

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Gustavo Rojas Moya, Ing. Illeana Aguilar Aguilar, Ing. Manuel Alán Zuñiga, Ing. Milton Sandoval Quirós, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

GUSTAVO
ADOLFO
ROJAS MOYA
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
GUSTAVO
ADOLFO ROJAS
MOYA (FIRMA)
Fecha: 2021.03.12
11:26:46 -06'00'

Ing. Gustavo Rojas Moya.
Director

ILIANA VANESSA
AGUILAR
AGUILAR
(FIRMA)

Firmado digitalmente
por ILIANA VANESSA
AGUILAR AGUILAR
(FIRMA)
Fecha: 2021.02.03
17:49:26 -06'00'

Ing. Illeana Aguilar Aguilar.
Profesora Guía

MANUEL
ANTONIO
ALLAN ZUÑIGA
(FIRMA)

Digitally signed by
MANUEL ANTONIO
ALLAN ZUÑIGA
(FIRMA)
Date: 2021.03.12
12:56:19 -06'00'

Ing. Manuel Alán Zuñiga.
Profesor Lector

MILTON ANTONIO
SANDOVAL
QUIROS (FIRMA)

Firmado digitalmente por MILTON
ANTONIO SANDOVAL QUIROS
(FIRMA)
Fecha: 2021.03.12 13:37:28 -06'00'

Ing. Milton Sandoval Quirós.
Profesor Observador

**Implementación
de la Metodología BIM
en el Diseño de Proyectos
de Infraestructura Vial
de la Organización
INTRA Consultores**

Abstract

In the construction field, the discrepancy between systems prevents communication between participants and agile workflows, which leads to numerous problems in the project such as increased costs and deadlines; Therefore, adopting the BIM methodology and the use of digital models throughout the life cycle appears as a solution to improve the design processes in a road project.

It seeks to publicize the importance and usefulness of BIM technologies as a means to obtain results without having to execute all the works, representing a tool that makes compliance with times more effective, transparency in resource management and quality of deliveries, which are necessary for planning.

Therefore, the present work seeks to implement the BIM methodology in the design and development of road infrastructure projects, generating a strategy that makes the processes more efficient and transparent, so that the company can improve its current degree of maturity and execute it in 2021.

Keywords: BIM, Design, Methodology, Modeling, Planning, Road Infrastructure

Resumen

En el ámbito de la construcción, la discrepancia entre sistemas impide una comunicación entre participantes y flujos de trabajo ágiles, lo cual conlleva a numerosos problemas en el proyecto como el aumento de costos y plazos; por lo que adoptar la metodología BIM y el uso de modelos digitales durante todo el ciclo de vida aparece como una solución para mejorar los procesos de diseño en un proyecto vial.

Se busca dar a conocer la importancia y utilidad de las tecnologías BIM como un medio para obtener resultados sin tener que ejecutar la totalidad de las obras, constituyéndose en una herramienta que hace más efectivo el cumplimiento de tiempos, la transparencia en el manejo de recursos y la calidad de las entregas, que resultan necesarios para la planeación.

Por lo que, el presente trabajo busca implementar la metodología BIM en el diseño y desarrollo de proyectos de infraestructura vial, generando una estrategia que haga más eficaz y transparente los procesos, para que la empresa logre mejorar su grado de madurez actual y ejecutarlo en el año 2021.

Palabras Claves: BIM, Diseño, Metodología, Modelamiento, Planeación, Infraestructura Vial

**Implementación de la
Metodología BIM
en el Diseño de Proyectos de
Infraestructura Vial de la
Organización
INTRA Consultores**

Implementación de la Metodología BIM en el Diseño de Proyectos de Infraestructura Vial de la Organización INTRA Consultores

NATHALIE BRENES MOYA

Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Diciembre 2020

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Prefacio.....	1
Resumen Ejecutivo	3
Introducción.....	5
Marco Teórico	7
Metodología	12
Resultados	14
Autoevaluación de la Matriz de Implementación BIM y Acciones en Desarrollo.....	15
Plan de Acción BIM.....	16
Análisis de Resultados.....	23
Conclusiones.....	26
Recomendaciones	27
Apéndices	28
Anexos	29
Referencias.....	30

Prefacio

En el diseño y construcción de proyectos de ingeniería, se presentan inconvenientes originados por la falta de información detallada en etapas de diseño, así como problemas de coordinación entre los distintos profesionales, los cuales conllevan a interrupciones en la ejecución del proyecto, sobrecostos y problemas de calidad, por lo que se deben detener los procesos constructivos con el fin de solucionarlos.

A lo largo del tiempo, en Costa Rica se ha generado la información técnica de los proyectos por medio de procesos de diseño 2D, sin la aplicación de metodologías que involucren la sostenibilidad e integración, por lo que la metodología BIM se presenta como una medida alternativa para apoyar el proceso constructivo, ya que busca modelar el ciclo de vida de un proyecto desde la arquitectura, ingeniería, construcción y la futura operación y mantenimiento.

Con el fin de promover el uso de la metodología BIM, bajo estándares y protocolos que se ajusten a las necesidades y forma de trabajo, en el país se implementó el BIM Forum. Además, en el mes de febrero del año 2020 se expuso la Estrategia Nacional BIM Costa Rica, cuyo objetivo es alentar el desarrollo del sector de la construcción, mejorar la ejecución de obra pública, dar mayor transferencia a los procesos licitatorios y contribuir en la optimización del mantenimiento y operación.

La estrategia BIM (Modelo de Información de la Infraestructura) propicia bajar costos, mejorar la productividad y la eficiencia de operaciones, aumentar la calidad de la infraestructura y minimizar el impacto

ambiental. Cabe destacar que permite optimizar recursos, mejorar la comunicación entre los equipos de trabajo, reducir el tiempo de trazabilidad de la información y aumentar el control sobre el estado de las obras.

En el país se ha presentado un avance progresivo de BIM, sin embargo, falta mucho por avanzar, pues la metodología se usa generalmente para identificar interferencias entre áreas técnicas y resolver desavenencias geométricas en los proyectos. Por otro lado, entre los sectores involucrados se encuentran la construcción y gestión de inmuebles, por lo que en el área de la infraestructura vial es algo innovador y sin duda todo un reto, ya que actualmente se está iniciando un plan piloto utilizando BIM en la construcción del tramo San Gerardo – Barranca ubicado en la Ruta 1 de Costa Rica.

Una de las ventajas de la aplicación de la metodología BIM al diseño vial, es la incorporación de toda la información a un modelo 3D del proyecto y el desarrollo de un diseño preliminar de la vía, con el fin de visualizar su interacción con el entorno; identificando superposiciones, posibles conflictos sociales, tramos que puedan verse afectados, entre otros. Por lo que, se pueden realizar cambios en el trazado o especificaciones de manera ágil, mitigando riesgos antes de avanzar a etapas de construcción y operación.

Además, permite realizar simulaciones en tiempo real de estudios de tráfico para la comprobación del funcionamiento de la carretera o si va a requerirse una futura ampliación.

El objetivo principal de este proyecto es implementar la metodología BIM, en los procesos de diseño de la organización INTRA Consultores, determinando el grado de madurez que posee la empresa e identificando sus procesos, con el fin de encontrar posibles oportunidades de mejora y por ende crear un plan de acción BIM para mejorar su competitividad y posición estratégica en el mercado de la Ingeniería Vial del país.

Agradecimientos:

Agradecer primero a Dios, quien me ha ayudado durante todo este proceso, el sacrificio fue grande, pero siempre me dio la fuerza necesaria para continuar; así como a mis papás Eduardo y Alejandra y a mi hermano Diego, quienes son un pilar fundamental en mi vida y sobre todo en mi carrera profesional, pues han sido mi inspiración y apoyo, gracias por haber creído en mí y por cada consejo y palabra de aliento, por ustedes pude culminar esta etapa.

También agradezco a los profesores que he tenido durante la carrera, especialmente a la Ing. Illeana Aguilar por brindarme la oportunidad de realizar la práctica profesional en la organización, así como por su atenta guía.

Asimismo, agradezco al personal de la empresa INTRA Consultores por su apoyo, en especial al Ing. Paolo Chaves, quien fue mi supervisor, por compartir su conocimiento y experiencia.

También agradezco a mi amigo y colega Kevin Salazar, quien me ha acompañado durante todo este proceso y ha sido parte importante de mi carrera profesional.

Finalmente, externo mi agradecimiento al Ing. Leonardo Sanabria, quien ha sido mi mentor y me ha brindado su apoyo incondicional.

Resumen Ejecutivo

La tecnología Building Information Modeling (BIM) ha sido incorporada en la industria constructiva del país en el presente año, por medio de la Estrategia Nacional BIM Costa Rica, una de sus características principales es que los límites o fronteras de su aplicación están en un proceso constante de expansión, precisamente dentro de esta se encuentra el diseño y desarrollo de modelos de información de proyectos de ingeniería vial.

El concepto general de BIM proviene del acrónimo Building Information Modeling, cuya traducción es Modelado de la Información de una Edificación y se refiere a la creación y uso de metodologías de trabajo colaborativas que buscan una comunicación e intercambio constante entre las distintas áreas del proyecto e implementan el uso de información virtual de forma coordinada y coherente en procesos constructivos; basadas en políticas, estrategias, planes de ejecución, niveles de detalle y software dinámicos.

Definitivamente la metodología BIM aplicada a la ingeniería vial brinda mayor control de los elementos, ya que al contar con digitalizaciones se visualiza el diseño preliminar de la vía y su interacción con el entorno, detectando problemas de diseño, superposiciones y posibles conflictos sociales incluso antes de la construcción real, por lo que se puede cambiar el trazado o las especificaciones con el fin de mitigar riesgos; además ofrecen la posibilidad de recrear simulaciones en tiempo real de estudios de tráfico, las cuales permiten generar evaluaciones preventivas en caso de

requerirse ampliaciones y la verificación de las medidas de seguridad vial.

El objetivo principal de este proyecto es implementar la metodología BIM, en los procesos de diseño de la organización INTRA Consultores, con el fin de mejorar su competitividad y posición estratégica en el mercado de la Ingeniería Vial del país, por medio de un plan de acción que sirva a la empresa como guía para la elaboración de los distintos Planes de Ejecución BIM (PEB), pues sin estos no se puede garantizar la calidad y fiabilidad de un modelo BIM, es decir no hay BIM sin metodología; debido a que actualmente la empresa está encargada del diseño de los Centros de Control Fronterizos Peñas Blancas y Las Tablillas, un proyecto avalado por el BID, el cuál debe estar basado en un PEB, por lo que será necesario el uso de la metodología BIM para su gestión; pues debe entregarse un modelo único relacional BIM 5D de todas las áreas involucradas.

Este proyecto se desarrolló basándose en la autoevaluación de la matriz de implementación BIM, a partir de la cual se determina el grado de madurez de la organización, la cual permite comprender cuánto se ha avanzado hacia una implementación exitosa, y a partir de esta generar un plan que permita disminuir las brechas en torno a sus actuales carencias.

La matriz se basa en cuatro pilares y está organizada en tres focos: planificar, implementar y mantener el uso de BIM. Para cada uno de los procesos de la empresa, se

seleccionó el porcentaje que mejor reflejara el nivel actual de avance, obteniendo como resultado un 31% en Estrategia, pues la organización aún no logra desarrollar acciones mínimas requeridas para implementar BIM, un 49% en Personas, ya que a pesar de contar con colaboradores que tienen las competencias mínimas requeridas, aún no se logra desarrollar todos los roles necesarios que aseguren una adecuada implementación de BIM.

Con respecto al pilar Procesos, su nivel actual de avance es del 42%, debido a que la empresa cuenta con metodologías formales para documentar los procesos críticos, e identificar las principales contingencias de manejo de información; y finalmente se cuenta con un 48% en Tecnología porque se cuenta con recursos tecnológicos de información formales para documentar los procesos críticos, e identificar los Usos de BIM necesarios para mejorarlos.

Finalmente, el promedio de todos los valores generó un porcentaje que corresponde al nivel de madurez de implementación BIM de la organización, a partir de los cuales se concluye que la empresa se encuentra en el nivel 3 de madurez, con un 42% de implementación BIM. Cabe destacar que la matriz considera 5 niveles, siendo el nivel 1 el más bajo y el 5 el más alto.

A partir de los datos obtenidos de la matriz, fue posible conocer las acciones en desarrollo y también las necesarias a implementar por parte de la organización, identificando así los procesos que requieren mejoras, con el fin de aumentar el nivel de madurez actual.

