de modelado 3D		95
Apéndice 4. Tablas del análisis multicriterio AHP para CDE.....		97
Apéndice 5. Especificaciones del hardware		100
Apéndice 6. Guía de uso para las plantillas.....		102

Resumen ejecutivo

Este Trabajo Final de Graduación se centró en diseñar una estrategia de implantación progresiva de la metodología Building Information Modeling (BIM) en EIH Constructora, una empresa costarricense de pequeña escala dedicada a la ejecución de proyectos civiles. La investigación surge ante la necesidad de modernizar sus procesos técnicos empezando por la fase de anteproyecto, los cuales se desarrollaban con herramientas digitales utilizadas de forma aislada, sin integración metodológica ni flujos colaborativos. El proyecto tiene especial relevancia para la Escuela de Ingeniería en Construcción al ofrecer un ejemplo concreto de digitalización adaptado a la realidad de una pyme, y se alinea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 9 (Industria, Innovación e Infraestructura) al fomentar la adopción de tecnologías avanzadas para el desarrollo organizacional y productivo del sector construcción.

El objetivo general fue diseñar un plan de acción para iniciar la implantación de la metodología BIM en la empresa mediante la digitalización de procesos, la estandarización de herramientas y la formación básica del personal. La metodología del trabajo fue de carácter cualitativo, fundamentada en entrevistas estructuradas, revisión documental, análisis comparativo de software y una encuesta de evaluación posterior a una capacitación.

El primer objetivo específico consistió en analizar el estado actual de los flujos de trabajo, gestión de información y tecnología en la empresa. Mediante entrevistas y un diagnóstico interno, se identificó que EIH Constructora opera en un nivel BIM 0, sin flujos colaborativos ni estandarización de información. La coordinación se basa en medios informales como WhatsApp y correo electrónico, y herramientas como Revit se utilizan únicamente para generar planos, sin aprovechar sus capacidades metodológicas. La evaluación evidenció también que el personal carece de formación previa en BIM y no existe un entorno común de datos (CDE), lo que genera duplicidad de información, pérdida de archivos y baja trazabilidad.

Para dar respuesta al segundo objetivo específico, se diseñó un plan de acción estructurado en cinco fases, desde la preparación inicial hasta la futura incorporación de dimensiones 4D y 5D. La hoja de ruta fue desarrollada conforme a estándares internacionales como ISO 19650, integrando acciones progresivas como la definición de roles BIM, la implementación inicial de un CDE basado en Google Drive y, posteriormente, la migración a plataformas más robustas como Trimble Connect, justificada mediante un análisis multicriterio con el método AHP. Se asignaron roles adaptados a la estructura actual de la empresa (Ingeniero en Construcción como BIM Manager, Arquitecto como Modelador y Coordinador BIM provisional), evitando la necesidad inmediata de contratar personal adicional.

El tercer objetivo específico se centró en la implementación práctica de herramientas BIM. Para ello, se desarrollaron familias personalizadas en Revit ajustadas al contexto costarricense, incluyendo componentes de mampostería, acero estructural, elementos prefabricados, hojalatería y sistemas eléctricos

y mecánicos. También se elaboraron plantillas de trabajo por disciplina (estructural, mecánica y eléctrica), permitiendo estandarizar y agilizar el modelado tridimensional en futuros anteproyectos. Estos productos representan un avance concreto hacia la digitalización del diseño y la gestión de información gráfica.

En cumplimiento del cuarto objetivo específico, se impartió una capacitación técnica dirigida a los tres integrantes de la empresa. La formación abordó tres temas clave: fundamentos de la metodología BIM, uso básico del software Revit y organización del CDE. Según la encuesta aplicada posterior a la capacitación, el 83% de las respuestas indicaron una apropiación satisfactoria de los contenidos, destacando su claridad, relevancia y aplicabilidad. No obstante, se identificó la necesidad de reforzar los aspectos prácticos del software para consolidar su uso en escenarios reales de proyecto.

A partir de estos resultados, se concluye que, si bien EIH Constructora partía de un enfoque operativo tradicional y limitado, el proyecto permitió sentar las bases para una transformación digital realista y sostenible. La empresa avanzó de un nivel BIM 0 a un nivel BIM 1, logrando establecer flujos de trabajo colaborativos en la fase de anteproyecto mediante herramientas estandarizadas y una mejor comprensión de los principios metodológicos de BIM. Las conclusiones extraídas validan la factibilidad de adoptar BIM en pymes, siempre que se ajuste el proceso a su capacidad operativa y se prioricen acciones de bajo costo y alto impacto.

Entre las principales recomendaciones destacan: realizar una segunda fase de capacitación con enfoque práctico; establecer un protocolo de seguimiento interno para el uso del CDE; iniciar pilotos controlados con medición de métricas BIM (como reducción de errores y tiempos); y avanzar progresivamente hacia la incorporación de procesos 4D y 5D. Asimismo, se sugiere explorar alianzas estratégicas con instituciones nacionales y participar en comunidades BIM para mantener una actualización constante y fortalecer las capacidades del equipo técnico.

Este TFG demuestra que, con una planificación adecuada, herramientas accesibles y una estrategia progresiva, la implantación de la metodología BIM es viable incluso en empresas con recursos limitados, contribuyendo activamente a la innovación y profesionalización del sector construcción en Costa Rica.

Introducción

Este Trabajo Final de Graduación (TFG) se desarrolla en el contexto de la empresa privada EIH Constructora, una PYME costarricense dedicada a la dirección y ejecución de proyectos de construcción, desde el diseño hasta la finalización de las obras. El proyecto se centra en la implantación de la metodología BIM (*Building Information Modeling*), específicamente en la etapa de las fases de diseño y pre-construcción, con el objetivo de modernizar y digitalizar los flujos de trabajo iniciales de la empresa. Actualmente, EIH Constructora depende de métodos tradicionales, como planos en CAD 2D y herramientas básicas, lo que ha generado ineficiencias, retrasos en la entrega de resultados y sobrecostos derivados de errores y falta de estandarización en el manejo de la información. Estos problemas fueron identificados por el ingeniero en construcción Adolfo Hidalgo uno de los encargados de la empresa, quien señaló la necesidad de implementar BIM como una solución para mejorar la gestión de proyectos y fomentar una colaboración más efectiva entre los equipos de trabajo.

El propósito de este proyecto es diseñar un plan de acción para la implantación progresiva de BIM en EIH Constructora, avanzando desde un nivel 0 de madurez BIM (sin colaboración digital) hasta un nivel 2 (colaboración estructurada mediante modelos 3D y un entorno común de datos). Este proceso incluye la evaluación del estado actual de la empresa, la selección de herramientas tecnológicas adecuadas, la capacitación del personal y la implementación de estándares clave de colaboración, como el Entorno Común de Datos (CDE). Además, se desarrollan familias de componentes arquitectónicos y estructurales en el software Revit, lo que permite a la empresa optimizar sus fases de diseño y planificación (pre-construcción), reducir errores y mejorar la eficiencia operativa.

La importancia de este proyecto radica en su potencial para transformar los procesos tradicionales de EIH Constructora, posicionándola como un competidor más fuerte en un mercado que cada vez exige mayor digitalización y eficiencia. La adopción de BIM no solo mejora la gestión de proyectos, sino que también permite a la empresa participar en licitaciones que requieran el uso de esta metodología, incrementando su competitividad y capacidad para satisfacer las demandas del sector. Además, este proyecto contribuye al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 9: "Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación", al impulsar la digitalización y modernización de los procesos constructivos, lo que se traduce en una mayor eficiencia, reducción de costos y prácticas más sostenibles.

En el caso de EIH Constructora, la implantación de BIM aborda desafíos específicos, como la resistencia al cambio, la falta de recursos económicos y la necesidad de capacitación del personal. Sin embargo, los beneficios esperados son significativos: reducción de errores y sobrecostos, optimización en la planificación y seguimiento de proyectos, y un incremento en la competitividad de la empresa. Además, la formación del personal en el uso de BIM fortalece las capacidades internas de la empresa, generando un cambio cultural hacia la adopción de tecnologías digitales.

El alcance de este proyecto se limita a la fase de diseño y pre-construcción, con el objetivo de sentar las bases para una futura expansión de BIM a otras etapas del ciclo de vida de los proyectos. Entre las limitaciones se encuentran los recursos económicos limitados de la empresa y la posible resistencia al cambio por parte del personal. No obstante, se espera que los resultados de este proyecto sirvan como un punto de partida para una transformación digital más amplia en EIH Constructora.

Objetivos

La presente sección establece los objetivos que guiaron el desarrollo del Trabajo Final de Graduación, los cuales fueron formulados a partir del análisis del árbol de problemas y su correspondiente árbol de objetivos, en conjunto con la taxonomía de Bloom, herramienta que permitió identificar las causas raíz y efectos del problema central abordado en este Trabajo Final de Graduación. Esta metodología facilitó la estructuración lógica del proyecto, guiando el diseño de objetivos orientados a resolver las necesidades detectadas en EIH Constructora respecto a la implantación de la metodología BIM. Los objetivos definen el alcance del trabajo, dividiéndose en uno general y cuatro específicos, los cuales articulan de forma secuencial el diagnóstico, la planificación, la aplicación técnica y la capacitación necesaria para una transición progresiva hacia procesos más digitalizados y colaborativos dentro de la empresa.

Objetivo general

Diseñar un plan de acción para la implantación de la metodología BIM en la empresa EIH Constructora para la fase de diseño y pre-construcción, estableciendo las bases para su integración futura en niveles avanzados de madurez.

Objetivos específicos

1. Analizar del estado actual de flujos de trabajo, gestión de información y tecnología en la empresa EIH Constructora, mediante la revisión de proyectos y entrevistas al personal, para la identificación de áreas de mejora para la implantación de la metodología BIM.
2. Identificar buenas prácticas de implantación BIM, mediante la selección de herramientas tecnológicas, estándares de colaboración y estrategias de capacitación para su incorporación en el plan de acción.
3. Implantar herramientas BIM en la planificación de proyectos de la empresa EIH Constructora mediante la creación de familias específicas en el software de modelado 3D.
4. Capacitar al personal técnico de la empresa en los conceptos básicos de la metodología BIM y los elementos propuestos en la solución, mediante sesiones formativas para la mejora de las competencias del personal involucrado.

Antecedentes

Según Molina Sanabria (2019), en su TFG el cual tenía como objetivo proponer una metodología de trabajo BIM para la empresa B.A Ingeniería, basada en la norma ISO 19650, el principal desafío era que los empleados de B.A. Ingeniería no comprendían plenamente el alcance y las características de la metodología BIM, a pesar de haber utilizado el software Revit desde 2013 en algunos proyectos solicitados por sus clientes. El proyecto abordó la evaluación de los procesos de trabajo, mostrando que no existía una diferencia significativa entre los proyectos elaborados con o sin BIM. A través de un análisis de flujos de trabajo y un resumen de los Planes de Ejecución BIM (BEP) de empresas colaboradoras, se concluyó que la empresa debía adaptarse a mejores prácticas de colaboración y coordinación en proyectos BIM. Como parte de las recomendaciones, se sugirió a la empresa continuar utilizando Revit, pero complementarlo con otros softwares de la AEC Collection de Autodesk para mejorar la eficiencia y la colaboración.

Vásquez Flores (2020) abordó en su TFG la implementación de la metodología BIM en la empresa constructora Estructuras S.A. Este proyecto se desarrolló con el objetivo de adaptar los procesos constructivos de la empresa a los nuevos avances tecnológicos en la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC). La metodología BIM fue seleccionada como el eje central de la modernización, debido a su capacidad para gestionar la información de manera colaborativa y eficiente a lo largo del ciclo de vida de un proyecto. El proyecto consistió en un análisis profundo de los procesos organizativos, la tecnología disponible y las buenas prácticas en la implementación de BIM, lo que permitió la elaboración de un plan de acción personalizado. Este plan incluyó tres pilares fundamentales: organización, procesos y tecnología. Además, se capacitó a un grupo operativo BIM dentro de la empresa para garantizar una correcta implementación de esta metodología. Una de las principales conclusiones del proyecto fue que la implementación de BIM mejoró significativamente la competitividad de la empresa al permitirle participar en licitaciones públicas y privadas que exigen la utilización de BIM. Asimismo, la adquisición de software especializado como Revit, Navisworks y BIM360, junto con la formación adecuada del personal, contribuyó a optimizar la calidad y los tiempos de entrega en los proyectos.

En Perú, Almonacid Flores et al. (2015) desarrollaron una tesis en la empresa IJ Proyecta, en la cual se implementó la metodología BIM con el objetivo de mejorar la coordinación entre las especialidades durante la etapa de diseño, así como reducir los errores y reprocesos durante la ejecución de proyectos. Este trabajo destacó la importancia de BIM en la visualización anticipada de conflictos y la mejora en la comunicación entre los involucrados en los proyectos de construcción. A través de la metodología BIM, se integró información de todas las disciplinas, logrando una mayor eficiencia en la etapa de preconstrucción y reduciendo los costos de implementación en un 57%, comparado con los costos derivados de errores en el diseño. Además, se subrayó la necesidad de realizar capacitaciones para garantizar que los equipos comprendieran el uso de las herramientas BIM, así como el compromiso de la gerencia en el proceso de adopción. Se estimó que la reducción de *Requests for Information* (RFIs) en la etapa de construcción alcanzaría el 90%, lo que evidenció que BIM no solo mejora la coordinación, sino que también optimiza los costos y tiempos en la fase de construcción.

Por otra parte, en un proyecto realizado en Colombia, por Giraldo Aguirre (2019), sobre la implementación de BIM en la gestión de proyectos de construcción en el sector público, se evaluó la adopción de BIM en una organización pública con el objetivo de mejorar la administración de activos fijos y garantizar la eficacia en la gestión de los procesos. El proyecto estructuró un plan de implementación BIM (BIP) que incluyó un análisis de la organización, un estudio de madurez BIM, la valoración de inversiones y el retorno de la inversión (ROI), así como su alineación con las políticas del estado. Los resultados mostraron que la organización alcanzó un nivel de madurez definido, lo que permitió la implementación de BIM con

adaptaciones específicas para gestionar los proyectos futuros. Este antecedente resalta la importancia de alinear la adopción de BIM con los objetivos institucionales y las políticas públicas, lo cual puede ser relevante para tu proyecto en EIH Constructora al buscar implementar BIM de manera eficiente y adaptada a las características y recursos de la empresa.

Carmona Zuñiga (2019) en su investigación evaluó las capacidades actuales del país en el uso de la metodología BIM, abordando tanto los sectores públicos, privado, como académico. Mediante entrevistas y modelos de Punto de Adopción y Componentes de Macro-Madurez, se pudo establecer el punto de partida para la implementación de BIM a nivel nacional. El estudio concluyó con la elaboración de una hoja de ruta para incorporar BIM en las fases de planificación, diseño, construcción y operación de la obra pública, con el objetivo de mejorar la gestión de proyectos constructivos en el país. Este antecedente es importante mencionarlo, ya que muestra la relevancia de BIM no solo a nivel empresarial, sino también como una herramienta a nivel nacional, capaz de transformar la industria de la construcción. Los esfuerzos aislados del sector privado, como los que enfrenta actualmente una empresa, refuerzan la necesidad de implementar BIM de manera estructurada, basándose en un análisis de madurez tecnológica y una adecuada planificación para maximizar los beneficios en la gestión de proyectos.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi madre, cuyo apoyo incondicional y esfuerzo incansable han sido el pilar fundamental para alcanzar este logro. Este proceso no es nada comparado con todo lo que ha hecho por nuestra familia. ¡Te amo, mamá!

A mis hermanos, quienes estuvieron ahí en los momentos más difíciles, incluso sin saberlo. Espero que este logro los inspire a seguir sus propios caminos y que, a pesar de los tropiezos, encuentren siempre el éxito.

A mi abuela, que incluso en los momentos adversos me enseñó lecciones valiosas y me brindó su cariño. Y a mi abuelo, por su sabia guía y su constante apoyo en mi camino por el estudio.

A Daniela Palma, por acompañarme con motivación y afecto en esta etapa final de mi carrera. Su compañía y motivación constante fueron fundamentales para mantenerme enfocado y superar los momentos de mayor dificultad.

A mis amigos de la infancia, quienes no solo me inspiraron a iniciar este viaje académico, sino que también me acompañaron y guiaron con sus consejos a lo largo de toda la carrera universitaria.

Un agradecimiento muy especial a la empresa EIH Constructora, por brindarme la oportunidad y los recursos para desarrollar mi Trabajo Final de Grado en su organización, haciendo posible su aplicación en un entorno real.

Por último, pero no menos importante, a mi profesor tutor, Leonardo Torres, por su guía experta y dedicación en el desarrollo de mi investigación y trabajo final. Su orientación fue invaluable para este logro académico.

Capítulo 1: Marco teórico

El presente capítulo reúne los principales fundamentos conceptuales, normativos y contextuales necesarios para sustentar la propuesta de implantación de la metodología BIM en EIH Constructora. Se inicia con una revisión general de la metodología BIM, abordando sus beneficios, flujos de trabajo, herramientas digitales y diferencias entre implantación e implementación. Posteriormente, se analizan los marcos normativos internacionales y los estándares asociados, como el Plan de Ejecución BIM (BEP) y los roles involucrados en proyectos colaborativos. Finalmente, se incluye una perspectiva local sobre el estado actual de BIM en Costa Rica, con énfasis en el papel de las pymes, el impacto económico esperado y las estrategias de capacitación promovidas por entidades como BIM Forum Costa Rica. Esta base teórica permite comprender los desafíos y oportunidades que representa la adopción de BIM en pequeñas empresas constructoras del país.

1.1 Metodología BIM y procesos

Esta sección aborda los fundamentos conceptuales y técnicos de la metodología Building Information Modeling (BIM), los cuales son esenciales para comprender su aplicación en el contexto de empresas como EIH Constructora. Se inicia con una introducción general a la metodología y sus principales beneficios, seguido por la distinción entre los conceptos de implantación e implementación, aclarando su aplicación estratégica dentro de una organización. Posteriormente, se describen los flujos de trabajo BIM en relación con el ciclo de vida de un proyecto, destacando cómo la colaboración y la coordinación entre disciplinas se ven optimizadas con esta metodología. Finalmente, se presentan las herramientas digitales asociadas, así como la importancia del entorno BIM y la gestión estructurada de la información, componentes clave para avanzar hacia niveles superiores de madurez digital en el sector construcción. Esta base teórica sirve de sustento para el análisis y propuesta desarrollados en este Trabajo Final de Graduación.

1.1.1 Introducción a la metodología BIM y sus beneficios

La metodología BIM (*Building Information Modeling*) es un enfoque integral y colaborativo que optimiza la planificación, diseño, construcción y gestión de edificaciones e infraestructuras a través de modelos digitales. A diferencia de los métodos tradicionales, BIM no se limita a un software, sino que representa un cambio en la forma de trabajo, pues promueve la integración de información técnica, económica y de gestión en un único entorno digital.

BIM se considera, a menudo, la revolución digital de la construcción, equiparable a la transformación que significó la Revolución Industrial en otras industrias, como lo señalan Choclán Gámez et al. (2014). Su uso ha cambiado la manera en que los edificios son diseñados, construidos y gestionados, ofreciendo una visión más precisa del ciclo de vida de un proyecto.

Los niveles de madurez BIM representan el grado de digitalización y colaboración en la implementación de esta metodología dentro de una organización o un proyecto. De acuerdo con la ISO 19650, se establecen cuatro niveles de madurez:

- Nivel 0 (Sin BIM): la colaboración es inexistente y se utilizan métodos tradicionales como CAD 2D, sin integración ni intercambio de información entre disciplinas.
- Nivel 1 (BIM Parcial): se implementan herramientas CAD 3D, no obstante, con planos en 2D. La gestión digital de la información es limitada y no existe un entorno común de datos (CDE) debidamente estructurado.
- Nivel 2 (BIM Colaborativo): se integran modelos 3D de diferentes disciplinas, se emplean estándares abiertos como IFC (*Industry Foundation Classes*) y se establece un CDE para la gestión centralizada de datos. En esta fase, también se definen procesos y protocolos a través de un Plan de Ejecución BIM (BEP).
- Nivel 3 (BIM Integrado): se logra una colaboración total con modelos federados en tiempo real, lo permite la integración de datos 4D (tiempo), 5D (costos) y 6D (gestión del ciclo de vida del edificio). La información es gestionada en plataformas en la nube, con acceso multiusuario y un flujo de trabajo totalmente digitalizado.

Además, según el *Plan BIM de España (AGE 2024-2030)*, los niveles de madurez BIM pueden dividirse en cinco etapas progresivas:

- Nivel Previo (No BIM): no existe una estrategia para aplicar BIM ni una gestión digital de la información.
- Nivel 1 (Inicial): se introducen herramientas BIM en algunas áreas, aunque sin una integración estructurada.
- Nivel 2 (Intermedio): se aplican metodologías BIM con estándares definidos y colaboración parcial.
- Nivel 3 (Avanzado): se logra una integración completa en la gestión y ejecución de proyectos.
- Nivel 4 (Optimizado): Se implementan tecnologías avanzadas como IoT, Big Data y automatización para la gestión del ciclo de vida del proyecto.

BIM no solo se limita al modelado 3D, sino que abarca múltiples dimensiones que enriquecen la gestión del proyecto. Estas dimensiones reflejan la cantidad de información integrada dentro del modelo BIM:

- 1D - Idea o Concepto: etapa inicial del proyecto donde se definen las condiciones generales.
- 2D - Boceto o Diseño: representación gráfica inicial del proyecto en dos dimensiones.
- 3D - Modelado Tridimensional: creación de un modelo digital con información geométrica.
- 4D - Planificación (Tiempo): asociación del modelo 3D con la gestión de tiempos y cronograma de obra.

- 5D - Gestión de Costos: integración de presupuestos y costos en el modelo BIM.
- 6D - Sostenibilidad: evaluación del impacto ambiental y eficiencia energética del proyecto.
- 7D - Gestión y Mantenimiento: uso del modelo BIM para la operación y mantenimiento del edificio tras su construcción.

1.1.2 Diferencia entre implantación e implementación de BIM

En este proyecto de graduación es importante aclarar la diferencia entre implantación e implementación de BIM, ya que en el área muchos de los trabajos realizados llevan por nombre implementación o se asume que es posible utilizar indistintamente estas palabras para describir un mismo caso, sin embargo, esto depende del alcance y fase del proceso dentro de la adopción de la metodología BIM en una empresa o proyecto. Específicamente la implantación BIM hace referencia al proceso estratégico y progresivo de introducir la metodología BIM en una organización que aún no la utiliza, según el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana y Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas (2019). En esta fase, se definen los lineamientos, estándares, herramientas y procedimientos para lograr una transición estructurada y planificada hacia BIM.

En cambio, una implementación BIM se refiere a la ejecución y aplicación práctica de BIM en proyectos específicos, una vez que ya se ha realizado la fase de implantación. En esta etapa, se utiliza software, metodología y estándares previamente definidos en el plan de implantación. En términos formales, se refiere a la progresiva incorporación de nuevas dimensiones de trabajo dentro de la metodología BIM en una organización que ya ha adoptado e implementado esta metodología, con el objetivo de ampliar su alcance y aprovechar de forma más integral sus capacidades.

Por ello, cualquier proceso de adopción de BIM debe ser personalizado, además debe adaptar y orientar la metodología hacia los objetivos específicos y el alcance deseado en cada etapa del proceso, lo que permite desde implementación básicas hasta el aprovechamiento completo de las capacidades de BIM. La estrategia de implementación de BIM debe ser vista como un proceso a largo plazo, con metas progresivas que reflejan distintos niveles de madurez en BIM, como lo señala Pizarro (2023).

1.1.3 Flujos de trabajo BIM y ciclo de vida de un proyecto

El sector de Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC) ha mostrado históricamente una evolución tecnológica más lenta comparada con otras industrias, lo que ha generado importantes ineficiencias en sus procesos tradicionales. Estos problemas estructurales se manifiestan desde las fases iniciales de los proyectos y terminan impactando negativamente en tres aspectos fundamentales: calidad final de las obras, costos de ejecución y plazos de entrega, como se acota en el manual *Requirements for a BIM execution plan (BEP)* (2018).

La raíz de estas dificultades se encuentra principalmente en la etapa de diseño, donde se presentan múltiples deficiencias: documentos técnicos incompletos o poco confiables, fallas en los canales de comunicación entre los distintos actores del proyecto, y una coordinación insuficiente entre especialistas que deriva en interferencias entre disciplinas. Estas carencias, según señala Araya (2019) generan una cascada de problemas operativos que incluyen necesidad de retrabajos, inconsistencias en la documentación del proyecto, desviaciones presupuestarias significativas y alteraciones constantes en los cronogramas establecidos.

La naturaleza dinámica de los proyectos contemporáneos, cada vez más complejos en su concepción y ejecución, hace evidente la obsolescencia de los métodos tradicionales de gestión. Estos sistemas heredados resultan particularmente inadecuados para abordar los desafíos de las primeras etapas del proyecto, deficiencia que se traduce posteriormente en graves complicaciones durante la fase constructiva y problemas operativos durante la vida útil de la edificación. Esta situación crítica demanda urgentemente la implementación de nuevas metodologías de trabajo que puedan gestionar eficientemente la complejidad creciente de los proyectos de construcción modernos.

En el contexto de la metodología BIM, los flujos de trabajo hacen referencia a la secuencia de procesos y tareas que se llevan a cabo dentro de un proyecto de construcción basado en modelos digitales. A diferencia de los enfoques tradicionales, donde la información se encuentra fragmentada en diferentes formatos y documentos, BIM permite la integración y gestión centralizada de los datos en un entorno digital colaborativo.

Los flujos de trabajo BIM están diseñados para optimizar la comunicación, reducir errores, mejorar la coordinación interdisciplinaria y aumentar la eficiencia en la toma de decisiones. Estos procesos pueden variar, según el nivel de madurez BIM adoptado por la empresa y la estructura organizativa del equipo de trabajo.

Un ejemplo realizado por Castro y Ríos (2023), donde evaluaron el flujo de trabajo en la fase de diseño mediante la metodología BIM-VDC, evidenciaron cómo se estructura un proceso secuencial, el cual inicia con la elaboración del Plan de Ejecución BIM (PEB), documento rector que define los objetivos, metodología, roles, protocolos de intercambio de información y entregables del proyecto. Este plan se alinea con los requerimientos del cliente y prioriza los usos BIM clave: coordinación interdisciplinaria, detección de interferencias, estimación de costos y generación de documentación técnica.

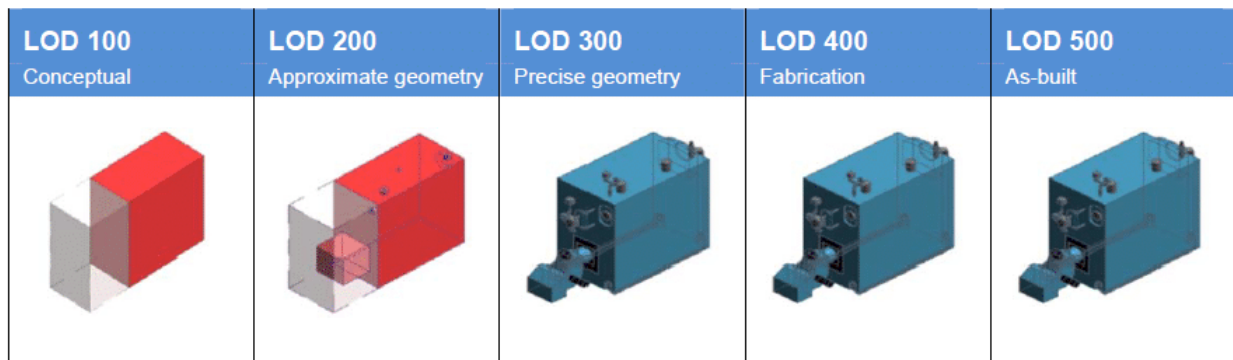
Una vez definido el Plan de Ejecución BIM (PEB), se establece la estructura del Entorno Común de Datos (CDE) como componente esencial para la gestión centralizada y colaborativa de la información del proyecto. Este entorno se concibe siguiendo los lineamientos establecidos por normativas internacionales como la ISO 19650, y puede ser implementado en diversas plataformas digitales que soporten trazabilidad, control de versiones, permisos y acceso estructurado a la información. Para efectos de este plan, se propone el uso de una plataforma que cumpla con estas características, como lo sería Trimble Connect, Google Drive empresarial estructurado, o alguna otra herramienta disponible y adecuada al contexto de la empresa.

La fase de verificación garantiza que toda la información base esté completa y validada antes de iniciar el proceso de modelado. De forma paralela, se propone la realización de sesiones ICE (Integración, Coordinación y Ejecución) de manera periódica, en las que participan los especialistas de las distintas disciplinas involucradas en el proyecto, tales como arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas, y otras que correspondan según la complejidad del proyecto. Durante estas sesiones, se abordan interferencias, se proponen soluciones constructivas y se definen responsabilidades con plazos específicos, fomentando un entorno de trabajo colaborativo y alineado con los principios de la metodología BIM.

El modelado 3D se desarrolla en tres etapas progresivas: primero, un modelo volumétrico básico (LOIN 100-200) que valida la concepción inicial; luego, un modelo detallado (LOIN 350) con información suficiente para los usos BIM definidos; y finalmente, una fase de ajustes incorporando las observaciones de los especialistas.

Según Mordue y Swaddle (2015), los LOD (Levels of Development o Niveles de Desarrollo) son una metodología utilizada en el Modelado de Información de Construcción (BIM) para definir la precisión y el detalle de los elementos modelados en diferentes etapas del proyecto. Estos niveles, que van desde 100 hasta 500, indican cómo evolucionan tanto la información geométrica (detalle visual) como la información no geométrica (datos técnicos) a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Figura 1
Niveles de Desarrollo (LOD) en BIM



Según la figura anterior se puede explicar como lo siguiente:

1. **LOD 100 (Nivel 1 en UK):** Representa un concepto inicial con dimensiones aproximadas y gráficos básicos para visualizaciones. La información se limita a requisitos generales, como "el proyecto necesita una caldera" (Mordue & Swaddle, 2015).
2. **LOD 200 (Nivel 2):** Incluye un sistema genérico (ej: caldera) con disposición espacial y zonas de acceso. La información describe requisitos preliminares de rendimiento.
3. **LOD 300 (Nivel 3):** Añade detalles dimensionales, materiales y acabados técnicos. La información especifica requisitos de rendimiento detallados y normas aplicables.
4. **LOD 400 (Nivel 4):** Coordinación técnica avanzada entre sistemas. La información permite la selección de productos específicos.
5. **LOD 500 (Nivel 5):** Representa el modelo "como se construyó", con datos para operación y mantenimiento, incluyendo especificaciones del fabricante (Mordue & Swaddle, 2015).

Con el modelo completado, se genera la documentación técnica integral, incluyendo planos por especialidad y estimaciones de cantidades y costos. El proceso culmina con un sistema de control basado en indicadores de rendimiento, que evalúa la eficacia de la implementación BIM y permite mejoras continuas.

Este flujo de trabajo planificado, colaborativo y basado en modelos 3D interoperables asegura una gestión eficiente desde el diseño inicial, reduciendo errores, optimizando recursos y elevando la calidad

de los entregables. La aplicación progresiva de la metodología BIM en este contexto demuestra su capacidad para modernizar los procesos tradicionales de planificación y diseño dentro de una PYME constructora.

Según el Project Management Institute (2021), la gestión eficaz de un proyecto requiere seguir un proceso estructurado que guíe su desarrollo desde la concepción hasta la conclusión. Este marco metodológico, conocido como ciclo de vida del proyecto, comprende una secuencia lógica de etapas interrelacionadas que permiten organizar, planificar y controlar todas las actividades necesarias para alcanzar los objetivos establecidos.

El ciclo de vida representa el esquema fundamental que orienta la evolución del proyecto a través de fases claramente definidas, cada una con sus propios entregables, procesos de control y criterios de transición. Esta estructuración por etapas facilita la administración sistemática de los recursos, la identificación oportuna de riesgos y la evaluación continua del progreso, asegurando que todas las actividades mantengan coherencia con los propósitos iniciales del proyecto.

La importancia de comprender y aplicar adecuadamente este ciclo radica en su capacidad para proporcionar un marco de referencia común para todos los participantes, establecer puntos de control estratégicos y garantizar que cada fase contribuya de manera efectiva al éxito global del proyecto. Este enfoque por fases permite, además, adaptar los procesos de gestión a las características específicas de cada iniciativa, su complejidad y los requerimientos particulares de los *stakeholders* involucrados.

En el ámbito de la industria constructiva, el desarrollo de proyectos tradicionalmente se estructura en cinco etapas fundamentales: concepción, diseño, construcción, puesta en servicio y cierre. No obstante, esta secuencia no constituye un modelo rígido, sino que se adapta según las particularidades de cada proyecto, su tipología y sus requisitos específicos, como señala el Project Management Institute (2016). Esta variabilidad implica que distintos proyectos pueden presentar fases diferenciadas y ciclos de vida con características particulares.

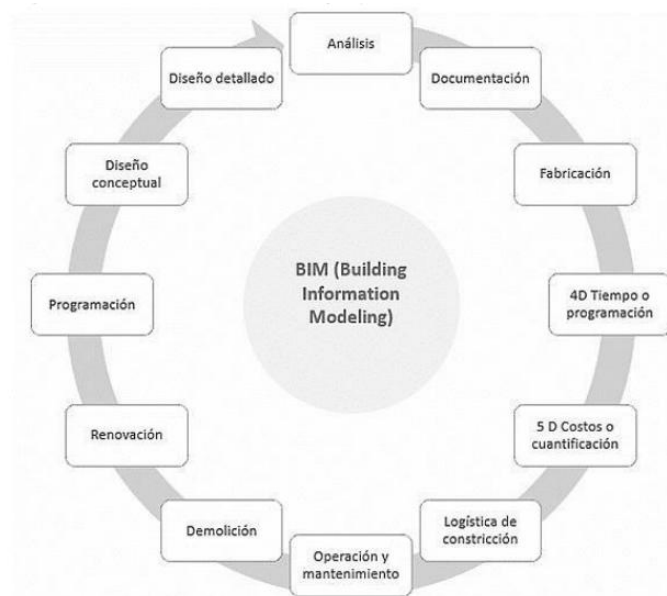
La selección del ciclo de vida apropiado representa una decisión estratégica que determina la metodología de gestión del proyecto. Existen principalmente dos enfoques: el ciclo predictivo, donde los entregables y especificaciones se establecen desde la fase inicial y los cambios requieren un estricto control de variaciones; y el ciclo adaptativo, que permite evolucionar el producto mediante iteraciones sucesivas, aunque manteniendo un alcance definido al inicio de cada ciclo, como acota el Project Management Institute (2021).

Según el Project Management Institute (2016), la mayoría de los proyectos de construcción convencionales, particularmente aquellos desarrollados bajo la relación dueño-contratista, suelen adoptar un ciclo predictivo. Sin embargo, la elección final del modelo depende fundamentalmente de factores como la naturaleza del proyecto, su complejidad técnica y los requerimientos de los *stakeholders*. Las fases que componen cada ciclo se diseñan específicamente para garantizar el cumplimiento de los objetivos planteados, procurando así la flexibilidad necesaria para abordar la diversidad de proyectos en el sector construcción.

En la **Figura 2** Sánchez Bojacá y Calderón Recalde (2021) describen las fases del ciclo de vida de un proyecto que utiliza la metodología BIM.

Figura 2

Fases ciclo de vida de proyectos de construcción BIM



Nota. Tomado de *BIM en el sector construcción y su nivel de madurez en empresa constructora de Bogotá* de Sánchez Bojacá y Calderón Recalde (2021).