Aunque la organización identifica el valor agregado de la implementación BIM para el cumplimiento de sus objetivos y las acciones básicas en cada uno de los pilares, no existe una oportunidad de profundizar en ellos, pues no se han priorizado las acciones, costos y

plazos para incorporar a un plan de implementación adecuado.

Conociendo los procesos de la organización a mejorarse, se le indicó a la organización cuáles acciones no están aplicando en torno a la implementación de la metodología BIM y se propuso un plan de acción BIM, por medio de una guía estándar aplicable a los modelos de diseño realizados por la organización.

En primer lugar, será necesario formalizar la estrategia BIM, definiendo los objetivos estratégicos para el uso de la metodología, así como reconociendo los procesos claves de la organización, en este caso diseño geométrico e hidráulico. Por otro lado, es de suma importancia establecer el alcance, dimensión BIM, trabajo colaborativo y recursos tecnológicos necesarios.

Además, se deben definir los roles y Usos BIM requeridos, a partir de los cuales se establecieron capacitaciones según las competencias necesarias a desarrollar y así seleccionar estándares y protocolos con el fin de desarrollar un plan de implementación formal.

Una vez identificados los parámetros anteriores, se modelan los procesos claves de la organización, gestionando el cambio organizacional y se definen los datos que se requieren en cada proyecto, a partir de los cuales será posible desarrollar un documento estándar para el Plan de Ejecución BIM.

Seguidamente se desarrollan estrategias de implementación y pilotaje y reformulan los procesos actuales para la incorporación de BIM; a partir de esto se definen los indicadores a medir, con el fin de verificar el cumplimiento de los objetivos de la organización y así establecer una metodología para medir y controlar su implementación, evaluando el desempeño y responsabilidades de las personas y así finalmente gestionar la mejora continua.

Introducción

La mayoría de los proyectos de obra vial del país siguen una metodología basada en un diseño geométrico mediante una modelización 2D en planta, perfil y sección transversal, generando documentos gráficos 2D empleados para representar el diseño; así como instrumentos de control y transferencia de información de este. Debido a lo anterior, las organizaciones que lideran la construcción y gestión de infraestructuras presentan ineficiencias en sus diseños; por lo que, para mejorarlo, se busca introducir técnicas BIM y formatos estandarizados.

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) está trabajando en la incorporación de BIM en el diseño y supervisión de proyectos de infraestructura; para lo cual se estructuró un plan piloto en Costa Rica, para la construcción del tramo San Gerardo – Barranca, el cual será comparado con el tramo Limonal – San Gerardo, que tiene iguales especificaciones de diseño y serán construidos simultáneamente; con el fin de conocer tiempo, esfuerzo y costos incrementales, de pasar de un diseño tradicional a uno BIM.

Cabe destacar que la empresa INTRA Consultores está encargada del diseño de los Centros de Control Fronterizo Peñas Blancas y Las Tablillas, un proyecto avalado por el BID, el cuál debe estar basado en un Plan de Ejecución BIM (PEB), por lo que será necesario el uso de la metodología BIM para su gestión; ya que debe entregarse un modelo único relacional BIM 5D de todas las áreas involucradas.

Un Plan de Ejecución BIM es un documento inicial muy importante en el ámbito de la gestión de proyectos, ya que permite definir la estrategia de trabajo a seguir por todos los actores involucrados en un proyecto, asegurado el cumplimiento de objetivos establecidos por el cliente; razón por la cual no existe una receta única, pues cada proyecto es diferente. Por lo que, se busca brindar un plan de acción a la empresa que sirva como guía para la elaboración de los distintos PEB, tanto para el proyecto mencionado anteriormente, así como los futuros; pues sin estos no se puede garantizar la calidad y fiabilidad de un modelo BIM, es decir no hay BIM sin metodología.

El Plan de Acción está basado en los resultados arrojados por la autoevaluación de la matriz de implementación BIM aplicada a la empresa, a partir de la cual se analizan las acciones en desarrollo y por implementar con respecto a la metodología, cuya finalidad es establecer una guía estándar, necesaria para aumentar el nivel de madurez de la empresa en cuanto a BIM y así mejorar su competitividad en el área de ingeniería vial del país.

Objetivo General

- Implementar la metodología BIM en el proceso de diseño de la organización INTRA Consultores.

Objetivos Específicos

- Revisar literatura existente acerca de la implementación de la metodología BIM en el ámbito de la ingeniería vial.
- Determinar el grado de madurez y las acciones en desarrollo que posee la organización en cuanto a la metodología, por medio de la matriz de implementación BIM.
- Proponer un plan de acción BIM para que la empresa mejore su grado de madurez actual y lo ejecute en el año 2021 y 2022.

Marco Teórico

Historia

Con el fin de comprender el origen de la metodología BIM y su evolución es imprescindible mencionar una serie de hitos históricos que han definido el desarrollo de esta, cuyo inicio radica en 1975, ya que el profesor Chuc Eastman publica el primer trabajo sobre BIM; en segundo lugar, se crea el ISO STEP, que regula la forma estándar del modelo de datos para el intercambio de productos y surge ArchiCAD, el primer programa que implementa BIM.

En 1996 comienza a funcionar el consorcio industrial IAI que asesora el desarrollo de aplicaciones integradas, mientras que en el año 2000 se crea Revit. Es en el año 2002 cuando se crea el primer proyecto BIM integrado en Finlandia, mientras que en el

2006 se lleva a cabo el primer proyecto Integrated Project Delivery (IPD) en USA. Debido a estos dos últimos hitos, en el 2007 surgen US General Services Administration (GSA) en USA y Senate Properties en Finlandia, categorizadas como las guías que hay que seguir para llevar a cabo un proyecto BIM.

Seguidamente en el año 2010 el gobierno del Reino Unido anuncia los requisitos para la implementación de la metodología, mientras que en el 2012 Finlandia publica requerimientos BIM comunes a nivel nacional. Luego, países como España adoptaron hojas de ruta para su implantación en el 2015. Para el año 2016 en Reino Unido y el 2018 en España se hace obligatoria la implementación de BIM en los proyectos de obras públicas.

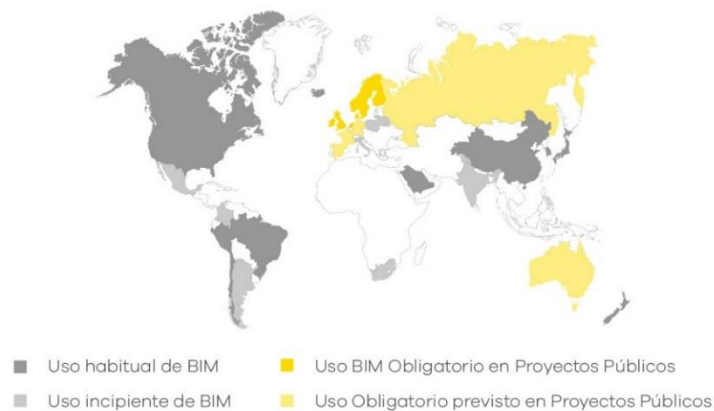


Figura 1. Mapa de Implementación BIM.
Fuente: Mozing Studio, 2019.

Pero, no es hasta el año 2017 que la Cámara Costarricense de la Construcción da origen al BIM Forum Costa Rica, comité técnico, cuyo objetivo es promover la implementación consultada y paulatina de los procesos BIM en la industria de la construcción. Finalmente, en el presente año se expuso la Estrategia Nacional BIM Costa Rica, con el propósito de incorporar esta metodología al sector público, la cual permitirá que las áreas trabajen en conjunto y así evitar sobrecostos, atrasos y errores en los procesos constructivos.

Concepto

Antes de hablar sobre BIM para infraestructuras es necesario conocer su concepto general, el cual proviene del acrónimo Building Information Modeling, cuya traducción es Modelado de la Información de una Edificación y se refiere a la creación y uso de metodologías de trabajo colaborativas que buscan una comunicación e intercambio constante entre las distintas áreas del proyecto e implementan el uso de información virtual de forma coordinada y coherente en procesos constructivos; basadas en políticas, estrategias, planes de ejecución, niveles de detalle y software dinámicos.

Analizando el significado de cada una de sus siglas: Building corresponde a la construcción, la cual no sólo abarca edificaciones, sino también infraestructura, incluso ya se están introduciendo conceptos que involucran a la ciudad. Information comprende toda la información necesaria durante el ciclo de vida del proyecto, se categoriza como el elemento principal del BIM, ya que de la calidad de esta dependen en su mayoría la toma de decisiones durante el proceso constructivo, por lo que si se presentan errores en la generación de información existirán problemas de diseño, lo cual requerirá de reprocesos que aumentan tanto el costo, como el tiempo estipulado.

Finalmente, Modeling engloba la creación de elementos tridimensionales que representan la realidad, para ello es necesario el uso de distintos softwares capaces de realizar una construcción virtual. Por lo que, se podría decir que BIM es el Modelado de Información para la Construcción e Infraestructura, el cual inicia con la modelación de diseños 3D inteligentes a partir de los cuales se facilita la coordinación, simulación y visualización; mejorando la planificación, diseño, construcción y administración de los proyectos.

Sin embargo, en la actualidad, a pesar de que todas las definiciones de BIM concuerdan en términos generales, no existe una universal, por lo que se pueden citar las más características: Eloi Coloma Pico la define como un conjunto de metodologías de trabajo y herramientas, caracterizado por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua; empleando una o más bases de datos compatibles que contengan toda la información en lo referente al edificio que se pretende diseñar, construir o usar.

Por otro lado, Jerry Laiserin define BIM como un sistema en el cual todos los objetos de construcción inteligentes se combinan para formar un diseño de edificación virtual que captura todo lo conocido sobre el proyecto y que proporciona una fuente lógica y coherente de toda la información asociada. Finalmente, Autodesk lo define como un proceso inteligente basado en modelos 3D que da a los profesionales de arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) la perspectiva y las herramientas para planificar, diseñar, construir y administrar edificios e infraestructura con más eficiencia.

Dimensiones BIM

Con el fin de sacar todo el rendimiento a BIM, no sólo basta con modelar un proyecto en 3D, sino tener una planificación de costos y tiempos de obra, así como sostenibilidad, simulaciones, mantenimiento, control de obra... por lo que en la actualidad se hablan de 7 dimensiones BIM, las cuales describen las etapas de un proyecto.



Figura 2. Las dimensiones de la Metodología BIM.
Fuente: BibLus, 2020.

Las primeras dos etapas abarcan la planimetría tradicional en 2 dimensiones conocida hasta ahora, que corresponden a la idea (1D) y la vectorización del boceto (2D), en las cuales se establecen las bases del futuro proyecto como: la localización, estimaciones, superficie, volumetría, presupuesto, plan de ejecución y la recopilación de toda aquella información y normativas relevantes; así como los flujos de trabajo y procedimientos requeridos para avanzar en el proceso de diseño y cálculo respectivamente.

Luego se tiene el modelo de información (3D), el cual es más que una representación gráfica de la idea, ya que incorpora toda la

información del diseño arquitectónico y de cada una de las disciplinas que integran el proyecto, dando como resultado una idea realista de la parte estética y una óptima conexión geométrica de los elementos; además es de suma importancia pues de esta depende el resto del ciclo de vida del proyecto.

La cuarta dimensión abarca la planificación, incorporando el factor tiempo a la fase de modelado, cuyo objetivo es establecer los plazos de ejecución y su cumplimiento, lo cual permite gestionar los contratos. Su utilidad se basa en la capacidad de adelantarse a los posibles conflictos que puedan surgir en la obra, permitiendo una optimización de tiempos y minimización de desperdicios.

En la quinta dimensión, se implementan el control de costos y estimación de gastos del proyecto, generando presupuestos a partir de estudios de viabilidad económica, su análisis es de suma importancia, pues estos afectan la rentabilidad del proyecto. Cabe destacar que este modelo es considerado como una de las grandes fortalezas de utilizar BIM comparado al sistema tradicional.

Por otro lado, la sexta etapa (6D), hace referencia a la ecoeficiencia por medio de la simulación de las posibles alternativas del comportamiento energético o BIM Verde del proyecto, con la finalidad de seleccionar las mejores técnicas y tecnologías, optimizando el consumo de energía y disminuyendo los daños al medio ambiente en lo posible.

Finalmente, la dimensión 7D gestiona el ciclo de vida del proyecto, definiendo una guía para su uso y mantenimiento, con el fin de alargar y mantener su calidad, la cual será indicadora de futuras decisiones de rehabilitación o demolición; para los propietarios es fundamental, pues influye en la utilidad y gestión de los costos de conservación. Cabe destacar que a estos procesos se les puede incorporar otras dimensiones según los requerimientos del proyecto.