En la **Figura 2** se presentan las fases del ciclo de vida de un proyecto que adopta la metodología BIM, según Sánchez Bojacá y Calderón Recalde (2021). Esta representación permite comprender de manera integral cómo se organiza un proyecto constructivo cuando se trabaja bajo procesos digitales y colaborativos. El presente TFG se enfoca específicamente en las fases de diseño y preconstrucción, que forman parte del bloque inicial del ciclo de vida. Esta etapa es clave porque establece las bases técnicas, gráficas e informativas que determinarán la eficiencia del desarrollo posterior de la obra.

1.1.4 Herramientas, entorno BIM y gestión de información en BIM

Las herramientas BIM son programas especializados que actúan como emisores, receptores o procesadores de información dentro de un flujo de trabajo BIM. Su relevancia como herramientas BIM depende de su uso dentro de un proceso específico de BIM, ya que muchas de ellas no son consideradas herramientas BIM por defecto. Ejemplos incluyen:

- Herramientas de generación de especificaciones.
- Software de estimación de costos (ej.: herramientas basadas en Excel sin componentes geométricos).

- Aplicaciones de planificación y programación (ej.: Microsoft Project).
- Herramientas de verificación de calidad de modelos (clash detection).
- Software de visualización y renderizado.
- Sistemas de gestión de instalaciones (FM).

Incluso programas como AutoCAD pueden funcionar como herramientas BIM cuando se integran en un proceso de BIM, aunque su enfoque principal no sea el modelado paramétrico.

Las plataformas BIM constituyen el elemento central en la generación y administración de datos dentro de un entorno de *Building Information Modeling*. Estas soluciones tecnológicas se distinguen por tres características fundamentales: en primer lugar, su capacidad para el modelado paramétrico y basado en objetos, lo que garantiza la integridad estructural del modelo digital; en segundo término, su avanzada interoperabilidad que permite la integración de información proveniente de múltiples aplicaciones; y finalmente, la inclusión de funcionalidades integradas como la generación automatizada de documentación, sistemas de detección de interferencias y herramientas avanzadas de visualización.

Entre las plataformas BIM más destacadas en el mercado actual encontramos Revit de Autodesk, ArchiCAD desarrollado por Graphisoft, Tekla Structures, Vectorworks y Bentley AECOSim. Estas soluciones suelen presentar versiones especializadas para disciplinas específicas, como es el caso de Revit Structure para ingeniería estructural o ArchiCAD MEP para instalaciones mecánicas, eléctricas y de plomería.

El Capítulo 2.5 del *BIM Handbook* (2022) analiza las plataformas BIM como sistemas centrales para el modelado paramétrico y la gestión integral de datos en proyectos de construcción. A continuación, se resumen en la **Tabla 1 y 2** las principales plataformas mencionadas y sus características clave:

Tabla 1

Comparativa de Software BIM según su Enfoque, Fortalezas y Limitaciones parte 1/2

Software BIM	Enfoque Principal	Fortalezas	Limitaciones
Revit (Autodesk)	Diseño arquitectónico, estructural y MEP	<ul style="list-style-type: none"> • Interoperabilidad con herramientas de análisis (Robot, Insight). • Bibliotecas extensas de familias paramétricas. • Generación automática de documentación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Curva de aprendizaje pronunciada. • Rendimiento limitado en modelos muy complejos.
ArchiCAD (Graphisoft)	Arquitectura y diseño integrado	<ul style="list-style-type: none"> • Interfaz intuitiva para etapas conceptuales. • Tecnología BIMcloud para trabajo colaborativo. • Buen desempeño en proyectos medianos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidades limitadas para ingeniería estructural avanzada.

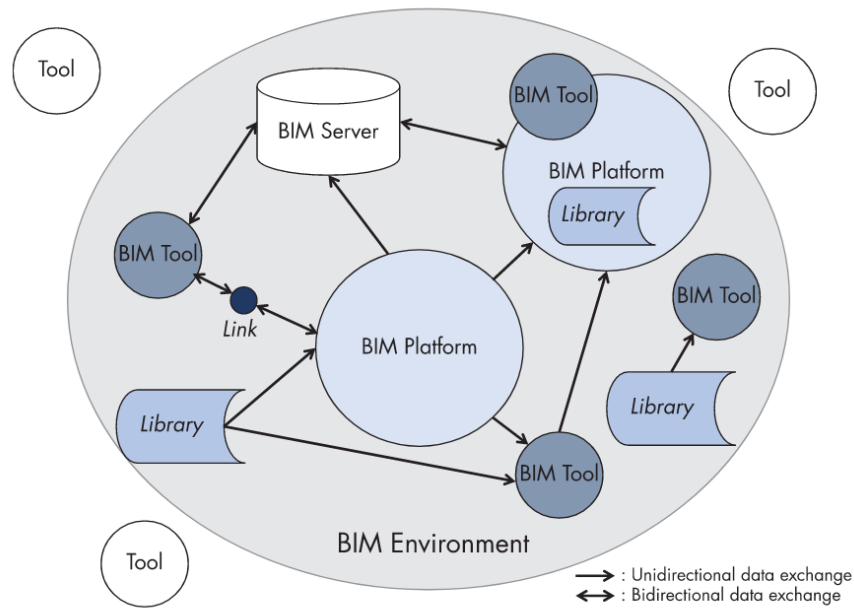
Tabla 2*Comparativa de Software BIM según su Enfoque, Fortalezas y Limitaciones parte 2/2*

Software BIM	Enfoque Principal	Fortalezas	Limitaciones
Tekla Structures (Trimble)	Ingeniería estructural y fabricación de acero/hormigón	<ul style="list-style-type: none"> • Precisión en modelado de detalles constructivos. • Integración con máquinas CNC. • Herramientas avanzadas para armaduras y conexiones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menos utilizado en fases iniciales de diseño arquitectónico.
Vectorworks	Arquitectura, paisajismo y entretenimiento (escenografía)	<ul style="list-style-type: none"> • Flexibilidad para modelado libre y orgánico. • Herramientas de renderizado integradas (Renderworks). 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor adopción en ingeniería civil frente a Revit o Tekla.
Bentley AECOsím (OpenBuildings Designer)	Infraestructura y edificaciones complejas	<ul style="list-style-type: none"> • Optimizado para mega-proyectos (aeropuertos, hospitales). • Interoperabilidad con MicroStation y GIS. 	<ul style="list-style-type: none"> • Complejidad en la configuración inicial.
Digital Project (Gehry Technologies / Dassault Systèmes)	Diseño de alta complejidad geométrica	<ul style="list-style-type: none"> • Basado en CATIA (industria aeronáutica). • Ideal para superficies curvas y estructuras no convencionales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo elevado y curva de aprendizaje técnica.

Como señalan Eastman et al. (2018) un entorno BIM representa la integración sistémica de diversas herramientas, plataformas, servidores y flujos de trabajo aplicados a un proyecto concreto, a una organización o incluso a un sector completo de la construcción, esto se ilustra en la **Figura 3**. Estos entornos se caracterizan por su capacidad para gestionar datos provenientes de múltiples plataformas, soportar diversos formatos de información desde modelos tridimensionales hasta documentos convencionales y comunicaciones electrónicas y emplear servidores BIM especializados que facilitan la coordinación entre equipos multidisciplinarios. Además, incorporan bibliotecas digitales de objetos y ensamblajes constructivos reutilizables. Si bien su implementación plantea desafíos tanto técnicos como organizacionales, su adopción adecuada conduce a mejoras significativas en la eficiencia de la gestión de proyectos.

Figura 3

Componentes de un entorno BIM según el modelo del BIM Handbook



Nota. Tomado de *BIM Handbook* (3ª ed., p. 59) de Eastman et al. (2022).

La **Figura 3** resulta clave para entender los elementos tecnológicos y organizacionales que conforman un entorno BIM completo. En el marco del presente TFG, su inclusión permite visualizar los componentes que deben ser considerados en el proceso de implantación dentro de una empresa como EIH Constructora. Si bien la propuesta se enfoca en una fase inicial de la implantación (fase de diseño y preconstrucción), el modelo presentado en la **Figura 3** proporciona una guía estructural de referencia sobre cómo escalar progresivamente hacia un entorno colaborativo y digitalizado más robusto. En particular, la propuesta desarrollada en este trabajo aborda la introducción de herramientas de modelado, el establecimiento de un Entorno Común de Datos (CDE), la asignación de roles y el uso de bibliotecas digitales (familias Revit), que corresponden a varios de los elementos mostrados en la **Figura 3**.

Un Entorno Común de Datos (CDE) funciona como una plataforma centralizada para distribuir, recopilar y administrar los distintos formatos de información del proyecto, como se muestra gráficamente en la **Figura 4**. Este sistema juega un papel fundamental en facilitar el trabajo colaborativo, ya que optimiza los procesos de coordinación al reducir costos y tiempos en la generación de información unificada. Además, promueve una mayor interacción entre las partes interesadas, permitiendo la creación, gestión y distribución eficiente de datos, mientras garantiza su disponibilidad continua durante todas las fases del proyecto.

Según los planteamientos de Mena (2006), un sistema efectivo de gestión electrónica de documentos debe orientarse hacia tres propósitos fundamentales. En primer lugar, debe optimizar el flujo documental para los usuarios, estableciendo protocolos claros sobre qué documentos deben archivar, junto con los métodos, momentos y ubicaciones adecuados para su almacenamiento, permitiendo así una recuperación rápida y eficiente de la información cuando sea requerida.

En segundo término, el sistema debe fomentar el intercambio y aprovechamiento colectivo de la información, implementando mecanismos que prevengan la duplicación o pérdida de documentos. Finalmente, debe servir como repositorio institucional que preserve el conocimiento organizacional más allá de la permanencia de individuos específicos, capitalizando la experiencia acumulada y evitando la repetición innecesaria de procesos ya documentados.

En el contexto BIM, el Entorno de Datos Compartidos (CDE) materializa estos principios funcionando como depósito centralizado para la recolección, administración y distribución estandarizada de documentos y modelos entre equipos multidisciplinarios. Este entorno se sustenta típicamente en sistemas de gestión documental que regulan y facilitan el intercambio de información entre todos los participantes del proyecto.

Figura 4
Concepto de Entorno común de datos



Nota. Tomado de *Introducción a la serie ISO 19650* (Rev. mayo 2021), por buildingSMART (2021).

En el marco del presente Trabajo Final de Graduación, esta representación gráfica del Entorno Común de Datos (CDE) permite visualizar de forma simplificada cómo se estructura y organiza el flujo de información en un entorno colaborativo. Su inclusión es clave para sustentar uno de los ejes fundamentales del plan de acción propuesto, que es precisamente la estandarización y digitalización de la gestión documental. El CDE fue implementado utilizando plataformas accesibles, como Google Drive estructurado bajo criterios BIM, con carpetas por fases y disciplinas, siguiendo buenas prácticas de nomenclatura. Esta solución responde a las necesidades específicas de EIH Constructora y constituye un paso concreto hacia la organización de la información del proyecto de manera trazable y centralizada. La **Figura 4** ilustra cómo se concibe esta plataforma como núcleo de colaboración, lo cual se adapta a la escala de una pyme y sienta las bases para una futura migración hacia sistemas más avanzados como Autodesk Construction Cloud u otros repositorios especializados.

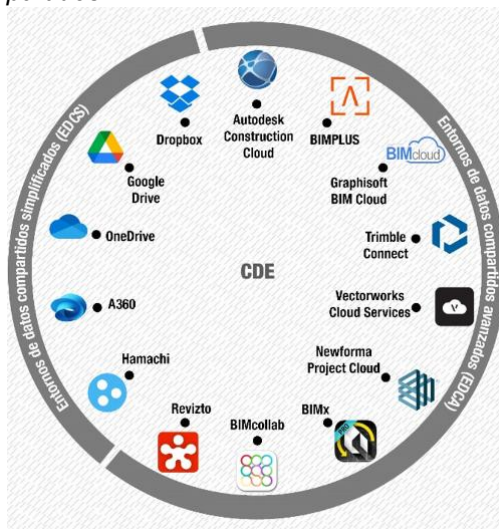
En cuanto a su clasificación, Barco Moreno (2018) propone una diferenciación entre dos tipos de CDE: los Entornos de Datos Compartidos Simplificados (EDCS), que ofrecen funcionalidades básicas de intercambio de información; y los Entornos de Datos Compartidos Avanzados (EDCA), que incorporan características más sofisticadas para la gestión integral de datos. Esta distinción ayuda a seleccionar el tipo de entorno más adecuado, según las necesidades específicas de cada proyecto.

Los EDCS constituyen soluciones básicas diseñadas para cubrir las necesidades esenciales de almacenamiento y compartición de documentos. Estos sistemas operan principalmente como repositorios digitales donde los equipos de proyecto pueden almacenar y acceder a archivos en formatos convencionales como PDF, DWG o documentos de Office. Su estructura suele basarse en una jerarquía simple de carpetas y ofrecen funcionalidades limitadas de control de versiones y permisos de acceso. Estos entornos son adecuados para proyectos pequeños o medianos donde los requerimientos de colaboración son relativamente sencillos y no se necesita una integración profunda con otras plataformas tecnológicas, llegan a ser útiles principalmente para fases de diseño y construcción.

Por otro lado, los EDCA representan soluciones integrales que van mucho más allá del simple almacenamiento de documentos. Estas plataformas avanzadas incorporan capacidades sofisticadas como control automatizado de versiones, flujos de trabajo configurables para la revisión y aprobación de documentos, y una profunda interoperabilidad con software especializado como Revit, Navisworks u otras herramientas BIM. Una de sus características distintivas es la capacidad de extraer y gestionar metadatos específicos contenidos en los documentos, permitiendo búsquedas semánticas avanzadas y la vinculación inteligente de datos con modelos BIM.

En cuanto a seguridad y control, los EDCS proporcionan mecanismos básicos de permisos por carpeta o archivo, mientras que los EDCA implementan sistemas granulares de control de acceso que pueden configurarse, según múltiples atributos como la fase del proyecto, la disciplina profesional o el nivel de confidencialidad del documento, complementados con funciones avanzadas de auditoría y encriptación de datos sensibles. En la **Figura 5** Castro y Ríos presentan un resumen de los principales softwares utilizados como Entorno Común de Datos (CDE) en Entornos de Datos Compartidos (EDCA o EDCS).

Figura 5
Niveles de entorno de datos compartidos



Nota. Tomado de *Evaluación del flujo de trabajo en la fase de diseño, a través del uso de la metodología BIM-VDC aplicado en una edificación multifamiliar en Lima*, Castro y Ríos (2023).

1.2 Normativa y regulaciones

Esta sección presenta los marcos normativos y estándares técnicos que sustentan la correcta adopción de la metodología BIM a nivel internacional. Se abordan conceptos clave relacionados con la estandarización, destacando normativas como la ISO 19650 y otras guías de referencia ampliamente utilizadas en procesos colaborativos de diseño y construcción. Asimismo, se introduce el Plan de Ejecución BIM (BEP) como documento esencial para la organización del trabajo en proyectos BIM, y se describen los roles fundamentales que deben definirse dentro de una estructura organizacional orientada a esta metodología. Estos elementos permiten establecer una base formal para la implementación ordenada y eficaz del modelo BIM en las empresas, facilitando la interoperabilidad, la trazabilidad y la calidad de la información durante el ciclo de vida del proyecto.

1.2.1 Estandarización en BIM: normativas y estándares internacionales

La estandarización en BIM es fundamental para garantizar la interoperabilidad, calidad y eficiencia en los proyectos de construcción a nivel global. Normativas y estándares internacionales, como ISO 19650, PAS 1192 o el IFC (*Industry Foundation Classes*), establecen pautas comunes para la gestión de información, facilitando la colaboración entre disciplinas y la adopción coherente de BIM en diferentes países. Este marco normativo no solo optimiza procesos, sino que también promueve la transparencia y sostenibilidad en la industria AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción).

La norma ISO 19650, actualizada en mayo de 2021, establece un marco metodológico integral para la implementación de BIM en proyectos de construcción, con el propósito fundamental de estandarizar los procesos de gestión de información a nivel internacional. Esta normativa surge como respuesta a la necesidad de unificar criterios en la industria AEC, proporcionando un lenguaje común que facilite la colaboración entre los distintos actores involucrados en el ciclo de vida de los proyectos.

Los objetivos centrales de esta norma se orientan hacia la optimización de los flujos de trabajo mediante la implementación de procesos estructurados que garanticen la consistencia, accesibilidad y confiabilidad de la información. Entre sus principales metas destacan la promoción de la interoperabilidad entre plataformas mediante estándares abiertos como IFC, la reducción de riesgos y costos asociados a errores y retrabajos, y la alineación de los entregables BIM con los requerimientos específicos de cada proyecto. La norma busca, en esencia, transformar la manera en que se gestiona la información en la industria de la construcción, estableciendo protocolos claros que van desde la concepción inicial del proyecto hasta la operación del activo construido.

La metodología propuesta por la ISO 19650 se estructura en un ciclo continuo de gestión de información que inicia con la evaluación detallada de necesidades, donde se definen los Requisitos de Información del Empleador (EIR). Estos requisitos sirven como base para la elaboración del Plan de Ejecución BIM (BEP), documento rector que especifica los roles y responsabilidades, estándares de modelado, niveles de detalle requeridos (LOD/LOIN) y los protocolos para el intercambio de información a través de Entornos Comunes de Datos (CDE). La fase de producción y validación asegura que los modelos BIM cumplan con los criterios establecidos, mientras que la etapa de entrega y operación garantiza una transición fluida de la información hacia las fases de construcción y mantenimiento.

Los principios fundamentales que sustentan esta metodología incluyen un enfoque colaborativo que integra a todos los participantes del proyecto, procesos de gestión estandarizados que permiten la creación, revisión y aprobación sistemática de la información, mecanismos de trazabilidad para el control de versiones y decisiones, y la flexibilidad necesaria para adaptarse a diferentes tipos de proyectos y contextos regulatorios locales. Esta adaptabilidad es particularmente relevante, ya que permite aplicar la norma tanto en enfoques predictivos tradicionales como en metodologías ágiles de desarrollo.

Como parte de su contribución a la estandarización internacional, la ISO 19650 consolida y sincroniza prácticas que anteriormente se encontraban dispersas, como los estándares británicos PAS 1192. Su implementación permite a las organizaciones certificar sus procesos BIM, demostrando cumplimiento con parámetros internacionalmente reconocidos. Además, la norma presenta una clara compatibilidad con otros sistemas de gestión, como la ISO 9001 para calidad y la ISO 55000 para gestión de activos, lo que facilita su integración en los sistemas existentes de las organizaciones.

La escalabilidad de la norma es otro de sus aspectos destacables, ya que puede aplicarse con igual efectividad tanto en proyectos de pequeña escala como en megaproyectos complejos. Esta versatilidad, unida a su enfoque centrado en la generación de valor a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, posiciona a la ISO 19650 como el estándar de referencia para la implementación de BIM a nivel global, ofreciendo a la industria un marco metodológico robusto que promueve la eficiencia, la colaboración y la calidad en los procesos de construcción.

Por otro lado, en Perú, la guía nacional establece un marco estandarizado para la adopción progresiva de la metodología BIM en el sector construcción peruano, adaptando los principios internacionales de la ISO 19650 al contexto local. Su objetivo principal es mejorar la eficiencia, calidad y transparencia en los proyectos de construcción, tanto públicos como privados, mediante procesos colaborativos y gestión digital de información.

La guía propone una implementación gradual estructurada en cuatro ejes clave: definición de requisitos técnicos (EIR y PEB), gestión centralizada de información a través de Entornos Comunes de Datos (CDE), desarrollo de modelos con niveles de detalle específicos (LOD 100-500), y entrega de información útil para la operación y mantenimiento de activos. Un aspecto diferenciador es su enfoque en proyectos públicos, alineándose con el Plan Nacional de Implementación BIM y el Reglamento Nacional de Edificaciones, según el Ministerio de Economía y Finanzas (2021) de ese país.

Para facilitar la adopción, dicha guía considera las particularidades del mercado peruano, donde muchas empresas están en etapas iniciales de implementación BIM. Por ello, promueve un enfoque escalable que comienza con proyectos piloto y capacitación progresiva, priorizando la interoperabilidad mediante estándares abiertos como IFC. Esta estrategia busca reducir la fragmentación en los procesos constructivos, optimizar recursos en licitaciones públicas y posicionar al Perú como referente regional en la transformación digital del sector construcción, tal y como lo señala el Ministerio de Economía y Finanzas (2021) peruano.

Colombia también propone su guía nacional, los manuales BIM KIT 1 y 2, desarrollados como parte de la Estrategia Nacional BIM Colombia, establecen los lineamientos para la adopción gradual de la metodología BIM en el país, adaptando estándares internacionales al contexto local. Estos documentos buscan transformar digitalmente el sector de la construcción mediante procesos colaborativos que mejoren la eficiencia, calidad y sostenibilidad de los proyectos, esto está puntualizado en la Estrategia Nacional BIM Colombia (2023).

El BIM KIT 1 introduce los conceptos fundamentales, definiendo términos clave, roles y flujos de trabajo básicos. Por su parte, el BIM KIT 2 profundiza en aspectos técnicos, detallando protocolos para modelado, gestión de datos y entrega de proyectos. Juntos, proponen una implementación estructurada en tres fases:

1. Planificación, donde se establecen los requisitos de información (EIR) y el plan de ejecución (BEP);
2. Desarrollo, con modelado bajo niveles de detalle específicos (LOD) y coordinación interdisciplinaria; y
3. Entrega, garantizando que los modelos contengan datos útiles para operación y mantenimiento, usando formatos interoperables como IFC.

Adaptándose al mercado colombiano, los BIM KIT promueven una adopción gradual, comenzando con proyectos piloto. Su enfoque práctico busca superar barreras iniciales mientras se alinea con regulaciones locales como la NSR-10. Estos manuales representan un avance significativo en la estandarización BIM en Colombia, unificando metodologías entre los distintos actores del sector construcción, como se señala en Estrategia Nacional BIM Colombia (2023).

En Europa el plan BIM de la AGE ha posicionado a España como referente para la implantación gradual de la metodología BIM en el sector público. Como parte de la *Agenda Digital 2025*, este plan busca modernizar los procesos constructivos mediante la transformación digital, mejorando la eficiencia, transparencia y calidad en los proyectos de infraestructura pública.

El marco establece cinco niveles de madurez BIM (de 0 a 4) que permiten a las organizaciones avanzar progresivamente desde la adopción inicial hasta la implementación avanzada. El plan se estructura en tres componentes principales: primero, la definición de estándares mediante documentos clave como los Requisitos de Información (EIR) y Planes de Ejecución BIM (BEP); segundo, el desarrollo de modelos con niveles de detalle específicos (LOD) y procesos de coordinación colaborativa; y tercero, la entrega de modelos con información útil para la fase de operación y mantenimiento, como detallan el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2023) españoles.

Adaptado al contexto español, el plan enfatiza su aplicación en la contratación pública, estableciendo plazos obligatorios, según el tipo de proyecto. Incorpora programas de formación para funcionarios y empresas, reconociendo las diferentes etapas de madurez BIM en el sector, y se articula con normativas locales como el *Código Técnico de la Edificación*, según lo señalado por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2023).

El *BIM Project Execution Planning Guide* (Versión 3.0), desarrollado por la Universidad Estatal de Pensilvania (2021), establece una metodología sistemática para la implementación efectiva de BIM en proyectos de construcción. Este marco de referencia, reconocido internacionalmente, proporciona herramientas prácticas para planificar, ejecutar y controlar procesos BIM a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

La guía propone un enfoque estructurado basado en cuatro componentes clave: la identificación de usos BIM específicos para cada proyecto, el desarrollo de un Plan de Ejecución BIM (BEP) detallado, la implementación de procesos de gestión de información, y la definición de protocolos para la entrega final. El proceso inicia con un taller de planificación colaborativa donde se definen los objetivos BIM alineados con las necesidades del proyecto, seguido por la elaboración del BEP que especifica roles, estándares de modelado y protocolos de intercambio de información, como indican Messner et al. (2019).

Un aspecto innovador de esta guía es su sistema de clasificación de 25 usos BIM potenciales, organizados en cuatro categorías principales: análisis, coordinación, planificación y operaciones. Esto permite a los equipos de proyecto seleccionar y priorizar las aplicaciones BIM más relevantes según sus objetivos específicos. La versión 3.0, como indican Messner et al. (2019), refuerza especialmente la importancia del

Entorno Común de Datos (CDE) como plataforma central para la gestión colaborativa de la información, incorporando lecciones aprendidas de implementaciones reales.

La guía ha demostrado su efectividad en diversos tipos de proyectos, desde edificaciones comerciales hasta infraestructura compleja, ofreciendo un equilibrio entre flexibilidad y estructura. Su enfoque práctico y escalable la convierte en una referencia valiosa tanto para organizaciones que inician su adopción BIM como para aquellas que buscan optimizar sus procesos existentes, contribuyendo así a la estandarización de mejores prácticas en la industria de la construcción a nivel global.

La selección de estas guías responde a que constituyen referentes consolidados y aplicables para el diseño de un plan de implantación BIM en empresas de pequeña y mediana escala, como es el caso de EIH Constructora. Se priorizaron documentos que, además de estar alineados con los estándares internacionales de la serie ISO 19650, han sido adaptados a realidades nacionales con contextos y desafíos similares a los de Costa Rica, como la limitada madurez BIM en el sector y la necesidad de una adopción progresiva mediante proyectos piloto. Las guías de Perú y Colombia aportan modelos escalables y estrategias enfocadas en entornos con empresas en etapas iniciales, lo que resulta pertinente para el presente trabajo. El plan BIM de España, por su parte, ofrece un marco gradual de madurez y una visión de obligatoriedad en la contratación pública que sirve como referencia para proyecciones a mediano plazo en el contexto costarricense. Finalmente, la guía de la Universidad Estatal de Pensilvania (BIM Project Execution Planning Guide) proporciona una metodología probada para estructurar el Plan de Ejecución BIM (BEP) y definir usos BIM relevantes, elementos centrales en la propuesta de este TFG. En conjunto, estos referentes internacionales permiten fundamentar el plan de acción propuesto, adaptándolo a la realidad de una pyme costarricense y asegurando que la estrategia planteada esté respaldada por buenas prácticas reconocidas globalmente.

1.2.2 Plan de ejecución BIM (BEP) y roles en proyectos BIM

Messner et al. (2021) establecen que la implantación/implementación de la metodología BIM en proyectos constructivos se inicia con la creación de un Plan de Ejecución BIM (BEP), documento estratégico que orienta a los equipos en la aplicación de los procesos BIM. Este plan establece los parámetros fundamentales de información, requisitos y protocolos necesarios para alcanzar los objetivos del proyecto, alineando a todos los participantes bajo unos mismos criterios de desarrollo que facilitan la coordinación y comunicación interdisciplinar.

El BEP debe elaborarse desde las fases iniciales del proyecto, evolucionando progresivamente a medida que se incorporan nuevos actores, y actualizándose según las necesidades durante su ejecución. Como herramienta de gestión, el plan debe especificar claramente:

1. El alcance de la implementación BIM para el proyecto concreto.
2. Los flujos de trabajo y procesos BIM a seguir.
3. Los intercambios de información entre las diferentes partes.
4. Los requisitos tecnológicos y organizacionales necesarios para apoyar la implementación.

Este documento vivo sirve como columna vertebral para la ejecución coordinada de todas las actividades BIM, asegurando que la metodología se aplique de manera consistente y efectiva a lo largo de todo el ciclo del proyecto. Su carácter dinámico permite adaptarse a los cambios y nuevas necesidades que puedan surgir durante las distintas fases de desarrollo.

El Plan de Ejecución BIM (BEP) debe estructurarse como un documento integral que aborde todos los aspectos clave para la implementación efectiva de la metodología en el proyecto. Comienza con una sección introductoria que justifique su creación y propósito, seguida de información básica del proyecto como ubicación, descripción, fechas críticas y datos de contacto de los responsables principales.

El núcleo del plan debe establecer claramente los objetivos BIM alineados con las metas del proyecto, definiendo su valor estratégico y usos específicos. Asimismo, debe detallar la estructura organizacional, identificando a los coordinadores BIM y los equipos responsables en cada fase, junto con los roles específicos de los participantes.

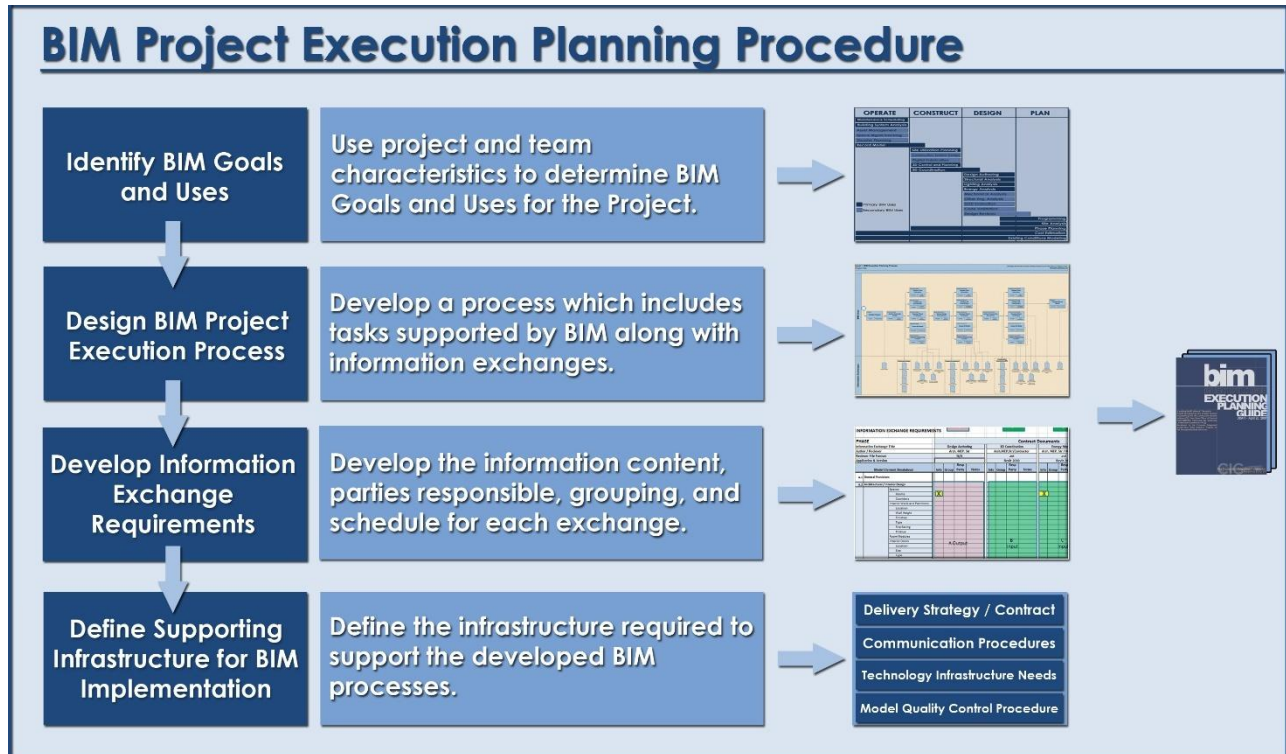
Un componente esencial es el diseño de procesos BIM, representado mediante mapas de flujo que ilustren las actividades y secuencias de trabajo. Esto se complementa con la especificación de intercambios de información, donde se definen los elementos del modelo y el nivel de detalle requerido para cada uso BIM. Además, el plan debe incorporar los requisitos del propietario respecto a datos de construcción y operación, asegurando que el modelo cumpla con las necesidades de gestión de las instalaciones.

La colaboración efectiva se garantiza mediante protocolos establecidos para el trabajo electrónico, incluyendo estructuras de archivos, permisos de acceso y agendas de reuniones periódicas. Paralelamente, se implementan procedimientos de control de calidad para verificar que los modelos cumplan con los estándares definidos.

En cuanto a aspectos técnicos, el plan debe especificar la infraestructura tecnológica necesaria (hardware, software y redes), así como los estándares de modelado, incluyendo estructura de archivos, sistemas de coordenadas y convenciones de nomenclatura. Finalmente, el documento debe precisar los entregables requeridos por el propietario y la estrategia de entrega del proyecto (como diseño-construcción o diseño-licitación-construcción), lo que influye directamente en los términos contractuales para asegurar una implementación BIM exitosa.

En conjunto, el BEP funciona como una guía dinámica que articula todos estos componentes, facilitando la coordinación entre disciplinas y asegurando que la metodología BIM se aplique de manera consistente y alineada con los objetivos del proyecto.

Figura 6
Estructura general de un BEP (Plan de Ejecución BIM)



Nota. Flujo de trabajo estándar en un BEP según Messner et al (2019).

La inclusión del modelo de planificación del BEP propuesto por Messner et al. (2019), en la **Figura 6**, resulta especialmente relevante, ya que establece una guía metodológica clara y adaptada a los requerimientos de implantación BIM en empresas como EIH Constructora. Dado que este trabajo se enfoca en las fases de diseño y preconstrucción, la estructuración adecuada de un BEP permite alinear los objetivos estratégicos de la empresa con prácticas BIM efectivas, incluso en contextos de recursos limitados. A partir de este modelo, se diseñó una propuesta de plan de acción que incluye la definición de usos BIM (como modelado 3D y planificación de obra), los flujos de trabajo internos optimizados, los requerimientos de intercambio de información entre disciplinas, y la infraestructura tecnológica mínima necesaria para su ejecución.

De acuerdo con RICS (2017), el BEP debe incluir la definición de entregables digitales clave, como entregas de modelos en formato IFC o COBie, y establecer claramente responsabilidades por cada fase mediante herramientas como el MIDP (Master Information Delivery Plan). Este enfoque asegura que cada miembro del equipo conozca no solo qué información debe entregar, sino también cuándo, en qué formato y con qué nivel de detalle (LOD). Asimismo, se propone que el Project Information Manager (PIM) tenga un rol central en la coordinación y control de versiones, lo que garantiza consistencia de datos y cumplimiento de estándares durante la ejecución del Plan de Ejecución BIM.

Aplicado al contexto de EIH Constructora, la integración de estos lineamientos permitió fortalecer la propuesta del BEP al:

- Incluir un MIDP con calendario de entregables y formatos requeridos por disciplina.
- Establecer parámetros para definir roles de gestión de información (EIM/PIM), incluso en una estructura reducida.
- Incluir criterios de control de calidad de modelos y seguimiento de cumplimiento del BEP mediante indicadores.
- Formalizar la conexión entre el EIR del cliente y los objetivos BIM del proyecto, alineando expectativas desde el inicio.

La implementación de la metodología BIM en los proyectos de construcción ha dado lugar a la redefinición de roles y responsabilidades dentro de las organizaciones. A medida que se adopta esta metodología, es fundamental establecer una estructura de trabajo clara que permita la coordinación eficiente entre disciplinas y garantice la correcta gestión de la información. Para ello, se han identificado distintos roles clave que facilitan la aplicación de BIM en todas las etapas del proyecto, desde la creación de modelos hasta la toma de decisiones estratégicas dentro de la empresa.

Uno de los roles principales es el Modelador BIM, quien se encarga de desarrollar y documentar los modelos digitales en una o varias disciplinas. Su función primordial es generar modelos precisos que cumplan con los requisitos técnicos y de diseño, asegurando la correcta utilización del software y la coherencia en la información del proyecto.

El Documentador BIM es responsable de la elaboración de planos de construcción y la generación de documentación relevante para la cuantificación, presupuestos y extracción de datos de los modelos. Su trabajo se enfoca en la representación gráfica de los modelos BIM, generalmente con especialización en una disciplina específica.

Por otro lado, el Coordinador BIM tiene la tarea de supervisar y organizar el desarrollo de los modelos dentro de una disciplina en particular, garantizando que se cumplan los estándares BIM establecidos. Además, revisa la calidad de los modelos y su compatibilidad con las demás disciplinas del proyecto, participando en la toma de decisiones relacionadas con el diseño, la estandarización y la resolución de conflictos técnicos.

El Gerente BIM (BIM Manager) asume un papel estratégico en la implementación de BIM dentro de los proyectos, definiendo el Plan de Ejecución BIM (BEP), donde se establecen los objetivos, alcances, responsabilidades y herramientas tecnológicas a utilizar. También supervisa los procesos de modelado, auditoría de modelos y coordinación interdisciplinaria, asegurando el cumplimiento de los estándares y optimizando el flujo de trabajo mediante el uso eficiente de los recursos tecnológicos.

Finalmente, el Director BIM es el encargado de liderar la integración de BIM dentro de la empresa, coordinando con la alta dirección para establecer la infraestructura y los procesos necesarios para su implementación. Su labor abarca la gestión del equipo BIM, la definición de flujos de trabajo, la administración de herramientas digitales y la supervisión general del avance de los proyectos en ejecución. Además, se encarga de dar seguimiento a las actividades de los BIM Managers, asegurando que la estrategia BIM de la empresa se aplique de manera efectiva y alineada con los objetivos organizacionales.

La implementación de la metodología BIM en los proyectos de construcción ha generado la necesidad de redefinir y profesionalizar diversos roles dentro de las organizaciones. Si bien el presente trabajo toma como base los lineamientos propuestos en la *Guía de implementación BIM para empresas* desarrollada por la Cámara Costarricense de la Construcción y BIM Forum Costa Rica (2021), se complementa con la visión internacional propuesta por la Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS) en su documento *BIM for*

Project Managers (2017), el cual amplía el alcance de los roles involucrados, especialmente en las etapas estratégicas y de dirección de proyectos.

Según esta literatura, además de los roles técnicos ya identificados como el Modelador BIM, Documentador BIM, Coordinador BIM y el BIM Manager, se destacan figuras clave como el Project Information Manager (PIM) y el Task Team Manager (TTM). El PIM tiene la responsabilidad de gestionar toda la información del proyecto desde una perspectiva integral, asegurando la coherencia, accesibilidad y control de versiones dentro del Entorno Común de Datos (CDE). Por su parte, el TTM lidera la producción técnica de modelos dentro de cada equipo disciplinario, asegurando el cumplimiento de los entregables según los requerimientos del BEP (Plan de Ejecución BIM).

Asimismo, el documento enfatiza la importancia del rol del Employer's Information Manager (EIM) o Responsable de la información del cliente, quien actúa como enlace entre los intereses estratégicos del propietario y los flujos de información técnica, garantizando que los requerimientos de información (EIR) sean correctamente traducidos en objetivos y entregables BIM.

Incorporar estos roles al plan de implantación de EIH Constructora permite establecer una estructura organizacional más robusta, aún dentro de una pyme, ya que algunos de estos roles pueden ser combinados o asumidos por una misma persona. Esta flexibilidad es especialmente útil en organizaciones pequeñas, donde la asignación de múltiples funciones a un equipo reducido es común. Esta visión mixta entre normativa local e internacional enriquece la propuesta metodológica y alinea el plan de acción con buenas prácticas globales.

1.3 BIM en Costa Rica

Esta sección analiza el estado actual y las perspectivas de adopción de la metodología BIM en el contexto costarricense, con especial énfasis en su impacto en las pequeñas y medianas empresas del sector construcción. Se revisan estudios, iniciativas institucionales y esfuerzos impulsados por organizaciones como la Cámara Costarricense de la Construcción, BIM Forum Costa Rica y la Hoja de Ruta Nacional para la adopción de BIM. Además, se examina el rol de la capacitación como eje estratégico para cerrar brechas tecnológicas y fomentar una transformación digital sostenible. Este panorama nacional permite comprender los desafíos y oportunidades que enfrentan empresas como EIH Constructora en su camino hacia la digitalización.

1.3.1 BIM en pymes constructoras y su impacto económico

En los últimos años, la metodología BIM ha experimentado un crecimiento significativo a nivel global, consolidándose como un estándar prioritario para las administraciones públicas de diversos países. Costa Rica no ha sido la excepción: el 14 de febrero de 2020, el Gobierno costarricense publicó la *Estrategia Nacional BIM*, un marco estratégico que establece los lineamientos para la adopción masiva de esta metodología en el país. Esta iniciativa busca modernizar la industria de la construcción, mejorar la eficiencia

en la gestión de proyectos públicos y privados, y fomentar la competitividad del sector mediante la transformación digital, como mencionan Parraguez et al. (2022).

La metodología representa una transformación fundamental en los procesos constructivos, con implicaciones económicas significativas a lo largo de todo el ciclo de vida de los proyectos. Aunque su adopción requiere inversiones iniciales considerables, particularmente en las etapas de diseño y capacitación, los beneficios económicos que genera superan ampliamente estos costos iniciales, posicionando a BIM como una herramienta estratégica para la competitividad empresarial. Sin embargo, según Cámara Costarricense de la Construcción y BIM forum Costa Rica (2018) esta inversión inicial se compensa con beneficios significativos a lo largo del ciclo de vida del proyecto:

1. Reducción de costos y errores durante la construcción:
 - BIM permite identificar y resolver inconsistencias e interferencias en etapas tempranas, evitando reprocesos y sobrecostos derivados de diseños mal definidos.
 - La capacidad de probar múltiples opciones de diseño sin modificar manualmente toda la documentación agiliza los ajustes y garantiza decisiones más informadas.
2. Ahorros en operación y mantenimiento (fase más crítica):
 - El mayor impacto económico se observa en la fase de operación, donde BIM facilita la planificación de accesos para mantenimiento, el rastreo de componentes y la gestión eficiente de remodelaciones o futuras demoliciones.
 - Modelos actualizados (as-built) y vinculados a sistemas de gestión de activos optimizan costos a largo plazo.
3. Eficiencia en planificación y control:
 - La integración de dimensiones como 4D (tiempo) y 5D (costos) permite programar obras con mayor precisión, anticipar conflictos logísticos (ej. movilización de grúas) y controlar presupuestos en tiempo real.
 - En proyectos con sistemas prefabricados —comunes en Costa Rica—, el modelado BIM asegura un diseño, fabricación y montaje más eficientes.

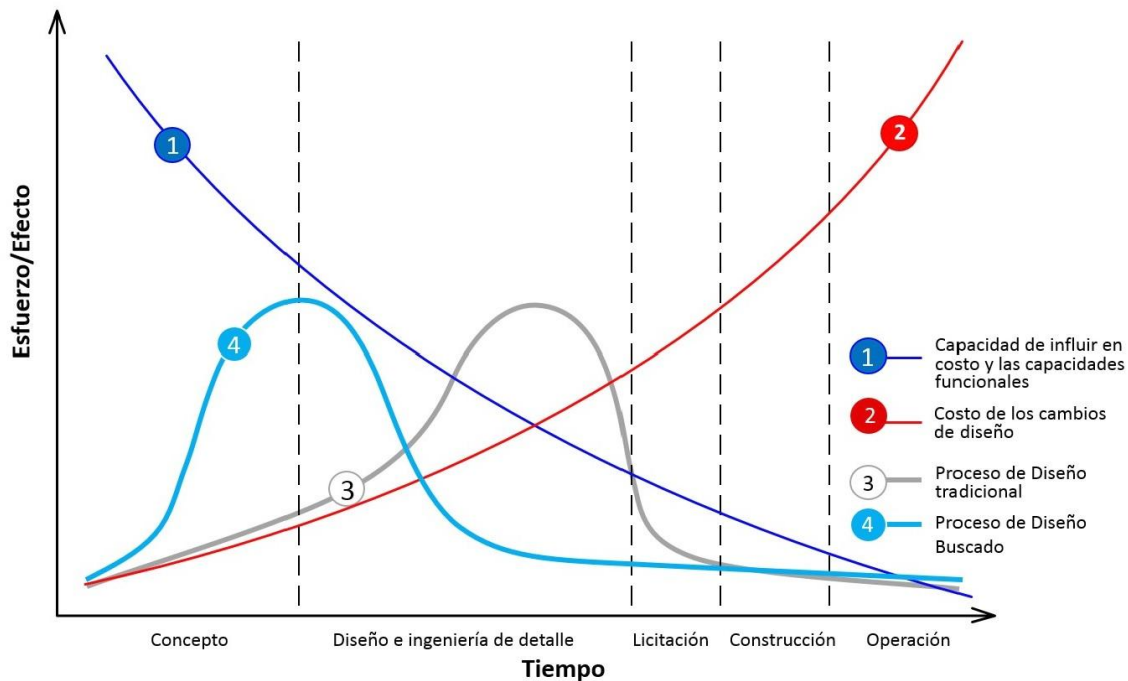
Claves para Maximizar el Impacto Económico

- Liderazgo comprometido: la visión estratégica de las jefaturas es esencial. Deben integrar BIM en los objetivos corporativos, asignar recursos para capacitación y establecer hitos claros que midan el avance.
- Capacitación progresiva: formar al personal en BIM, especialmente a los tomadores de decisiones, garantiza que comprendan su potencial para reducir costos y mejorar la competitividad.
- Enfoque en sostenibilidad: BIM permite análisis energéticos (6D) y gestión de recursos, lo que se traduce en proyectos más sostenibles y con menor impacto ambiental.
- Objetivos Clave de BIM con Enfoque Económico.
- Optimización de recursos: cuantificación automática de materiales y generación de presupuestos precisos.

- Prevención de riesgos: detección temprana de colisiones entre disciplinas (ej. tuberías vs. estructuras).
- Valor agregado en mantenimiento: modelos as-built actualizados reducen costos operativos y prolongan la vida útil de los activos.

Además de esto en la **Figura 7** se puede ver la Curva de MacLeamy, desarrollada por Patrick MacLeamy, la cual muestra cómo la distribución del esfuerzo y el costo en un proyecto varía, según la etapa en la que se realicen las decisiones de diseño.

Figura 7
Curva de esfuerzo del proceso constructivo



Nota. Tomado de *MacLeamy Curve* escrito por MacLeamy.

En un proceso tradicional, el esfuerzo de diseño tiende a incrementarse en las etapas tardías, lo que genera costos elevados debido a la necesidad de corregir errores cuando la construcción ya ha comenzado. En contraste, el uso de la metodología BIM permite que el esfuerzo se concentre en las primeras etapas del proyecto, reduciendo la necesidad de cambios costosos en fases posteriores.

La capacidad de influencia sobre los costos es otro aspecto clave que destaca esta curva. En las primeras fases del proyecto, las decisiones de diseño tienen un impacto significativo y pueden optimizar los costos con facilidad. Sin embargo, a medida que avanza la construcción, la posibilidad de realizar modificaciones sin incurrir en gastos adicionales disminuye drásticamente.

En cuanto a la comparación entre los métodos tradicionales y BIM, en los procesos convencionales los esfuerzos de diseño y solución de problemas suelen concentrarse durante la construcción, lo que puede generar retrasos y sobrecostos. En cambio, con BIM, el esfuerzo se traslada a las primeras etapas del

proyecto, lo que permite detectar y corregir errores antes de que la construcción inicie. Esto optimiza la eficiencia del proyecto y mejora su planificación, evitando imprevistos costosos y reduciendo el riesgo de modificaciones tardías.

Esto en pequeñas empresas como Pymes puede llegar a ser un riesgo muy alto que tomar, según la investigación realizada por Cappuyns (2020), se evidencia que las pequeñas y medianas empresas requieren estrategias diferenciadas frente a las grandes corporaciones para adoptar BIM exitosamente. Es fundamental que estas desarrollen un plan de implementación personalizado, con una inversión inicial moderada que considere el retorno a mediano plazo. Un diagnóstico previo de capacidades organizacionales y necesidades futuras resulta indispensable para orientar las transformaciones requeridas y priorizar inversiones.

La adaptación al BIM no sigue un modelo único: mientras algunas empresas deben redefinir su modelo de negocio, otras necesitan establecer alianzas estratégicas para compartir recursos. Lo claro es que, en un mercado en evolución, las organizaciones que no modernicen sus procesos enfrentan pérdida de competitividad.

Entre las limitaciones identificadas destacan:

1. Asignación de responsabilidades: BIM aún presenta vacíos en la distribución de roles entre los actores del proyecto, lo que deriva en exigencias desbalanceadas (ej.: clientes que demandan altos niveles de detalle BIM sin ajustar honorarios).
2. Barreras tecnológicas: la metodología requiere múltiples herramientas especializadas y hardware potente, implicando costos significativos en licencias y equipos.

Pese a estos desafíos, BIM demuestra impactos positivos en la gestión de proyectos:

- Toma de decisiones basada en datos coherentes.
- Reducción de riesgos y errores.
- Optimización de la comunicación interdisciplinaria.
- Incremento en la eficiencia operativa.

Como concluye este autor "BIM no resuelve todos los problemas inherentes a la construcción, pero sistematiza la consistencia técnica y mejora los resultados empresariales" (Cappuyns, 2020). Su adopción progresiva, adaptada a las capacidades de cada organización, se perfila como un factor crítico para la sostenibilidad de las Pymes constructoras.

1.3.2 Capacitación y estrategias para la adopción de BIM en Costa Rica

La adopción de la metodología BIM en Costa Rica ha sido impulsada por diversas iniciativas lideradas por organizaciones como la Cámara Costarricense de la Construcción (CCC) y el BIM Forum Costa Rica. Estas entidades han desarrollado estrategias y programas de capacitación orientadas a facilitar la transición hacia BIM en el sector de la construcción nacional.

La CCC, a través del BIM Forum Costa Rica, ha identificado la necesidad de formar profesionales competentes en BIM para mejorar la eficiencia y competitividad del sector. En este contexto, se han promovido diversas acciones:

1. Programas de Capacitación Especializada: se han establecido alianzas con instituciones educativas y organismos internacionales para ofrecer cursos y certificaciones en BIM. Estos programas abarcan desde niveles introductorios hasta avanzados, cubriendo aspectos como modelado, gestión de proyectos y coordinación interdisciplinaria.
2. Seminarios y Talleres: organización de eventos periódicos que reúnen a expertos nacionales e internacionales para compartir conocimientos, experiencias y mejores prácticas en la implementación de BIM. Estos espacios fomentan la actualización continua y el intercambio de ideas entre profesionales del sector.
3. Desarrollo de Materiales Didácticos: elaboración de guías, manuales y documentos técnicos que sirven como referencia para empresas y profesionales interesados en adoptar BIM. Estos materiales buscan estandarizar procesos y facilitar la comprensión de la metodología.

Además, la *Hoja de Ruta para la Adopción de BIM en Costa Rica* establece estrategias clave para la capacitación y adopción de esta metodología:

- Integración Académica: Incorporación de contenidos BIM en los planes de estudio de universidades y centros de formación técnica, asegurando que los futuros profesionales egresen con competencias alineadas a las demandas del mercado.
- Certificación de Competencias: implementación de sistemas de certificación que validen las habilidades y conocimientos en BIM, garantizando un estándar de calidad en el desempeño profesional.
- Fomento de la Cultura BIM: promoción de una mentalidad colaborativa y digital dentro de las organizaciones, resaltando los beneficios de BIM en términos de eficiencia, reducción de costos y mejora en la calidad de los proyectos.

En este contexto, el presente Trabajo Final de Graduación se alinea con las estrategias nacionales de digitalización del sector construcción, pero también reconoce las limitaciones que enfrentan las pequeñas y medianas empresas costarricenses, como EIH Constructora, para adoptarlas de forma plena. Por ello, se propone una implantación progresiva y contextualizada de la metodología BIM, enfocada en la fase de diseño y preconstrucción, considerando tanto las capacidades actuales de la empresa como las directrices emanadas de la Hoja de Ruta Nacional y otras iniciativas del país. Este enfoque busca demostrar cómo los principios y beneficios de BIM pueden materializarse incluso en entornos de recursos limitados, sirviendo como modelo de referencia para otras pymes en condiciones similares dentro del contexto costarricense.

Capítulo 2: Metodología

La investigación tiene un enfoque cualitativo y es de tipo exploratorio-descriptivo, ya que analiza el estado actual de los flujos de trabajo, la gestión de información y la tecnología en la empresa EIH Constructora, con el fin de proponer un plan de acción para la implantación de la metodología BIM. Este enfoque permite comprender las dinámicas internas de la empresa, identificar áreas de mejora y diseñar un plan de acción adaptado a sus necesidades. Además, se clasifica como una investigación de campo porque se recolecta información directamente de los sujetos de estudio y de los procesos actuales de la empresa, y como aplicada porque su propósito es resolver un problema específico: la falta de modernización en la fase de diseño y preconstrucción de la empresa.

En cuanto a las categorías, se definen los procesos actuales de la empresa, que incluyen las herramientas tecnológicas actuales, los flujos de información y los desafíos y limitaciones identificados. También se aborda la implantación de BIM, que abarca los conceptos, beneficios y estrategias para su adopción, incluyendo los niveles de madurez BIM, las herramientas BIM propuestas y las estrategias de capacitación y adopción. Finalmente, se evalúa el impacto de BIM en la empresa, considerando las mejoras en la planificación y la competitividad. En cuanto a las variables, se consideran las herramientas tecnológicas, el nivel de madurez BIM, la eficiencia en los procesos y el conocimiento del personal, todas ellas medibles a través de técnicas como el análisis documental, entrevistas, observación directa y cuestionarios.

La selección de estas categorías y variables se fundamenta en su correspondencia directa con los objetivos específicos y con la naturaleza del problema identificado. El diagnóstico de los procesos actuales de EIH Constructora requiere analizar las herramientas tecnológicas, los flujos de información y las limitaciones existentes, ya que estos elementos condicionan la viabilidad de cualquier estrategia de implantación BIM. Asimismo, el estudio de la implantación propuesta demanda incorporar categorías relacionadas con los conceptos y beneficios de BIM, niveles de madurez, herramientas y estrategias de capacitación, dado que son componentes esenciales para estructurar un plan de acción coherente. Las variables definidas herramientas tecnológicas, nivel de madurez BIM, eficiencia en los procesos y conocimiento del personal permiten medir el estado actual y proyectar mejoras esperadas, aportando información cuantitativa y cualitativa que sustenta la formulación del plan. Esta estructura metodológica asegura que los datos obtenidos estén alineados con el propósito del trabajo, que es diseñar un plan de acción para la implantación de BIM adaptado a las características y necesidades de una pyme constructora.

La población de estudio está conformada por los tres miembros clave de la empresa EIH Constructora, quienes son los responsables de la planificación, diseño y ejecución de proyectos. Estos son Adolfo Hidalgo, ingeniero en construcción y responsable de la gerencia de proyectos; Armando Hidalgo, ingeniero civil y encargado de la administración y gestión de recursos; y Juan Pablo, arquitecto responsable del diseño arquitectónico utilizando SketchUp y planos CAD 2D. Dado el tamaño reducido de la empresa, la muestra es de tipo censal, incluyendo a todos los miembros en el estudio, lo que permite obtener una visión completa de los procesos actuales y las necesidades de la empresa.

Las fuentes primarias incluyen entrevistas semiestructuradas con los tres miembros de la empresa, observación directa de los flujos de trabajo en la fase de anteproyecto, cuestionarios aplicados al personal técnico y el análisis documental de proyectos previos realizados por la empresa. Ejemplos de documentos

analizados incluyen *Proyecto Residencial El Roble* (EIH Constructora, 2023) y *Edificio Comercial La Sabana* (EIH Constructora, 2024).

Las fuentes secundarias corresponden a la revisión de literatura sobre buenas prácticas de implantación BIM y estándares internacionales. Entre las obras clave consultadas se incluyen:

- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Messner, J., et al. (2019). *BIM Project Execution Planning Guide, Version 3.0*. The Pennsylvania State University.
- Ministerio de Economía y Finanzas (2021). *Guía Nacional BIM del Perú*.
- Mordue, S., & Swaddle, P. (2015). *Building Information Modeling for Dummies*. John Wiley & Sons.

La selección de estas fuentes secundarias responde a su relevancia directa con el problema de investigación y los objetivos planteados. El BIM Handbook (Eastman et al., 2018) y Building Information Modeling for Dummies (Mordue & Swaddle, 2015) ofrecen una base conceptual sólida y actualizada sobre la metodología BIM, abordando tanto aspectos técnicos como organizacionales aplicables a PYMEs constructoras. La BIM Project Execution Planning Guide (Messner et al., 2019) proporciona un marco metodológico reconocido internacionalmente para la planificación y gestión de proyectos BIM, sirviendo de referencia para la estructuración del plan de acción propuesto.

Finalmente, la Guía Nacional BIM del Perú (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021) aporta un ejemplo concreto de adaptación de estándares internacionales (ISO 19650) a un contexto latinoamericano, lo que permite identificar estrategias y lineamientos replicables en Costa Rica considerando similitudes regionales en recursos y estructura empresarial.

La recolección de información en EIH Constructora se realizó mediante entrevistas informales con los tres miembros clave de la empresa: Adolfo Hidalgo, ingeniero en construcción y gerente de proyectos; Armando Hidalgo, ingeniero civil y administrador de recursos; y Juan Pablo, arquitecto responsable del diseño arquitectónico utilizando SketchUp y planos CAD 2D. Estas conversaciones se llevaron a cabo en las instalaciones de la empresa, tomando notas físicas en tiempo real sobre la ejecución de los proyectos, las herramientas empleadas y las principales limitaciones que enfrenta la organización. De forma complementaria, se efectuó una observación directa de los procesos durante la fase de anteproyecto, identificando visualmente la secuencia de actividades, el uso de herramientas y los momentos críticos en los que se generan retrabajos o demoras. Asimismo, se aplicó el cuestionario previamente diseñado, cuyos resultados fueron exportados a Microsoft Excel para su organización y análisis mediante tablas y gráficos.

Como complemento al diagnóstico interno, se documentaron entrevistas con representantes de otras pequeñas y medianas empresas costarricenses del sector construcción que habían implementado la metodología BIM. Estas entrevistas aportaron experiencias prácticas, lecciones aprendidas y recomendaciones que resultaron de utilidad para plantear estrategias adaptadas a un contexto con recursos limitados como el de EIH Constructora. Las notas obtenidas se organizaron según temas clave, tales como las estrategias de capacitación inicial, la selección de software y la gestión del cambio organizacional.

El análisis de la información combinó enfoques cualitativos y cuantitativos. Las entrevistas internas y externas se clasificaron por temas recurrentes, lo que permitió identificar patrones, coincidencias y diferencias entre la realidad de EIH Constructora y las experiencias de otras empresas. La información derivada de la observación directa se contrastó con los resultados del cuestionario para validar percepciones y detectar posibles discrepancias. Los datos obtenidos de Microsoft Forms fueron procesados en Excel, generando gráficos y tablas que reflejaron el nivel de conocimiento del personal y su disposición al cambio. Además, se

elaboró un análisis FODA que sintetizó las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas vinculadas a la implantación de BIM.

Con base en el diagnóstico, se procedió a la elaboración de herramientas destinadas a facilitar la fase inicial de la implantación BIM en la empresa. Entre ellas se desarrollaron planillas de trabajo personalizadas para la gestión de información y datos del modelado, así como familias paramétricas para el software Autodesk Revit, diseñadas para optimizar la representación y cuantificación de elementos constructivos. Posteriormente, se organizaron sesiones de capacitación dirigidas a los trabajadores de EIH Constructora, con el propósito de brindarles un entendimiento general de la metodología BIM y explicar el uso de las herramientas elaboradas. Estas capacitaciones, realizadas de forma presencial, incluyeron demostraciones prácticas en Revit, lo que permitió que los participantes interactuaran con las planillas y familias paramétricas y resolvieran dudas en tiempo real.

La metodología aplicada permitió integrar un diagnóstico fundamentado en la realidad interna de la empresa con aportes provenientes de experiencias externas, lo que garantizó que el plan de acción propuesto respondiera a las características, limitaciones y potencial de EIH Constructora. Asimismo, el desarrollo de herramientas y la capacitación del personal aseguraron que la propuesta no solo quedara en un plano teórico, sino que contara con elementos prácticos listos para ser utilizados en proyectos reales.

Capítulo 3: Resultados y análisis

El presente capítulo expone los hallazgos obtenidos a partir del análisis de la información recopilada durante el proceso de diagnóstico y diseño del plan de acción para la implantación de la metodología BIM en EIH Constructora. Estos resultados se estructuran en cuatro ejes clave: diagnóstico inicial, propuesta del plan de acción, proceso de capacitación y evaluación parcial de la viabilidad del modelo propuesto. A través de un enfoque metodológico cualitativo, se evalúa el cumplimiento de los objetivos específicos, contrastando las estrategias sugeridas en la literatura con la realidad operativa de una pyme con recursos limitados. La información recolectada mediante entrevistas, observación directa, análisis documental y actividades formativas permitió identificar fortalezas, debilidades, oportunidades de mejora y aprendizajes clave. Este análisis no implica una implementación completa, sino una propuesta de implantación inicial fundamentada, que busca establecer las bases para una futura adopción progresiva y sostenible de BIM en la empresa.

3.1 Estado actual en EIH Constructora

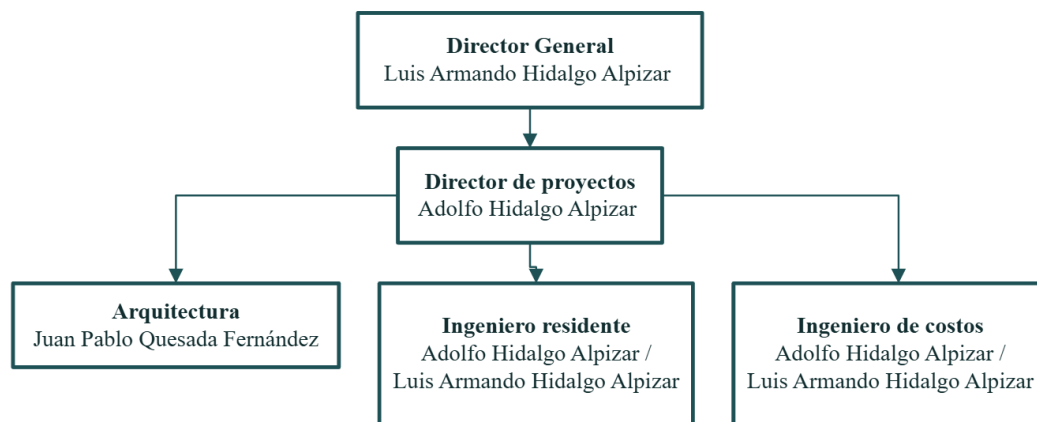
El diagnóstico inicial del estado actual de la empresa, en relación con la metodología BIM, se aplicó una herramienta diseñada para reconocer el flujo de trabajo existente, las herramientas utilizadas y el nivel de conocimiento sobre BIM. Esta evaluación permitió determinar el nivel de madurez BIM en el que se encuentra la organización. En el proceso de análisis participó la totalidad del equipo de trabajo de la empresa, la cual es una PYME conformada por tres integrantes: dos ingenieros fundadores y un arquitecto con más de un año de experiencia laboral dentro de la constructora.

Los resultados presentados en este apartado se basan en la evidencia recopilada mediante el formulario “Análisis del Estado Actual de EIH Constructora”, aplicado a los responsables de cada área de la empresa, así como en entrevistas realizadas al equipo directivo. Los datos brutos, las respuestas detalladas y los instrumentos utilizados pueden consultarse en el Apéndice 2: ‘Respuestas al formulario “Análisis del Estado Actual de EIH Constructora”’, donde se respalda cada afirmación aquí expuesta. Adicionalmente, se incluyen en esta sección gráficos y cuadros resumen que sintetizan los hallazgos clave. A continuación, se presentan los resultados obtenidos

3.1.1 Estructura organizacional actual

La estructura organizacional de EIH Constructora, mostrada en la **Figura 8**, revela una configuración básica y vertical, característica de una PYME con recursos humanos limitados. Actualmente, la empresa está conformada por tres profesionales clave: dos ingenieros (que desempeñan los roles de Director General y Director de Proyectos) y un arquitecto. Esta estructura compacta muestra una clara concentración de responsabilidades, donde los roles técnicos y de gestión recaen sobre el mismo núcleo de personas, sin especializaciones definidas en áreas críticas como la gestión BIM, la coordinación interdisciplinaria o el manejo de entornos digitales colaborativos.

Figura 8
Organigrama actual de EIH Constructora



Como empresa pequeña, EIH Constructora enfrenta desafíos particulares derivados de su escala y configuración humana. La actual estructura, con solo tres profesionales asumiendo múltiples funciones, genera una sobrecarga operativa que limita la capacidad de implementar metodologías avanzadas como BIM de manera efectiva. El Director General (Luis Armando Hidalgo Alpizar) asume tanto la estrategia global como la supervisión de proyectos; el Director de Proyectos (Adolfo Hidalgo Alpizar) gestiona la ejecución técnica sin apoyo de especialistas; y el Arquitecto (Juan Pablo Quesada Fernández) absorbe tareas de diseño, modelado y coordinación que, en una empresa con mayor madurez digital, están distribuidas entre roles dedicados. Esta concentración de funciones explica por qué, a pesar de contar con herramientas como Revit, no se han desarrollado procesos BIM estructurados: simplemente no hay capacidad operativa para dedicar tiempo a la estandarización, capacitación o gestión colaborativa.

Además, la ausencia de roles especializados (como un Coordinador BIM, un Modelador dedicado o un Gestor de CDE) refleja una brecha crítica entre las aspiraciones digitales de la empresa y su realidad organizacional. En proyectos recientes, esta limitación se ha traducido en problemas como la falta de actualización de presupuestos, la duplicidad de esfuerzos y la dependencia de canales informales de comunicación (como WhatsApp o correos electrónicos). La estructura actual, aunque funcional para un modelo de trabajo tradicional basado en CAD, resulta insuficiente para escalar hacia BIM, metodología que requiere roles definidos, flujos de información estandarizados y una clara separación de responsabilidades técnicas y de gestión.

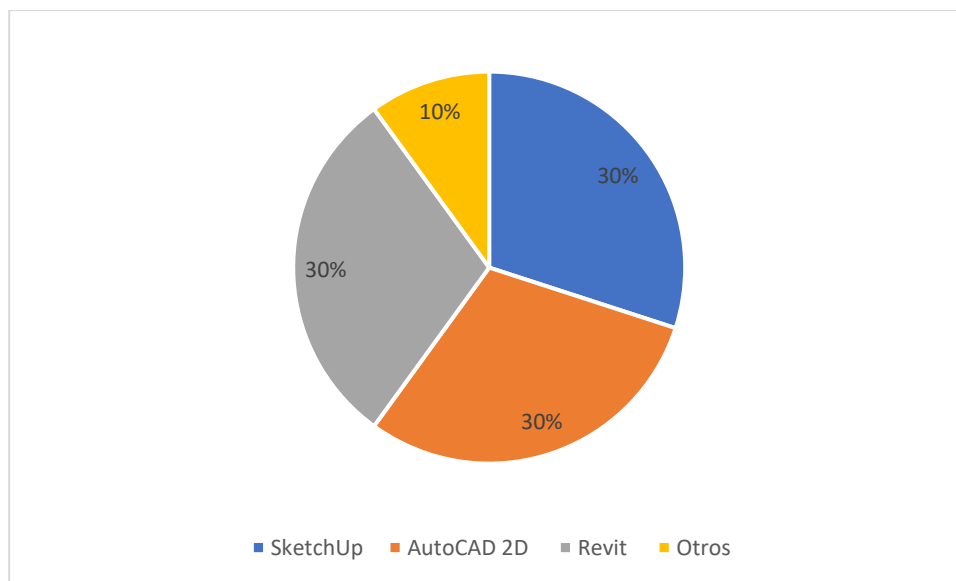
Este escenario subraya un dilema común en Pymes constructoras: la necesidad de avanzar hacia la digitalización choca con restricciones de personal y recursos. Para EIH, la transición a BIM no solo implica adoptar nuevas herramientas, sino redefinir su estructura organizacional, ya sea mediante la capacitación de su equipo actual en roles BIM multitarea (ej.: el Arquitecto asumiendo funciones de Modelador BIM) o incorporando perfiles especializados de manera gradual. La prioridad inmediata debe ser establecer una figura que lidere la implementación (aunque sea de forma parcial), como un Coordinador BIM interno o externo, para evitar que la sobrecarga de trabajo siga siendo un obstáculo para la innovación.

3.1.2 Herramientas y software utilizados

El 100% del personal de EIH Constructora utiliza SketchUp, AutoCAD 2D y Revit para la elaboración de planos y diseños arquitectónicos. Sin embargo, el uso de Revit se limita únicamente a la generación de planos y modelado básico, sin aplicar funcionalidades avanzadas de gestión de información o interoperabilidad. Además, el equipo complementa su trabajo con herramientas como Excel, D5 Render, Enscape y Power BI. Estas herramientas no están integradas entre sí, ni siquiera en un entorno común de datos (CDE), lo cual indica una fragmentación tecnológica.

Figura 9

Herramientas tecnológicas utilizadas por el personal para el anteproyecto



El diagnóstico de la situación actual en EIH Constructora revela que, si bien la organización cuenta con acceso a herramientas digitales relevantes como Revit, SketchUp y AutoCAD 2D (ver **Figura 9**), el enfoque operativo de la empresa continúa anclado en prácticas tradicionales. Particularmente, el uso de Revit se ha reducido a una función meramente gráfica, enfocada en la generación de planos, tratándolo como si fuera una versión más sofisticada de AutoCAD, en lugar de aprovecharlo como una herramienta integral dentro de la metodología BIM. Esta limitación impide explotar su verdadero potencial, que reside en la capacidad de gestionar información del modelo, facilitar la interoperabilidad entre disciplinas y coordinar

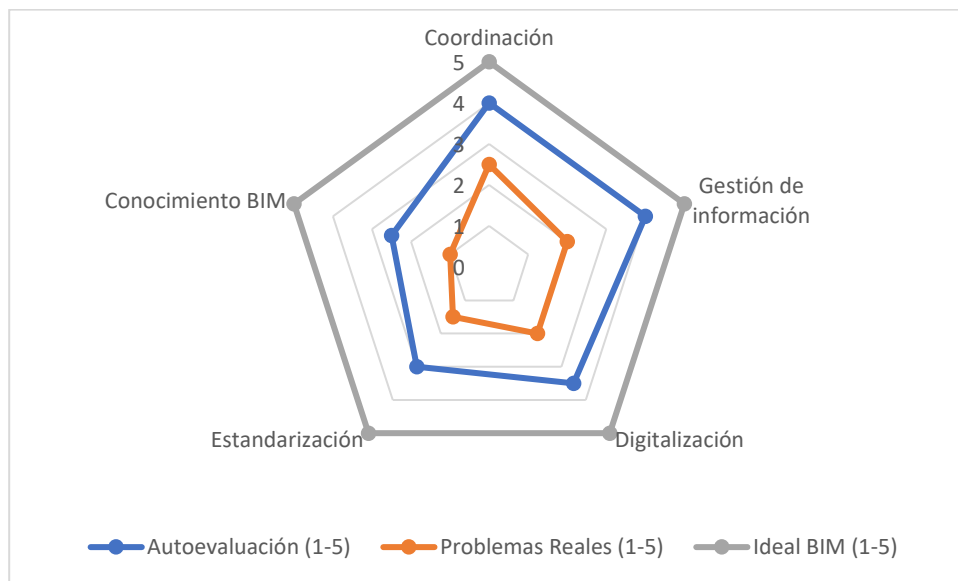
colaborativamente todas las fases del proyecto. Esta práctica, junto con el uso de herramientas complementarias como Excel y Enscape de forma independiente, evidencia un ecosistema tecnológico fragmentado y desconectado, característico de un nivel de madurez BIM 0, según la norma ISO 19650.