Ventajas del BIM

La curva MacLeamy expone gráficamente las ventajas de la metodología BIM en contraste con los modelos tradicionales a lo largo del ciclo de vida del proyecto (diseño, licitación, construcción y operación), donde la línea azul representa las consecuencias que conllevan malas decisiones en las distintas fases de una obra ingenieril, indicando que el costo es mucho mayor cuando las decisiones se toman durante el proceso de diseño y construcción; mientras que la línea roja simboliza el costo de solucionar problemas de acuerdo con la etapa en que se presenten problemas, mostrando que el costo debido a los cambios durante la construcción aumenta según avanza el proyecto.

Por otro lado, la línea gris señala cómo se distribuye el efecto en la etapa de diseño según la metodología CAD y finalmente la línea celeste denota la distribución de los efectos como resultado de la implementación del BIM. Con la figura 3 se concluye que, analizando las etapas previas a la operación, el esfuerzo que se invierte en la ejecución del proyecto es mucho mayor al del diseño, razón por la cual el momento idóneo para la solución

de conflictos debe realizarse en esta fase, pues entre más cerca del inicio de la obra se encuentre, habrá mayores posibilidades de influir en los costos y funcionalidad.

Sin embargo, son muchas las ventajas que conlleva la implementación de la metodología BIM en un proyecto, entre ellas: captura la realidad, ya que se trabaja con elementos constructivos y no con líneas o bloques como en los modelos tradicionales, a partir de los cuales se crean entornos virtuales con precisión; también facilita la comunicación entre las disciplinas de construcción, pues cada objeto está conectado a una base de datos, las cuales se actualizan automáticamente conforme avanza el modelo, conllevando a importantes ahorros de tiempo y dinero.

Además, los elementos se crean en tiempo real en todas las vistas, lo cual permite la creación de simulaciones, generando una profundización en los detalles y mejorando la gestión del proyecto, por lo que es posible visualizar interferencias en las estructuras, inconvenientes durante la construcción y duplicidad de trabajo, permitiendo prever y solucionar problemas de manera anticipada;

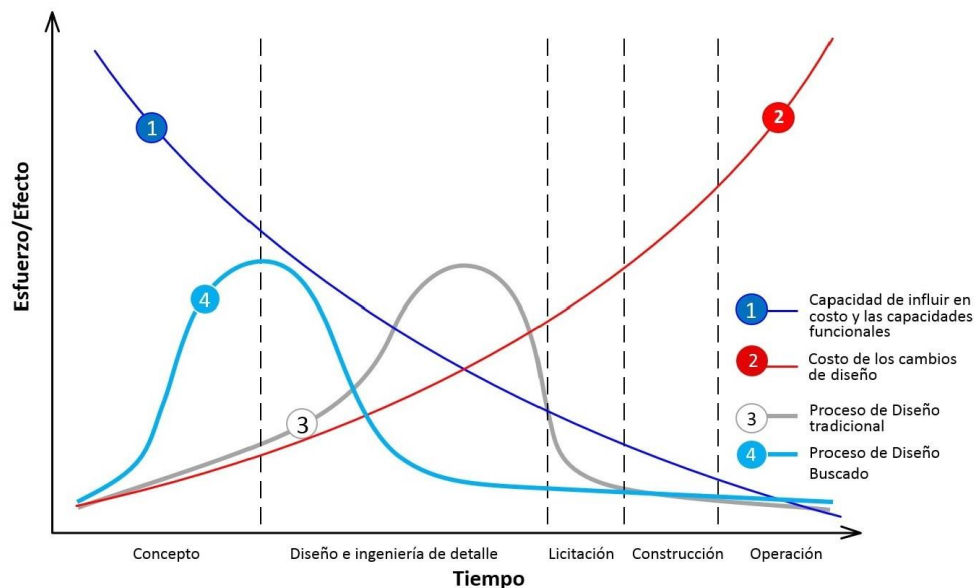


Figura 3. Curva Efecto – Tiempo (MacLeamy).
Fuente: SUMA, 2014.

así como la renderización de vistas impresionantes y recorridos que aumentarán la competitividad en el mercado y la sustentabilidad en el tiempo.

Por otra parte, al finalizar la fase de ejecución se contará con un modelo as-built, el cual permitirá una gestión de mantenimiento más eficiente; también agilizará la documentación del proyecto, ya que se generará de forma automática. Cabe destacar que a través de BIM se pueden crear proyectos cada vez más integrados con el entorno, sostenibles y eficientes, debido a que la metodología permite reducir la generación de residuos y el consumo de energía y emisiones; además se facilita la comprensión del proyecto y los flujos de trabajo, pues se mejora la administración, trazabilidad y transparencia de la información.

Pilares Fundamentales de BIM

a) Estrategia

Considera las acciones de definición de los objetivos estratégicos para el uso de BIM, y cómo estos se alinean con la misión y visión de la organización. La estrategia debe identificar cómo BIM agrega valor al trabajo de las personas, e incluir la difusión de cómo esto aumenta la competitividad de la organización.

b) Personas

Este pilar considera la definición de la estructura organizacional, y los roles y perfiles necesarios para desarrollar las acciones vinculadas a BIM. Esto incluye la inducción y capacitación BIM de las personas que participan en la organización, así como también la difusión de esta metodología.

c) Procesos

Se enfoca en entender cómo se realizan las actividades necesarias para crear o modificar productos y/o servicios a través de BIM, identificando los responsables y sus roles, y los flujos de información asociados. Las acciones vinculadas a este pilar buscan generar una mejora continua, y la gestión, seguimiento y control efectivo para el buen uso de todos los recursos.

d) Tecnología

Este pilar involucra los recursos tecnológicos (hardware y software) de apoyo para la realización de las actividades vinculadas a BIM. Los recursos tecnológicos deben estar alineados a las necesidades identificadas a través de los pilares de estrategia, personas y procesos.

Metodología

El proyecto se desarrolla basándose en la investigación y autoevaluación de la matriz de implementación BIM, a partir de la cual se determina el grado de madurez y las acciones en desarrollo y por implementar de la organización, con el fin de mejorar su competitividad y posición estratégica en el mercado de la Ingeniería Vial del país.

Inicialmente, se debe realizar una revisión de literatura exhaustiva, por medio de investigación cualitativa, definida como aquella que estudia la calidad de un determinado tema, el cual es analizado con sumo detalle. Dicha investigación es un procedimiento que utiliza palabras, textos e imágenes para construir un conocimiento de la realidad social y además es inductiva, debido a que comprende y desarrolla conceptos.

Por otro lado, el sujeto de información es definido por Barrantes como “todas aquellas personas físicas o corporativas que brindarán la información”. Los sujetos seleccionados para el primer objetivo establecido corresponden a estudiantes y profesionales que han realizado investigaciones sobre BIM en la Ingeniería Vial, con la finalidad de conocer los beneficios de su implementación y los proyectos en los que se ha utilizado a nivel nacional.

Hernández Sampieri et al. (2006) definen las fuentes primarias de la siguiente manera:

Constituyen el objeto de la investigación bibliográfica o revisión de la literatura y proporcionan datos

de primera mano, pues se trata de documentos que contienen los resultados de los estudios correspondientes. (p. 66)

Además, definen las fuentes de información secundaria como “listas, compilaciones y resúmenes de referencias o fuentes primarias publicadas en un área de conocimiento en particular (p. 66). Por lo que fueron utilizados artículos de revistas científicas, tesis y trabajos finales de graduación, como fuentes primarias y reportes, foros y páginas de internet como fuentes secundarias.

Una vez recaudada la información planteada anteriormente, para el cumplimiento del segundo objetivo, se realiza una investigación transversal, definida como un tipo de investigación observacional que analiza datos en un periodo de tiempo sobre una población, con el fin de analizar variables y extraer conclusiones sobre el comportamiento, ofreciendo resultados descriptivos.

Por lo que, se realiza una autoevaluación del grado de madurez de la organización con respecto a la metodología BIM, por medio de una matriz, la cual permite comprender cuánto se ha avanzado hacia una implementación exitosa, y a partir de esta generar un plan que permita disminuir las brechas en torno a sus actuales carencias.

La matriz está organizada en tres focos: planificar, implementar y mantener el uso de BIM dentro de la organización, basadas en cuatro pilares: estrategia, personas, procesos y tecnología. Para cada uno de los procesos de la empresa, se selecciona el porcentaje

que mejor refleje el nivel actual de avance, cada uno de estos será promediado y se entregará el porcentaje de madurez correspondiente a cada pilar y foco. Finalmente, el promedio de todos los valores genera un porcentaje que corresponde al nivel de madurez de implementación BIM de la organización, la cual considera 5 niveles, siendo el nivel 1 el más bajo y el 5 el más alto.

Finalmente, a partir de los datos obtenidos de la matriz, es posible conocer las acciones en desarrollo y también las necesarias a implementar por parte de la organización, identificando así cuáles acciones no están aplicando en torno a la implementación de la metodología BIM, con el fin de aumentar el nivel de madurez actual.

A partir de lo anterior, se propone un plan de acción BIM por medio de una guía estándar aplicable a los procesos de diseño realizados por la organización, identificando las acciones, responsables y tiempo necesarios, para ejecutar la planificación, implementación y mantenimiento de la metodología; por medio de una investigación aplicada, la cual recibe el nombre de investigación práctica o empírica, caracterizada por la aplicación de conocimientos adquiridos de una o varias áreas especializadas, con el fin de resolver problemas de forma práctica para el cumplimiento de objetivos.

El sujeto de información para los últimos dos objetivos corresponde al personal de la empresa INTRA Consultores, principalmente a los ingenieros de la Oficina de Diseño, quienes fueron los encargados de responder la encuesta de la autoevaluación mostrada en los apéndices y de brindar capacitaciones, con el fin de obtener una mejor perspectiva de la situación actual de la empresa y del desarrollo del proceso de diseño geométrico e hidráulico utilizando los softwares Ispol y Civil 3D.

Dentro de las fuentes primarias se encuentra la matriz de implementación BIM desarrollada por Planbim, iniciativa de Corfo, que tiene como objetivo la utilización de la metodología BIM para el desarrollo y operación de proyectos de edificación e infraestructura pública al año 2020 en Chile, así como toda aquella información obtenida durante el desarrollo de la autoevaluación con la ayuda de los sujetos de estudio. Además, para el desarrollo de esta investigación se utilizan como fuentes secundarias sitios en internet que complementan la gestión del conocimiento.

Resultados

Los resultados obtenidos en el presente proyecto se extraen de la investigación y autoevaluación de la matriz de implementación BIM, con el fin de conocer acciones en desarrollo y por implementar que requiere la organización y su respectivo plan de acción.

BIM en Ingeniería Vial

Actualmente, los proyectos de ingeniería vial se basan en su mayoría en métodos 2D tradicionales para el diseño, comprobación y transferencia de información, lo cual provoca ineficiencias en los proyectos, por lo que se buscan mejorar con la introducción de técnicas BIM que presentan información arqueológica, geológica, hidrológica, ambiental, geotécnica y afectación de servicios como: tuberías, electricidad, fibra óptica, oleoductos, postes, drenajes, cables, anclajes, etc; facilitando la elaboración de cambios, debido a la automatización del proyecto, conllevando al ahorro de tiempo y trabajos más eficientes y transparentes.

Por otro lado, el modelado virtual en 3D permite la creación de infraestructuras más reales, lo cual representa una mejora de la visualización, comprensión y comunicación, por lo que a partir de ello se podrán validar alternativas de optimización. En la etapa de construcción se ha evidenciado una disminución de los costos, debido a las mejoras en la planificación, consistencia, trazabilidad y mejora de la comunicación.

Definitivamente la metodología BIM aplicada a la ingeniería vial brinda mayor control de los elementos, ya que al contar con digitalizaciones se visualiza el diseño preliminar de la vía y su

interacción con el entorno, detectando problemas de diseño, superposiciones y posibles conflictos sociales incluso antes de la construcción real, por lo que se puede cambiar el trazado o las especificaciones con el fin de mitigar riesgos; además ofrecen la posibilidad de recrear simulaciones en tiempo real de estudios de tráfico, las cuales permiten generar evaluaciones preventivas en caso de requerirse ampliaciones y la verificación de las medidas de seguridad vial.