3.1.3 Coordinación y gestión de proyectos

La coordinación de proyectos fue calificada por el equipo con un puntaje de 4 sobre 5, indicando una percepción positiva. Las reuniones de coordinación se realizan de forma mensual y ocasionalmente semanal. Se reportaron retrasos y errores puntuales durante el desarrollo de los proyectos. Los cambios solicitados por el cliente se atienden caso por caso. Internamente, se realizan revisiones técnicas y se elaboran listas de cambios, aunque sin seguir un protocolo formalizado, estos resultados se pueden encontrar en la **Figura 10**.

Figura 10

Autoevaluación del Equipo vs. Problemas Identificados en los Procesos Actuales



En cuanto a la coordinación y gestión de proyectos, si bien la autopercepción del equipo sobre su capacidad de coordinación es positiva, calificándola con un 4/5, la realidad muestra limitaciones importantes. Las reuniones de coordinación son esporádicas y no responden a las necesidades de un entorno de trabajo colaborativo permanente. La gestión de cambios sigue siendo reactiva, evaluando cada solicitud de forma aislada y sin un protocolo formal. Esto no solo dificulta el seguimiento de los ajustes, sino que también afecta la calidad y el control del proceso de diseño y ejecución.

3.1.4 Gestión de la información

Actualmente, los métodos de almacenamiento y gestión de la información incluyen el uso de correo electrónico, Google Drive, Microsoft Teams, WhatsApp y memorias USB. Todos los encuestados indicaron que no existe un sistema estandarizado para el almacenamiento. El 66% del equipo reportó pérdidas de información o uso de archivos desactualizados. A pesar de ello, el equipo califica su sistema de gestión de información con una puntuación de 4/5.

La gestión de la información presenta uno de los retos más significativos. La coexistencia de múltiples plataformas sin un protocolo común ha provocado pérdida de datos y uso de archivos obsoletos, según lo manifestado por el 66% del personal. La alta calificación que el equipo otorga a su sistema actual (4/5) sugiere que muchos de estos problemas no han sido interiorizados como deficiencias críticas, lo cual representa un obstáculo para el cambio. En este contexto, la implementación de un CDE cobra gran importancia, no solo como una herramienta tecnológica, sino como un elemento clave para la estandarización, trazabilidad y eficiencia operativa.

3.1.5 Conocimiento y expectativas sobre BIM

Todos los miembros del equipo han utilizado Revit, pero su uso se limita a la elaboración de planos 2D y 3D. La autoevaluación del conocimiento en herramientas como Revit se ubica entre 3 y 4 sobre 5; sin embargo, todos los participantes reconocen tener nivel cero en conocimientos metodológicos de BIM. Los beneficios esperados más destacados son: reducción de errores y retrabajos (100%), mejora de la coordinación interdisciplinaria (66%) y optimización de plazos y costos (100%). Como principales barreras se identificaron la falta de tiempo (100%) y la falta de formación específica (66%).

Figura 11

Ejemplo propuesto para el flujo de trabajo en la etapa de anteproyecto para EIH Constructora

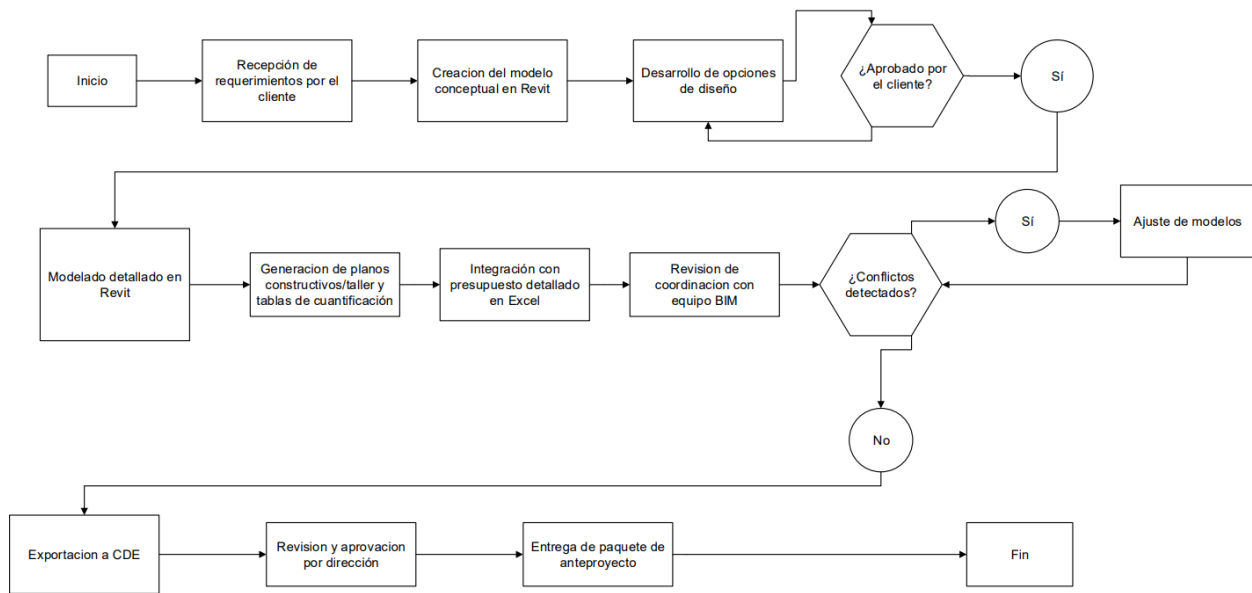


Figura 12
Flujo de trabajo actual en la etapa de anteproyecto en EIH Constructora

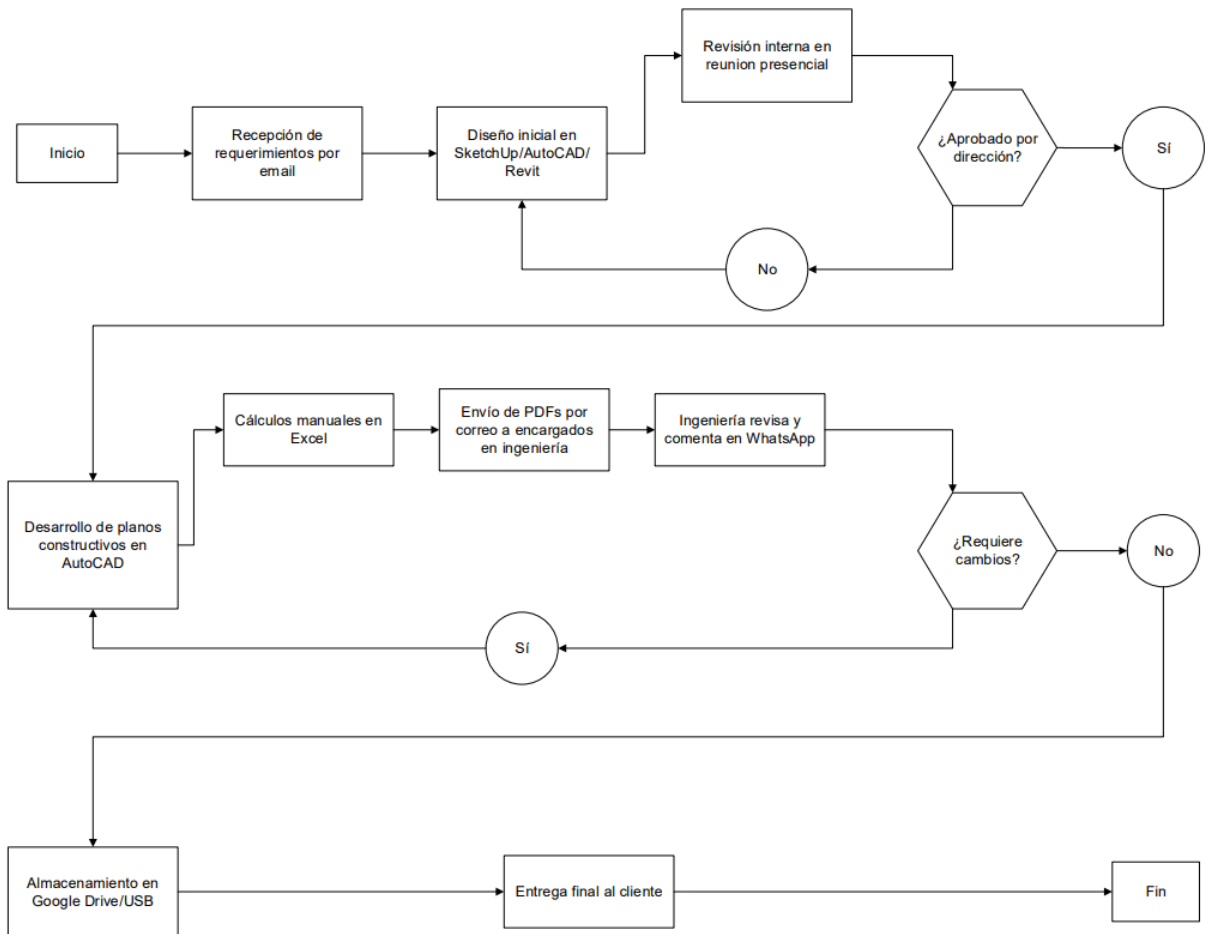


Tabla 3*Situación Actual vs. Objetivos de Implementación en EIH Constructora*

Criterio	Nivel BIM 0 (Actual)	Nivel BIM 2 (Meta)	Brechas Clave	Acciones Clave
Colaboración	Trabajo individual, comunicación informal (WhatsApp, email).	Equipos comparten modelos en CDE básico, con roles definidos.	Falta de protocolos y herramientas centralizadas.	Implementar CDE (BIM 360, Google Drive o Trimble Connect) y definir roles.
Gestión de información	Archivos dispersos (USB, correo, Drive).	Uso de CDE para almacenamiento centralizado.	Pérdida de datos y duplicidad.	Establecer estructura de carpetas estándar y flujos de aprobación.
Modelado BIM	Revit solo para geometría 3D (sin atributos).	Modelos con datos básicos (materiales, códigos).	Falta de estándares para propiedades.	Crear plantillas Revit con parámetros básicos y familias estandarizadas.
Coordinación	Revisiones manuales (planos en PDF).	Detección básica de conflictos con Navisworks o Revit.	Conflictos detectados tardíamente.	Capacitar en <i>clash detection</i> y revisión colaborativa.
Documentación	Planos 2D como entregable principal.	Planos + modelos BIM como referencia.	Resistencia para dejar el 2D.	Establecer protocolos híbridos (2D + 3D).
Capacitación	Conocimientos básicos de Revit.	Equipo certificado en fundamentos BIM (Autodesk Certified).	Falta de formación metodológica.	Cursos en BIM y gestión de CDE.

El análisis del conocimiento y las expectativas sobre BIM confirma que el equipo está familiarizado con herramientas digitales, pero carece de comprensión sobre la metodología BIM en sí, como se puede observar en la **Figura 11** un ejemplo de cómo será su nuevo flujo de trabajo al adoptar la metodología BIM, en las fases tempranas de sus proyectos. Esto explica por qué, pese al uso de Revit, no se ha producido una transformación real hacia modelos colaborativos. El enfoque actual es técnico, no metodológico. No se aplican estándares como el LOD, no hay vinculación con presupuestos ni cronogramas, ni se ha desarrollado un Plan de Ejecución BIM (BEP). En consecuencia, el nivel de madurez de la empresa sigue siendo muy básico, la situación actual mostrada en la **Tabla 3**, muestra cómo se mantienen en un nivel de madurez BIM 0. No obstante, el equipo reconoce claramente los beneficios potenciales de adoptar BIM, destacando la reducción de errores, la mejora en la coordinación y la optimización de plazos y costos. Sin embargo, también identifican dos barreras críticas: la falta de tiempo y la falta de formación.

El análisis comparativo entre la **Figura 11** (flujo de trabajo propuesto) y la **Figura 12** (flujo actual) evidencia mejoras significativas derivadas de los hallazgos obtenidos en el diagnóstico inicial. En el flujo actual, se observa una secuencia lineal con limitadas instancias de retroalimentación formal, así como una integración parcial de herramientas digitales en la etapa de anteproyecto, lo que ocasiona que la detección de conflictos y ajustes se realicen en fases posteriores, incrementando el riesgo de reprocesos.

Por el contrario, el flujo propuesto introduce puntos de control y validación temprana, como la revisión de coordinación con el equipo BIM y la verificación de aprobación por el cliente antes del modelado detallado, reduciendo así la probabilidad de errores críticos. Asimismo, incorpora la exportación a un Entorno Común de Datos (CDE), fortaleciendo la trazabilidad y la gestión colaborativa de la información.

Estos cambios responden directamente a las brechas identificadas en los procesos actuales de EIH Constructora, integrando mejores prácticas BIM que optimizan la comunicación interdisciplinaria, agilizan la toma de decisiones y mejoran la calidad de la documentación entregada, con un impacto positivo en tiempos y costos.

3.1.6 Lecciones aprendidas de proyectos recientes

Durante el análisis de proyectos recientes, se identificaron experiencias relevantes:

- En dos residencias modeladas en Revit, se logró una mejoría en la elaboración de planos, aunque se reconoció la necesidad de mayor capacitación en herramientas digitales.
- En un hotel ubicado en Monteverde, surgieron dificultades relacionadas con la coordinación de tiempos y trabajo en equipo. Se señaló la necesidad de guías estandarizadas para facilitar la delegación de tareas.
- En una residencia en un condominio, se evidenció una falta de actualización presupuestaria ante cambios ocurridos en el sitio. Como recomendación, se propuso implementar un método unificado para la gestión de cambios.

Finalmente, el análisis de proyectos recientes refuerza estas conclusiones. En todos los casos, se observaron oportunidades de mejora relacionadas con la digitalización y estandarización. Los problemas detectados como la desactualización de presupuestos, la falta de guías de procesos o el trabajo individualizado son síntomas de una organización que necesita urgentemente una transformación digital estructurada, como se puede observar en la **Figura 12** según su flujo de trabajo tradicional. La empresa no solo requiere herramientas, sino también procedimientos claros, roles definidos y cultura de colaboración.

3.1.7 Análisis FODA del estado actual

Para evaluar de manera integral la capacidad de EIH Constructora en la implementación de la metodología BIM, se realizó un análisis FODA que examina tanto los factores internos (fortalezas y debilidades) como los externos (oportunidades y amenazas).

Fortalezas:

1. Acceso a herramientas BIM: la empresa ya cuenta con licencias de software clave como Revit y AutoCAD, lo que elimina barreras iniciales de inversión tecnológica.
2. Personal con conocimientos técnicos básicos: el equipo demuestra familiaridad con herramientas digitales (nivel 3-4/5 en Revit), lo que facilita una curva de aprendizaje menos abrupta.
3. Reconocimiento de oportunidades de mejora: existe conciencia clara sobre los beneficios de BIM (reducción de errores, optimización de costos), lo que genera apertura al cambio.
4. Estructura organizacional ágil: al ser una PYME, puede implementar cambios rápidos sin burocracia compleja.

Debilidades:

1. Uso limitado de herramientas: Revit se emplea solo para modelado básico, sin explotar funciones colaborativas o gestión de datos (BIM Nivel 0).

2. Falta de roles especializados: no hay coordinador BIM, gestor de CDE o modeladores dedicados, lo que sobrecarga al equipo existente.
3. Procesos fragmentados: dependencia de correos, WhatsApp y USB para gestionar información, generando pérdida de datos y versiones desactualizadas.
4. Autopercepción vs. realidad: el equipo califica su coordinación como "buena" (4/5), pero los procesos son informales y reactivos.
5. Falta de estándares: no se aplican protocolos como LOD, BEP o ISO 19650.

Oportunidades:

1. Demanda del mercado: el sector construcción en Costa Rica avanza hacia BIM, lo que posicionaría a EIH como competitiva si adopta la metodología.
2. Disponibilidad de capacitación: existen programas accesibles (INA, Autodesk) para formar al equipo en BIM sin altos costos.
3. BIM para PYME: herramientas como Google Drive o soluciones gratuitas (BIMcollab) permiten iniciar con CDE sin grandes inversiones.
4. Proyectos piloto: pueden optar por subsidios o alianzas con proveedores para implementar BIM en casos específicos.

Amenazas:

1. Competencia creciente de constructoras que ya aplican BIM.
2. Costos ocultos por errores de coordinación (impacto económico en proyectos).
3. Rápida evolución tecnológica (riesgo de quedar rezagados).
4. Exigencias futuras de clientes/licitaciones en BIM que podrían excluirlos.

EIH Constructora posee los fundamentos tecnológicos y de capital humano necesarios para implantar con éxito la metodología BIM, sin embargo, para materializar esta transición requiere abordar cuatro ejes estratégicos de manera prioritaria. En primer lugar, resulta imperativo establecer procesos de estandarización que incluyan la implantación de un Entorno Común de Datos (CDE), el desarrollo de plantillas normalizadas en Revit y la creación de protocolos claros de trabajo colaborativo. En segundo término, dado el tamaño reducido de su equipo, la empresa debe adoptar un modelo de roles BIM multitarea, donde el arquitecto asuma adicionalmente funciones de modelador BIM y el director de proyectos actúa como coordinador BIM provisional, optimizando así sus recursos existentes.

Un tercer aspecto fundamental consiste en iniciar con un proyecto piloto controlado que permita demostrar el retorno de inversión, enfocándose inicialmente en métricas tangibles como la reducción de horas dedicadas a la fase de anteproyecto. Paralelamente, es crucial establecer alianzas estratégicas con proveedores de software e instituciones de formación para acceder a capacitación especializada y herramientas tecnológicas sin requerir grandes inversiones iniciales.

Los resultados obtenidos permiten afirmar que EIH Constructora se encuentra en una etapa incipiente respecto a la adopción de la metodología BIM. Las condiciones actuales justifican plenamente la elaboración

de un plan de acción que sienta las bases para una implantación progresiva, enfocada inicialmente en la etapa de anteproyecto, pero con visión de largo plazo hacia la integración completa de BIM en la organización.

3.2 Buenas Prácticas para la Implantación BIM

El desarrollo del plan de acción BIM para EIH Constructora se estructura como un proceso sistemático y escalable, diseñado para transformar la operativa tradicional de la empresa hacia una metodología digital colaborativa. Este apartado integra cinco componentes fundamentales: la revisión de buenas prácticas mediante entrevistas a expertos del sector costarricense, la definición de objetivos y alcances temporales realistas, la creación de una hoja de ruta por fases, la selección de herramientas tecnológicas mediante análisis multicriterio (AHP), y el establecimiento de estándares de colaboración mediante la implantación de un CDE y la asignación de roles BIM adaptados a la estructura organizacional de la PYME. Cada elemento fue desarrollado considerando las limitaciones y oportunidades específicas de la empresa, priorizando siempre la aplicabilidad práctica sobre lo teórico, con especial énfasis en garantizar la sostenibilidad del modelo a mediano y largo plazo. La articulación de estos componentes permite ofrecer una guía clara y medible para la transición desde un nivel de madurez BIM 0 hasta BIM 1, conforme a los estándares ISO 19650, sentando las bases para futuras evoluciones en la metodología BIM.

3.2.1 Revisión de buenas prácticas

Para recopilar información sobre experiencias prácticas en la implantación de BIM en Costa Rica, se realizaron tres entrevistas a profesionales clave del sector construcción:

1. **Sabrina Valverde** (Jefa del Departamento de Modelado BIM - Constructora Peñaranda): empresa especializada en licitaciones, con flujo de trabajo BIM enfocado en presupuestos precisos y detección de interferencias.
2. **Alberto Blanco** (Representante de PYME constructora): con varios años de experiencia en adopción gradual de BIM, destacando desafíos culturales y financieros.
3. **Diego Gómez** (Consultor BIM - Empresa especializada en gestión de proyectos): enfoque en estándares metodológicos y casos complejos como el Aeropuerto Juan Santamaría.

Las preguntas aplicadas exploraron cinco ejes fundamentales: (1) los principales desafíos iniciales en la implantación de BIM y las estrategias para superarlos; (2) los beneficios tangibles en planificación y ejecución de proyectos; (3) las herramientas y estándares críticos para una implantación efectiva; (4) la gestión de capacitación del personal para garantizar la transición; y (5) recomendaciones específicas para Pymes como EIH Constructora que buscan iniciar con BIM desde la etapa de anteproyecto. Este enfoque permitió identificar patrones comunes, buenas prácticas y oportunidades de mejora en la adopción de BIM en el ecosistema constructor costarricense, ofreciendo perspectivas prácticas para empresas en etapas tempranas de implantación.

A continuación, en la **Tabla 4 y Tabla 5** se sintetizan los resultados en una tabla comparativa:

Tabla 4

Hallazgos clave de las entrevistas realizadas parte 1/2

Pregunta	Sabrina Valverde	Alberto Blanco	Diego Gomez
Desafíos iniciales y superación	<ul style="list-style-type: none"> Inversión económica en software/hardware. Adaptación del personal de AutoCAD a Revit. Tiempo para cuantificación precisa. 	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia al cambio cultural. Limitaciones presupuestarias (asignación gradual de recursos). Retorno de inversión a largo plazo (3-4 años). 	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia de profesionales "vieja escuela". Falta de alineación entre objetivos BIM y procesos reales. Necesidad de flexibilidad metodológica.
Beneficios concretos	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de sobregiros en presupuestos. Detección temprana de interferencias. Planos de taller automatizados. 	<ul style="list-style-type: none"> Disminución de riesgos en proyectos. Mejor comunicación con clientes no técnicos. Digitalización de procesos internos (ej.: CDE con Dropbox). 	<ul style="list-style-type: none"> Validación técnica de diseños. Eficiencia en coordinación multidisciplinaria. Soluciones ágiles para emergencias (ej.: adaptación de modelos 2D/3D).
Herramientas y estándares esenciales	<ul style="list-style-type: none"> Revit + AutoCAD. Modelos federados por disciplina. Planificación con tablas de cantidades. 	<ul style="list-style-type: none"> CDE interno (Dropbox + Dropbox Paper). Navisworks para interferencias (aunque no lo usan por costos). Plan de ejecución BIM (pendiente). 	<ul style="list-style-type: none"> Enfoque en objetivos BIM (no solo software). Herramientas según necesidad (ej.: cuantificación vs. coordinación). Crítica a capacitaciones superficiales.

Tabla 5*Continuación hallazgos clave de las entrevistas realizadas 2/2*

Pregunta	Sabrina Valverde	Alberto Blanco	Diego Gómez
Capacitación del personal	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación "en cascada" liderada por experto externo. • Enfoque en modelado para dibujantes y extracción de datos para ingenieros. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aprovechar periodos entre proyectos para entrenamiento. • Priorizar Navisworks sobre Revit para ingenieros (menor curva de aprendizaje). 	<ul style="list-style-type: none"> • Segmentación por roles: dibujantes (software) vs. ingenieros (gestión de información). • Evitar cursos genéricos; alinear con necesidades específicas. • Definir objetivos claros (ej.: reducir reprocesos).
Recomendaciones para Pymes	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciar con cuantificación de materiales. • Usar modelos federados desde anteproyecto. • Integrar BIM en licitaciones (no solo post-adjudicación). 	<ul style="list-style-type: none"> • Empezar con proyectos piloto. • Asignar presupuesto progresivo (ej.: 0.25% anual). • Aprovechar agilidad organizacional de Pymes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Adoptar tecnología como aliado (no por moda). • Enfocarse en flujos colaborativos (no solo software).

3.2.2 Objetivos BIM

La definición de objetivos BIM constituye el eje central para una implantación exitosa de la metodología en EIH Constructora. Este apartado establece metas claras y alcanzables, diferenciando entre objetivos a corto plazo (0-1 año) y largo plazo (1-3 años), alineados con las capacidades operativas y recursos de la empresa. Los objetivos se desarrollan a partir del análisis de buenas prácticas identificadas en el sector constructor costarricense, garantizando que cada meta contribuya al avance progresivo desde el nivel BIM 0 actual hasta BIM 1. La estructuración de estos propósitos considera tanto aspectos técnicos (como la implantación de modelos federados y cuantificación de materiales) como organizacionales (capacitación del personal y estandarización de procesos), creando así una hoja de ruta realista y medible para la transformación digital de la empresa.

3.2.2.1 Objetivos a corto y largo plazo

De acuerdo con los hallazgos obtenidos en las entrevistas realizadas a tres profesionales con experiencia en la implantación de la metodología BIM, se identificaron elementos clave que permiten plantear objetivos BIM tanto a corto como a largo plazo para EIH Constructora.

Entre los desafíos iniciales más relevantes mencionados por los expertos, se destacan la inversión económica necesaria en software y hardware, la resistencia al cambio cultural y técnico por parte del personal acostumbrado a trabajar con AutoCAD, y la falta de alineación entre los objetivos BIM y los procesos constructivos reales. También se resaltó la necesidad de flexibilidad metodológica y una asignación presupuestaria gradual para facilitar la transición.

Respecto a los beneficios concretos obtenidos tras la adopción de BIM, los entrevistados coincidieron en la reducción de errores y sobrecostos, la mejora en la coordinación entre disciplinas, la digitalización de procesos internos y la validación técnica anticipada de diseños. Asimismo, se logró una mejor comunicación con clientes y una mayor agilidad en la adaptación de soluciones en tiempo real.

En cuanto a herramientas y estándares, se mencionó el uso de Revit y AutoCAD de manera complementaria, el uso de modelos federados por disciplina, la planificación a través de tablas de cantidades, y el empleo de plataformas de almacenamiento como Dropbox para entornos comunes de datos. A pesar de que algunos entrevistados indicaron no utilizar Navisworks por su costo, destacaron su utilidad para la detección de interferencias.

En el ámbito de la capacitación, se recalcó la importancia de segmentar la formación según los roles de los profesionales: modelado para dibujantes y gestión de información para ingenieros. También se recomendó evitar cursos genéricos y enfocar el contenido de la capacitación a las necesidades reales de la empresa. Entre las estrategias efectivas se sugirió la capacitación en cascada liderada por expertos, el uso de períodos entre proyectos para entrenamiento y la priorización de herramientas con menor curva de aprendizaje, como Navisworks.

Finalmente, los expertos brindaron recomendaciones específicas para Pymes como EIH Constructora. Se propone iniciar la implantación BIM con procesos simples como la cuantificación de materiales, el uso de modelos federados desde la etapa de anteproyecto y la integración temprana de BIM en licitaciones. Además, se aconseja adoptar un enfoque gradual, con asignación progresiva de presupuesto, definición de objetivos concretos y la adopción de la tecnología como una aliada para fomentar flujos de trabajo colaborativos y no simplemente como una moda tecnológica.

Con base en los hallazgos obtenidos en las entrevistas a profesionales con experiencia en la implantación de la metodología BIM, y considerando el alcance del presente trabajo, se plantean los siguientes objetivos a corto y largo plazo para la empresa EIH Constructora. Estos objetivos se alinean con la intención de pasar progresivamente de un nivel de madurez BIM 0 a un nivel 1, según la ISO 19650.

Objetivos a corto plazo (0 a 1 año):

- Iniciar con la cuantificación de materiales a partir de modelos 3D básicos, como estrategia práctica y de bajo riesgo para demostrar valor tangible. Esta acción permite extraer datos desde el modelo digital y reducir errores de cálculo en fases tempranas.
- Implementar modelos federados simples desde el anteproyecto, utilizando herramientas accesibles como Revit para comenzar a integrar elementos arquitectónicos y estructurales. Se sugiere mantener una coordinación básica entre disciplinas desde etapas iniciales.
- Desarrollar un plan de capacitación técnica segmentada, donde los dibujantes aprendan a modelar y los ingenieros comprendan el uso del modelo para análisis y gestión de información. Esta estrategia fue recomendada por los entrevistados como una forma eficiente de acelerar el proceso de adopción sin sobrecargar al equipo.

- Aprovechar los períodos entre proyectos para entrenamientos prácticos, orientados a tareas reales de la empresa, con énfasis en evitar capacitaciones genéricas y enfocarse en las funciones específicas de cada rol dentro del equipo.
- Crear una plantilla básica de entorno común de datos (CDE) utilizando plataformas existentes como Google Drive o Dropbox (o adoptar un entorno especializado en la metodología BIM como Trimble connect), estandarizando rutas de archivo, formatos y nomenclaturas para mejorar la organización de la información.

Objetivos a largo plazo (1 a 3 años):

- Integrar progresivamente la metodología BIM en licitaciones públicas o privadas, desde el proceso de propuesta técnica y económica, demostrando que la empresa puede generar documentación y cuantificaciones precisas con el respaldo de modelos digitales.
- Ampliar el alcance de los modelos BIM hacia otras disciplinas, como electricidad y mecánica, asegurando que los modelos sean útiles más allá del diseño arquitectónico y que se mantenga la trazabilidad de los elementos entre disciplinas.
- Formalizar la definición de flujos de trabajo BIM internos, incluyendo la asignación de roles y responsabilidades, protocolos de revisión y procedimientos de coordinación entre los miembros del equipo. Esto contribuye al establecimiento de un sistema estructurado para la gestión del anteproyecto.
- Adoptar gradualmente herramientas adicionales como Navisworks para detección de interferencias, una vez que el personal haya adquirido experiencia con el modelado básico. Esto permite mejorar la coordinación multidisciplinaria y anticipar errores antes de llegar a la obra.
- Asignar un presupuesto anual para la evolución tecnológica y metodológica de la empresa, estimando entre un 0,25% a 0,5% del total de ingresos por proyecto, como recomendación de los expertos entrevistados. Esta inversión sostenida permitirá a EIH Constructora avanzar hacia niveles superiores de madurez BIM con mayor solidez.

3.2.2.2 Alcance corto y largo plazo

A partir de los objetivos establecidos con base en las entrevistas a expertos y considerando las condiciones particulares de EIH Constructora, el alcance a corto y largo plazo del presente proyecto se define de la siguiente manera.

Alcance a corto plazo (0 a 1 año)

El alcance inmediato del trabajo se concentra en la fase de diseño y preconstrucción, estableciendo los primeros pasos hacia la adopción progresiva de la metodología BIM. Para ello, se incluye la creación de familias específicas en el software de modelado 3D, la definición de flujos de trabajo iniciales, y la capacitación técnica básica del equipo interno de la empresa. Estas acciones permiten pasar de un nivel de madurez BIM 0 a un nivel 1, de acuerdo con la norma ISO 19650.

Además, se plantea el inicio de cuantificación de materiales desde el modelo digital, la implantación de modelos 3D integrados por disciplina (modelos federados básicos) y la organización preliminar de un entorno común de datos (CDE) utilizando plataformas disponibles como Google Drive o Dropbox. Todo lo anterior

permite sentar las bases para la futura estandarización y digitalización de procesos en fases posteriores del proyecto.

Alcance a largo plazo (1 a 3 años)

El alcance a mediano plazo contempla que, una vez finalizada esta fase de implantación, EIH Constructora pueda expandir gradualmente la metodología BIM hacia otras áreas de sus proyectos, incorporando disciplinas adicionales como estructuras, instalaciones eléctricas o sanitarias, y formalizando procesos colaborativos y de control de calidad del modelo.

Se espera que la empresa pueda integrar la metodología BIM en sus procesos de licitación, especialmente en proyectos públicos donde BIM pueda ser un requisito contractual, y que logre estructurar protocolos internos de coordinación, revisión y gestión de cambios, alineados con buenas prácticas internacionales.

Asimismo, se estima que la empresa invierta progresivamente en herramientas más avanzadas como Navisworks o plataformas de gestión de datos en la nube, y que mantenga un programa de formación continua, con el objetivo de evolucionar hacia niveles superiores de madurez BIM en el mediano plazo.

3.2.3 Hoja de ruta de la implantación

Como parte del plan de acción propuesto para la implantación de la metodología BIM en EIH Constructora, se plantea una hoja de ruta dividida en cinco fases progresivas, resumida gráficamente en la **Figura 13**. Cada fase establece objetivos, acciones clave, herramientas sugeridas y productos esperados, con un enfoque gradual que permita una transición realista y adaptada a la escala de una PYME.

La Fase 1: Preparación (Mes 0-3) se orienta a establecer los fundamentos técnicos y organizativos de la transición hacia BIM. Se estima realizar un diagnóstico del estado actual del hardware y software disponible en la empresa, definiendo necesidades de actualización, según los requerimientos del modelado 3D. También se contempla la elaboración de un Plan de Ejecución BIM (BEP) básico enfocado en la fase de diseño y preconstrucción. En cuanto a formación, se proyectan capacitaciones diferenciadas: cursos prácticos de modelado 3D para dibujantes, talleres sobre extracción de cantidades y gestión de información para ingenieros, y sesiones informativas sobre beneficios estratégicos y retorno de inversión para los directivos. Además, se propone establecer un Entorno Común de Datos (CDE) básico mediante plataformas como Google Drive o Dropbox, organizadas en carpetas estructuradas. Los productos esperados en esta etapa incluyen el BEP inicial, un modelo piloto de arquitectura y estructura, y un protocolo de nomenclatura de archivos.

En la Fase 2: Implementación Piloto (Mes 4-12) se busca validar la aplicación de BIM en un proyecto real de bajo riesgo. Se propone utilizar herramientas como Revit o ArchiCAD para elaborar modelos 3D que permitan realizar cuantificaciones de materiales (ej. hormigón, acero). También se contempla la creación de modelos federados básicos (arquitectura + estructura) y el uso de vistas coordinadas para la detección manual de interferencias. A nivel de gestión documental, se prevé la migración del CDE a una plataforma especializada como Trimble Connect, si el presupuesto lo permite. Los entregables contemplados para esta fase son: reportes de comparación entre métodos tradicionales y BIM en términos de cuantificación, un modelo federado piloto con detección básica de interferencias, y plantillas estandarizadas para futuros proyectos.

La Fase 3: Consolidación (Año 2) tiene como propósito ampliar el uso de BIM a otras disciplinas y procesos. En este punto, se considera la incorporación de instalaciones eléctricas y sanitarias al modelo federado, así como la adopción de herramientas como Navisworks para una coordinación más avanzada. También se proyecta utilizar modelos BIM como parte de licitaciones técnicas, incluyendo cómputos automatizados y documentación extraída directamente del modelo. A nivel formativo, se estima la certificación del líder BIM en normativas como la ISO 19650 y talleres sobre gestión de cambios y colaboración en entornos digitales. Los productos esperados incluyen la participación en al menos dos licitaciones con modelos BIM y la elaboración de un manual interno de procedimientos BIM.

La Fase 4: Madurez (Año 3) propone alcanzar un nivel BIM 1, según la norma ISO 19650. Se plantea la automatización de tareas repetitivas mediante herramientas como Dynamo (en Revit) o Grasshopper (en ArchiCAD), y la implementación de indicadores de desempeño para medir mejoras en tiempos de revisión, errores detectados y costos de coordinación. También se sugiere establecer una política de inversión progresiva, asignando un porcentaje (entre el 0.25% y 0.5%) del presupuesto por proyecto al fortalecimiento de capacidades BIM. Los resultados esperados incluyen reportes con métricas de desempeño BIM y una estrategia preliminar para la transición hacia un nivel BIM 2.