Proyectos en Costa Rica

En Costa Rica se estructuró un proyecto piloto financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para la construcción de la carretera San Gerardo de Chomes – Barranca, ubicada en la Ruta 1 (Interamericana Norte), siendo el primer proyecto horizontal en el que se implemente la metodología BIM en Latinoamérica; este constará de varias fases, la primera integrará información de calidad por medio de la modelación en 3D, posteriormente se tendrán controles de obra (4D) y de costos (5D), a partir de los cuales se generará un plan de obra integrado con los modelos BIM. Los datos obtenidos en este proyecto serán comparados con los del tramo Limonal – San Gerardo, el cual consta de las mismas especificaciones de diseño y se construirá simultáneamente, esto permitirá conocer los beneficios de BIM con respecto a un diseño tradicional.



Figura 4. Modelo BIM de Carretera San Gerardo de Chomes – Barranca.
Fuente: INECO, 2014.

Autoevaluación de la Matriz de Implementación BIM y Acciones en Desarrollo

Como se mencionó anteriormente, la matriz se basa en cuatro pilares y está organizada en tres focos: planificar, implementar y mantener el uso de BIM.

a) Estrategia

Su nivel actual de avance es del 31%, ya que la organización aún no logra desarrollar las acciones mínimas requeridas para implementar una estrategia BIM, la que nunca ha sido propuesta o internalizada en la cultura organizacional.

b) Personas

Su nivel actual de avance es del 49%, pues la empresa a pesar de contar con personas que tienen las competencias mínimas requeridas aún no logra desarrollar todos los roles necesarios que aseguren una adecuada implementación de BIM.

c) Procesos

Su nivel actual de avance es del 42%, debido a que la organización cuenta con metodologías formales para documentar los procesos críticos, e identifica las principales contingencias de manejo de información, lo que permite comprender como BIM puede ayudar a mitigar o eliminarlas.

Existen varias metodologías que ayudan a realizar gestión sobre el plan de implementación, la gestión del cambio, la mejora continua y otros elementos claves, pero aún no alcanza para asegurar una adecuada implementación de BIM.

d) Tecnología

Su nivel actual de avance es del 48%, porque la empresa cuenta ya con recursos tecnológicos de información formales para documentar los procesos críticos, e identificar los Usos de BIM necesarios para mejorarlos, así como algunos recursos de apoyo a la gestión complementarios, incluyendo algunos propios de las tecnologías BIM.

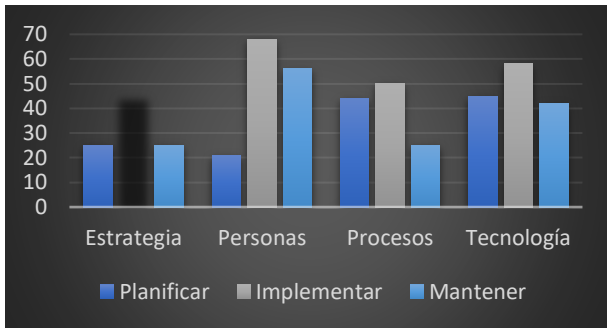


Figura 5. Nivel de Implementación de las Acciones en los Cuatro Pilares.
Fuente: Autoría Propia.

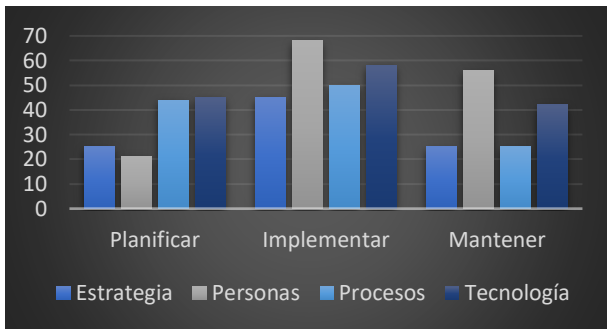


Figura 6. Nivel de Implementación de las Acciones en los Tres Focos.
Fuente: Autoría Propia.

Nivel de Madurez de la Implementación BIM

Cada uno de los niveles de avance fueron promediados y se generó el porcentaje de madurez correspondiente a cada pilar y foco, a partir de los cuales se concluye que la organización se encuentra en el nivel 3, con un 42% de implementación BIM.

Plan de Acción BIM

Estructura de Trabajo

Planificación:

En primer lugar, se inicia con la fase de planificación, en la que se definen los roles BIM necesarios y un plan de capacitación, así como comunicar las acciones planificadas y sus responsables. Un rol BIM es una función que se ejerce en alguna etapa de desarrollo y operación de un proyecto, los cuales permiten consensuar el lenguaje común, diferenciar las responsabilidades de cada participante, fomentar la enseñanza de la

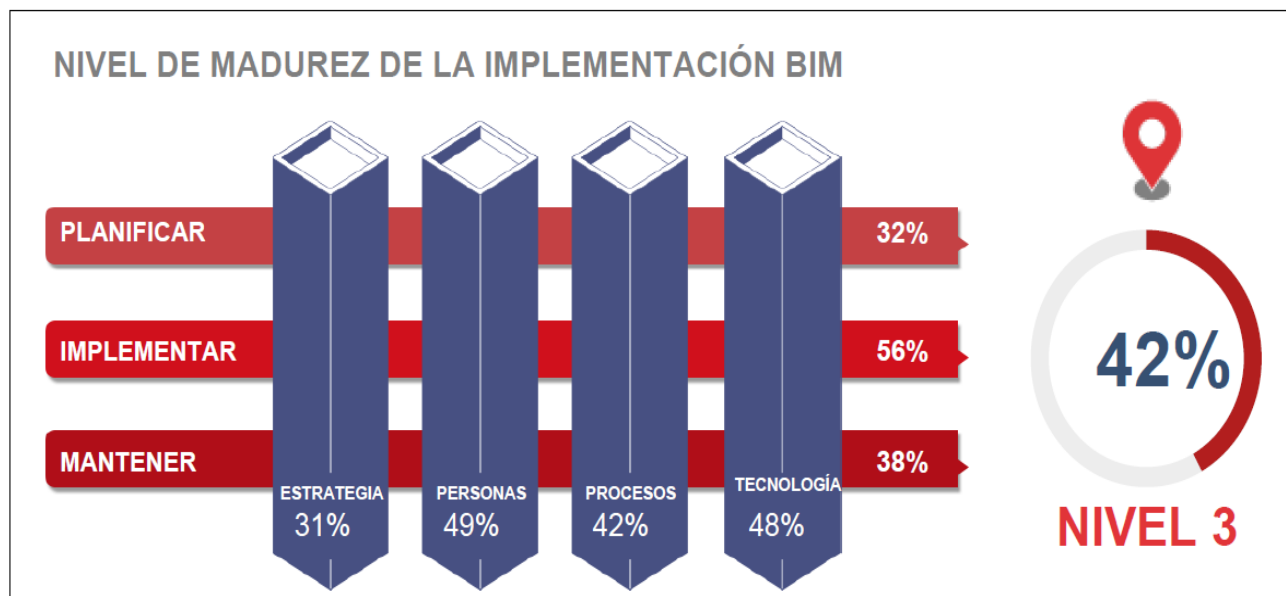


Figura 7. Nivel de Madurez de la Implementación BIM.
Fuente: PlanBim.

metodología BIM y guiar a las organizaciones. Por lo que será necesario establecer varios roles, entre ellos podemos citar: el rol Dirección en BIM, quien es responsable de liderar y fomentar la implementación de BIM en la organización, de acuerdo con las necesidades, estrategias y toma de decisiones relativas a proyectos e inversiones.

Las personas en este rol deben tener experiencia previa en gestión estratégica de proyectos y/o de organizaciones y liderazgo. Por otro lado, el Revisor BIM, se encarga de visualizar y verificar la información geométrica y no geométrica de los modelos desarrollados con base en esta metodología. Quienes se encarguen de este rol deben tener conocimiento sobre los objetivos técnicos y normativos del tipo de proyecto, especialidad y etapa a revisar. Además, deben contar con competencias en algunas de las siguientes responsabilidades: fiscalización, validación, auditoría, control, desarrollo y/o ejecución con base en la información obtenida de un proyecto.

El modelador BIM deberá desarrollar modelos BIM de proyectos según la especialidad, utilizando diferentes tipos de representación y extracción de la documentación técnica de ellos. Adicionalmente, debe dominar el intercambio de la información en diferentes formatos, modelar los elementos agregando o actualizando la información requerida, creando y utilizando entidades. Las personas en este rol deben tener conocimiento y competencias sobre los objetivos técnicos y normativos del tipo de proyecto, especialidad y etapa a modelar.

El rol de Coordinación BIM es responsable de desarrollar la integración y promover el flujo de información entre los diferentes actores, también debe integrar y validar modelos de distintas especialidades, prever conflictos, conciliar soluciones, comunicarse con los especialistas para recopilar información y organizar sesiones de coordinación entre las disciplinas, entre otras tareas. Los coordinadores son el principal punto de contacto entre los modeladores, por lo que deben tener conocimiento y competencias sobre el

desarrollo de proyectos, los objetivos técnicos y normativos del tipo de proyecto, especialidad y etapa a coordinar, además de experiencia en liderazgo de equipos.

Finalmente, la Gestión en BIM se encarga de liderar la planificación, desarrollo y administración de los recursos humanos y tecnológicos para la implementación y actualización de la metodología BIM en una organización, un proyecto o en la administración de un activo. Debe definir el entorno de modelación, los estándares que se usarán, los modelos que se crearán, entre otros puntos. Los gestores BIM son el contacto con los gerentes del proyecto y con los diversos coordinadores, por lo que deben tener competencias en alguna de las siguientes responsabilidades: estandarización y optimización de procesos tecnológicos, planificación y administración de proyectos, operación y mantenimiento de activos, además de experiencia en liderazgo de equipos.

Seguidamente, se debe formalizar la estrategia BIM, definiendo objetivos estratégicos para el uso de esta metodología, los cuales deberán alinearse con la misión y visión de la organización, además se deberán reconocer y planificar los procedimientos claves que deben incorporar BIM, sus contingencias actuales y oportunidades de mitigación.

Por otro lado, será necesario comunicar, medir y controlar en forma continua el avance de la documentación y análisis de dichos procedimientos críticos y establecer el alcance, trabajo colaborativo y los recursos tecnológicos necesarios para la visualización y registro de procesos, así como definir los responsables de documentarlos; lo cual permitirá identificar como BIM agrega valor al trabajo de las personas y aumenta la competitividad de la empresa.

Otro punto importante que se debe tener en consideración, es que se deben determinar cuáles son los Usos BIM que solucionan las contingencias relacionadas con el manejo de la información de los procedimientos críticos, actualmente, se identifican

25 Usos BIM, los cuáles son métodos de aplicación de BIM durante el ciclo de vida de una edificación o infraestructura para alcanzar uno o más objetivos específicos y sirven para explicar las diferentes formas en que las partes interesadas del proyecto podrán utilizar BIM. En la siguiente figura se pueden observar cuales son los Usos BIM establecidos por el Estándar BIM, determinados por Planbim, los cuáles se encuentran desarrollados en los anexos:

siendo un apoyo en la gestión y producción de información durante el ciclo de vida de los activos construidos cuando se utiliza BIM, la ISO 19650-2 es un documento diseñado para permitir que una parte contratante establezca sus requisitos de información durante la fase de desarrollo de los activos, el cual se aplica a activos construidos y a proyectos u obras de construcción de cualquier tamaño y complejidad, incluidos grandes proyectos

Planificación	Diseño	Construcción	Operación
1. Levantamiento de condiciones existentes			
2. Estimación de cantidades y costos			
3. Planificación de fases			
4. Análisis del cumplimiento del programa espacial (zonificación)			
5. Análisis de ubicación			
6. Coordinación 3D			
	7. Diseño de especialidades		
	8. Revisión de diseño		
	9. Análisis estructural		
	10. Análisis lumínico		
	11. Análisis energético		
	12. Análisis mecánico		
	13. Otros análisis de ingeniería		
	14. Evaluación de sustentabilidad		
	15. Validación normativa		
		16. Planificación de obra	
		17. Diseño sistemas constructivos	
		18. Fabricación digital	
		19. Control de obra	
		20. Modelación as-Built	
			21. Gestión de activos
			22. Análisis de sistemas
			23. Mantenimiento preventivo
			24. Gest. y seguimiento de espacios
			25. Plan. y gestión de emergencias

Figura 8. 25 Usos BIM
Fuente: PlanBim.