Finalmente, la Fase 5: Integración de BIM 4D y 5D (Años 3-5) contempla la incorporación de la gestión del tiempo (4D) y de costos (5D) en los procesos de planificación y presupuesto. Para ello, se propone el uso de herramientas como MS Project, Primavera P6, o Synchro, integradas al modelo BIM. En contextos de bajo presupuesto, se plantea el uso de Power BI con datos exportados de Revit o ArchiCAD para simular cronogramas. En cuanto a costos, se propone vincular Revit con hojas de Excel para obtener presupuestos automatizados, o bien emplear herramientas como CostX o Solibri. Los productos esperados son simulaciones visuales 4D, reportes de costos comparativos 5D y un manual de procedimientos para estas nuevas dimensiones.

Figura 13
Plan piloto para ruta de implantación BIM

Hoja de ruta de implantación				
Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5
Preparación	Implementación piloto	Consolidación	Madurez	Integración 4D y 5D
Duración: 3 meses Diagnóstico y planificación Capacitación inicial CDE básico	Duración: 9 meses Proyectos pilotos Coordinación inicial CDE avanzado	Duración: 1 año Integración multidisciplinar Licitaciones BIM Formación continua	Duración: 1 año Automatización Indicadores de desempeño Inversión sostenible	Duración: 2 años Para BIM 4D Aprendizaje de herramientas Crear simulaciones 4D para hitos claves Para BIM 5D Extracción de cantidades + vinculación con presupuestos Software especializados

El análisis de la hoja de ruta propuesta para la implantación de la metodología BIM en EIH Constructora permite destacar varios aspectos críticos, tanto en términos de su viabilidad operativa como de su alineación con el contexto real de la empresa.

En primer lugar, el enfoque escalonado del plan representa una estrategia adecuada y coherente con la capacidad actual de la empresa. Al tratarse de una PYME con recursos humanos y técnicos limitados, iniciar con una Fase de Preparación centrada en capacitaciones introductorias, diagnóstico y establecimiento de un BEP básico, permite reducir la resistencia al cambio y sentar las bases sin requerir grandes inversiones

iniciales. La elección de plataformas accesibles como Google Drive para implantar un Entorno Común de Datos (CDE) en su versión más simple también refuerza este enfoque realista, al priorizar la estructura de la información antes de una solución tecnológica avanzada.

En la Fase 2, la validación mediante un proyecto piloto representa una etapa clave que permite poner en práctica lo aprendido sin asumir grandes riesgos. El uso de herramientas ya parcialmente conocidas como Revit o ArchiCAD asegura una curva de aprendizaje progresiva. Sin embargo, la ausencia de herramientas como Navisworks en esta etapa inicial reemplazadas por métodos manuales de detección de interferencias es un acierto presupuestario, aunque puede limitar la profundidad del análisis colaborativo entre disciplinas en etapas más avanzadas.

En la Fase 3, la inclusión de nuevas disciplinas (instalaciones eléctricas y sanitarias) y la utilización del modelo como insumo para licitaciones demuestra una clara intención de escalar la madurez BIM hacia niveles más colaborativos. No obstante, este avance implica mayores desafíos técnicos y organizativos. Aquí, el éxito depende directamente del cumplimiento de la capacitación proyectada y de la disposición del equipo a asumir nuevos flujos de trabajo interdependientes. La certificación del personal, especialmente en normativas como la ISO 19650, permite alinear los procesos internos con estándares internacionales, fortaleciendo su competitividad en el mercado nacional.

La Fase 4, centrada en la automatización y la medición de indicadores, revela una madurez importante en la visión del proyecto. Establecer métricas como reducción de errores, tiempos de revisión o costos de coordinación permitirá justificar con datos concretos la inversión realizada. Sin embargo, alcanzar este nivel requerirá una mayor especialización del equipo, posiblemente implicando la contratación de consultores externos o la expansión del equipo técnico.

La Fase 5, que propone la integración de BIM 4D y 5D, proyecta una visión de largo plazo alineada con tendencias internacionales. Sin embargo, su implementación depende directamente del éxito de las fases anteriores y de la sostenibilidad de los recursos económicos. El uso de herramientas especializadas como Synchro o CostX puede representar una inversión considerable, por lo que es fundamental mantener la flexibilidad de adoptar soluciones más accesibles (como el uso combinado de Revit + Excel o Power BI) sin perder de vista los objetivos funcionales.

Desde un enfoque crítico y realista, no es factible que EIH Constructora alcance en el corto o mediano plazo la implantación de BIM en niveles 4D (planificación) o 5D (costos) si se mantiene su estructura actual. La empresa está conformada únicamente por tres personas, sin especialización previa en BIM, con recursos limitados y con procesos aún manuales y desarticulados. Actualmente se encuentra en un nivel de madurez BIM 0, por lo que hablar de integración 4D y 5D supone saltarse etapas fundamentales de consolidación, como la interoperabilidad efectiva entre disciplinas, la estandarización documental y el uso eficiente de un CDE.

Las fases 1 a 3 de la hoja de ruta son alcanzables si se mantiene un compromiso sostenido y se prioriza la capacitación progresiva, además de una gestión disciplinada del cambio. Sin embargo, las fases 4 y 5 suponen no solo un cambio tecnológico, sino una transformación organizacional de fondo, que en empresas más grandes implica equipos BIM dedicados, especialistas en planificación y costos integrados con modelos y plataformas avanzadas.

La automatización de flujos de trabajo, la simulación constructiva 4D o el uso de presupuestos vinculados directamente al modelo (5D), requieren recursos, tiempo y personal calificado que, en el estado actual, EIH Constructora no posee ni está en condiciones de asumir sin una expansión significativa de su equipo o una estrategia clara de subcontratación externa.

Es fundamental determinar el nivel de implantación de la metodología BIM en la parte gerencial de la empresa, ya que esto permite establecer con precisión el nivel real de implementación en los procesos operativos. La implantación en el ámbito gerencial implica la adopción de políticas, estrategias y compromisos que facilitan (o empeoran) la integración efectiva de BIM, impactando directamente en la capacidad de implementar herramientas y prácticas específicas en los proyectos. Esto cobra especial relevancia en una empresa pequeña como EIH Constructora, donde el gerente tiene un mayor control y conocimiento directo sobre el estado actual de BIM, lo que le permite identificar con claridad las áreas prioritarias de mejora y dirigir los esfuerzos de manera más eficiente desde el inicio. Sin una clara definición y evaluación del grado de implantación gerencial, no es posible medir adecuadamente el avance ni el éxito de la implementación técnica en las distintas áreas de la empresa. Por ello, este diagnóstico constituye un paso clave dentro del plan de acción para asegurar una adopción integral y coherente de BIM.

3.2.4 Herramientas tecnológicas seleccionadas

Con el objetivo de identificar el software que mejor se ajusta a las necesidades y condiciones actuales de EIH Constructora, se llevó a cabo un análisis multicriterio. En este se evaluó el uso de Revit programa con el que la empresa ya posee cierta experiencia junto con otras dos alternativas relevantes: ArchiCAD y Cypced con el fin de obtener una visión más amplia que permitió tomar una decisión fundamentada.

Este análisis se centró en comparar los tres programas con base en criterios clave que son determinantes para una implantación exitosa de la metodología BIM en una empresa PYME como EIH Constructora, donde los recursos son limitados y la capacidad de adaptación del equipo de trabajo es crucial.

Los criterios evaluados fueron:

- Compatibilidad con formatos IFC, esencial para el intercambio de información entre plataformas.
- Interoperabilidad, que garantiza que el software pueda integrarse con otras herramientas utilizadas en el flujo de trabajo.
- Colaboración y trabajo en equipo, que permite una gestión eficiente de los modelos y facilita la coordinación entre disciplinas.
- Facilidad de uso, lo que influye directamente en la curva de aprendizaje y la rapidez con la que el equipo puede adoptar el software.
- Costo, tanto inicial como de mantenimiento, considerando el impacto directo en el presupuesto disponible.
- Requisitos de hardware, dado que se debe tomar en cuenta la infraestructura tecnológica con la que actualmente cuenta la empresa.

Cada uno de estos aspectos fue analizado mediante el método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), el cual permite asignar pesos relativos a las diferentes opciones en función de su desempeño en cada criterio. Esto facilitó una comparación objetiva que considera no solo las capacidades técnicas de cada software, sino también su adaptabilidad a las condiciones reales de la empresa. Los resultados de este análisis se ven en la **Figura 14 y Figura 15**.

Figura 14

Resumen de resultados en según las propuestas de software para cada criterio de evaluación

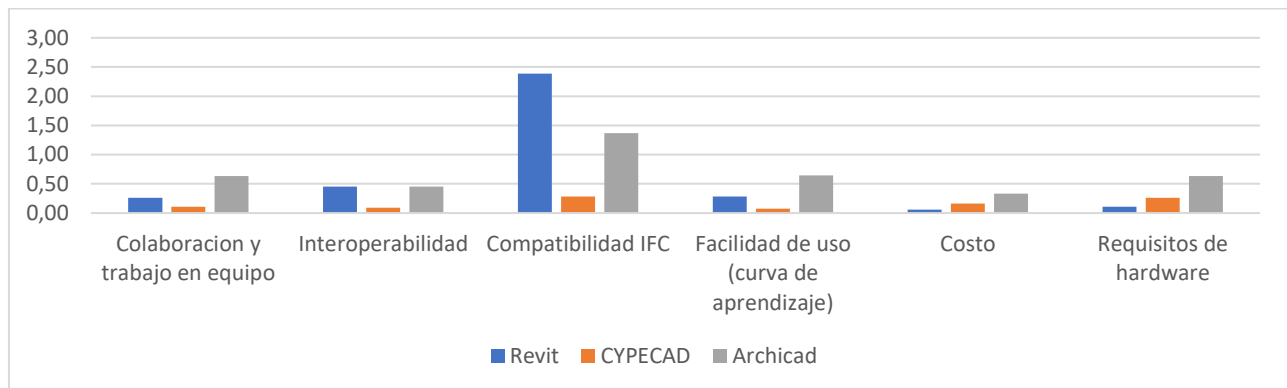
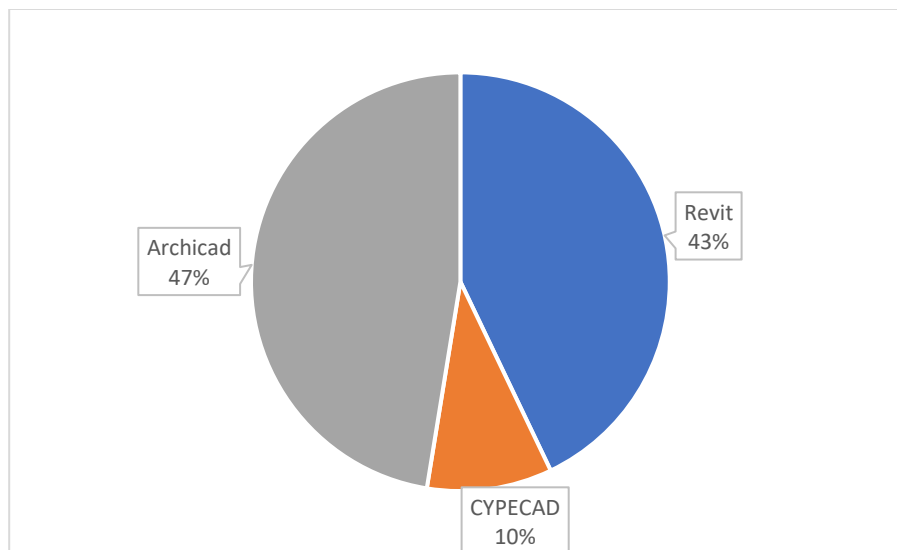


Figura 15

Porcentaje de priorización según resultados del análisis AHP



El análisis realizado permitió concluir que, aunque ArchiCAD alcanzó una priorización ligeramente superior con un 47%, frente al 43% obtenido por Revit y el 10% de Cypecad, la continuidad con Revit resulta la opción más adecuada para EIH Constructora. La evaluación consideró criterios técnicos, económicos y de aplicabilidad al contexto de una PYME, lo que permitió valorar tanto las ventajas de cada software como las implicaciones prácticas de su adopción en la empresa.

En términos de interoperabilidad, ArchiCAD mostró un desempeño destacado gracias a su robustez en el manejo del formato IFC, desarrollado por Graphisoft, lo que garantiza exportaciones e importaciones con mínima pérdida de datos. Revit, aunque requiere ciertos ajustes manuales en la importación, también ofrece un nivel adecuado de interoperabilidad, compatible con la mayoría de los entornos colaborativos internacionales. Cypecad, por su enfoque estructural, presentó limitaciones importantes en este aspecto.

En cuanto a la facilidad de uso, ArchiCAD se posicionó como la herramienta más intuitiva, especialmente diseñada para arquitectos y equipos pequeños, mientras que Revit presenta una curva de aprendizaje más pronunciada debido a su enfoque en el manejo de familias paramétricas y configuraciones detalladas. No obstante, el equipo técnico de EIH ya cuenta con experiencia básica en Revit, lo que disminuye significativamente esta barrera inicial.

El análisis de costos reveló una ventaja para ArchiCAD, cuyo modelo de licencia perpetua resulta más económico a mediano y largo plazo frente al esquema de suscripción anual de Revit. Sin embargo, este factor debe valorarse junto con los recursos ya invertidos en Revit, como la adquisición de licencias y el desarrollo de familias y plantillas específicas, lo que convierte en menos conveniente un cambio de software en esta etapa.

En relación con los requisitos de hardware, ArchiCAD también demostró mayor eficiencia, al operar de manera fluida en equipos de gama media. Revit, por su parte, demanda especificaciones más altas, lo que implica un costo mayor de actualización tecnológica. Aun así, este desafío ya ha sido afrontado por EIH Constructora, que dispone de equipos capaces de soportar el software, por lo que no constituye un obstáculo crítico en la actualidad.

Con base en lo anterior, aunque ArchiCAD mostró ventajas en aspectos como interoperabilidad, facilidad de uso y costos, la decisión de continuar con Revit se fundamenta en criterios de continuidad operativa, sostenibilidad y aprovechamiento de los avances ya alcanzados en la empresa. Actualmente, EIH Constructora dispone de familias y plantillas desarrolladas en Revit por mi persona como también mi guía de como darle un buen uso, un equipo técnico con formación inicial en este software y flujos de trabajo que ya han sido adaptados parcialmente. Migrar hacia ArchiCAD implicaría duplicar esfuerzos, reinvertir en capacitación y rehacer insumos, lo que generaría mayores costos y retrasos en la implantación BIM.

Por estas razones, la estrategia más adecuada para EIH Constructora consiste en consolidar la línea de trabajo con Revit, capitalizando los recursos existentes y asegurando una transición progresiva y realista hacia niveles superiores de madurez BIM, aun cuando no sea la herramienta con la puntuación más alta en el análisis comparativo.

En cuanto al hardware de EIH Constructora, se identificó que todos los colaboradores trabajan con computadoras portátiles (las especificaciones se muestran en el apéndice 5). Adolfo utiliza un equipo con procesador Intel Core i7-7700HQ a 2.60 GHz, 16 GB de memoria RAM y sistema operativo Windows 10 Home. Pablo cuenta con una laptop más reciente que incluye un procesador Intel Core i7-10750HQ a 2.80 GHz, también con 16 GB de RAM, junto con una tarjeta gráfica NVIDIA GeForce GTX 960M de 4 GB y gráficos integrados Intel HD 530 con 128 MB de memoria dedicada. Su sistema operativo es Windows 11 y dispone de un almacenamiento total de 477 GB, del cual tiene ocupados 408 GB. Armando trabaja con un procesador Intel Core i7-6700HQ a 2.60 GHz, idéntica tarjeta gráfica que Pablo (NVIDIA GTX 960M de 4 GB + Intel HD 530), 16 GB de RAM y Windows 11 como sistema operativo. Su equipo cuenta con un almacenamiento de 1.13 TB, del cual tiene utilizados 527 GB.

Todos los equipos comparten la característica de tener 16 GB de memoria RAM y procesadores de la serie Intel Core i7, aunque con generaciones diferentes que van desde la sexta hasta la décima generación. Las configuraciones gráficas son similares entre Pablo y Armando, quienes disponen de tarjetas NVIDIA dedicadas además de los gráficos integrados Intel, mientras que en el caso de Adolfo no se registró información específica sobre tarjeta gráfica dedicada. En cuanto a almacenamiento, Pablo muestra un uso del 85% de su capacidad total (408 GB de 477 GB), mientras que Armando utiliza aproximadamente el 47% de su disco duro (527 GB de 1.13 TB). Todos los sistemas operativos corresponden a versiones modernas, con dos equipos en Windows 11 y uno en Windows 10 Home.

El diagnóstico realizado a los equipos portátiles de EIH Constructora revela una situación tecnológica heterogénea con capacidades diferenciadas para la implantación BIM. Los tres equipos analizados presentan características comunes en cuanto a memoria RAM (16 GB en todos los casos) y procesadores de la serie Intel Core i7, lo que constituye una base aceptable para el trabajo con software BIM básico. Sin embargo, se observan diferencias significativas en cuanto a generación de procesadores, configuración gráfica y capacidad de almacenamiento que influyen directamente en el rendimiento y las posibilidades de implantación.

En el aspecto de procesamiento, los equipos muestran una variación generacional importante, desde el i7-6700HQ de Armando (6ta generación) hasta el i7-10750HQ de Pablo (10ma generación). Esta diferencia, aunque no crítica para operaciones básicas, puede manifestarse en tiempos de procesamiento al trabajar con modelos complejos o renderizados. La presencia de tarjetas gráficas dedicadas NVIDIA GTX 960M en dos de los tres equipos (Pablo y Armando) es un aspecto positivo, aunque limitado por la capacidad de 4GB de VRAM, que puede resultar insuficiente para visualización avanzada de modelos federados grandes.

El análisis de almacenamiento revela situaciones contrastantes: mientras Pablo tiene su unidad casi al límite de capacidad (408GB de 477GB), Armando cuenta con espacio disponible significativo (527GB de 1.13TB utilizados). Esta diferencia es relevante considerando que los proyectos BIM pueden requerir considerable espacio para versiones, archivos de respaldo y modelos federados. Adolfo, cuyo dato de almacenamiento no fue especificado, representa una incógnita en este aspecto crítico.

La configuración de memoria RAM (16GB unificada) es adecuada para el modelado básico en Revit o ArchiCAD, pero puede presentar limitaciones al trabajar con modelos federados complejos o al ejecutar procesos de renderizado y análisis de interferencias. La coexistencia de sistemas operativos (Windows 10 y 11) no representa un problema de compatibilidad, aunque puede requerir atención en la estandarización de configuraciones y versiones de software.

Los equipos actuales pueden soportar un inicio en la implantación BIM con modelado básico y coordinación sencilla, presentan limitaciones claras para etapas más avanzadas que requieran procesamiento gráfico intensivo, manejo de modelos federados complejos o simulaciones 4D/5D. La heterogeneidad en las configuraciones sugiere la necesidad de establecer protocolos de trabajo que consideren estas diferencias, así como una posible gradual actualización de hardware para equipos clave.

La implantación exitosa de la metodología BIM en EIH Constructora requiere no solo de la selección del software adecuado, sino también de un plan de capacitación sólido y accesible que permita al equipo adquirir las competencias necesarias para aprovechar al máximo estas herramientas. Dado que la empresa cuenta con recursos limitados y un equipo pequeño pero multidisciplinario —formado por arquitectos e ingenieros—, es fundamental priorizar formaciones que combinen conocimientos teóricos (estándares BIM, gestión colaborativa) con habilidades prácticas (modelado 3D, gestión de proyectos), todo ello adaptado a su realidad operativa y presupuestaria.

Para ello, se ha recopilado una selección de cursos gratuitos y de bajo costo, disponibles en plataformas internacionales y en español, que cubren desde los fundamentos básicos hasta temas avanzados como la normativa ISO 19650 o la creación de Planes de Ejecución BIM (BEP). Entre las opciones destacadas se encuentran cursos como "*BIM: Uma Introdução*" (Penn State University), ideal para entender los conceptos clave de la metodología; "*ArchiCAD Basics*" (Graphisoft), que facilita el aprendizaje del software recomendado para la empresa; y "*BIM para Ingenieros Civiles*" (Udemy), enfocado en las necesidades específicas del área de ingeniería. Estos recursos no solo son accesibles, sino que también ofrecen certificaciones reconocidas, lo que añade valor al perfil profesional de los colaboradores.

La propuesta de capacitación se estructura en tres fases: 1) Conocimientos básicos BIM (para todo el equipo), 2) Especialización por roles (arquitectos en modelado, ingenieros en coordinación y cálculos), y 3)

Profundización en estándares y gestión (BEP, openBIM). Este enfoque escalable asegura que EIH Constructora pueda avanzar de manera ordenada y sostenible en su adopción de BIM, sin sobrecargar al equipo ni incurrir en costos innecesarios. A continuación, se presentan los cursos seleccionados, organizados en la **Tabla 6**.

Con esta base formativa, el equipo está preparado para implantar BIM en sus proyectos piloto, optimizando procesos como el modelado 3D, la detección de interferencias y la colaboración interdisciplinaria, todo ello alineado con los objetivos de eficiencia y calidad que definen a EIH Constructora.

Tabla 6
Resumen de cursos BIM

Nombre del Curso	Plataforma	Costo	Enfoque	Enlace
BIM: Uma Introdução	Penn State University	Gratuito	Conceptos básicos de BIM	Enlace
Fundamentos BIM	LinkedIn Learning	Gratuito* (Prueba de un mes)	Introducción a BIM	Enlace
BIM Essentials	Autodesk	Gratuito	Primeros pasos en Revit/ArchiCAD	Enlace
Planos de Ejecución BIM (BEP)	BIM Academy	Gratuito	Creación de BEP para Pymes	Enlace
Conformidade com ISO 19650	BIM Framework	Gratuito	Normativa internacional BIM	Enlace
Certificación openBIM	buildingSMART	Gratuito	Estándares openBIM (ArchiCAD)	Enlace
ArchiCAD Basics	Graphisoft Learn	Gratuito	Modelado en ArchiCAD	Enlace
Revit Learning Pathways	Autodesk	Gratuito	Recursos oficiales de Revit	Enlace
ArchiCAD 25: Curso BIM desde Cero	Udemy	~\$15 USD	Modelado práctico en ArchiCAD	Buscar en Udemy
Revit para Principiantes	Udemy	~\$12 USD	Bases de Revit	Buscar en Udemy
BIM para Ingenieros Civiles	Udemy	~\$20 USD	Enfoque en cálculo estructural y coordinación BIM	Ejemplo en Udemy
Gestión de Proyectos BIM con Revit para Ingenieros	Crehana	~\$25 USD (Suscripción mensual)	Integración de BIM en ingeniería (presupuestos, planos)	Enlace

La selección de cursos recopilados, para la capacitación del equipo de EIH Constructora en la metodología BIM, responde a un análisis estratégico enfocado en las necesidades técnicas, operativas y financieras de la empresa. Esta planificación formativa busca asegurar que la implantación de BIM se alinee con los objetivos organizacionales, sea viable dentro de las capacidades actuales y proyecte un impacto positivo en el flujo de trabajo. A continuación, se expone en forma continua y detallada cómo se ha estructurado esta estrategia de capacitación.

Los cursos seleccionados cubren cuatro dimensiones fundamentales para una implantación BIM efectiva en una PYME como EIH Constructora. En el ámbito conceptual, se han incluido cursos como *“BIM: Uma Introdução”* (de Penn State) y *“Fundamentos BIM”* (de LinkedIn Learning), los cuales ofrecen una comprensión inicial sobre estándares, niveles de desarrollo (LOD) y flujos de trabajo colaborativos, abordando así la brecha identificada en cuanto al desconocimiento general sobre BIM en el equipo. En el plano técnico, se priorizaron herramientas específicas utilizadas por la empresa, mediante cursos como *“ArchiCAD Basics”* (de Graphisoft) y *“Revit para Principiantes”* (de Udemy), que responden a la necesidad detectada de fortalecer el dominio del software BIM. En la dimensión de gestión, se incorporaron capacitaciones como *“Planos de Ejecución BIM (BEP)”* y *“ISO 19650”*, que permiten al equipo desarrollar e implantar procesos estandarizados conforme a normativas internacionales, resolviendo la falta de protocolos claros en proyectos BIM. Finalmente, en cuanto a la especialización por rol, se contemplaron formaciones específicas como *“BIM para Ingenieros Civiles”* (Udemy) y *“Gestión de Proyectos BIM con Revit”* (Crehana), que responden a las distintas funciones y responsabilidades de ingenieros y arquitectos dentro del proceso BIM.

En términos de relación costo-beneficio, la estrategia contempla una inversión eficiente. Se combinan cursos gratuitos, como los ofrecidos por Graphisoft Learn o BIM Academy, con opciones de bajo costo, como las de Udemy y Crehana, con precios entre los 12 y 25 USD por curso. Esta combinación permite una optimización de recursos, destinando el 70% de la capacitación a opciones sin costo, lo cual libera presupuesto para otros requerimientos como licencias o actualizaciones de hardware. Además, se anticipa un retorno sobre la inversión (ROI) significativo, ya que cursos clave como *“ISO 19650”* y *“openBIM”* abren la puerta a participar en licitaciones internacionales, ampliando las oportunidades comerciales para la empresa.

La viabilidad de implementación de estos cursos también ha sido considerada cuidadosamente. Todos se imparten en línea, lo que permite a los colaboradores capacitarse sin interrumpir sus horarios laborales, y la disponibilidad de contenidos en español asegura la comprensión completa. Esta formación también se adapta a los distintos roles dentro de la empresa: el arquitecto puede enfocarse en modelado y en la elaboración de BEP, mientras que los ingenieros se especializan en coordinación, cálculos y normativas. Además, la propuesta es escalable, ya que incluye cursos avanzados como la certificación *openBIM* que permiten la posibilidad de progresar hacia un nivel de madurez 2 en BIM.

Respecto a los riesgos y su mitigación, se reconoce la posibilidad de resistencia al cambio entre los colaboradores. Para abordarlo, se propone comenzar con cursos introductorios como *“BIM: Uma Introdução”*, los cuales permiten evidenciar los beneficios prácticos de la metodología. También se contemplan las limitaciones de tiempo mediante la priorización de cursos cortos de entre 4 a 6 horas y el establecimiento de metas semanales. En cuanto a la desactualización de contenidos, se han seleccionado plataformas reconocidas por actualizar regularmente su material, como Autodesk y Graphisoft Learn.

El impacto esperado se proyecta en diferentes plazos. A corto plazo (entre 3 y 6 meses), se espera que el equipo utilice ArchiCAD o Revit para la creación de modelos 3D en anteproyectos, mejorando la coordinación y reduciendo errores en planos. A mediano plazo (entre 6 y 12 meses), se estipula la implementación del BEP y de estándares ISO 19650 en proyectos piloto, lo cual permite una mayor eficiencia en revisiones y entregables. A largo plazo (1 a 2 años), EIH Constructora puede posicionarse como una firma especializada en BIM dentro del contexto costarricense, fortaleciendo su reputación y competitividad.

Finalmente, se proponen tres fases para la ejecución del plan. En la Fase 1 (meses 1 y 2), todo el equipo debe completar los cursos “*BIM: Uma Introdução*” y “*Fundamentos BIM*”. En la Fase 2 (meses 3 y 4), el arquitecto se enfoca en “*ArchiCAD Basics*” y “*Creando un BEP*”, mientras los ingenieros cursan “*BIM para Ingenieros Civiles*” y “*ISO 19650*”. En la Fase 3 (meses 5 y 6), se impulsa la obtención de la certificación *openBIM* de buildingSMART, lo que permite a la empresa avanzar en interoperabilidad y consolidar su transición hacia la metodología BIM de forma estructurada y efectiva.

3.2.5 Estándares de colaboración

El éxito en la implantación BIM para EIH Constructora descansa en la creación de un marco de trabajo colaborativo robusto que transforme los actuales procesos fragmentados en un sistema integrado y eficiente. Este apartado desarrolla los pilares fundamentales para lograr esta transformación, comenzando por el diseño de un Entorno Común de Datos (CDE) que establece protocolos claros de gestión documental, incluyendo nomenclatura estandarizada, control de versiones automatizado y permisos de acceso diferenciados, todo ello alineado con los requerimientos de la norma ISO 19650. Complementando esta estructura técnica, se redefine la organización interna mediante la asignación estratégica de roles BIM que aprovechan las capacidades existentes en el equipo, transformando las responsabilidades tradicionales en funciones adaptadas a la metodología digital sin requerir expansión de personal. Estos estándares no solo solventan las actuales limitaciones de almacenamiento disperso en unidades locales y comunicación informal vía correo electrónico, sino que crean las condiciones para una verdadera interoperabilidad entre disciplinas, permitiendo que arquitectos e ingenieros colaboren de manera sincronizada desde las primeras etapas de anteproyecto hasta la fase constructiva, con trazabilidad completa de la información y procesos de revisión estandarizados que elevan la calidad de los entregables.

3.2.5.1 Entorno común de datos (CDE)

Para establecer un Entorno Común de Datos (CDE) que permita implantar adecuadamente la metodología BIM en EIH Constructora, se realizó un análisis multicriterio para evaluar diferentes propuestas de plataformas que pueden ser utilizadas como Entorno Común de Datos (CDE) dentro de la empresa EIH Constructora:

- Carpetas locales/aisladas (método actualmente utilizado de forma no estandarizada).
- Google Drive (plataforma empleada actualmente, pero sin protocolos BIM).
- Trimble Connect (solución propuesta para estandarización BIM).
- One Drive (solución propuesta para estandarización BIM).

Esta comparación se enfocó en criterios clave para un CDE alineado con la metodología BIM: acceso centralizado, control de versiones, interoperabilidad BIM, seguridad y permisos, trazabilidad, colaboración en tiempo real y costo, los resultados completos se pueden encontrar en el **Apéndice 3**.

Esta evaluación constituye el primer paso para estandarizar la gestión de información en EIH Constructora y avanzar hacia una implantación BIM efectiva, comenzando por la fase de anteproyecto.

Tabla 7*Comparación cualitativa de soluciones para Entorno Común de Datos (CDE)*

Criterio	Trimble Connect	Google Drive (Actual)	Carpetas Locales/Aisladas	OneDrive
Acceso Centralizado	Sí (Plataforma en la nube)	Sí (Limitado a almacenamiento)	No (Disperso en equipos individuales)	Sí (Integrado con ecosistema Microsoft en la nube)
Control de Versiones	Automático (Historial de cambios)	Manual (Sobreescritura de archivos común)	Inexistente	Básico (Versiones limitadas, historial parcial)
Interoperabilidad BIM	Alta (Integración con Revit)	Baja (Solo almacenamiento de archivos)	Nula	Baja (No cuenta con integración BIM nativa)
Seguridad y Permisos	Avanzada (Roles por usuario, encriptación)	Básica (Compartición genérica)	Sin control (Depende de cada computadora)	Moderada (Control por cuentas Microsoft)
Trazabilidad	Registro de actividades y modificaciones	Sin registro de quién modifica archivos	Sin seguimiento	Limitada (Historial general de edición)
Colaboración en Tiempo Real	Sí (Comentarios, marcado de planos)	Limitada (Solo edición de documentos)	No aplica	Limitada (En documentos, no en modelos BIM)
Costo	Plan básico desde \$30/mes	Gratis o bajo costo	Gratis pero alto riesgo de pérdida de datos	Incluido en paquetes Microsoft 365

Tabla 9
Resultados de análisis multicriterio AHP

Propuesta	Acceso centralizado	Control de versiones	Interoperabilidad BIM	Seguridad y permisos	Trazabilidad	Colaboración en tiempo real	Costo	Priorización
Trimble Connect	0,51	0,57	0,61	0,50	0,57	0,49	0,18	0,517
Google Drive	0,21	0,18	0,15	0,21	0,18	0,39	0,53	0,227
One Drive	0,21	0,18	0,15	0,21	0,18	0,16	0,53	0,206
Carpetas locales/aisladas	0,07	0,08	0,09	0,09	0,08	0,07	0,77	0,113
Ponderación AHP	0,28	0,16	0,09	0,16	0,16	0,09	0,05	1,06

Figura 16
Resultados de análisis multicriterio AHP 1/2

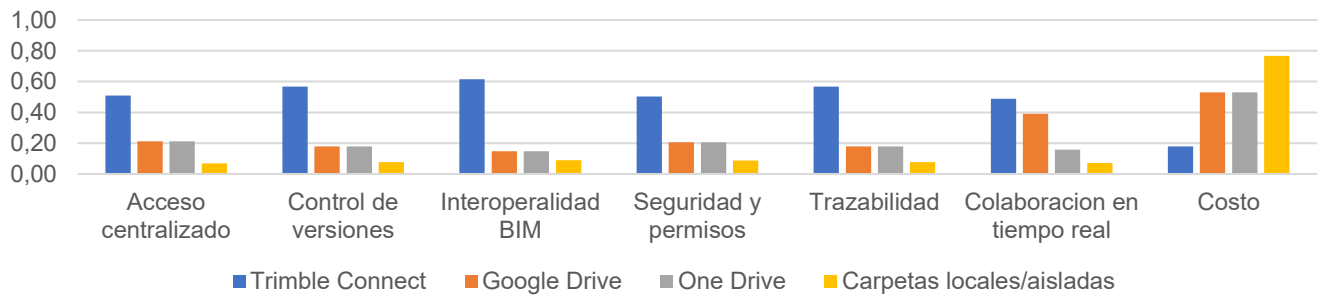
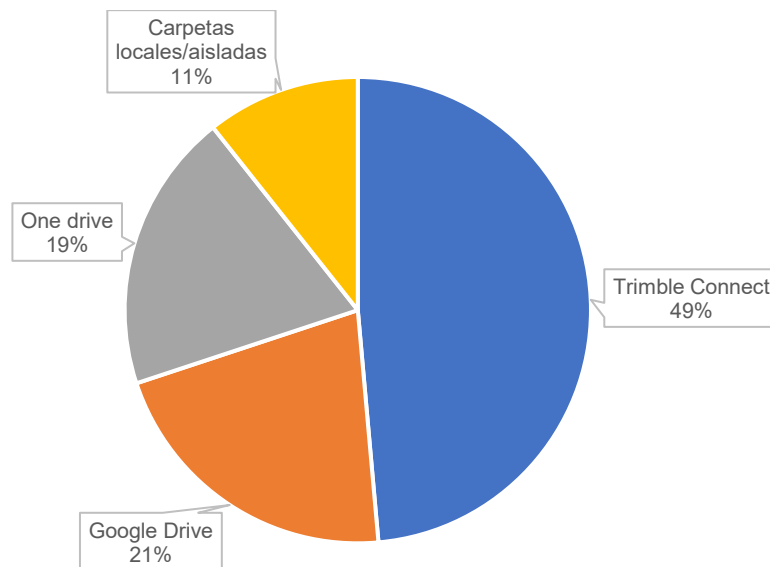


Figura 17
Resultados de análisis multicriterio AHP 2/2



El análisis multicriterio realizado mediante el método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) evidenció diferencias sustanciales en el desempeño de las cuatro alternativas evaluadas para la implantación de un Entorno Común de Datos (CDE) en la empresa EIH Constructora. Este análisis permitió establecer conclusiones técnicas que fundamentan la selección de la plataforma más adecuada, según los requerimientos funcionales de una estrategia BIM incipiente.