Existe una estrecha relación entre la cantidad de Usos solicitados y la cantidad de recursos necesarios para su utilización en el proyecto, además existen Usos que requieren más recursos que otros, por lo que es importante acotar cuáles Usos BIM son necesarios y asegurar que, a través de estos, el proveedor realmente pueda cumplir los objetivos propuestos.

A su vez, se deben definir capacitaciones de las competencias necesarias a desarrollar según cada rol, así como seleccionar estándares y protocolos como las Normas ISO de BIM, entre las que se pueden mencionar: ISO 19650-1, la cual establece los conceptos y principios recomendados para los procesos de negocio en el sector de la información,

de desarrollo, redes de infraestructura, edificios individuales e infraestructuras y la ISO 12006-2, define un marco para el desarrollo de sistemas de clasificación de entornos construidos; además identifica un conjunto de títulos de clasificación recomendados para un rango de clases de objetos de información de acuerdo con vistas particulares, por ejemplo, por forma o función, respaldadas por definiciones.

Implementación:

Luego de la fase de planificación, se procede a la implementación, en la cual se deben modelar procesos claves de la organización, utilizando los recursos tecnológicos seleccionados, en este caso en específico se utilizan los softwares: Istram para el diseño geométrico y Civil 3D para el diseño hidráulico. Será necesario gestionar el cambio organizacional, con el fin de reconocer los escenarios de adopción y resistencia al cambio de las personas; por lo que se deben incorporar posibles mecanismos de estímulo y reconocimiento y una revisión y mejora permanente, lo que permita asegurar un manejo de los escenarios de resistencia al cambio actuales, o adaptarse a los posibles cambios en el tiempo, producto de innovaciones, adecuaciones normativas o cambios en la estrategia.

Seguidamente se determinarán cuáles son los datos que se requieren en cada implementación o proyecto y cuáles son los criterios para la revisión y validación de ellos, con el fin de establecer cuál es el momento más adecuado de hacerlo y asegurar el cumplimiento de los requerimientos definidos. Solo entonces, la organización estará en condiciones de medir y controlar en forma continua el cumplimiento de las necesidades específicas de BIM solicitadas, para mejorar los actuales procesos, y así focalizar los esfuerzos y darle un sentido productivo a la implementación de BIM, lo cual les permitirá desarrollar un documento estándar para el Plan de Ejecución BIM, de acuerdo con cada proyecto.

Finalmente, se deben desarrollar estrategias de implementación y pilotaje de proyectos, instalar competencias para desarrollar efectivamente el trabajo colaborativo, garantizando la interoperabilidad de la información y reformular los procesos actuales para incorporar BIM.

Mantenimiento:

Se procede a la fase de mantenimiento, con el fin de desarrollar métodos para medir los impactos proyectados e implementar mecanismos de control, alerta y respuesta cuando los resultados exceden en un rango de tolerancia permitido. Por lo que, será necesario definir los indicadores a medir para verificar el cumplimiento de los objetivos, establecer una metodología para medir y controlar la implementación de BIM y evaluar el desempeño y las responsabilidades de las personas.

Además, de gestionar la mejora continua, enfocándose en promover iniciativas para la búsqueda, presentación, justificación y desarrollo de planes de mejora permanente en los procesos vigentes; por lo que se deberá revisar y actualizar la estrategia de implementación de BIM, con base en los resultados objetivos, reconocer, documentar y comunicar las lecciones aprendidas y buenas prácticas de los proyectos realizados a los colaboradores, investigar e incorporar nuevas metodologías alineadas a los objetivos de la empresa, así como actualizar o rediseñar las metodologías, recursos tecnológicos, procesos y su documentación.

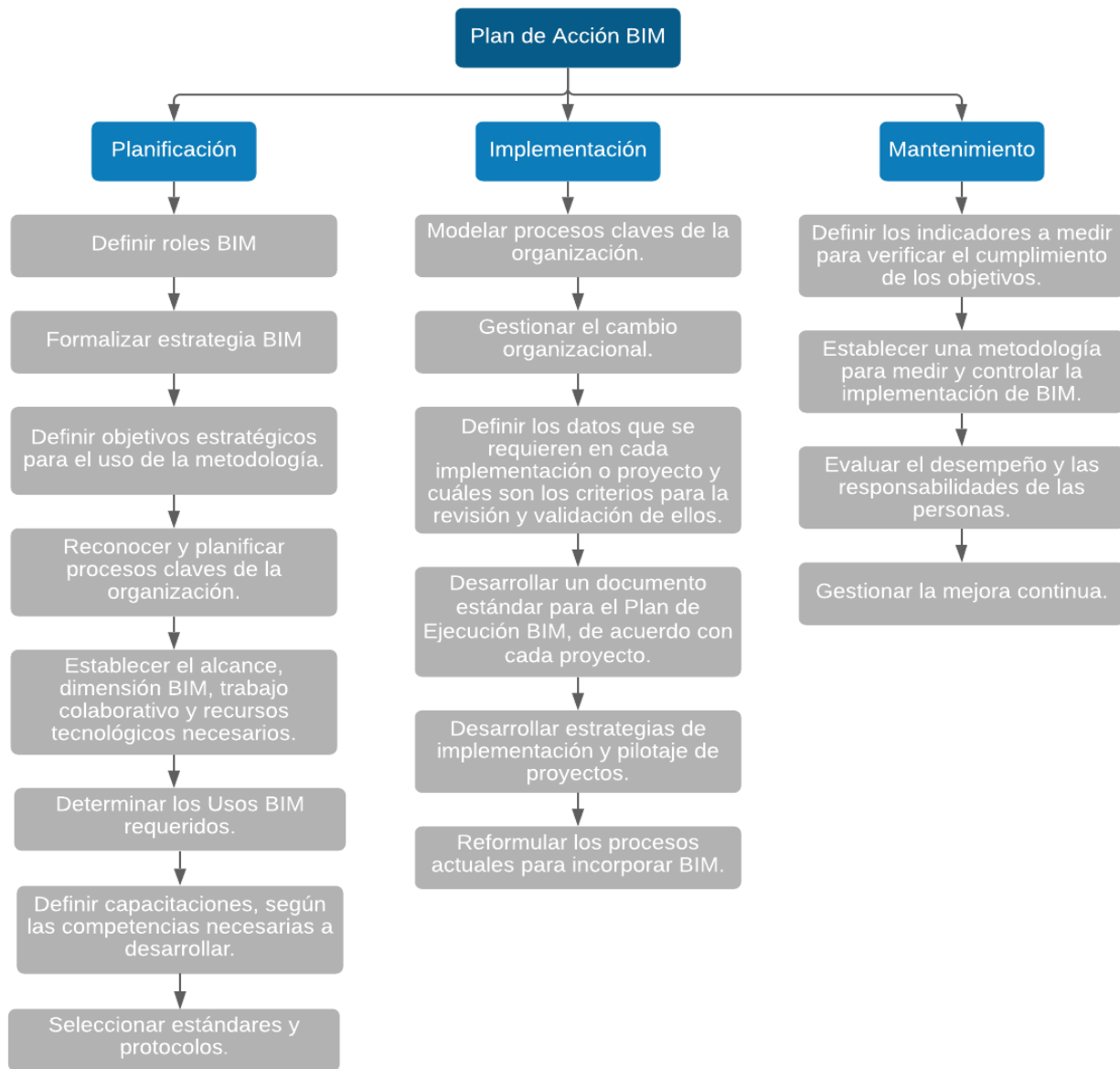



Figura 8. Estructura de Trabajo del Plan de Acción BIM.
Fuente: Autoría Propia, utilizando Lucidchart.

Responsables

Cuadro 1. Responsables del Plan de Acción BIM.

Responsables del Plan de Acción BIM		
Acción	Encargados	
Planificación		
Definir roles BIM.	Talento Humano	
Formalizar la estrategia BIM.	Dirección en BIM	
Definir objetivos estratégicos para el uso de la metodología.	Dirección en BIM	
Reconocer y planificar procesos claves de la organización.	Dirección en BIM	
Establecer el alcance, dimensión BIM, trabajo colaborativo y recursos tecnológicos necesarios.	Gestión en BIM	
Determinar los Usos BIM requeridos.	Gestión en BIM	
Definir capacitaciones, según las competencias necesarias a desarrollar.	Gestión en BIM	
Seleccionar estándares y protocolos.	Gestión en BIM	
Implementación		
Modelar procesos claves de la organización.	Modelación en BIM	
Gestionar el cambio organizacional.	Gestión en BIM	
Definir los datos que se requieren en cada implementación o proyecto y cuáles son los criterios para la revisión y validación de ellos.	Revisión en BIM	
Desarrollar un documento estándar para el Plan de Ejecución BIM, de acuerdo con cada proyecto.	Gestión en BIM	
Desarrollar estrategias de implementación y pilotaje de proyectos.	Dirección en BIM	
Reformular los procesos actuales para incorporar BIM.	Dirección en BIM	
Mantenimiento		
Definir los indicadores a medir para verificar el cumplimiento de los objetivos.	Coordinación en BIM	
Establecer una metodología para medir y controlar la implementación de BIM.	Dirección en BIM	
Evaluar el desempeño y las responsabilidades de las personas.	Gestión en BIM	
Gestionar la mejora continua.	Gestión en BIM	

Fuente: Autoría Propia, utilizando Excel.

Cronograma

Para el caso de la definición del cronograma, se determinó la semana laboral de 5 días, de lunes a viernes, con una jornada de 8 horas diarias.

	Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1		Inicio	0 días	lun 25/01/21	lun 25/01/21
2		▸ Planificación	70 días	lun 25/01/21	vie 30/04/21
3		Definir roles BIM.	5 días	lun 25/01/21	vie 29/01/21
4		Formalizar la estrategia BIM.	10 días	lun 01/02/21	vie 12/02/21
5		Definir objetivos estratégicos para el uso de la metodología.	10 días	lun 15/02/21	vie 26/02/21
6		Reconocer y planificar procesos claves de la organización.	10 días	lun 01/03/21	vie 12/03/21
7		Establecer el alcance, dimensión BIM, trabajo colaborativo y recursos tecnológicos necesarios.	10 días	lun 15/03/21	vie 26/03/21
8		Determinar los Usos BIM requeridos.	5 días	lun 29/03/21	vie 02/04/21
9		Definir capacitaciones, según las competencias necesarias a desarrollar.	15 días	lun 05/04/21	vie 23/04/21
10		Seleccionar estándares y protocolos.	5 días	lun 26/04/21	vie 30/04/21
11		▸ Implementación	160 días	lun 03/05/21	vie 10/12/21
12		Modelar procesos claves de la organización.	20 días	lun 03/05/21	vie 28/05/21
13		Gestionar el cambio organizacional.	30 días	lun 31/05/21	vie 09/07/21
14		Definir los datos que se requieren en cada implementación o proyecto y cuáles son los criterios para la revisión y validación de ellos.	20 días	lun 12/07/21	vie 06/08/21 19:00
15		Desarrollar un documento estándar para el Plan de Ejecución BIM, de acuerdo con cada proyecto.	30 días	lun 09/08/21	vie 17/09/21
16		Desarrollar estrategias de implementación y pilotaje de proyectos.	30 días	lun 20/09/21	vie 29/10/21
17		Reformular los procesos actuales para incorporar BIM.	30 días	lun 01/11/21	vie 10/12/21
18		▸ Mantenimiento	90 días	lun 13/12/21	vie 15/04/22
19		Definir los indicadores a medir para verificar el cumplimiento de los objetivos.	15 días	lun 13/12/21	vie 31/12/21
20		Establecer una metodología para medir y controlar la implementación de BIM.	30 días	lun 03/01/22	vie 11/02/22
21		Evaluar el desempeño y las responsabilidades de las personas.	15 días	lun 14/02/22	vie 04/03/22
22		Gestionar la mejora continua.	30 días	lun 07/03/22	vie 15/04/22
23		Fin	0 días	vie 15/04/22	vie 15/04/22

Figura 9. Cronograma del Plan de Acción BIM.
Fuente: Autoría Propia, utilizando Project.

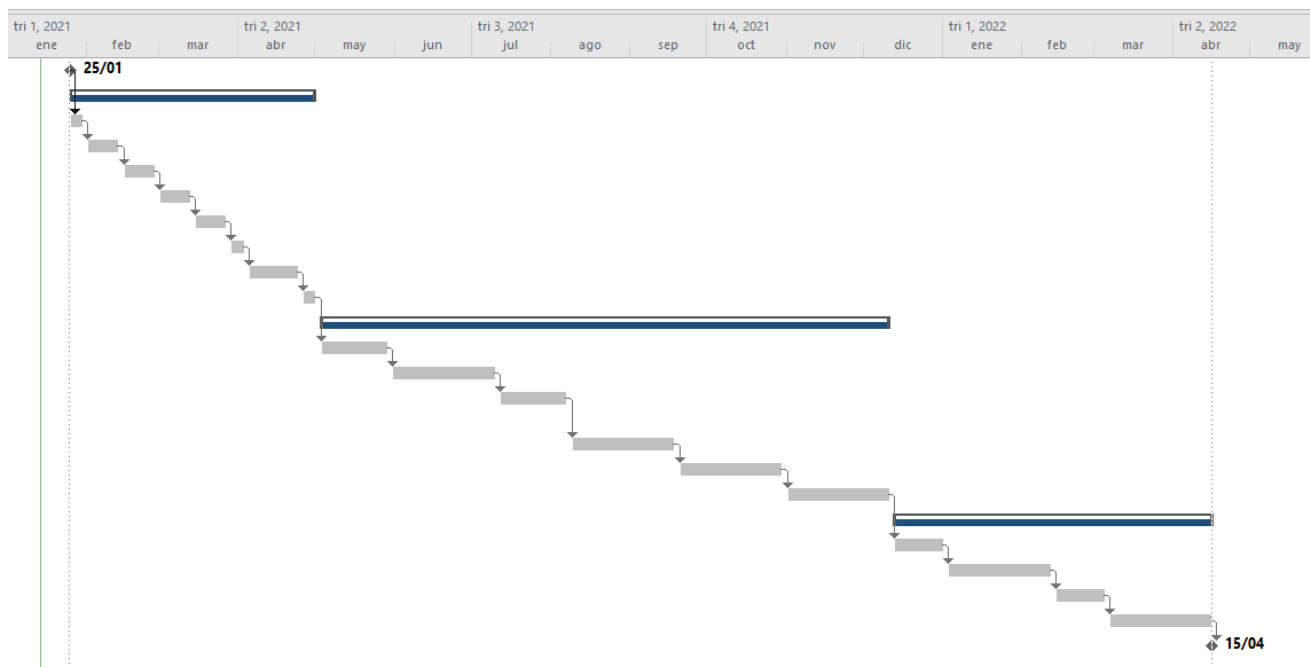


Figura 10. Diagrama de Gantt del Plan de Acción BIM.
Fuente: Autoría Propia, utilizando Project.

Análisis de Resultados

Actualmente, la organización utiliza dos softwares con módulos BIM para los procesos de diseño geométrico e hidráulico: Istram y Civil 3D, el primero de ellos permite la representación virtual de cualquier geometría generada, ofreciendo al usuario, casi al instante, un escenario con su proyecto ya preparado para obtener resultados, el cual puede ser actualizado continuamente con nuevos cálculos, ofreciendo la posibilidad de valorar en 3D el diseño efectuado.

Por otro lado, Civil 3D contiene herramientas que brindan una solución de diseño y documentación para la ingeniería civil, pues admite flujos de trabajo BIM que permiten acelerar las tareas de diseño, análisis e implementación de cambios. Además, es posible evaluar alternativas y optimizar el rendimiento del proyecto, así como realizar seguimiento de vehículos para comprobar que el diseño planteado pueda ser transitado por todos los vehículos de diseño planteados, verificando los radios de giro y anchos de calzada.

Dichos softwares le permiten a la empresa el modelado virtual en 3D y mayor control de los elementos, debido a que pueden visualizar el diseño preliminar de la vía y su interacción con el entorno, sin embargo, requieren de capacitaciones para aprovechar al máximo las herramientas con las que cuentan y así comenzar a desarrollar adecuadamente un modelo BIM, optimizando costos y facilitando la gestión de los proyectos.

Además, a pesar de que se centraliza la información del proyecto en un modelo de información digital creado por distintos colaboradores, el intercambio de datos no se realiza por medio de una plataforma colaborativa en la nube (CDE) a la que pueden acceder todos los miembros que forman parte del desarrollo del proyecto para compartir información, por lo que no cuentan con acceso a la información en cualquier momento y lugar, lo cual puede provocar pérdidas de información o tiempos muertos debido a que no todas las áreas cuentan con las últimas versiones de los modelos y deben actualizarse.

Con respecto a la autoevaluación de la matriz de implementación BIM, analizando el primer pilar, correspondiente a la Estrategia, en cuanto a sus focos, en Planificación, existe una primera versión coherente de la estrategia BIM, fomentando el trabajo colaborativo. Por otro lado, en Implementación, existe una comprensión básica acerca del estado actual de la metodología BIM, con lo que se comienza a verificar la existencia de brechas de los procesos actuales, aunque aún no se han priorizado las acciones, costos y plazos para incorporar a un plan de implementación adecuado. Finalmente, en Mantenimiento, ya se identifican los riesgos y oportunidades de mejora posibles, pero aún no se gestionan integralmente, existiendo solo un plan de gestión del cambio inicial que no todos conocen.

Seguidamente, estudiando los focos del pilar Personas, en Planificación, ya existe una estrategia comunicacional para facilitar la implementación BIM, y se han definido los canales más adecuados para comunicarla, así como los roles y competencias mínimas necesarias a desarrollar en un plan de capacitación, y los roles responsables y/o un presupuesto adecuado para ejecutarlo. Existe también un plan de gestión del cambio, claramente comunicado a quienes deben identificar y gestionar a las personas involucradas en la implementación de BIM.

Por otro lado, en Implementación, se cuenta con una definición clara de las competencias necesarias para levantar, documentar y actualizar los procesos claves priorizados de BIM, y como estos pueden desarrollar y responder a un Plan de Implementación BIM. Finalmente, en Mantenimiento, se definen indicadores claros para la incorporación de BIM. Además, se documentan las lecciones aprendidas y las buenas prácticas de cada proyecto, aunque aún no se utilizan para generar mejoras en todas las metodologías utilizadas.

Al analizar los focos del pilar Proceso, en Planificación, se han establecido estrategias de trabajo colaborativo, y no existe una planificación centralizada de las acciones requeridas, por lo que no se integra los datos, procesos y sistemas de la empresa. Se comienza a comprender la importancia de la gestión de los cambios en los procesos y las personas involucradas, pero aun sin políticas claras que fomenten el reconocimiento y las acciones de refuerzo permanente. Por otra parte, en Implementación, se ha formalizado una metodología para asegurar un adecuado levantamiento y documentación de aquellos procesos donde las contingencias pueden ser mitigadas con BIM, y que son los que permiten rediseñar dichos procesos mediante el uso de estándares y documentación BIM que fomentan el uso interoperable de la información.

Finalmente, en Mantenimiento, no se ha formalizado una metodología para verificar el avance de la implementación de BIM, así como para mantener actualizados y mejorar todas las otras metodologías utilizadas para gestionar el rediseño de los procesos o su documentación, mediante el uso de lecciones aprendidas, buenas prácticas o investigación de nuevas tendencias.

Por último, al estudiar el pilar tecnología, en cuanto a sus focos, en Planificación, formalmente se comienzan a utilizar recursos tecnológicos de información que ayudan a visualizar la estrategia y comprender los beneficios de BIM, aunque aún no se mide y controla el impacto de dichos recursos. Esto también se cumple para los recursos que ayudan a planificar la incorporación de BIM, los que garantizan la interoperabilidad de la información o los que ayudan a la gestión de la cultura organizacional.

Por otro lado, en Implementación, existe una definición y uso de recursos tecnológicos de información, en forma centralizada, para visualizar y documentar los procesos críticos en la organización, y ya se logra seleccionar, adquirir y utilizar otras tecnologías de apoyo para la implementación de los Usos BIM, pero aún no se evalúan ni generan oportunidades de mejora efectiva. Finalmente, en Mantención, ya se han identificado algunos logros y resultados de la implementación BIM, pero no se han evaluado los impactos reales de estos, por falta de apoyo de un sistema integrado de gestión para analizar la información obtenida. De esta manera, se ha comenzado a evaluar la necesidad de incorporar nuevos recursos tecnológicos, y que estos estén alineados con los objetivos de la organización y/o a innovaciones que están siendo investigadas.

A la fecha, la organización ya identifica el valor agregado de la implementación de BIM para el cumplimiento de sus objetivos, así como al menos un conjunto inicial y básico de acciones en cada uno

de los pilares fundamentales de BIM, aunque aún existe una oportunidad de profundizar en ellos. Además, se han detectado posibles escenarios de adopción de BIM más adecuados para el cumplimiento de los objetivos. También se han definido cuales son los procesos claves de la organización que deben incorporar BIM, documentándolos o actualizándolos, y determinado cuáles son las contingencias actuales que en ellos existen, y las oportunidades de mitigación que ofrece BIM.

Es destacable que se ha logrado definir y desplegar estrategias que permiten probar los cambios realizados en los procesos claves intervenidos, y poner en marcha la gestión interoperable de la información y el uso de plataformas tecnológicas BIM de apoyo, realizando difusión al resto de la organización de todas las modificaciones y necesidades de información incorporadas por BIM en los procesos claves, asegurando su uso y comprensión en la generación de valor agregado y mejora de los procesos actuales. Ya se han definido los indicadores clave y los resultados que se deben medir y controlar, y las metas asociadas al cumplimiento del plan de implementación.

El Plan de Acción surge con el objetivo de que sirva a la empresa como guía para la elaboración de los distintos Planes de Ejecución BIM (PEB), pues sin estos no se puede garantizar la calidad y fiabilidad de un modelo BIM, es decir no hay BIM sin metodología; debido a que actualmente la empresa está encargada del diseño de los Centros de Control Fronterizos Peñas Blancas y Las Tablillas, el cuál debe estar basado en un PEB, por lo que será necesario el uso de la metodología BIM para su gestión; pues debe entregarse un modelo único relacional BIM 5D de todas las áreas involucradas.

Además, debido a que la mayoría de proyectos que desempeña la empresa son licitatorios, en el mes de febrero del año 2020 se expuso la Estrategia Nacional BIM Costa Rica, cuyo objetivo es alentar el desarrollo del sector de la construcción, mejorar la ejecución de obra pública, dar mayor transferencia a los procesos licitatorios y contribuir

en la optimización del mantenimiento y operación; por lo que tener conocimiento de la metodología e implementarla será primordial para mejorar la competitividad y posición estratégica en el mercado de la ingeniería vial del país.

Por lo que, su principal función será detallar las estrategias y acciones a ser adoptadas, buscando alcanzar el objetivo de la empresa de incorporar BIM al diseño de sus proyectos. El Plan de Acción BIM se realiza a la medida, pues está basado en las acciones por implementar arrojadas en la autoevaluación generada y cuenta con información teórico-práctica suficiente para que tenga un panorama claro de todo lo que involucra.

A pesar de que el objetivo general es la implementación de la metodología, es necesario que el primer paso de esta sea la planificación, con el fin de fomentar que la organización comprenda el valor agregado de BIM en el cumplimiento de sus objetivos, comprometiéndose en su éxito. Además, también se plantea la etapa de mantenimiento, debido a que la mejora continua debe ser uno de los pilares básicos de una empresa, por lo que se busca corregir errores y reforzar los aciertos para aumentar la eficiencia del plan.

Con la distribución de la estructura de trabajo en una planilla con los roles BIM, el plan de acción sirve para facilitar la visualización de las distintas responsabilidades de los participantes, consensuar el lenguaje común, fomentar la enseñanza de la metodología BIM y guiar a la empresa a identificar en qué etapa se encuentran. Por otro lado, por medio del cronograma planteado es posible entender cuál es el camino por recorrer y cuánto tiempo hay disponible para cada una de las acciones planteadas.