Entre las alternativas analizadas, Trimble Connect emergió como la solución óptima, al obtener la mayor puntuación global (0.517), ver **Figura 16**. Esta plataforma especializada en BIM destacó en aspectos clave como la interoperabilidad BIM (0.61), gracias a su integración directa con herramientas como Revit y otras plataformas de modelado, lo que la diferencia notablemente de las soluciones genéricas. También obtuvo altos puntajes en control de versiones (0.57) y trazabilidad (0.57), criterios fundamentales para la gestión eficiente de la información de acuerdo con lo establecido en la norma ISO 19650. En cuanto al acceso centralizado, alcanzó un valor de 0.51, demostrando una adecuada capacidad para centralizar información del proyecto, aunque con un margen de mejora.

Por otro lado, las plataformas genéricas Google Drive (0.227) y One Drive (0.206) presentaron desempeños similares y moderados. Ambas mostraron limitaciones importantes en interoperabilidad BIM (0.15), al no ofrecer funcionalidades específicas para integrarse con software de diseño. Además, sus capacidades para el control de versiones (0.18) y la trazabilidad (0.18) fueron consideradas básicas, lo cual reduce significativamente su utilidad en un contexto BIM colaborativo. A pesar de su ventaja en términos de costo (0.53), este beneficio no compensa las debilidades funcionales frente a los requerimientos de una gestión digital estructurada.

La opción de utilizar carpetas locales o aisladas resultó ser la menos adecuada, obteniendo la puntuación más baja (0.113). Esta alternativa reflejó puntuaciones mínimas en todos los criterios evaluados, especialmente en colaboración en tiempo real y acceso centralizado (ambos con 0.07), lo que pone de manifiesto su carácter totalmente descentralizado e ineficiente para entornos colaborativos. Aunque se reconoció como la opción de menor costo (0.77), su uso compromete seriamente los objetivos de digitalización y modernización propuestos por la metodología BIM.

En cuanto al análisis por criterios ponderados, según la metodología AHP, ver **Figura 17**, se determinó que el acceso centralizado (28%) fue el criterio con mayor peso relativo, seguido por seguridad y permisos, control de versiones y trazabilidad (todos con 16%). Si bien la interoperabilidad BIM fue ponderada con un 9%, este criterio fue determinante para justificar la ventaja competitiva de Trimble Connect frente a las otras alternativas. Finalmente, el costo tuvo la menor ponderación (5%), lo que reafirma que, en este contexto, la funcionalidad y capacidad de integración son factores prioritarios frente al ahorro económico inicial.

El análisis de las opciones para implantar un Entorno Común de Datos (CDE) en EIH Constructora revela diferencias fundamentales entre las soluciones evaluadas, ver **Tabla 9**. Las carpetas locales, actualmente utilizadas por algunos miembros del equipo, presentan limitaciones críticas para un flujo de trabajo BIM, particularmente en lo que respecta a la accesibilidad centralizada y el control de versiones. Este método disperso de almacenamiento genera frecuentes problemas de duplicidad de archivos y dificulta la colaboración entre disciplinas, ya que cada profesional trabaja con versiones independientes en sus equipos.

Frente a esta situación, Trimble Connect emerge como una solución integral que supera estas carencias mediante una plataforma en la nube específicamente diseñada para entornos BIM. A diferencia de las carpetas locales, ofrece un repositorio único accesible para todo el equipo, con funciones avanzadas de control de versiones que registran automáticamente cada modificación. Esta característica resulta particularmente valiosa para la fase de anteproyecto, donde múltiples iteraciones del diseño requieren un seguimiento preciso de los cambios realizados.

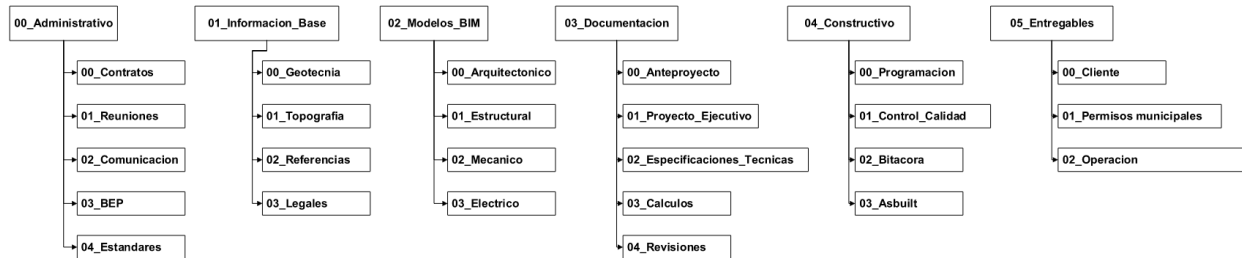
La interoperabilidad constituye otro aspecto diferenciador clave. Mientras las carpetas locales simplemente almacenan archivos sin capacidad de integración con software especializado, Trimble Connect proporciona conectividad nativa con las herramientas BIM utilizadas por EIH (Revit, Navisworks), permitiendo visualizar y manipular modelos directamente en la plataforma. Esta funcionalidad elimina la necesidad de descargar y cargar archivos manualmente, reduciendo significativamente el riesgo de trabajar con versiones desactualizadas.

En cuanto a los procesos de revisión y aprobación, la solución propuesta incorpora flujos de trabajo colaborativos que reemplazarían los actuales métodos informales basados en correos electrónicos y mensajería instantánea. Esta estandarización de los procesos de revisión no solo mejoraría la eficiencia, sino que también generaría un registro documentado de todas las decisiones tomadas durante el desarrollo del anteproyecto.

Si bien la implantación de Trimble Connect requiere una inversión inicial y un periodo de adaptación por parte del equipo, los beneficios operativos justifican ampliamente esta transición. La solución permite a EIH Constructora superar las limitaciones del actual sistema fragmentado, estableciendo las bases para una gestión de información acorde con los estándares BIM y preparando el terreno para futuras implementaciones más avanzadas de la metodología.

La implantación efectiva de un CDE requiere una estructura de carpetas estandarizada que siga los principios de la norma ISO 19650 sobre gestión de información en proyectos BIM. Para EIH Constructora, se desarrolló una propuesta que equilibra el cumplimiento normativo con la operatividad de una PYME, organizando la información en seis categorías principales con prefijos numéricos que garantizan un flujo lógico del proyecto mostrada en la **Figura 18**.

Figura 18
Estructura de árbol para carpetas dentro del CDE



La estructura propuesta comienza con "00_Administrativo" para documentos contractuales y de planificación, seguida de "01_Información_Base" que contiene todos los insumos iniciales como estudios técnicos y normativas. El núcleo del sistema BIM se ubica en "02_Modelos_BIM", donde se organizan los modelos por disciplinas con especificación de su Nivel de Desarrollo (LOD). Los documentos derivados como planos y memorias de cálculo se alojan en "03_Documentación", mientras que "04_Construtivo" gestiona toda la información generada durante la ejecución. Finalmente, "05_Entregables" concentra los productos finales del proyecto.

El versionamiento en Trimble Connect, o incluso en plataformas genéricas como Google Drive, se gestiona mediante un registro automático de cada modificación realizada en los documentos, permitiendo conservar el historial completo y recuperar versiones anteriores cuando sea necesario. Cada cambio queda documentado con información sobre quién lo realizó, cuándo y en qué fase del proyecto se efectuó. Además,

al momento de implantar el CDE, este se estructura de forma que permita la gestión de permisos para cada usuario, definiendo los niveles de acceso y edición según su rol en el proyecto. Esta configuración asegura la trazabilidad de la información y su asociación con las distintas fases del ciclo de vida del proyecto, alineándose con los principios de la norma ISO 19650. De este modo, la propuesta responde al alcance inicial del TFG, garantizando una gestión centralizada, controlada y colaborativa de la información en el proceso de implantación BIM en EIH Constructora, para así alcanzar el nivel de madurez BIM deseado.

Esta organización cumple con los requisitos clave de la ISO 19650, particularmente en la separación clara entre información de referencia, trabajo en progreso y documentos aprobados. La numeración secuencial implementada refleja las etapas del ciclo de vida del proyecto establecidas en la norma, facilitando la trazabilidad de la información desde su origen hasta su versión final. Adicionalmente, la estructura incorpora mejores prácticas del mercado local, como las guías del CFIA y requerimientos del MOPT, asegurando compatibilidad con proyectos tanto privados como públicos.

La estructura de nomenclatura desarrollada para los archivos BIM en el CDE de EIH Constructora establece un sistema claro y normalizado que cumple con los principios de la ISO 19650, asegurando consistencia y trazabilidad en la gestión de modelos. Cada nombre de archivo sigue el formato mostrado en la **Figura 19**, donde los campos están estrictamente definidos:

Reglas de Implantación

1. **Estado del Documento** (según ISO 19650):

- WIP (Work in Progress): Modelo en desarrollo.
- SHR (Shared): Modelo compartido para revisión.
- APR (Approved): Modelo aprobado para construcción.
- ASB (As-Built): Modelo final ajustado a lo ejecutado.

2. **Disciplinas** (Acrónimos estandarizados):

- ARQ: Arquitectura.
- STR: Estructural.
- AC: Aire Acondicionado.
- MECP: Instalación Mecánica Potable.
- MECN: Instalación Mecánica Aguas Residuales.
- ELEC: Instalación Eléctrica.

3. **Autor:**

- Formato: primera letra del nombreapellido1apellido2.
 - Ejemplo: Justin Mora Angulo → JMA

4. **Tipo de Modelo:**

- EDIFICIO, CUBIERTA, FACHADA, RED_HIDRAULICA, etc. (Usar guion bajo como espaciador).

5. **Cliente:**

- Nombre abreviado con guion bajo para espacios.
 - Ejemplo: Municipalidad de San José → MUNI_SAN_JOSE

6. Versión:

- V00 (Versión inicial), V01, V02, etc.

Figura 19

Estructura para nombrar modelos en CDE



La implantación de una estructura estandarizada de carpetas y un sistema de nomenclatura coherente dentro del CDE representa un pilar fundamental para la adopción efectiva de BIM en EIH Constructora. Esta organización no solo optimiza la gestión documental, sino que establece las bases para una colaboración eficiente entre disciplinas, alineándose con los principios de la ISO 19650 y adaptándose a las necesidades específicas de una PYME.

La jerarquía propuesta resuelve los problemas críticos identificados en el diagnóstico inicial:

- Centralización: elimina la dispersión de archivos en correos, USBs o carpetas locales, al reunir toda la información del proyecto en un único entorno accesible.
- Flujo lógico: la numeración secuencial (00 a 05) guía al equipo a través de las fases del proyecto (desde insumos hasta entregables), lo cual reduce errores como el uso de documentos obsoletos.
- Compatibilidad con estándares: la separación entre modelos, documentación y administrativos cumple con los requisitos del CFIA y MOPT, esto facilita futuras auditorías o certificaciones.

Un ejemplo claro de mejora es la carpeta 02_Modelos_BIM, donde los archivos no se pierden entre versiones descontroladas, sino que se organizan por disciplina (Arquitectura, Estructura, MEP) y nivel de desarrollo (LOD). Esto agiliza procesos como la coordinación interdisciplinar o la generación de planos.

El formato ESTADO - DISCIPLINA - AUTOR - TIPO_MODELO - CLIENTE - VERSIÓN introduce un lenguaje común para todo el equipo:

- Estados normalizados (WIP, SHR, APR, ASB): permiten identificar rápidamente el nivel de aprobación de un modelo, evitando confusiones durante revisiones. Por ejemplo, un archivo etiquetado como SHR - ARQ - J_PEREZ_GOMEZ - EDIFICIO - MUNI_SAN_JOSE - V02 indica que está listo para feedback.
- Acrónimos de disciplinas (ARQ, STR, MECP): Simplifican la búsqueda y filtrado de modelos, especialmente útil en proyectos con múltiples especialidades.
- Versiones numeradas (V00, V01): Acaban con los sufijos ambiguos como "_FINAL_v3", asegurando que siempre se trabaje con la última versión validada.

Este sistema no solo mejora la eficiencia interna, sino que también profesionaliza la comunicación con clientes y contratistas, quienes pueden entender el estado y alcance de cada entregable sin requerir explicaciones adicionales.

La combinación de ambos elementos crea un ecosistema donde:

- Cada archivo tiene un lugar definido (ej.: modelos arquitectónicos en 02_Modelos_BIM/ARQ/).
- Cada nombre comunica contexto esencial, reduciendo la dependencia de conocimiento tribal.
- La trazabilidad está garantizada, desde el primer boceto (WIP) hasta el as-built (ASB).

Para garantizar la integridad de la información en el CDE, se han establecido reglas estrictas de control de accesos que se articulan con los flujos de trabajo colaborativos. Todos los miembros del equipo tienen permisos diferenciados según su rol y fase del proyecto. Solo el Director de Proyectos posee acceso completo y capacidad de aprobar cambios definitivos (estados APR y ASB), mientras que los arquitectos e ingenieros pueden editar únicamente los modelos de su disciplina en estado WIP o SHR. Se ha implementado un sistema de protección que impide la eliminación accidental de archivos aprobados, conservando siempre un historial auditado de modificaciones donde queda registrado el autor, la fecha y el tipo de cambio realizado.

El flujo de trabajo típico inicia cuando el arquitecto carga un modelo en estado WIP en la carpeta correspondiente a su disciplina. A medida que avanza el diseño, el archivo evoluciona a SHR para recibir comentarios del equipo, visible para todos, pero editable solo por el responsable directo. Una vez superadas las revisiones internas, el Director de Proyectos lo promueve a APR, bloqueando ediciones no autorizadas. Durante la construcción, los ingenieros actualizan los modelos según avances reales, siempre en nuevas versiones (V01, V02) que preservan la trazabilidad. Este proceso asegura que, por ejemplo, un plano eléctrico en estado ASB solo pueda ser modificado mediante un nuevo versionado que pase nuevamente por todo el ciclo de aprobación.

Los beneficios de este sistema desde la perspectiva de seguridad, protege la información crítica mediante permisos granulares que previenen modificaciones no controladas. Cumple además con los requisitos de auditoría de la norma ISO 19650 al mantener un registro detallado de todo el historial de cambios.

3.2.5.2 Roles BIM

Dado el tamaño y estructura de EIH Constructora una PYME con tres miembros principales: un ingeniero en construcción (Adolfo Hidalgo), un ingeniero civil (Armando Hidalgo) y un arquitecto (Juan Pablo), la definición de roles BIM debe adaptarse a su realidad operativa, sin perder de vista las responsabilidades esenciales para una implantación básica de la metodología. En este contexto, lo ideal es asignar roles flexibles y escalables, donde los miembros actuales puedan asumir múltiples funciones con el soporte de capacitación adecuada, y considerar la contratación externa o futura expansión solo en caso de ser necesario para escalar la implantación.

Como propuesta para los roles BIM dentro de EIH Constructora, se plantea una asignación estratégica de funciones basada en su actual estructura organizativa. Esta propuesta busca equilibrar la realidad operativa de una PYME con las necesidades fundamentales de una implantación BIM efectiva, adaptada inicialmente a la fase de anteproyecto. Dado que la empresa se encuentra en un nivel de madurez

BIM 0 y está en proceso de sentar las bases para una transición digital, los roles se han definido de forma flexible y multifuncional, permitiendo que los mismos colaboradores puedan asumir varias responsabilidades dentro del flujo BIM, sin necesidad inmediata de una ampliación de personal.

1. BIM Manager (responsable de la gestión BIM general) asignado a Adolfo Hidalgo (Ingeniero en Construcción y actual director de proyectos).

Este rol tiene como función liderar el proceso de implantación BIM en la empresa, asegurando que los flujos de trabajo, estándares y herramientas estén alineados con los objetivos de digitalización. Es el responsable de definir el Plan de Ejecución BIM (BEP) a nivel inicial, supervisar la formación interna, coordinar los esfuerzos de modelado y evaluar el cumplimiento de objetivos. Como gerente de proyectos, Adolfo tiene la capacidad estratégica y administrativa para liderar este cambio metodológico.

2. BIM Coordinator (coordinador de modelos y procesos) asignado a Armando Hidalgo (Ingeniero Civil).

Tiene la tarea de coordinar el uso correcto de los modelos, validar que la información generada esté alineada con los requerimientos del proyecto, y supervisar la integración entre disciplinas. Su rol también incluye revisar la calidad de los modelos y actuar como puente entre el equipo técnico y el BIM Manager. Por la naturaleza administrativa de su trabajo, puede encargarse de la organización de flujos de aprobación y trazabilidad de versiones.

3. BIM Modeler (Modelador BIM de Arquitectura y Estructura) asignado a Juan Pablo (Arquitecto).

Juan Pablo es responsable de crear los modelos digitales en la fase de anteproyecto, específicamente para arquitectura, pero también puede generar componentes estructurales básicos según el proyecto lo requiera. Como ya trabaja con SketchUp y AutoCAD, y ha comenzado a utilizar Revit, este rol le permite evolucionar hacia una modelación más paramétrica y eficiente.

4. Documentador BIM (Documentación técnica y planos) asignado a Juan Pablo / Armando Hidalgo (dependiendo del proyecto).

Este rol se puede asumir de forma compartida para generar planos 2D derivados del modelo, mediciones y reportes de cantidades. Es esencial para mantener la trazabilidad entre el modelo y la documentación entregable.

En caso de ser necesario se propone como personal externo o por contratación temporal, por ejemplo, si EIH Constructora desea avanzar a un nivel mayor de madurez BIM en el futuro (incluir modelos MEP o simular planificación/costos), se puede considerar contratar o subcontratar:

- Especialista MEP Modeler BIM (*freelance* o externo por proyecto): para modelado de instalaciones si se decide incorporar disciplinas adicionales.
- Consultor BIM (temporal): que colabore en los primeros meses con la validación de flujos de trabajo, capacitación, definición del BEP y estándares de modelado.
- Capacitador externo: para impartir una formación introductoria formal al equipo en metodología y herramientas BIM, como Revit u otras herramientas compatibles.

La asignación de roles a personal externo o por contratación temporal se fundamenta en los hallazgos obtenidos durante el diagnóstico inicial, el cual evidenció que el equipo actual de EIH Constructora posee conocimientos limitados en disciplinas BIM avanzadas, particularmente en modelado MEP, simulación de planificación 4D y estimación de costos 5D. Este déficit técnico, identificado mediante entrevistas y cuestionarios aplicados al personal, justifica la incorporación de especialistas con experiencia comprobada

en dichas áreas para garantizar la calidad y precisión de los modelos. Los criterios para la asignación incluyen: (1) experiencia previa demostrable en proyectos BIM similares, validada mediante portafolio y referencias; (2) certificaciones o formación reconocida en el uso de software especializado como Revit MEP o Navisworks; (3) conocimiento actualizado de estándares internacionales y nacionales aplicables, como la ISO 19650; y (4) habilidades de capacitación para transferir conocimientos al equipo interno, promoviendo así la autonomía progresiva de la empresa. La selección de estos perfiles se sustenta en las buenas prácticas de implantación BIM documentadas en la literatura revisada y en la experiencia reportada por empresas latinoamericanas que han seguido procesos de maduración BIM escalonados.

El análisis de los resultados sobre la propuesta de roles BIM en EIH Constructora evidencia un enfoque realista, funcional y adaptado a las características particulares de la empresa. Se reconoce adecuadamente que, al tratarse de una PYME con una estructura compacta (tres profesionales con perfiles complementarios), la implantación de BIM debe comenzar de forma flexible, sin imponer una estructura organizacional rígida que resulte insostenible en esta etapa inicial. Esto es especialmente relevante considerando que la empresa se encuentra en un nivel de madurez BIM 0, por lo que cualquier intento de estructuración avanzada sin bases previas es inviable y poco efectivo.

La asignación de roles internos es coherente con las funciones actuales del equipo. Designar a Adolfo Hidalgo como BIM Manager resulta apropiado, dado su perfil como ingeniero en construcción con experiencia en la gestión de proyectos, lo que le otorga la visión estratégica necesaria para liderar el proceso de implantación. La responsabilidad del BEP, la supervisión de la formación y la estandarización de flujos de trabajo recaen naturalmente en su rol, lo cual permite mantener centralizado el liderazgo del cambio metodológico.

Asimismo, la designación de Armando Hidalgo como BIM Coordinator es congruente con su rol administrativo. Esto le permite encargarse de la trazabilidad de versiones, coordinación entre disciplinas y revisión de la calidad del modelo, tareas esenciales para garantizar consistencia entre los entregables y el cumplimiento de estándares, aunque su éxito depende directamente de su capacitación y apropiación del enfoque BIM colaborativo.

La figura de Juan Pablo como BIM Modeler y Documentador es una solución eficiente, considerando su experiencia actual en el diseño arquitectónico y el uso de herramientas como SketchUp, AutoCAD y Revit. Su participación en la creación de modelos arquitectónicos y estructurales representa una evolución natural hacia una práctica más integrada, aunque también sugiere la necesidad de formación adicional para explotar plenamente las capacidades del modelado paramétrico.

Un punto crítico y acertadamente considerado es la necesidad potencial de incorporar personal externo, especialmente si se desea evolucionar hacia niveles superiores de madurez BIM. La inclusión de roles como modelador MEP, consultores y capacitadores externos permite a la empresa escalar su implantación sin comprometer su estructura operativa. Esta estrategia de “escalabilidad controlada” es clave para Pymes, donde los recursos son limitados, pero la necesidad de modernización es creciente.

3.3 Implantación de herramienta de modelado BIM

Como parte del cumplimiento del tercer objetivo específico, se desarrollaron recursos clave orientados a facilitar la implantación progresiva de la metodología BIM en la fase de anteproyecto, específicamente mediante la creación de elementos paramétricos adaptados a las necesidades del mercado costarricense y la estandarización inicial de procesos de modelado.

En primer lugar, se diseñaron tres plantillas de trabajo en el software Autodesk Revit, correspondientes a modelos estructurales, eléctricos y mecánicos. Estas plantillas permiten establecer una base de trabajo común para el equipo técnico, con configuraciones iniciales adaptadas a las condiciones de trabajo de la empresa EIH Constructora, como tipos de vista, estilos de línea, configuraciones de acotación y unidades. Su uso facilita la homogeneidad en la producción de modelos y documentación técnica, sentando así las bases para un flujo de trabajo BIM más ordenado y colaborativo. Además de esto se creó una guía de uso (ver en el **Apéndice 6**).

Adicionalmente, entre las familias desarrolladas (mostradas en las **Figuras 20, 21, 22, 23 y 24**) se encuentran elementos estructurales y arquitectónicos esenciales para las fases iniciales de diseño. Se elaboraron componentes de acero como el Ángulo estructural HN, con espesores de 3 mm, 5 mm y 6 mm, y dimensiones variables entre 25x25 mm y 75x75 mm. Asimismo, se modelaron diferentes tipos de cimientos, incluyendo cimientos en "L", cimientos rectangulares y cimientos en "T", cuyas dimensiones pueden ser modificadas mediante tipos específicos, según los requerimientos del proyecto.

En el área de mampostería, se crearon bloques de mampostería estándar en medidas de 20x20x40 cm, 15x20x40 cm, así como sus versiones de medio bloque, adaptándose a las dimensiones más utilizadas en la construcción local. También se desarrollaron columnas en sus variantes circular, esquinera y rectangular, todas ellas con parámetros editables que permiten ajustes de tamaño, según las condiciones del proyecto.

Respecto a estructuras metálicas livianas, se diseñaron familias como el Furring HG de 31.5x61x0.4 mm, el Perfil C tanto en tipología HG como HN, con espesores que van desde 1.2 mm hasta 2.4 mm, y anchos entre 50 mm y 200 mm. Complementando este grupo, se crearon perfiles J, perfiles Stud (en tamaños 63x32 mm, 76x32 mm y 101x32 mm) y perfiles Track (65x25 mm, 78x25 mm y 103x25 mm), cubriendo así las principales necesidades en sistemas de construcción ligera.

Además, se modelaron platinas de diferentes espesores (3 mm, 5 mm y 6 mm) y anchos que varían de 25 mm a 75 mm. Para estructuras tubulares, se desarrollaron familias de tubos estructurales HG y HN, tanto en secciones rectangulares como cuadradas, con espesores de 1.2 mm a 2.4 mm, y dimensiones que abarcan desde 25x25 mm hasta 150x200 mm. Igualmente, se generaron tubos redondos en versiones HG y HN, con diámetros que incluyen 19 mm, 25 mm, 38 mm, 50 mm, 100 mm y 150 mm.

Se incorporaron también familias específicas para vigas WF en distintas configuraciones, tales como 4"x4"x6.5 mm, 6"x4"x5.8 mm, hasta 18"x6"x8.0 mm, permitiendo cubrir diversas necesidades estructurales en proyectos de pequeña y mediana escala. Para componentes de techado, se crearon familias de botaguas de 22 cm, 30 cm y 45 cm, así como cumbreras en dimensiones de 30 cm y 45 cm, habituales en cubiertas tradicionales costarricenses.

Finalmente, se desarrolló una familia de perfil plástico de 31x31 mm, utilizado en acabados y detalles constructivos menores.

Estos resultados proporcionan a la empresa una base de elementos paramétricos que facilitan la elaboración de anteproyectos de forma más precisa, ágil y adaptada a los materiales disponibles en el mercado nacional, además de estandarizar progresivamente sus procesos de modelado en un entorno digital.

Figura 20
Familias paramétricas creadas en Revit 1/5

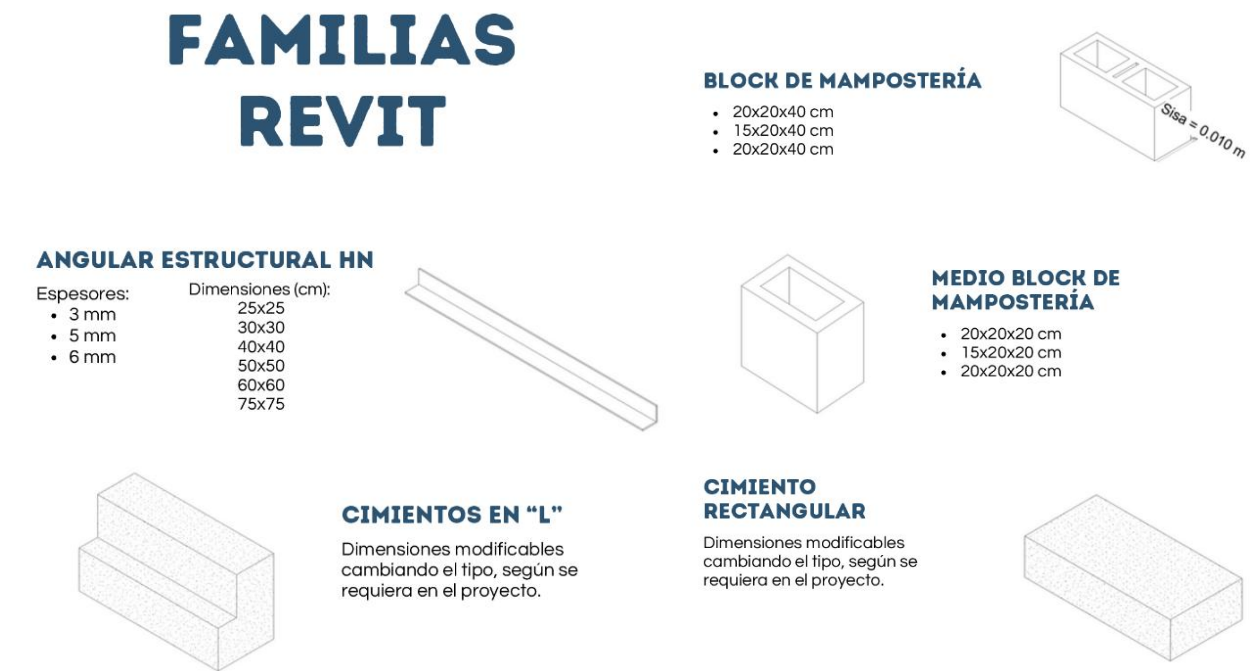


Figura 21
Familias paramétricas creadas en Revit 2/5

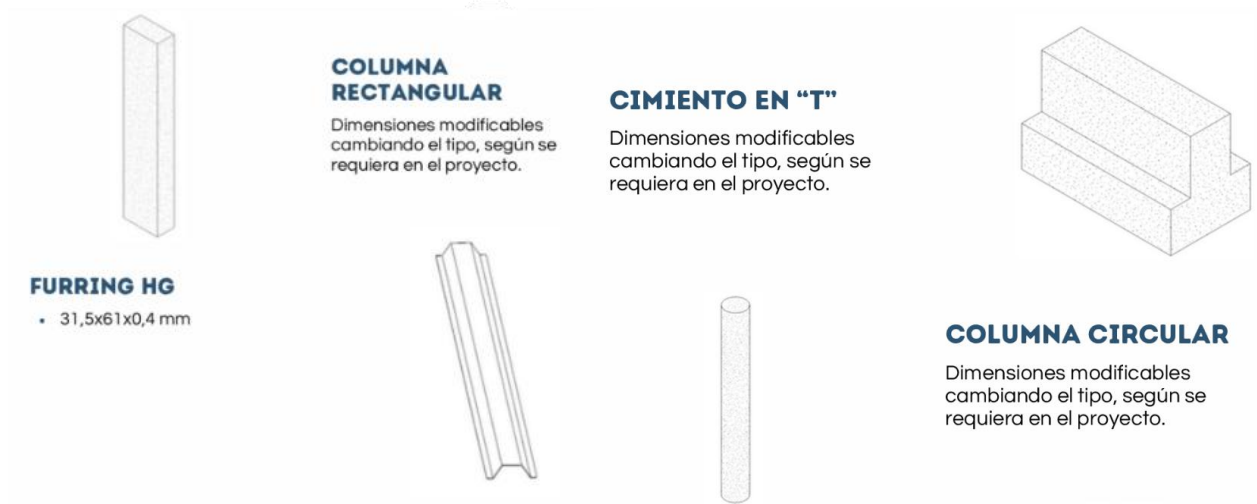


Figura 22
Familias paramétricas creadas en Revit 3/5

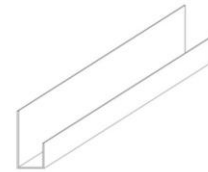
COLUMNA CUADRADA

Dimensiones modificables cambiando el tipo, según se requiera en el proyecto.



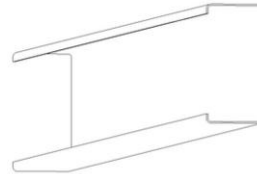
PERFIL J

- 12 mm
- 16 mm



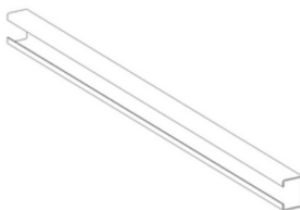
PERFIL STUD

- 63x32 mm
- 76x32 mm
- 101x32 mm



PERFIL C HG/HN

- | | |
|-------------------|----------------|
| Espesores: | Anchos: |
| • 1.2 mm | 50x70 cm |
| • 1.5 mm | 50x100 cm |
| • 1.8 mm | 50x150 cm |
| • 2.4 mm | 50x200 cm |



PERFIL TRACK

- 65x25 mm
- 78x25 mm
- 103x25 mm

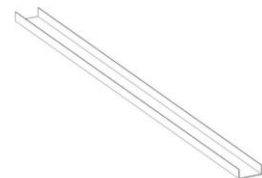


Figura 23
Familias paramétricas creadas en Revit 4/5

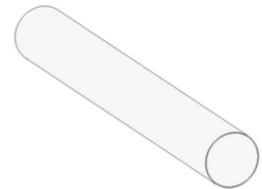
PLATINA

- | | |
|-------------------|----------------|
| Espesores: | Anchos: |
| • 3 mm | 25 mm |
| • 5 mm | 30 mm |
| • 6 mm | 40 mm |
| | 50 mm |
| | 60 mm |
| | 75 mm |



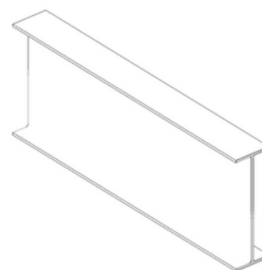
TUBO REDONDO HG/HN

- | | |
|-------------------|------------------|
| Espesores: | Dímetros: |
| • 12 mm | 19 mm |
| • 15 mm | 25 mm |
| • 18 mm | 38 mm |
| • 24 mm | 50 mm |
| | 100 mm |
| | 150 mm |



TUBO ESTRUCTURAL HG/HN

- | |
|--------------------------|
| Espesores: |
| • 1.2 mm |
| • 1.5 mm |
| • 1.8 mm |
| • 2.4 mm |
| Anchos: |
| • 25x25-50-72-100-150 mm |
| • 38x38 mm |
| • 50x25-50-72-100-150 mm |
| • 72x72 mm |
| • 100x100-150-200 mm |
| • 150x150-200 mm |



VIGA WF

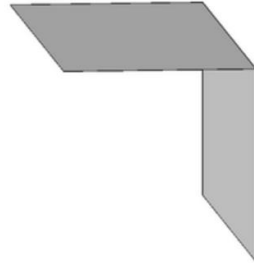
- 4"x4"x6.5 mm
- 6"x4"x5.8 mm
- 8"x4"x5.8 mm
- 10"x4"x5.8 mm
- 12"x4"x5.6 mm
- 14"x5"x5.8 mm
- 16"x5 1/2"x6.4 mm
- 18"x6"x8.0 mm

Figura 24

Familias paramétricas creadas en Revit 5/5

CUMBERA

- 30 cm
- 45 cm



BOTAGUAS

- 22 cm
- 30 cm
- 45 cm

PERFIL PLASTICO (ESQUINERO)

- 31x31 mm.



El desarrollo de las familias específicas y de las plantillas de trabajo representa un avance importante en la preparación de EIH Constructora para iniciar la adopción gradual de la metodología BIM en su fase de anteproyecto. La creación de las familias paramétricas basadas en elementos estructurales y arquitectónicos típicos del mercado costarricense no solo garantiza una mejor adaptabilidad a las condiciones locales, sino que también estandariza la representación gráfica y técnica de los elementos constructivos, promoviendo la consistencia y precisión en los modelos 3D generados.

Cada familia creada cuenta con propiedades editables que permiten ajustes dinámicos, según los requerimientos particulares de los proyectos, lo que aporta flexibilidad y eficiencia al flujo de diseño. Esta capacidad de parametrización es una característica esencial dentro de un entorno BIM, ya que facilita la reutilización de componentes y mejora significativamente la rapidez y calidad en la elaboración de propuestas.

Adicionalmente, la creación de tres plantillas de trabajo específicas para áreas estructurales, eléctricas y mecánicas fortalece el inicio de una estructura de trabajo organizada y orientada hacia la colaboración interdisciplinar. La plantilla estructural no solo integra elementos básicos como varillas para el refuerzo de concreto en columnas, losas y cimentaciones, sino que establece una base para el modelado de la estructura completa de un proyecto. Por su parte, la plantilla eléctrica proporciona componentes como tuberías específicas para instalaciones eléctricas, mientras que la plantilla mecánica cubre sistemas de tuberías para agua potable, aguas negras, aguas jabonosas, y sistemas especiales como cámaras de voz y datos o aire acondicionado.

Figura 25
Contenido de plantilla de trabajo estructural en Revit

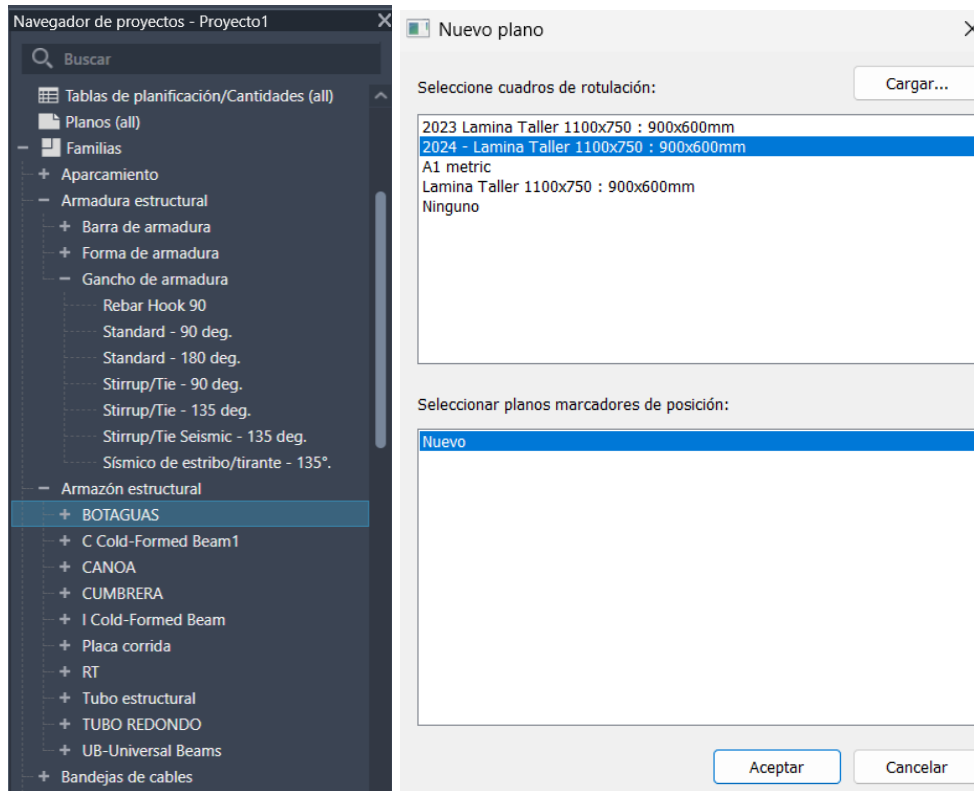


Figura 26
Contenido de plantilla de trabajo mecánica en Revit

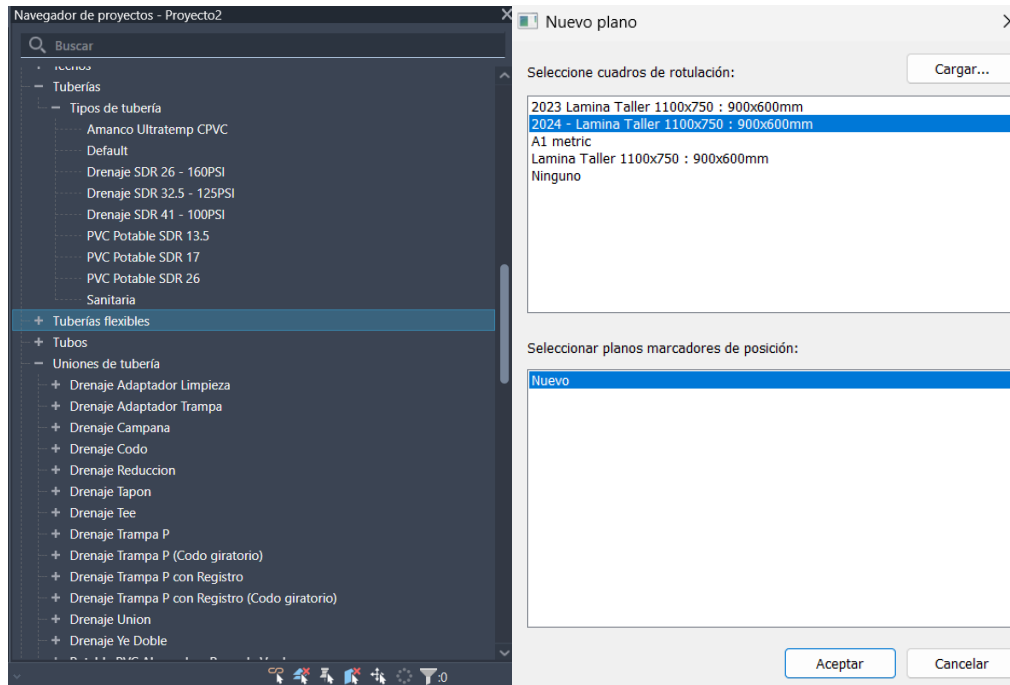


Figura 27
Contenido de plantilla de trabajo eléctrica en Revit

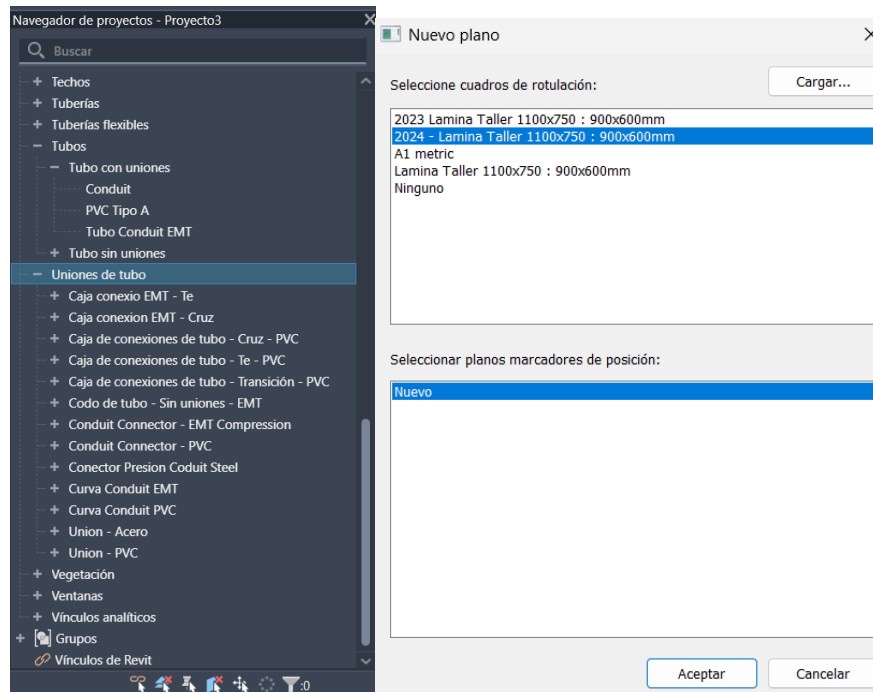
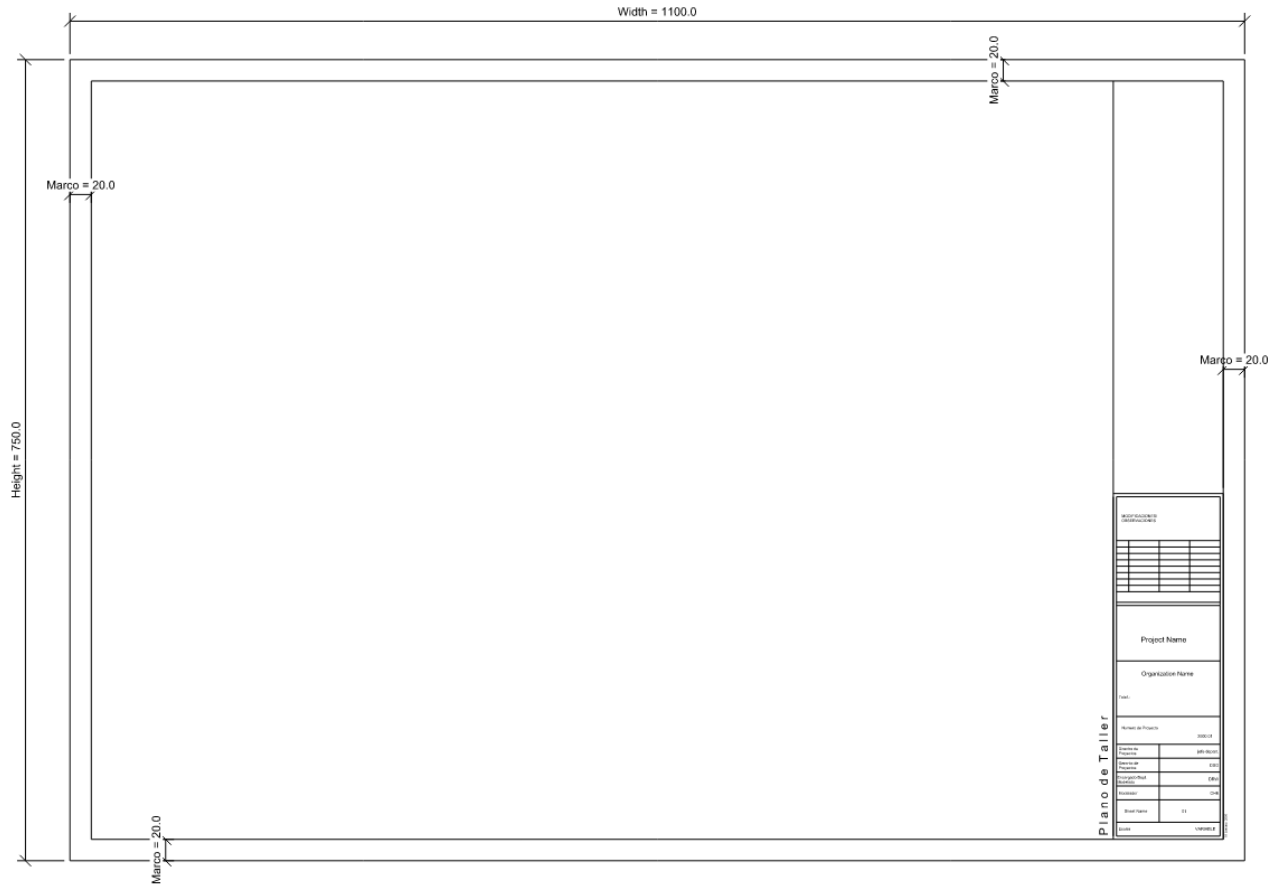


Figura 28

Cajetín de planos desarrollado para las plantillas de trabajo en Revit



Las **Figuras 25, 26 y 27** presentadas muestran ejemplos concretos de las plantillas estructural, mecánica y eléctrica desarrolladas para EIH Constructora, las cuales integran configuraciones y recursos adaptados a las necesidades de cada disciplina. En la plantilla estructural se incluyen familias precargadas de elementos como varillas de refuerzo, perfiles metálicos y cimentaciones, así como láminas preconfiguradas con cajetines normalizados (ver **Figura 28**), facilitando la organización y presentación de planos de taller. La plantilla mecánica incorpora componentes parametrizados para el modelado de sistemas de agua potable, aguas negras, aguas jabonosas y aire acondicionado, permitiendo una correcta representación y coordinación de instalaciones. Por su parte, la plantilla eléctrica cuenta con elementos como bandejas portacables, tuberías y accesorios eléctricos, organizados en un entorno gráfico optimizado para la disciplina. Estas configuraciones iniciales no solo agilizan el proceso de modelado, sino que también promueven la estandarización de la documentación técnica, mejorando la coherencia y calidad de los entregables desde la fase de anteproyecto.

Este desarrollo permite avanzar hacia flujos de trabajo más ordenados, donde los modelos de las diferentes disciplinas pueden evolucionar bajo criterios de estandarización y coordinación, necesarios para lograr en el futuro niveles superiores de madurez BIM.

Sin embargo, es importante reconocer que la creación de familias y plantillas, aunque representa un paso fundamental, no constituye por sí misma una implantación BIM completa. Para aprovechar plenamente el potencial de estas herramientas es necesario complementar estos avances con la definición de protocolos de modelado, flujos de colaboración estructurados y una capacitación técnica adicional en la gestión de la información paramétrica y la coordinación interdisciplinaria.

El desarrollo de familias paramétricas presentado en este trabajo corresponde a una muestra inicial diseñada estratégicamente para atender las necesidades más recurrentes en los proyectos de EIH Constructora, priorizando elementos estructurales, arquitectónicos y de sistemas livianos que representan un alto porcentaje de uso en la etapa de anteproyecto. La selección de estas familias se fundamentó en un análisis de materiales y componentes más utilizados por la empresa en sus proyectos recientes, con el objetivo de garantizar su aplicabilidad inmediata y maximizar el impacto de la estandarización inicial.

En cuanto a las plantillas elaboradas, si bien en este documento se presentan sus características esenciales y configuraciones básicas, estas fueron concebidas como un punto de partida que podrá enriquecerse con mayor información gráfica, parámetros de control, estilos de anotación, configuraciones de vistas, niveles de detalle y subproyectos específicos conforme la organización avance hacia mayores niveles de madurez BIM. Este enfoque escalonado permite que EIH Constructora adopte progresivamente las buenas prácticas de modelado sin sobrecargar la fase inicial de implantación, asegurando que los recursos creados puedan integrarse de forma orgánica en sus flujos de trabajo y ser ampliados en futuras etapas del plan de acción

3.4 Capacitación del personal en la metodología BIM

Como parte del cumplimiento del cuarto objetivo específico del presente Trabajo Final de Graduación, se llevó a cabo una capacitación dirigida al equipo técnico de EIH Constructora, conformado por dos ingenieros y un arquitecto. Esta actividad tuvo como propósito fortalecer las competencias fundamentales para iniciar la implantación de la metodología BIM en la empresa, enfocándose específicamente en la fase de anteproyecto. La capacitación se estructuró en torno a tres temas clave: la teoría e introducción a la metodología BIM, el uso del software de modelado Revit y la implantación de un Entorno Común de Datos (CDE) básico adaptado a la realidad de la organización.

En el primer tema, se abordaron los conceptos generales de la metodología BIM, incluyendo su definición, objetivos, beneficios y aplicaciones. Se introdujeron los niveles de madurez BIM, según la norma ISO 19650 y las dimensiones BIM (3D, 4D, 5D, etc.), así como las diferencias conceptuales entre implantación e implementación BIM. Además, se discutieron posibles líneas de desarrollo futuro para la empresa en función del avance progresivo de la madurez BIM.

El segundo tema se centró en la navegación y uso básico del software Revit, con un enfoque práctico orientado a la aplicación en anteproyectos. Se explicaron aspectos clave como la navegación dentro del entorno de modelado, el uso y gestión de familias paramétricas desarrolladas específicamente para el contexto costarricense, y la aplicación de plantillas de trabajo. También se presentó una visión general de los roles BIM y cómo se podrían asumir de manera flexible dentro del equipo reducido de la empresa.

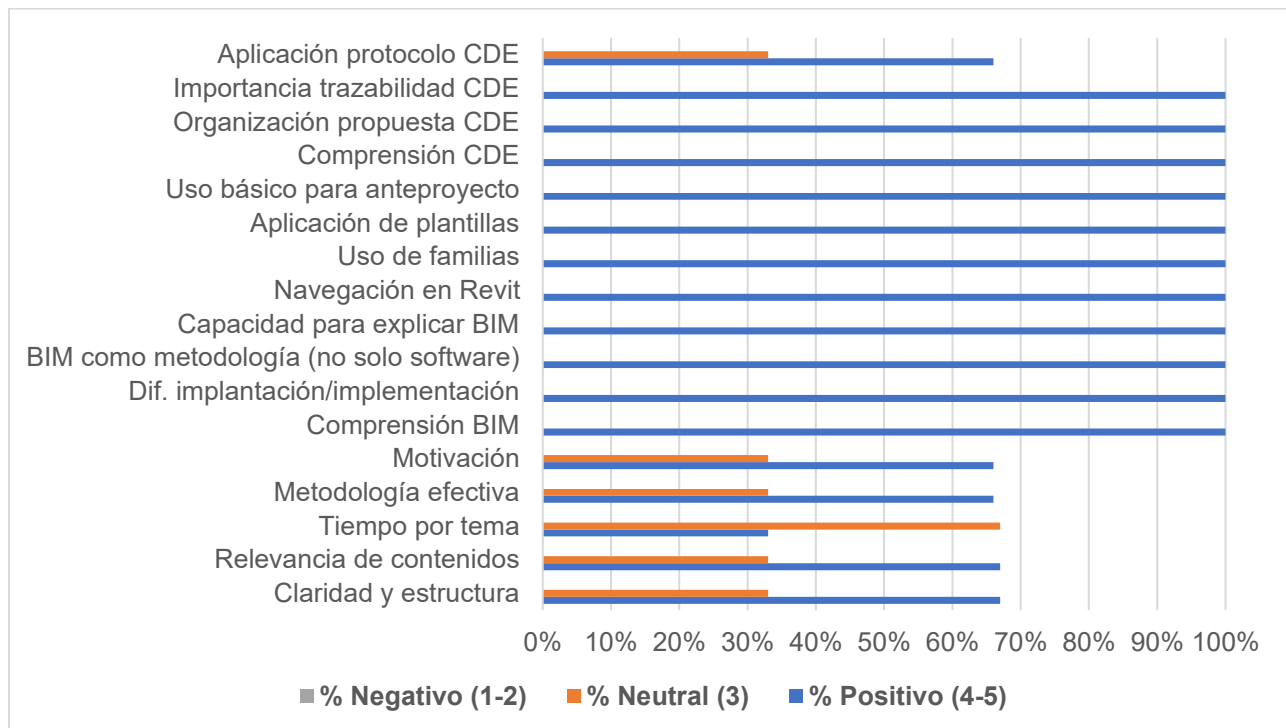
El tercer tema cubrió los principios fundamentales del CDE, su importancia dentro de la metodología BIM y su aplicación específica para EIH Constructora. Se expuso la estructura organizativa propuesta para el almacenamiento de información, incluyendo reglas de nombramiento de archivos, control de versiones, trazabilidad y categorización por estados (WIP, SHARED, APPROVED). Esta sección también sirvió como introducción práctica a la estandarización del manejo de la información digital dentro de los proyectos.

Posteriormente, se aplicó una encuesta con escala tipo Likert (1 a 5) para evaluar la percepción del equipo respecto a la calidad y utilidad de la capacitación impartida. Entre los resultados obtenidos (ver **Figura 29**), destaca que la mayoría de los participantes calificaron la capacitación como clara y bien estructurada, y consideraron que los contenidos fueron relevantes para su trabajo en la empresa. Se evidenció comprensión de conceptos como la metodología BIM, sus niveles de madurez, y la diferencia entre implantación e implementación.

Asimismo, se reportó que los participantes se sintieron capacitados para explicar qué es BIM y cómo puede aplicarse en EIH Constructora. En cuanto al uso del software, la mayoría indicó haber aprendido a navegar en Revit, utilizar las familias proporcionadas, y aplicar las plantillas de trabajo en un nuevo proyecto. Con respecto al CDE, los asistentes reconocieron haber comprendido qué es, cómo se propone organizar la información dentro del mismo y la importancia de la trazabilidad y control de versiones.

La encuesta también incluyó preguntas abiertas. Dos de los tres participantes sugirieron que esta capacitación debería repetirse con futuros colaboradores. Entre los temas sugeridos para profundizar en próximas capacitaciones se mencionaron: diseño estructural, desarrollo de proyectos completos y una explicación más detallada sobre el funcionamiento del software BIM. Finalmente, dos de los tres integrantes manifestaron sentirse mejor preparados para participar en un proyecto que aplique la metodología BIM tras la capacitación recibida.

Figura 29
Resultados de la encuesta de evaluación de capacitación BIM



El análisis de los resultados obtenidos en la capacitación impartida a los tres miembros de EIH Constructora evidencia avances significativos, aunque limitados, que reflejan tanto el cumplimiento del alcance propuesto como las restricciones inherentes a la estructura organizacional de la empresa. La capacitación fue bien recibida por la mayoría de los participantes, quienes manifestaron haber comprendido los conceptos básicos de la metodología BIM, el uso de herramientas como Revit y la propuesta de organización del Entorno Común de Datos (CDE). No obstante, estos avances deben interpretarse con cautela ya que también revelan áreas críticas que requieren atención inmediata para garantizar una implantación efectiva de la metodología.

En primer lugar, la asimilación de conceptos fundamentales indica que los objetivos teóricos fueron alcanzados, pero también revela la falta de profundidad metodológica previa en la empresa. Es decir, los participantes partían de un nivel de conocimiento muy básico, por lo que el progreso logrado, si bien positivo, se limita a un nivel introductorio y requiere refuerzo para consolidarse.

Por otro lado, aunque se reportó una buena comprensión del uso de familias y plantillas en Revit, una de las respuestas señala la necesidad de mayor claridad en la explicación práctica del software, lo cual sugiere que existen brechas en la apropiación operativa de las herramientas. Esto es coherente con el perfil técnico general de la empresa, que ha usado Revit únicamente para generar planos, sin aplicar metodologías BIM completas. La capacitación técnica fue adecuada al nivel actual, pero no suficiente para asegurar una implantación funcional sin acompañamiento futuro. De igual forma, la comprensión unánime de la importancia del Entorno Común de Datos (CDE) indica que se logró comunicar efectivamente su rol como columna vertebral de la gestión colaborativa en BIM.

En cuanto al tema del CDE, los resultados indican que el equipo comprendió los conceptos de trazabilidad, control de versiones y estandarización, y se muestra dispuesto a aplicar el protocolo propuesto. Sin embargo, en la práctica, la transición de un sistema informal basado en USBs y correos electrónicos a un entorno digital estructurado requiere más que comprensión teórica: necesita un cambio de hábitos, tiempo operativo disponible y liderazgo interno para sostener su implantación. Mientras los conceptos fueron bien asimilados, sólo el 66% de los participantes se sintió capacitado para aplicar el protocolo del CDE, revelando una brecha significativa entre lo comprendido y lo ejecutable. Esta disparidad sugiere que la formación adoleció de suficientes ejercicios aplicados y simulaciones reales, limitándose en exceso a la transmisión de conocimientos abstractos.

Los riesgos más apremiantes que emergen de esta evaluación son dos: primero, la posible subutilización del CDE debido a la falta de confianza en su aplicación práctica; y segundo, la resistencia latente al cambio evidenciada por un trabajador que no recomienda repetir la capacitación, a pesar de calificarla positivamente en otros aspectos. Estos factores pueden convertirse en obstáculos significativos para la adopción efectiva de BIM si no se abordan oportunamente.

Finalmente, las respuestas sobre la utilidad futura de la capacitación y la disposición a replicarla reflejan una actitud positiva hacia la metodología BIM, lo cual es una fortaleza clave en el proceso de cambio. No obstante, el hecho de que uno de los tres participantes no se considere aún preparado para participar en un proyecto BIM evidencia la necesidad de reforzar la formación con módulos más aplicados y una mayor práctica guiada.

Para corregir estas deficiencias, se recomienda urgentemente implementar una segunda fase de formación centrada exclusivamente en aplicación práctica, con las siguientes características: talleres específicos por rol que aborden necesidades concretas de cada área; desarrollo de ejercicios basados en proyectos reales de EIH; designación de un tutor BIM interno para dar seguimiento continuo; y creación de módulos avanzados enfocados exclusivamente en las funcionalidades requeridas para la fase de anteproyecto.

Conclusiones

- El diagnóstico inicial del estado de EIH Constructora, que reveló un nivel BIM 0 y la ausencia de flujos colaborativos estandarizados, resultó esencial para comprender las limitaciones y áreas críticas a intervenir. Este análisis permitió identificar que, aunque la empresa utilizaba Revit, lo hacía de manera aislada y sin integrarlo a procesos propios de la metodología BIM. Reconocer este punto de partida fue clave para definir una estrategia gradual de transformación que contemplara la capacitación, la asignación de roles claros, la estandarización de procesos y la implementación de un Entorno Común de Datos (CDE). Dichos elementos son imprescindibles para sentar las bases de un trabajo colaborativo y garantizar que los futuros proyectos cuenten con un control de información estructurado y trazable.
- El desarrollo del plan de acción aportó una hoja de ruta realista y adaptada a la escala operativa de la empresa, estructurada en etapas progresivas. La incorporación inicial de estandarización básica, formación introductoria y un proyecto piloto en la fase de anteproyecto no solo responde a las capacidades actuales de la organización, sino que también minimiza riesgos y optimiza la curva de aprendizaje del equipo. El hecho de alinear este plan con la norma ISO 19650 y buenas prácticas internacionales aporta un marco metodológico sólido, asegurando que los avances realizados se integren de forma coherente con estándares reconocidos a nivel global.
- La creación de familias específicas en Revit y la definición de flujos de trabajo básicos representan un aporte directo a la estandarización y eficiencia del modelado. El hecho de que estas familias estén adaptadas a las dimensiones y productos disponibles en el mercado costarricense asegura su aplicabilidad inmediata, evitando retrabajos y agilizando la producción de modelos. Asimismo, las plantillas organizadas por disciplina fomentan la coherencia entre proyectos y facilitan la capacitación de nuevos integrantes, fortaleciendo la consistencia de los entregables.
- La capacitación brindada al equipo técnico se consolidó como un pilar para la introducción estructurada a la metodología BIM. La formación en principios básicos, uso inicial de Revit y comprensión del CDE no solo generó un 83% de respuestas positivas en la evaluación, sino que también permitió que el personal internalizara conceptos clave como trazabilidad, organización de información y uso de familias. Este aprendizaje es fundamental para que la empresa pueda transitar de un nivel de madurez BIM 0 a 1, con un entendimiento común de los procesos y herramientas a utilizar.
- Finalmente, el avance alcanzado desde el nivel BIM 0 al nivel BIM 1 constituye un logro significativo, pues implica la transición de un esquema de trabajo fragmentado hacia uno con flujos colaborativos y estandarizados en la etapa de anteproyecto. Este avance no solo mejora la calidad y consistencia de la información generada, sino que también prepara a la empresa para evolucionar hacia niveles superiores de madurez BIM. El plan de acción diseñado, con su proyección de integración de nuevas

dimensiones, definición de roles, gestión digital estructurada y capacitación continua, establece un camino claro para la mejora organizacional, fortaleciendo la competitividad de EIH Constructora en un entorno de construcción cada vez más digitalizado.

- Se complementan las conclusiones incorporando una visión general del impacto y el estado ideal al que EIH Constructora aspira llegar. Este estado ideal contempla la integración total de los modelos BIM con procesos de presupuestación automatizados, permitiendo extraer información precisa y actualizada directamente desde los modelos para obtener cantidades exactas de materiales. Este nivel de integración no solo optimizará la planificación y control de recursos, sino que también reducirá errores, mejorará la precisión de los costos y aumentará la competitividad de la empresa. De esta manera, las acciones desarrolladas en el plan de acción sientan las bases para una evolución progresiva hacia un modelo operativo digital y automatizado, en el que la gestión de la información y los procesos constructivos se encuentren plenamente alineados con las mejores prácticas internacionales.

Recomendaciones

A la Gerencia General de EIH Constructora:

- Establecer un sistema de seguimiento periódico para evaluar el cumplimiento de los objetivos BIM a corto y largo plazo, la eficacia del Entorno Común de Datos (CDE) y la adaptación de los roles asignados.
- Evaluar anualmente la actualización de licencias, hardware y software, asegurando la compatibilidad con los estándares BIM actuales y la posibilidad de escalar hacia procesos más avanzados como modelado 4D o 5D.
- Fomentar una cultura organizacional de innovación digital, donde se incentive al personal a proponer mejoras en los flujos de trabajo y se valore el uso de tecnologías emergentes.
- Establecer alianzas estratégicas con otras PYMES, universidades o consultores BIM, para compartir experiencias, acceder a asesoría técnica y participar en proyectos colaborativos sin incurrir en altos costos.

Coordinador BIM:

- Utilizar métricas claras para medir el impacto real de la implantación y ajustar las estrategias según los resultados obtenidos.
- Establecer un protocolo interno de seguimiento, asignando tareas específicas a cada rol técnico para fomentar el uso constante del CDE y las herramientas BIM en nuevos anteproyectos.
- Documentar las lecciones aprendidas y los procesos estándar internos, creando una base de conocimiento que permita replicar buenas prácticas y facilitar la incorporación de nuevos integrantes al equipo.

Encargado de Capacitación:

- Planificar una segunda etapa de formación avanzada, enfocada en flujos de trabajo colaborativos, estándares BIM y herramientas complementarias.
- Iniciar un proceso de certificación progresiva del personal técnico en fundamentos BIM, ya sea mediante cursos acreditados internacionalmente (como Autodesk o buildingSMART) o por medio de instituciones nacionales como el INA o BIM Forum Costa Rica.

Al Equipo Técnico y de Modelado 3D:

- Reforzar la capacitación práctica mediante sesiones adicionales, aplicando los conceptos aprendidos sobre Revit y el CDE en proyectos reales.
- Realizar una segunda fase de capacitación enfocada en la colaboración y la optimización de procesos utilizando las plantillas y familias ya desarrolladas.
- Explorar la integración de BIM con otras tecnologías, por ejemplo: gestión de costos con BIM 5D y planificación con 4D, para maximizar el retorno sobre la inversión (ROI).

A Todo el Personal Técnico y Directivo Involucrado en BIM:

- Participar en comunidades profesionales y foros de intercambio BIM, como BIM Forum Costa Rica, para mantenerse actualizado en tendencias, normativas y experiencias de otras empresas en procesos de implantación.

Las recomendaciones planteadas son fundamentales para asegurar una implantación BIM efectiva y sostenible en EIH Constructora, ya que fomentan la mejora continua, la adaptación tecnológica y el desarrollo de competencias internas que contribuyen al éxito del proceso.

En primer lugar, establecer sistemas de seguimiento periódico y métricas claras permite a la gerencia y al coordinador BIM evaluar de manera objetiva el avance hacia los objetivos planteados, detectar desviaciones y tomar acciones correctivas oportunas. Esto se puede implementar mediante reuniones trimestrales de revisión de indicadores clave de desempeño (KPIs) y reportes de avance, asegurando un control dinámico del proceso BIM.

La evaluación anual de licencias, hardware y software garantiza que la empresa cuente con herramientas compatibles y actualizadas, lo que previene incompatibilidades técnicas y facilita la incorporación de nuevas funcionalidades como modelado 4D y 5D. Para esto, se recomienda programar un plan de mantenimiento tecnológico dentro del presupuesto anual de la empresa.

Fomentar una cultura organizacional de innovación digital y establecer alianzas estratégicas con otras PYMES, universidades o consultores BIM favorece el intercambio de conocimientos, la capacitación continua y la reducción de costos asociados a la implementación. Esto puede llevarse a cabo mediante la creación de espacios de comunicación interna, grupos de trabajo interdisciplinarios y convenios de colaboración con instituciones externas.

El encargado de capacitación debe planificar etapas formativas progresivas y procesos de certificación para consolidar el aprendizaje del personal técnico, garantizando que el equipo cuente con los conocimientos y habilidades necesarios para maximizar el uso de las herramientas BIM. La implementación práctica puede incluir cursos modulares, talleres y evaluaciones periódicas, combinando formación presencial y virtual.

Involucrar a todo el personal en comunidades profesionales y foros especializados promueve la actualización continua, la adopción de mejores prácticas y la integración de nuevas tendencias, fortaleciendo el posicionamiento de la empresa en el ámbito digital de la construcción.

Si bien actualmente resulta más conveniente para EIH Constructora consolidar su proceso BIM en Revit, se recomienda mantener abierta la posibilidad de migrar a ArchiCAD en el mediano o largo plazo. Esta alternativa debe evaluarse una vez que la empresa logre estabilizar sus flujos de trabajo BIM y alcance un nivel de madurez organizacional que le permita absorber los costos de transición sin comprometer su operación.

Finalmente, se recomienda a EIH Constructora realizar un estudio de alternativas tecnológicas que atiendan problemas inmediatos de la organización, más allá de la implantación BIM. Esto incluye la evaluación de herramientas de gestión documental, control de presupuestos, cronogramas digitales y plataformas colaborativas de bajo costo que permitan resolver necesidades operativas urgentes. Este análisis permitirá priorizar inversiones tecnológicas según el impacto real en la eficiencia de los procesos, asegurando que la empresa no dependa exclusivamente de BIM para modernizar su gestión, sino que incorpore soluciones complementarias alineadas con su capacidad económica y su escala de operación.

Referencias

- Almonacid Flores, K., Navarro Luna, J. y Rodas Benites, I. (2015). *Propuesta de metodología para la implementación de la tecnología Bim en la empresa constructora e inmobiliaria "IJ Proyecta"* [Tesis, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/617477>
- Araya, F. (2019). "Estado del arte del uso de BIM para la resolución de demandas en proyectos de construcción". *Revista ingeniería de construcción* 34(3), 299-306. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732019000300299>
- Associated General Contractors of America [AGG]. (2019). *Level of development (LOD) specification part 1 and commentary*.
- BIM forum Colombia. (2019). *Guías para la adopción BIM en las organizaciones*.
- BIMforum. (2024). *Nivel de Desarrollo Especificación LOD parte 1*. Revisión mayo 2021.
- BuildingSMART. (2019). *Introducción a la serie EN-ISO 19650 partes 1 y 2*. Revisión de setiembre 2019.
- buildingSMART. (2021). *Introducción a la serie ISO 19650 (Rev. mayo 2021)*. buildingSMART International.
- Cámara Costarricense de la Construcción y BIM forum Costa Rica. (2018). *Guía de implementación BIM para las empresas*.
- Cappuyns Jordán, M. (2020). *Estudio de implementación de herramientas BIM en una ingeniería (Treball Final de Grau)*. UPC, Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa, Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria. Retrieved from <http://hdl.handle.net/2117/330160>
- Carmona Zuñiga, M. (2019). *Propuesta para la implementación de la metodología BIM en los proyectos de obra pública de Costa Rica* [Trabajo de Graduación, Universidad de Costa Rica]. <https://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/9d06972b-6f96-41d1-be03-81152f763f5f/content>
- Choclán Gámez, F., Soler Severino, M. y Gonzáles Márquez, R. J. (2014). *Introducción a la metodología BIM*.
- Coloma Picó, E. (2009). *Introducción a la tecnología BIM*. <http://www.practicaintegrada.com/storage/tecnologiabim/>
- Comité de Transformación Digital y CORFO. (2019). *Roles BIM y Matriz de Roles BIM: PlanBIM*. <http://www.planbim.cl>

- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. y Liston, K. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers* (3rd ed.). Wiley.
- Generalitat Valenciana y FGV. (2019). *Manual BIM (Vol. 2)*. Primera edición.
- Generalitat Valenciana y FGV. (2020). *Manual BIM (Vol. 1)*. Primera edición.
- Giraldo Aguirre, J. (2019). *Propuesta para la implementación de la metodología BIM en el desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura en la policía nacional de Colombia* [Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana].
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/47308/Giraldo%20Aguirre%20Juan%20David%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gobierno de Colombia. (2023). *BIM KIT 1: Fundamentos y BIM KIT 2: Implementación*.
- MacLeamy, P. (2004). *The MacLeamy Curve: Shifting Effort in Design and Construction*. HOK.
- Mena, Mayra. (2006). *Propuesta de requisitos funcionales para la gestión de documentos archivísticos electrónicos en la administración central del estado cubano*. Tesis:
http://interpares.org/display_file.cfm?doc=ip1-2_dissemination_diss_mugica_2006.pdf.
- Messner, J., Anumba, C., Dubler, C., Goodman, S., Kasprzak, C., Kreider, R., Leicht, R., Saluja, C., Zikic, N. y Bhawani, S. (2021). *BIM Project Execution Planning Guide*. Version 3.0. Computer Integrated Construction Research Group, Penn State University.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). *Guía Nacional BIM: Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM*.
- Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana y Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas. (2019). *Guía de apoyo a contrataciones con requisitos BIM*.
- Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana. (2022). *Plan BIM en la contratación pública: Plan AGE*.
- Molina Sanabria, W. (2019). *Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería* [Proyecto final de graduación]. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Mordue, S. y Swaddle, P. (2015). *Building information modeling for dummies*.
- Parraguez, C., Yumha, J. P., Muñoz, G. y Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. (2022). *Hoja de Ruta para la adopción de BIM en Costa Rica*.
- Planbim y CORFO. (2018). *Estándar BIM para proyectos públicos: Intercambio de Información entre Solicitante y Proveedores*.
- Project Management Institute. (2016). *Construction extension to the PMBOK® guide* (3rd ed.). Project Management Institute.
- Project Management Institute. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide)*. 7th ed.. Project Management Institute.
- Requirements for a BIM execution plan (BEP): a proposal for application in Colombia = Requisitos para un plan de ejecución de BIM (BEP): propuesta de aplicación en Colombia. (2018). *Building & Management*, 2(2), 5-14. <https://doi.org/10.20868/bma.2018.2.3763>

- Royal Institution of Chartered Surveyors. (2017). *BIM for Project Managers* (1st ed.). RICS.
<https://www.rics.org/uk/news-insight/latest-news/news-opinion/bim-for-project-managers-guidance-launched/>
- Sánchez Bojacá, E. J. y Calderón Recalde, M. E. (2021). *BIM en el sector construcción y su nivel de madurez en empresa constructora de Bogotá* [Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia]. Universidad Católica de Colombia.
<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/ece8b388-0ef9-4272-993c-255a085d7ac8/content>
- Valle, R. (2014). *Factores claves y metodología para planificar la implementación de BIM al interior de una empresa constructora-inmobiliaria* [Tesis de Licenciatura, Universidad Católica de Chile].
- Vásquez Flores, A. (2020). *Propuesta de un plan para la implementación BIM en la empresa constructora Estructuras S.A.* [Proyecto final de graduación]. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Xu, X., Ma, L. y Ding, L. (2014). "A Framework for BIM-Enabled Life-Cycle Information Management of Construction Project". *International Journal of Advanced Robotic Systems* 11(8). doi:10.5772/58445
- Yana Castro, A. S. y Yoctún Ríos, R. R. (2023). *Evaluación del flujo de trabajo en la fase de diseño, a través del uso de la metodología BIM-VDC aplicado en una edificación multifamiliar en Lima*. *Informes De La Construcción*, 75(570), e490. <https://doi.org/10.3989/ic.6181>

Apéndice

Apéndice 1. Formulario aplicado

Datos generales

1. Ingrese su nombre completo
2. Ingrese su cargo dentro de la empresa
3. ¿Cuántos años de experiencia tiene en la empresa?
 - Menos de 1 año
 - 1 a 3 años
 - 4 a 6 años
 - Más de 6 años

Flujos de trabajo actuales

4. ¿Qué herramientas utiliza actualmente para la elaboración de planos y diseños?
 - SketchUp
 - AutoCAD 2D
 - AutoCAD 3D
 - Revit
 - Sweet Home 3D
 - Otras

5. En una escala del 1 al 5, donde 1 es “muy ineficiente” y 5 es “muy eficiente”, ¿cómo calificaría la coordinación entre los profesionales involucrados en un proyecto?