Conclusiones

- De acuerdo con la investigación realizada y con la creación de la Estrategia Nacional BIM Costa Rica, se visualiza que BIM, llegará a ser una tecnología indispensable, por lo que las empresas constructoras deberán ir migrando y tomando previsiones para el cambio.
- La empresa utiliza recursos tecnológicos de información que ayudan a visualizar la estrategia, planificar la incorporación de la metodología y comprender los beneficios de BIM, pero no se controla el impacto de estos, lo cual afecta la interoperabilidad y gestión de la cultura organizacional.
- El intercambio de datos no se realiza por medio de una plataforma colaborativa en la nube (CDE) a la que pueden acceder todos los miembros que forman parte del desarrollo del proyecto.
- Se cuenta con una estrategia comunicacional y definición clara de las competencias necesarias para levantar, documentar y actualizar los procesos claves, los cuales se alinean con la estrategia vigente, logrando potenciar el trabajo colaborativo.
- Actualmente se documentan las lecciones aprendidas y buenas prácticas de cada proyecto, sin embargo, no se utilizan para generar oportunidades de mejora efectiva, mediante el uso de otras tecnologías de apoyo para la implementación.
- Se han identificado algunos logros y resultados de la implementación BIM, pero no se han evaluado sus impactos reales, por falta de apoyo de un sistema integrado de gestión para analizar la información obtenida.
- También se han definido cuales son los procedimientos claves de la organización que deben incorporar BIM, documentándolos o actualizándolos, y determinado cuáles son las contingencias actuales que en ellos existen, y las oportunidades de mitigación que ofrece BIM.
- El Plan de Acción BIM se realiza a la medida, pues está basado en las acciones por implementar arrojadas en la autoevaluación generada y cuenta con información teórico-práctica suficiente para que la empresa tenga un panorama claro de todo lo que involucra.
- Los roles BIM sugeridos van a permitir dirigir la implementación y fomentar la metodología a los demás miembros de la organización.
- De acuerdo con el cronograma propuesto, el Plan de Acción tendrá una duración de 320 días, finalizando el 15 de abril de 2022.
- A través de la implementación del Plan de Acción que se desarrolló para la empresa, se espera mejorar su competitividad y posición estratégica en el mercado de la Ingeniería Vial del país.

Recomendaciones

- Se recomienda contar con una plataforma colaborativa en la nube como la única fuente de información para los proyectos, la cual debe utilizarse para recopilar, gestionar y difundir toda la información del proyecto ya sea en formato BIM o en un formato de datos convencional.
- Se recomienda formalizar la estrategia BIM, definiendo objetivos estratégicos para el uso de esta metodología.
- Se recomienda controlar en forma continua el alcance, trabajo colaborativo y los recursos tecnológicos necesarios para la visualización y registro del proceso de diseño.
- Se recomienda definir un plan de capacitación, según las competencias necesarias a desarrollar, para dar a conocer las responsabilidades de cada colaborador, fomentar la enseñanza de la metodología BIM y guiar a la organización.
- Se recomienda profundizar en el conjunto de acciones necesarias para ejecutar una implementación exitosa y desarrollar acciones complementarias que faciliten dicha implementación y se potencien al interior de la organización.
- Se recomienda gestionar el cambio organizacional, incorporando posibles mecanismos de estímulo y reconocimiento, con el fin de asegurar un manejo de los escenarios de resistencia al cambio actuales, o adaptarse a los posibles cambios en el tiempo.
- Se recomienda definir los indicadores a medir para verificar el cumplimiento de los objetivos, establecer una metodología para medir y controlar la implementación de BIM y evaluar el desempeño y las responsabilidades de las personas.
- Se recomienda que, una vez establecida la estrategia, la dirección BIM deberá revisarla y actualizarla constantemente, con base en los nuevos objetivos de la organización.
- Finalmente se deben investigar e incorporar nuevas metodologías alineadas a los objetivos de la empresa, así como actualizar o rediseñar los procesos y su documentación, gestionando la mejora continua.

Apéndices

A continuación, se adjunta la autoevaluación de la matriz de implementación BIM aplicada a la empresa, la cual se divide en los siguientes grupos de acciones:

1. Definir los beneficios BIM.
2. Planificar y priorizar acciones.
3. Gestionar el cambio organizacional.
4. Levantar y documentar procesos claves.
5. Determinar la información a incorporar en BIM.
6. Implementar acciones BIM.
7. Medir y controlar la incorporación y utilización de BIM.
8. Gestionar la mejora continua.

Apéndice 1. Respuestas del Grupo de Acciones 01 de la Autoevaluación.

GRUPO DE ACCIONES 01

DEFINIR LOS BENEFICIOS DE BIM	34%
Fomentar que la organización comprenda el valor agregado de BIM en el cumplimiento de sus objetivos y el aumento de productividad, comprometiéndose con su éxito.	
A continuación, se indica el grado de avance de su Organización en las acciones autoevaluadas:	
EN EL PILAR DE LA ESTRATEGIA	
• Se ha desarrollado una estrategia de implementación BIM, entendiendo que es una metodología de trabajo colaborativo.	25%
• Se han definido los objetivos, alcances y recursos generales asociados a BIM.	0%
• Se ha alineado a los tomadores de decisión en torno a la estrategia.	25%
EN EL PILAR DE LAS PERSONAS	
• Se han definido y utilizado canales para comunicar la estrategia de implementación de BIM.	0%
• Se ha definido y utilizado una estrategia comunicacional para la implementación de BIM.	50%
EN EL PILAR DE LOS PROCESOS	
• Se han definido y utilizado metodologías para establecer estrategias de trabajo colaborativo.	75%
EN EL PILAR DE LA TECNOLOGÍA	
• Se han definido y utilizado recursos tecnológicos de información que ayudan a visualizar la estrategia.	75%
• Se han definido y utilizado recursos tecnológicos de información que ayudan a medir los beneficios de BIM.	25%

Apéndice 2. Respuestas del Grupo de Acciones 02 de la Autoevaluación.

GRUPO DE ACCIONES 02

PLANIFICAR Y PRIORIZAR ACCIONES	38%
<p>Generar acciones para evaluar el estado actual de la organización en cuanto a los cuatro pilares de BIM y desarrollar un plan de implementación consistente con las restricciones y oportunidades identificadas.</p> <p>A continuación, se indica el grado de avance de su Organización en las acciones autoevaluadas:</p>	
EN EL PILAR DE LA ESTRATEGIA	
<ul style="list-style-type: none"> Se ha diagnosticado y se comprende el estado actual de la implementación de BIM en la organización. 	50%
<ul style="list-style-type: none"> Se han definido las brechas actuales de la implementación de BIM en la organización. 	25%
<ul style="list-style-type: none"> Se han priorizado las acciones, costos y plazos del plan de implementación de BIM en la organización. 	25%
EN EL PILAR DE LAS PERSONAS	
<ul style="list-style-type: none"> Se han definido los roles BIM necesarios, sus competencias, y un plan de capacitación, incluyendo plazos y presupuesto. 	25%
<ul style="list-style-type: none"> Se han comunicado las acciones planificadas y sus responsables. 	25%
EN EL PILAR DE LOS PROCESOS	
<ul style="list-style-type: none"> Se han definido y utilizado metodologías de planificación y priorización de las acciones, integrando en ellas los datos, procesos y sistemas de la organización. 	25%
EN EL PILAR DE LA TECNOLOGÍA	
<ul style="list-style-type: none"> Se han definido y utilizado recursos tecnológicos de información que ayudan a realizar la planificación. 	50%
<ul style="list-style-type: none"> Se han definido recursos tecnológicos de información BIM que garantizan la interoperabilidad de la información al momento de su uso. 	75%

Apéndice 3. Respuestas del Grupo de Acciones 03 de la Autoevaluación.

GRUPO DE ACCIONES 03

GESTIONAR EL CAMBIO ORGANIZACIONAL	21%
Reconocer los escenarios de adopción y resistencia, de las personas, a los cambios, y desarrollar permanentemente planes integrados para abordarlos.	
A continuación, se indica el grado de avance de su Organización en las acciones autoevaluadas:	
EN EL PILAR DE LA ESTRATEGIA	
<ul style="list-style-type: none">Se han identificado y gestionado los posibles riesgos y oportunidades de mejora generados por la implementación de BIM.	25%
<ul style="list-style-type: none">Se ha definido, y se ejecuta, un plan de gestión del cambio para la transición requerida.	25%
EN EL PILAR DE LAS PERSONAS	
<ul style="list-style-type: none">Se han identificado y gestionado las personas que son proclives y resistentes al cambio.	0%
<ul style="list-style-type: none">Se ha comunicado el plan de gestión del cambio a los facilitadores reconocidos de la implementación de BIM.	25%
EN EL PILAR DE LOS PROCESOS	
<ul style="list-style-type: none">Se han identificado y gestionado los efectos del cambio en los procesos actuales y el posible incremento en el trabajo actual.	50%
<ul style="list-style-type: none">Se han definido y utilizado metodologías de estímulo y reconocimiento público a quienes faciliten la implementación del cambio.	25%
EN EL PILAR DE LA TECNOLOGÍA	
<ul style="list-style-type: none">Se han definido y utilizado recursos tecnológicos de información que ayudan a la gestión de la cultura organizacional y los impactos del cambio.	0%

Apéndice 4. Respuestas del Grupo de Acciones 04 de la Autoevaluación.

GRUPO DE ACCIONES 04

LEVANTAR Y DOCUMENTAR PROCESOS CLAVES	45%
Reconocer, planificar y modelar (diagramas y mapas de procesos) los procesos claves de la organización que deben incorporar BIM, sus contingencias actuales y oportunidades de mitigación.	
A continuación, se indica el grado de avance de su Organización en las acciones autoevaluadas:	
EN EL PILAR DE LA ESTRATEGIA	
<ul style="list-style-type: none">Se han priorizado los procesos claves en los cuales se implementará BIM, su foco y los plazos asociados a su documentación.	50%
EN EL PILAR DE LAS PERSONAS	
<ul style="list-style-type: none">Se han definido los roles y responsables necesarios para levantar y documentar los procesos claves priorizados.	100%
EN EL PILAR DE LOS PROCESOS	
<ul style="list-style-type: none">Se ha definido y utilizado una metodología de levantamiento y documentación de procesos.	25%
<ul style="list-style-type: none">Se han detectado y caracterizado contingencias que dificultan los procesos actuales.	25%
EN EL PILAR DE LA TECNOLOGÍA	
<ul style="list-style-type: none">Se han definido y utilizado recursos tecnológicos de información que ayudan a la visualización y registro de los procesos.	25%

Apéndice 5. Respuestas del Grupo de Acciones 05 de la Autoevaluación.

GRUPO DE ACCIONES 05

DETERMINAR LA INFORMACIÓN A INCORPORAR EN BIM		44%
<p>Determinar cuáles Usos BIM solucionan las contingencias reconocidas, qué información se requiere para ellos, y cómo se revisa y valida, tanto internamente como con terceros relevantes.</p> <p>A continuación, se indica el grado de avance de su Organización en las acciones autoevaluadas:</p>		
EN EL PILAR DE LA ESTRATEGIA		
<ul style="list-style-type: none"> Se ha desarrollado una estrategia de selección de los Usos BIM, según los objetivos de la organización y las necesidades de sus proyectos. 		0%
<ul style="list-style-type: none"> Se han desarrollado o seleccionado los estándares y protocolos a utilizar para comprender la información BIM. 		25%
EN EL PILAR DE LAS PERSONAS		
<ul style="list-style-type: none"> Se han definido capacitaciones según las competencias necesarias para desarrollar los Usos BIM. 		25%
<ul style="list-style-type: none"> Se han identificado los actores internos y externos relevantes para generar y revisar la Solicitud de Información BIM y/o el Plan de Ejecución BIM. 		50%
<ul style="list-style-type: none"> Se han identificado las competencias necesarias para desarrollar la Solicitud de Información BIM y/o Plan de Ejecución BIM. 		75%
EN EL PILAR DE LOS PROCESOS		
<ul style="list-style-type: none"> Se ha definido y utilizado una metodología para seleccionar participativamente los Usos BIM, que permite construir y/o responder a una Solicitud de Información BIM y/o Plan de Ejecución BIM. 		50%
<ul style="list-style-type: none"> Se han reformulado los procesos actuales para incorporar BIM, para aplicar y ejecutar así las acciones BIM asociadas a los Usos BIM definidos. 		50%
EN EL PILAR DE LA TECNOLOGÍA		
<ul style="list-style-type: none"> Se han determinado los recursos tecnológicos de información relacionados con los Usos BIM seleccionados. 		75%

Apéndice 6. Respuestas del Grupo de Acciones 06 de la Autoevaluación.