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

6. ¿Con qué frecuencia enfrenta problemas de retrasos o errores en los flujos de trabajo actuales?
 - Siempre
 - Frecuentemente
 - Ocasionalmente
 - Rara vez
 - Nunca

7. ¿Con qué frecuencia se realizan reuniones de coordinación interna?

- Semanalmente
- Mensualmente
- Solo cuando surge un problema
- Nunca

8. ¿Cómo se gestionan los cambios o modificaciones en los diseños durante el desarrollo de un proyecto?

Gestión de la información

9. ¿Qué métodos utiliza para almacenar y compartir la información relacionada con los proyectos?

- Correo electrónico
- Google Drive Workspace
- Dropbox
- BIM 360
- Microsoft Teams
- Archivos físicos
- Archivos digitales dispersos (correo, USB, carpetas individuales)
- Whatsapp
- Otras

10. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "muy deficiente" y 5 es "muy eficiente", ¿cómo calificaría la gestión de la información en la empresa?

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

11. ¿Qué problemas ha identificado en la gestión de la información dentro de la empresa?

- Pérdida de datos
- Archivos desactualizados
- Falta de estandarización
- Dificultad para compartir información
- Otras

12. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "muy difícil de acceder" y 5 es "muy accesible", ¿qué tan accesible es la información del proyecto para los miembros del equipo?

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Tecnología utilizada

13. ¿Qué software o herramientas tecnológicas utiliza actualmente en su trabajo diario?

- SketchUp
- AutoCAD
- Revit
- Excel o hojas de cálculo
- Power BI
- Otras

14. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "totalmente manual" y 5 es "totalmente digitalizado", ¿cómo calificaría el nivel de digitalización en la empresa?

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

15. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "básico" y 5 es "avanzado", ¿cómo calificaría su nivel de conocimiento y experiencia con estas herramientas?

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

16. ¿Ha utilizado o tiene conocimiento sobre herramientas BIM (como Revit, ArchiCAD, Navisworks)?

- Sí
- No

17. Si respondió "Sí" a la pregunta anterior, ¿qué experiencia ha tenido con estas herramientas?

Percepción sobre BIM

18. ¿Conoce los beneficios de la metodología BIM?

- Sí, la he utilizado en proyectos
- Sí, pero solo conocimientos básicos
- No tengo experiencia con BIM

19. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "nada probable" y 5 es "muy probable", ¿qué tan probable cree que la implantación de BIM mejore los procesos actuales de la empresa?

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

20. ¿Cuáles considera que serían los principales beneficios de adoptar BIM en la empresa?

- Mejor coordinación entre disciplinas
- Reducción de errores y retrabajos
- Optimización en la gestión de la información
- Mayor eficiencia en la planificación y costos
- Otras

21. ¿Qué barreras o desafíos cree que podrían surgir al implementar BIM en la empresa?

- Resistencia al cambio
- Falta de capacitación
- Costos elevados o impedimento monetario
- Falta de tiempo

- Otras

22. ¿Estaría dispuesto a participar en capacitaciones para aprender sobre BIM y herramientas relacionadas?

- Sí
- No

Proyectos Previos

23. Describa brevemente un proyecto reciente en el que haya participado.

24. ¿Qué lecciones aprendidas o áreas de mejora identificó en ese proyecto?

Información adicional

25. ¿Tiene alguna sugerencia o recomendación para mejorar los procesos actuales de la empresa?

Apéndice 2. Respuestas al formulario “Análisis del Estado Actual de EIH Constructora”

1. Ingrese su nombre completo

3
Respuestas

Respuestas más recientes
"Adolfo Hidalgo Alpizar"
"Luis Armando Hidalgo Alpizar"
"Juan Pablo Quesada Fernández"

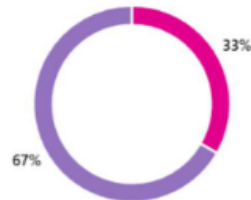
2. Ingrese su cargo dentro de la empresa

3
Respuestas

Respuestas más recientes
"Director de Proyectos"
"Director general"
"Arquitectura"

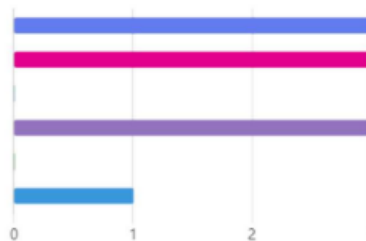
3. ¿Cuántos años de experiencia tiene en la empresa?

Menos de 1 año	0
1 a 3 años	1
4 a 6 años	0
Más de 6 años	2



4. ¿Qué herramientas utiliza actualmente para la elaboración de planos y diseños?

SketchUp	3
AutoCAD 2D	3
AutoCAD 3D	0
Revit	3
Sweet Home 3D	0
Otras	1



5. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "muy ineficiente" y 5 es "muy eficiente", ¿cómo calificaría la coordinación entre los profesionales involucrados en un proyecto?



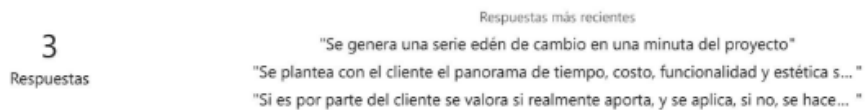
6. ¿Con qué frecuencia enfrenta problemas de retrasos o errores en los flujos de trabajo actuales?



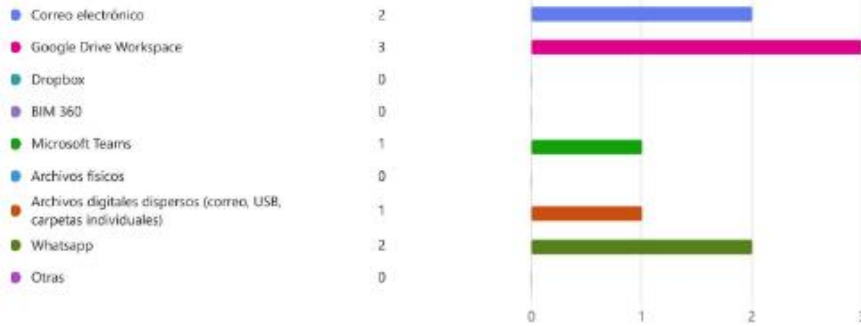
7. ¿Con qué frecuencia se realizan reuniones de coordinación interna?



8. ¿Cómo se gestionan los cambios o modificaciones en los diseños durante el desarrollo de un proyecto?



9. ¿Qué métodos utiliza para almacenar y compartir la información relacionada con los proyectos?



10. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "muy deficiente" y 5 es "muy eficiente", ¿cómo calificaría la gestión de la información en la empresa?



11. ¿Qué problemas ha identificado en la gestión de la información dentro de la empresa?

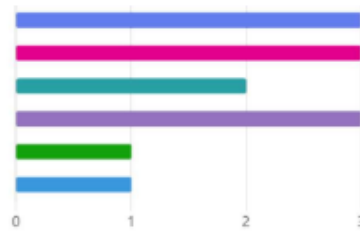


12. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "muy difícil de acceder" y 5 es "muy accesible", ¿qué tan accesible es la información del proyecto para los miembros del equipo?



13. ¿Qué software o herramientas tecnológicas utiliza actualmente en su trabajo diario?

● SketchUp	3
● AutoCAD	3
● Revit	2
● Excel o hojas de cálculo	3
● Power BI	1
● Otras	1



14. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "totalmente manual" y 5 es "totalmente digitalizado", ¿cómo calificaría el nivel de digitalización en la empresa?

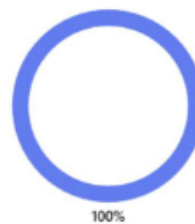


15. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "básico" y 5 es "avanzado", ¿cómo calificaría su nivel de conocimiento y experiencia con estas herramientas?



16. ¿Ha utilizado o tiene conocimiento sobre herramientas BIM (como Revit, ArchiCAD, Navisworks)?

● Sí	3
● No	0



17. Si respondió "Sí" a la pregunta anterior, ¿qué experiencia ha tenido con estas herramientas?

3
Respuestas

Respuestas más recientes
"Elaboración de planos en Revit"
"Hemos iniciado informándonos sobre en que consiste y iniciado a trabajarlo con ... "
"Revit y Archicad, para generación de planos"

18. ¿Conoce los beneficios de la metodología BIM?

- Sí, la he utilizado en proyectos 0
- Sí, pero solo conocimientos básicos 3
- No tengo experiencia con BIM 0

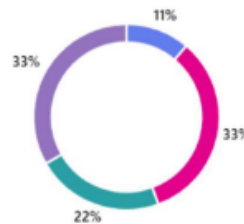


19. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "nada probable" y 5 es "muy probable", ¿qué tan probable cree que la implantación de BIM mejore los procesos actuales de la empresa?



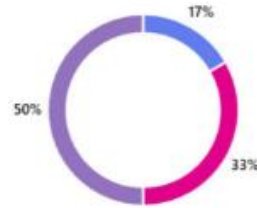
20. ¿Cuáles considera que serían los principales beneficios de adoptar BIM en la empresa?

- Mejor coordinación entre disciplinas 1
- Reducción de errores y retrabajos 3
- Optimización en la gestión de la información 2
- Mayor eficiencia en la planificación y costos 3
- Otras 0



21. ¿Qué barreras o desafíos cree que podrían surgir al implementar BIM en la empresa?

● Resistencia al cambio	1
● Falta de capacitación	2
● Costos elevados o impedimento monetario	0
● Falta de tiempo	3
● Otras	0



22. ¿Estaría dispuesto a participar en capacitaciones para aprender sobre BIM y herramientas relacionadas?

● Si	3
● No	0



23. Describa brevemente un proyecto reciente en el que haya participado.

3
Respuestas

Respuestas más recientes
 "Residencia unifamiliar de dos niveles en condominio"
 "Hotel con Corazón, un proyecto de un hotel que se está construyendo mediante ..."
 "2 residencias usando revit"

24. ¿Qué lecciones aprendidas o áreas de mejora identificó en ese proyecto?

3
Respuestas

Respuestas más recientes
 "Falta de actualización en el presupuesto a la hora de hacer los cambios en sitio"
 "Se ha mejorado el control administrativo del dinero del proyecto, hay que mejora..."
 "Optimización a la hora de modelar y generar planos"

25. ¿Tiene alguna sugerencia o recomendación para mejorar los procesos actuales de la empresa?

Apéndice 3. Tablas del análisis multicriterio AHP para software de modelado 3D

Propuesta	Colaboración y trabajo en equipo	Interoperabilidad	Compatibilidad IFC	Facilidad de uso (curva de aprendizaje)	Costo	Requisitos de hardware
Revit	Alto	Alto	Medio	Medio	Bajo	Alto
CYPECAD	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
ArchiCAD	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio

Criterios	Colaboración y trabajo en equipo	Interoperabilidad	Compatibilidad IFC	Facilidad de uso (curva de aprendizaje)	Costo	Requisitos de hardware
Colaboración y trabajo en equipo	1	3	4	2	3	4
Interoperabilidad	1/3	1	2	2	2	3
Compatibilidad IFC	1/4	1/2	1	2	3	3
Facilidad de uso (curva de aprendizaje)	1/2	1/2	1/2	1	2	3
Costo	1/3	1/2	1/3	1/2	1	2
Requisitos de hardware	1/4	1/3	1/3	1/3	1/2	1
Total	2,67	5,83	8,17	7,83	11,50	16,00

Matriz normalizada						Ponderación
0,38	0,51	0,49	0,26	0,26	0,25	0,36
0,13	0,17	0,24	0,26	0,17	0,19	0,19
0,09	0,09	0,12	0,26	0,26	0,19	0,17
0,19	0,09	0,06	0,13	0,17	0,19	0,14
0,13	0,09	0,04	0,06	0,09	0,13	0,09
0,09	0,06	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Matriz de comparación de criterio Colaboración y trabajo en equipo							
Criterios	Revit	CYPECAD	ArchiCAD	Matriz normalizada			Ponderación
Revit	1	3	1/3	0,23	0,33	0,22	0,26
CYPECAD	1/3	1	1/5	0,08	0,11	0,13	0,11
ArchiCAD	3	5	1	0,69	0,56	0,65	0,63
Total	4,33	9,00	1,53	1,00	1,00	1,00	1,00

Matriz de comparación de criterio Interoperabilidad							
Criterios	Revit	CYPECAD	ArchiCAD	Matriz normalizada			Ponderación
Revit	1	5	1	0,45	0,45	0,45	0,45
CYPECAD	1/5	1	1/5	0,09	0,09	0,09	0,09
ArchiCAD	1	5	1	0,45	0,45	0,45	0,45
Total	2,20	11,00	2,20	1,00	1,00	1,00	1,00

Matriz de comparación de criterio Interoperabilidad BIM							
Criterios	Revit	CYPECAD	ArchiCAD	Matriz normalizada			Ponderación
Revit	1	7	3	0,68	0,54	0,71	2,39
CYPECAD	1/7	1	1/5	0,10	0,08	0,05	0,28
ArchiCAD	1/3	5	1	0,23	0,38	0,24	1,37
Total	1,48	13,00	4,20	1,00	1,00	1,00	4,04

Matriz de comparación de criterio Facilidad de uso							
Criterios	Revit	CYPECAD	ArchiCAD	Matriz normalizada			Ponderación
Revit	1	5	1/3	0,24	0,38	0,23	0,28
CYPECAD	1/5	1	1/7	0,05	0,08	0,10	0,07
ArchiCAD	3	7	1	0,71	0,54	0,68	0,64
Total	4,20	13,00	1,48	1,00	1,00	1,00	1,00

Matriz de comparación de criterio Costo							
Criterios	Revit	CYPECAD	ArchiCAD	Matriz normalizada			Ponderación
Revit	1	1/3	1/5	0,11	0,04	0,02	0,06
CYPECAD	3	1	1/3	0,33	0,11	0,04	0,16
ArchiCAD	5	3	1	0,56	0,33	0,11	0,33
Total	9,00	4,33	1,53	1,00	0,48	0,17	0,55

Matriz de comparación de criterio Requisitos de hardware							
Criterios	Revit	CYPECAD	ArchiCAD	Matriz normalizada			Ponderación
Revit	1	1/5	1/3	0,11	0,08	0,13	0,11
CYPECAD	5	1	3	0,33	0,23	0,22	0,26
ArchiCAD	3	1/3	1	0,56	0,69	0,65	0,63
Total	9,00	4,33	1,53	1,00	1,00	1,00	1,00

Apéndice 4. Tablas del análisis multicriterio AHP para CDE

Propuesta	Acceso centralizado	Control de versiones	Interoperabilidad BIM	Seguridad y permisos	Trazabilidad	Colaboración en tiempo real	Costo
Trimble Connect	Alto	Alto	Alto	Medio-Alto	Alto	Alto	Medio
Google Drive	Alto	Medio	Bajo	Medio	Medio	Medio	Bajo
One drive	Alto	Medio	Bajo	Medio	Medio	Medio	Bajo
Carpetas locales/aisladas	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

Criterios	Acceso centralizado	Control de versiones	Interoperabilidad BIM	Seguridad y permisos	Trazabilidad	Colaboración en tiempo real	Costo
Acceso centralizado	1	2	3	2	2	3	4
Control de versiones	1/2	1	2	1	1	2	3
Interoperabilidad BIM	1/3	1/2	1	1/2	1/2	1	2
Seguridad y permisos	1/2	1	2	1	1	2	3
Trazabilidad	1/2	1	2	1	1	2	3
Colaboración en tiempo real	1/3	1/2	1	1/2	1/2	1	2
Costo	1/4	1/3	1/2	1/3	1/3	1/2	1
Total	3,42	6,33	11,50	6,33	6,33	11,50	18,00

Matriz normalizada							Ponderación
0,29	0,32	0,26	0,32	0,32	0,26	0,22	0,28
0,15	0,16	0,17	0,16	0,16	0,17	0,17	0,16
0,10	0,08	0,09	0,08	0,08	0,09	0,11	0,09
0,15	0,16	0,17	0,16	0,16	0,17	0,17	0,16
0,15	0,16	0,17	0,16	0,16	0,17	0,17	0,16
0,10	0,08	0,09	0,08	0,08	0,09	0,11	0,09
0,07	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,06	0,05
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Matriz de comparación de criterio Acceso centralizado

Criterios	Trimble Connect	Google Drive	One drive	Carpetas locales/aisladas	Matriz normalizada				Ponderación
Trimble Connect	1	3	3	5	0,54	0,57	0,57	0,36	0,51
Google Drive	1/3	1	1	4	0,18	0,19	0,19	0,29	0,21
One drive	1/3	1	1	4	0,18	0,19	0,19	0,29	0,21
Carpetas locales/aisladas	1/5	1/4	1/4	1	0,11	0,05	0,05	0,07	0,07
Total	1,87	5,25	5,25	14,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Matriz de comparación de criterio Control de versiones

Criterios	Trimble Connect	Google Drive	One drive	Carpetas locales/aisladas	Matriz normalizada				Ponderación
Trimble Connect	1	4	4	5	0,59	0,63	0,63	0,42	0,57
Google Drive	1/4	1	1	3	0,15	0,16	0,16	0,25	0,18
One drive	1/4	1	1	3	0,15	0,16	0,16	0,25	0,18
Carpetas locales/aisladas	1/5	1/3	1/3	1	0,12	0,05	0,05	0,08	0,08
Total	1,70	6,33	6,33	12,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Matriz de comparación de criterio Interoperabilidad BIM

Criterios	Trimble Connect	Google Drive	One drive	Carpetas locales/aisladas	Matriz normalizada				Ponderación
Trimble Connect	1	5	5	5	0,63	0,67	0,67	0,50	0,61
Google Drive	1/5	1	1	2	0,13	0,13	0,13	0,20	0,15
One drive	1/5	1	1	2	0,13	0,13	0,13	0,20	0,15
Carpetas locales/aisladas	1/5	1/2	1/2	1	0,13	0,07	0,07	0,10	0,09
Total	1,60	7,50	7,50	10,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Matriz de comparación de criterio Seguridad y permisos

Criterios	Trimble Connect	Google Drive	One drive	Carpetas locales/aisladas	Matriz normalizada				Ponderación
Trimble Connect	1	3	3	4	0,52	0,56	0,56	0,36	0,50
Google Drive	1/3	1	1	3	0,17	0,19	0,19	0,27	0,21
One drive	1/3	1	1	3	0,17	0,19	0,19	0,27	0,21
Carpetas locales/aisladas	1/4	1/3	1/3	1	0,13	0,06	0,06	0,09	0,09
Total	1,92	5,33	5,33	11,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Matriz de comparación de criterio Trazabilidad									
Criterios	Trimble Connect	Google Drive	One drive	Carpetas locales/aisladas	Matriz normalizada				Ponderación
Trimble Connect	1	4	4	5	0,59	0,63	0,63	0,42	0,57
Google Drive	1/4	1	1	3	0,15	0,16	0,16	0,25	0,18
One drive	1/4	1	1	3	0,15	0,16	0,16	0,25	0,18
Carpetas locales/aisladas	1/5	1/3	1/3	1	0,12	0,05	0,05	0,08	0,08
Total	1,70	6,33	6,33	12,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Matriz de comparación de criterio Colaboración en tiempo real									
Criterios	Trimble Connect	Google Drive	One drive	Carpetas locales/aisladas	Matriz normalizada				Ponderación
Trimble Connect	1	3	3	5	0,59	0,47	0,47	0,42	0,49
Google Drive	1/3	1	5	5	0,20	0,16	0,79	0,42	0,39
One drive	1/3	1/5	1	3	0,20	0,03	0,16	0,25	0,16
Carpetas locales/aisladas	1/5	1/5	1/3	1	0,12	0,03	0,05	0,08	0,07
Total	1,87	4,40	9,33	14,00	1,10	0,69	1,47	1,17	1,11

Matriz de comparación de criterio Costo									
Criterios	Trimble Connect	Google Drive	One drive	Carpetas locales/aisladas	Matriz normalizada				Ponderación
Trimble Connect	1	1/3	1/3	1/4	0,59	0,05	0,05	0,02	0,18
Google Drive	3	1	1	1/2	1,76	0,16	0,16	0,04	0,53
One drive	3	1	1	1/2	1,76	0,16	0,16	0,04	0,53
Carpetas locales/aisladas	4	2	2	1	2,35	0,32	0,32	0,08	0,77
Total	11,00	4,33	4,33	2,25	6,47	0,68	0,68	0,19	2,01

Apéndice 5. Especificaciones del hardware

Acerca de

RAM instalada: 16,0 GB (DDR3)

Procesador: Intel(R) Core(TM) i7-6700HQ CPU @ 2.60GHz (2.60 GHz)

Tarjeta gráfica: 4 GB (Varias GPU instaladas)

Almacenamiento: 1.13 TB (527 GB de 1.13 TB usado)

prometeo
Inspiron 7559

Cambiar el nombre de este equipo

Especificaciones del dispositivo

Nombre del dispositivo	prometeo
Procesador	Intel(R) Core(TM) i7-6700HQ CPU @ 2.60GHz 2.60 GHz
RAM instalada	16,0 GB (15,9 GB usable)
Tarjeta gráfica	NVIDIA GeForce GTX 960M (4 GB), Intel(R) HD Graphics 530 (128 MB)
Almacenamiento	224 GB SSD ADATA SU650NS38, 932 GB HDD ST1000LM014-1EJ164
Identificador de dispositivo	9F7C75E2-41D8-4836-A56F-E8FC53219666
Id. del producto	00325-95958-40339-AAOEM
Tipo de sistema	Sistema operativo de 64 bits, procesador basado en x64
Lápiz y entrada táctil	La entrada táctil o manuscrita no está disponible para esta pantalla

Almacenamiento: 477 GB (408 GB de 477 GB usado)

Tarjeta gráfica: 4 GB (Varias GPU instaladas)

RAM instalada: 16,0 GB (Velocidad: 3200 MHz)

Procesador: Intel(R) Core(TM) i7-10750H CPU @ 2.60GHz 2.59 GHz

DESKTOP-AE81VE0
GF63 Thin 10UC

Cambiar el nombre de este equipo

Especificaciones del dispositivo

Nombre del dispositivo	DESKTOP-AE81VE0
Procesador	Intel(R) Core(TM) i7-10750H CPU @ 2.60GHz 2.59 GHz
RAM instalada	16,0 GB (15,8 GB usable)
Identificador de dispositivo	F059F1DD-C9AA-464B-9069-2B5FC3FE3E73
Id. del producto	00325-82251-68931-AAOEM
Tipo de sistema	Sistema operativo de 64 bits, procesador basado en x64
Lápiz y entrada táctil	La entrada táctil o manuscrita no está disponible para esta pantalla

Acerca de

Especificaciones del dispositivo

Nombre del dispositivo	kame
Procesador	Intel(R) Core(TM) i7-7700HQ CPU @ 2.80GHz 2.80 GHz
RAM instalada	16,0 GB (15,9 GB usable)
Identificador de dispositivo	EC89E5FF- D5F5-45D2-98E3-5DCC69E83C6D
Id. del producto	00325-96207-55063-AAOEM
Tipo de sistema	Sistema operativo de 64 bits, procesador basado en x64
Lápiz y entrada táctil	La entrada táctil o manuscrita no está disponible para esta pantalla

Cambiar el nombre de este equipo

Especificaciones de Windows

Edición	Windows 10 Home
Versión	1803
Instalado el	10/5/2018
Versión del sistema operativo	17134.1345

Apéndice 6. Guía de uso para las plantillas

2025

Guía para el uso de plantillas y familias en Revit

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN
MORA ANGULO JUSTIN JESUS

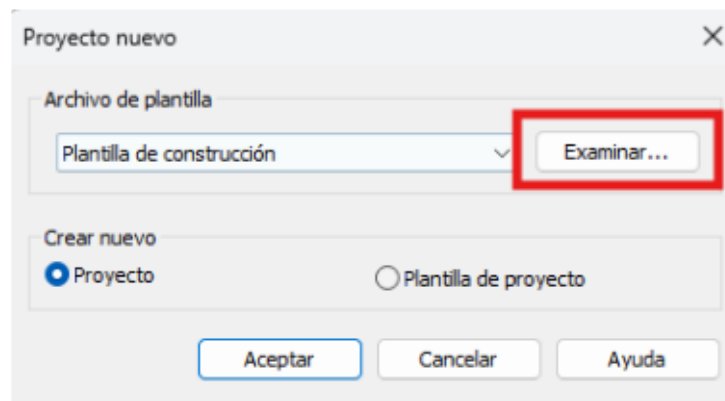
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA |

Plantilla estructural:

Carga de la Plantilla

Para iniciar un proyecto con la plantilla estructural, sigue estos pasos:

1. Abre Revit.
2. Selecciona "**Nuevo Proyecto**".
3. Haz clic en el botón "**Examinar...**".
4. Busca y selecciona la plantilla estructural en la ubicación donde esté guardada.



Refuerzo Estructural

Esta plantilla se especializa en el uso del **refuerzo estructural**. Para acceder a estas herramientas:

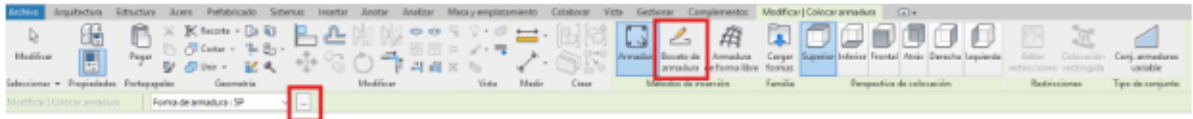
1. Dirígete a la barra de herramientas y selecciona la pestaña "**Estructura**".
2. Selecciona el elemento estructural al que deseas aplicar refuerzo.
3. Aplica el **recubrimiento** deseado al elemento.
4. Luego, haz clic en la opción "**Armadura**" para colocar el refuerzo correspondiente



Visualización de Formas de Varillas

Para ver las formas de varillas disponibles:

1. Haz clic en el **botón con tres puntos (...)** que aparece en el cuadro de selección de forma.
2. Si la forma deseada no está disponible, puedes crearla seleccionando **“Boceto de armadura”** y dibujándola manualmente.



Plantilla mecánica y eléctrica:

Carga de la Plantilla

La plantilla mecánica o eléctrica se carga de igual manera que la estructural:

1. Selecciona **“Nuevo Proyecto”**.
2. Haz clic en **“Examinar...”**.
3. Elige la plantilla correspondiente (mecánica o eléctrica).

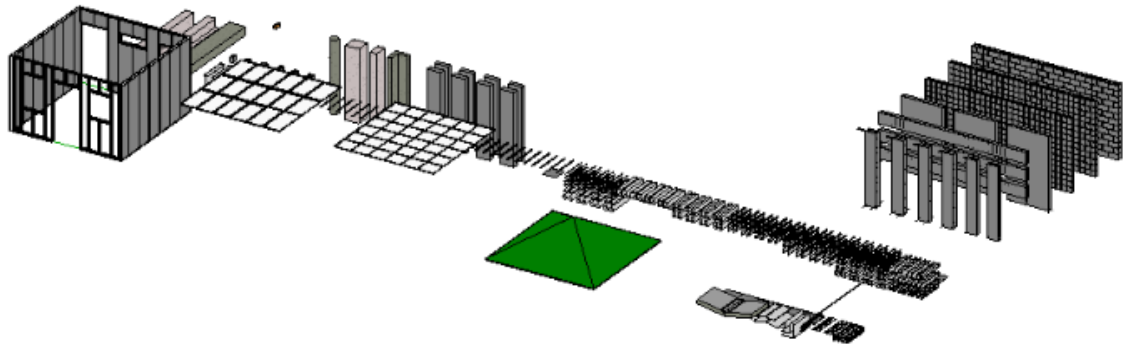
Acceso a Familias de Sistemas

Para utilizar las herramientas y familias incluidas:

1. Ve a la pestaña **“Sistemas”** en la barra de navegación.
2. Dentro de esta sección podrás encontrar:
 - **Tubería mecánica** (potable o sanitaria) con sus respectivas uniones.
 - **Tubería eléctrica** (EMT o PVC) también con sus uniones.
 - **Componentes eléctricos**, como aparatos o equipos eléctricos (en la plantilla eléctrica).



Modelo con familias cargadas:



Este modelo contiene todas las familias organizadas para facilitar su uso.

Cómo Cargar Familias desde el Modelo:

1. Ubica la familia deseada en el modelo.
2. Haz **doblo clic** sobre ella para abrirla en una nueva ventana.
3. Haz clic en “**Cargar en el proyecto**”.
4. Selecciona el proyecto en el que deseas cargarla.

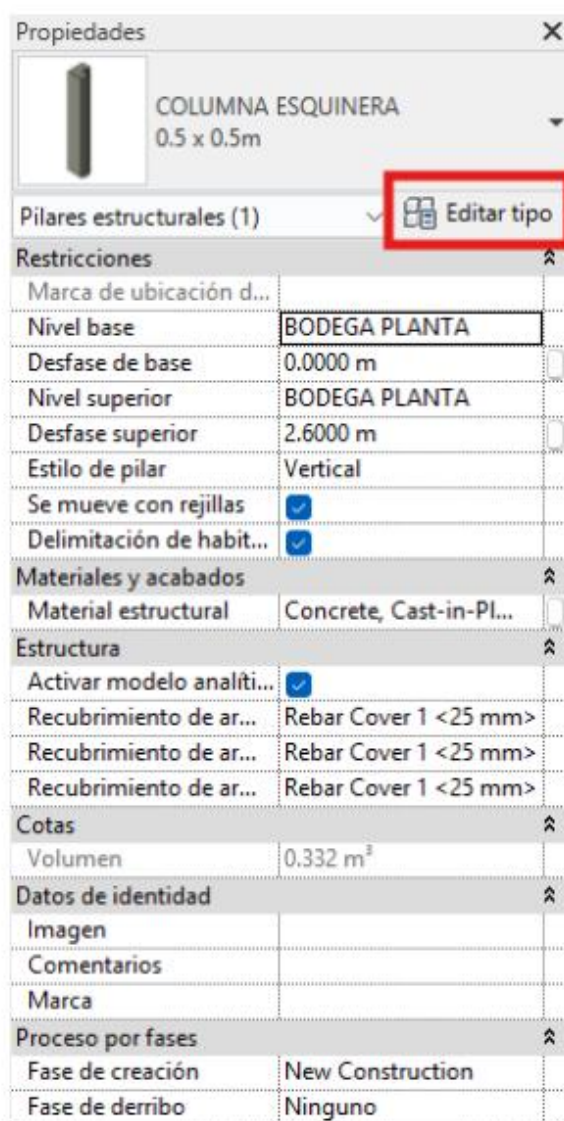
Esto añadirá la familia al proyecto, incluyendo todos sus tipos.



Modificación de Parámetros

Cada familia es **paramétrica**, por lo que sus dimensiones y características pueden modificarse:

1. Selecciona la familia colocada en el proyecto.
2. Haz clic en “**Editar tipo**”.
3. Se recomienda **duplicar el tipo existente** antes de modificarlo, para preservar el original.



Propiedades

COLUMNA ESQUINERA
0.5 x 0.5m

Pilares estructurales (1) **Editar tipo**

Restricciones

Marca de ubicación d...	
Nivel base	BODEGA PLANTA
Desfase de base	0.0000 m
Nivel superior	BODEGA PLANTA
Desfase superior	2.6000 m
Estilo de pilar	Vertical
Se mueve con rejillas	<input checked="" type="checkbox"/>
Delimitación de habit...	<input checked="" type="checkbox"/>

Materiales y acabados

Material estructural	Concrete, Cast-in-Pl...
----------------------	-------------------------

Estructura

Activar modelo analíti...	<input checked="" type="checkbox"/>
Recubrimiento de ar...	Rebar Cover 1 <25 mm>
Recubrimiento de ar...	Rebar Cover 1 <25 mm>
Recubrimiento de ar...	Rebar Cover 1 <25 mm>

Cotas

Volumen	0.332 m ³
---------	----------------------

Datos de identidad

Imagen	
Comentarios	
Marca	

Proceso por fases

Fase de creación	New Construction
Fase de derribo	Ninguno

Propiedades de tipo ✕

Familia: COLUMNA ESQUINERA Cargar...

Tipo: 0.5 x 0.5m Duplicar...

Cambiar nombre...

Parámetros de tipo

Parámetro	Valor	=
Estructura ⤴		
Forma de sección	Sin definir	
Cotas ⤴		
a	0.5000 m	
b	0.5000 m	
g	0.1500 m	
Datos de identidad ⤴		
Imagen de tipo		
Nota clave		
Modelo		
Fabricante		
Comentarios de tipo		
URL		
Descripción		
Código de montaje		
Costo		
Clave de nombre de sección		
Descripción de montaje		
Marca de tipo		

[¿Qué hacen estas propiedades?](#)

<< Vista previa Aceptar Cancelar Aplicar