GRUPO DE ACCIONES 06

IMPLEMENTAR ACCIONES BIM	75%
Definir y desplegar el uso de estrategias que pongan en marcha la gestión interoperable de información y el uso de plataformas tecnológicas BIM de apoyo en los procesos claves intervenidos, facilitando la medición y control de los resultados y la investigación de posibles mejoras que sean difundidas al resto de la organización, y a terceros relevantes.	
A continuación, se indica el grado de avance de su Organización en las acciones autoevaluadas:	
EN EL PILAR DE LA ESTRATEGIA	
<ul style="list-style-type: none">Se han desarrollado estrategias de implementación y pilotaje de proyectos incorporando metodología BIM.	75%
<ul style="list-style-type: none">Se han desarrollado e implementado estrategias para fomentar el trabajo colaborativo.	75%
EN EL PILAR DE LAS PERSONAS	
<ul style="list-style-type: none">Se han entregado competencias a los involucrados en la implementación de BIM, de acuerdo a las definiciones vigentes.	75%
<ul style="list-style-type: none">Se han instalado competencias para desarrollar efectivamente el trabajo colaborativo.	75%
<ul style="list-style-type: none">Se ha desarrollado y ejecutado un plan para fomentar el trabajo colaborativo de todos los involucrados.	75%
EN EL PILAR DE LOS PROCESOS	
<ul style="list-style-type: none">Se han reformulado los procesos actuales para incorporar BIM, así como aplicado y ejecutado las acciones asociadas a los Usos BIM definidos.	50%
<ul style="list-style-type: none">Se han utilizado estándares que permitan la gestión interoperable de la información a lo largo del ciclo de vida de los proyectos.	100%
EN EL PILAR DE LA TECNOLOGÍA	
<ul style="list-style-type: none">Se han adquirido y utilizado recursos tecnológicos de información relacionados con los Usos BIM seleccionados.	75%

Apéndice 7. Respuestas del Grupo de Acciones 07 de la Autoevaluación.

GRUPO DE ACCIONES 07

MEDIR Y CONTROLAR LA INCORPORACIÓN Y UTILIZACIÓN DE BIM	30%
Desarrollar y aplicar métodos para medir los impactos proyectados e implementar mecanismos de control, alerta y respuesta cuando los resultados exceden un rango de tolerancia permitido.	
A continuación, se indica el grado de avance de su Organización en las acciones autoevaluadas:	
EN EL PILAR DE LA ESTRATEGIA	
<ul style="list-style-type: none">Se han definido los indicadores de procesos y resultados que se deben medir y controlar para verificar el cumplimiento de los objetivos identificados para la implementación de BIM.	25%
<ul style="list-style-type: none">Se han definido las metas asociadas a la medición y control de los indicadores de la implementación de BIM, basadas en una línea base de referencia.	25%
EN EL PILAR DE LAS PERSONAS	
<ul style="list-style-type: none">Se ha evaluado el desempeño y las responsabilidades diarias de las personas, midiendo y controlando mediante los indicadores definidos la incorporación de BIM.	50%
EN EL PILAR DE LOS PROCESOS	
<ul style="list-style-type: none">Se ha definido y utilizado una metodología para medir y controlar la implementación de BIM.	25%
EN EL PILAR DE LA TECNOLOGÍA	
<ul style="list-style-type: none">Se han evaluado logros y resultados de la implementación de BIM, mediante un sistema integrado de gestión.	25%

Apéndice 8. Respuestas del Grupo de Acciones 08 de la Autoevaluación.

GRUPO DE ACCIONES 08

GESTIONAR LA MEJORA CONTINUA		42%
<p>Promover iniciativas de mejora continua, incentivos y reconocimientos para la búsqueda, presentación, justificación y ejecución de acciones de mejora, investigación e innovación permanente en las metodologías, procesos y tecnologías de información vigentes, para facilitar el cambio permanente y la búsqueda de oportunidades de mejora que aumenten la productividad.</p> <p>A continuación, se indica el grado de avance de su Organización en las acciones autoevaluadas:</p>		
EN EL PILAR DE LA ESTRATEGIA		
<ul style="list-style-type: none"> Se ha revisado la actual estrategia de implementación BIM, en base a la medición y control de los resultados obtenidos. 		25%
<ul style="list-style-type: none"> Se ha actualizado la estrategia de implementación BIM, según los posibles cambios de los objetivos de la organización. 		25%
EN EL PILAR DE LAS PERSONAS		
<ul style="list-style-type: none"> Se ha retroalimentado y apoyado el actuar de las personas en sus responsabilidades BIM. 		75%
<ul style="list-style-type: none"> Se han reconocido y documentado las lecciones aprendidas y las buenas prácticas de los proyectos realizados. 		50%
<ul style="list-style-type: none"> Se han promovido y comunicado las mejoras en las metodologías implementadas. 		50%
EN EL PILAR DE LOS PROCESOS		
<ul style="list-style-type: none"> Se han investigado e incorporado nuevas metodologías alineadas a los objetivos de la organización. 		25%
<ul style="list-style-type: none"> Se han actualizado y/o rediseñado las metodologías, los procesos y su documentación, en base a lecciones aprendidas. 		25%
EN EL PILAR DE LA TECNOLOGÍA		
<ul style="list-style-type: none"> Se han investigado e incorporado nuevos recursos tecnológicos de información alineados a los objetivos de la organización. 		50%
<ul style="list-style-type: none"> Se han actualizado los recursos tecnológicos de información, en base a las nuevas alternativas investigadas. 		50%

Anexos

Dentro de los documentos utilizados por terceras partes no vinculados directamente al desarrollo del proyecto, destacan las definiciones de Usos BIM, determinadas en el Estándar BIM:

Anexo 1. Definiciones de Usos BIM.

5.6.1 Definiciones de Usos BIM

A continuación, se presentan las definiciones de los veinticinco Usos BIM. Para más información acerca de los recursos sugeridos, las competencias necesarias y los Tipos de Información (TDI) aplicables a cada uno de éstos Usos, ver fichas en Anexo I.

1. Levantamiento de condiciones existentes: Proceso de desarrollo de uno o más modelos BIM considerando las condiciones actuales de un sitio y/o sus instalaciones y/o un área específica dentro de una edificación o infraestructura. Este modelo se puede desarrollar de múltiples maneras, por ejemplo, a partir de escaneo láser o técnicas de topografía convencionales. Una vez que se construye el modelo, éste se puede consultar para obtener información, ya sea para una nueva construcción o un proyecto de remodelación y/o ampliación.

2. Estimación de cantidades y costos: Proceso de utilización de la información de uno o más modelos BIM para extraer cantidades de componentes y materiales del proyecto y, en base a esta información, el costo de un proyecto en sus distintas etapas, siendo más eficiente desarrollarlo desde las etapas tempranas. Esto permite prevenir posibles costos y tiempos adicionales por errores y/o modificaciones al proyecto.

3. Planificación de fases: Proceso de utilización de uno o más modelos 4D (3D + tiempo) para planear la secuencia constructiva de un proyecto y/o las etapas de ocupación en una remodelación o ampliación de una edificación o infraestructura.

4. Análisis del cumplimiento del programa espacial (zonificación): Proceso de utilización de uno o más modelos BIM para evaluar si el diseño cumple de manera eficiente y exacta con las áreas incluidas en los requerimientos del proyecto, tomando en cuenta las regulaciones y normas establecidas.

5. Análisis de ubicación: Proceso de utilización de uno o más modelos BIM y/o GIS para evaluar las propiedades de un área y determinar la mejor localización y orientación de un futuro proyecto.

6. Coordinación 3D: Proceso de planificación entre las distintas disciplinas previo al diseño para evitar posibles interferencias. Este Uso BIM incluye además la detección de interferencias una vez generados los diseños de las disciplinas a través de uno o más modelos BIM.

7. Diseño de especialidades: Proceso de creación de uno o más modelos BIM de las distintas disciplinas de un proyecto. El Diseño de especialidades es un paso clave para incorporar la información a una base de datos inteligente de la cual se pueden extraer propiedades, cantidades, costos, programación, etc.

8. Revisión del diseño: Proceso de revisión de las posibles respuestas a los requerimientos del proyecto respecto de áreas, diseño espacial, iluminación, seguridad, confort, acústica, materialidad, colores, etc., mediante la creación de uno o más modelos BIM que pueden contener múltiples alternativas de diseño.

9. Análisis estructural: Proceso de análisis para determinar el comportamiento de un sistema estructural a través de uno o más modelos BIM. En base a este análisis, se desarrolla y ajusta el diseño para crear sistemas estructurales eficientes que cumplan con la normativa vigente. Esta información se utilizará en las fases de diseño y construcción.

10. Análisis lumínico: Proceso para determinar el comportamiento de un sistema de iluminación a través de uno o más modelos BIM. Esto puede incluir iluminación artificial (interior y exterior) y natural (iluminación solar y sombra). En base a este análisis, se desarrolla y ajusta el diseño para crear sistemas de iluminación eficientes. Este análisis permite simulaciones que pueden mejorar significativamente el diseño y el rendimiento de la iluminación a lo largo de su ciclo de vida.

11. Análisis energético: Proceso de evaluación de un proyecto a través de uno o más modelos BIM, en base a criterios energéticos, que pueden incluir materiales, desempeños y/o procesos. Esta evaluación energética puede ser realizada en todas las etapas del ciclo de vida, sin embargo, es más efectiva cuando se realiza en la fase de diseño para luego ser aplicada en la etapa de construcción y operación del proyecto.

12. Análisis mecánico: Proceso de análisis y evaluación de ingeniería de los sistemas mecánicos, basado en las especificaciones de diseño para los sistemas del proyecto, a través de uno o más modelos BIM.

13. Otros análisis de ingeniería: Proceso para determinar el método de ingeniería no tradicional más pertinente basado en las especificaciones de diseño, a través de uno o más modelos BIM. Las herramientas de análisis y simulaciones de rendimiento pueden mejorar significativamente el diseño de las instalaciones y su consumo de energía durante todo el ciclo de vida.

14. Evaluación de sustentabilidad: Proceso en el que un proyecto se evalúa en base a criterios de sustentabilidad a través de uno o más modelos BIM. Este proceso debe ocurrir durante todas las etapas de la vida de un proyecto, incluida la planificación, el diseño, la construcción y la operación. La aplicación de criterios sustentables a un proyecto en las fases de planificación y diseño temprano mejoran la capacidad de impactar en la eficiencia del diseño y la planificación.

15. Validación normativa. Proceso de revisión del cumplimiento de códigos y normas que aplican al proyecto a través de uno o más modelos BIM.

16. Planificación de obra: Proceso en el cual se utiliza uno o más modelos BIM para planificar, de manera gráfica, las actividades vinculadas a los elementos existentes, temporales y propuestos de un proyecto durante su construcción. Esto puede incluir el costo de mano de obra y los materiales, entre otros puntos.

17. Diseño de sistemas constructivos: Proceso de diseño y análisis de la ejecución de sistemas de construcción complementarios (por ejemplo, soportes temporales, acristalamientos, etc.) para optimizar su planificación a través de uno o más modelos BIM.

18. Fabricación digital: Proceso que utiliza información de uno o más modelos BIM para facilitar la fabricación de componentes de construcción o ensamblajes. Algunos usos de la fabricación digital se pueden ver, por ejemplo, en la fabricación de chapas metálicas, fabricación de acero estructural, corte de tuberías, creación de prototipos para revisiones de intención de diseño, etc. La información de los modelos ayuda a asegurar la precisión, así como también la reducción de desperdicios en la fase de fabricación.

19. Control de obra: Proceso de monitoreo, análisis, administración y optimización de la construcción, a través de uno o más modelos BIM. El objetivo es asegurar que la construcción se realice según las especificaciones técnicas, de acuerdo con las regulaciones, seguridad y requerimientos del propietario, así como para respaldar los estados de pago de los avances logrados en cada hito de entrega parcial.

20. Modelación as-built: Proceso de modelación en el que se representa de manera exacta las condiciones físicas de todos los elementos que son parte de una edificación o infraestructura. Los elementos de estos modelos contienen toda la información solicitada para los modelos, tal como códigos de barras, números de serie, garantías, historial de mantenimiento, entre otros.

21. Gestión de activos: Proceso en el que un sistema de gestión organizado está vinculado bidireccionalmente a un modelo BIM as-built, que puede estar conformado por uno o más modelos BIM, para ayudar de manera eficiente en el mantenimiento y operación de un activo. Estos modelos BIM contienen información de la construcción física, los sistemas, el entorno circundante y los equipos, que se deben mantener, actualizar y operar de manera eficiente y sustentable.

22. Análisis de sistemas: Proceso en el cual se utiliza uno o más modelos BIM para el análisis del desempeño de un edificio o infraestructura de acuerdo con el planteamiento de las especialidades en el diseño original. Esto incluye cómo funcionan los diferentes sistemas mecánicos y cuánta energía utilizan. Otros análisis que se pueden hacer incluyen incidencia solar en las fachadas, análisis lumínico y de radiación, cálculo de flujo de aire, entre otros.

23. Mantenimiento preventivo: Proceso en el cual se utiliza uno o más modelos BIM para desarrollar la mantención funcional de la estructura de una edificación o infraestructura (muros, columnas, pisos, techo, etc.) y su equipamiento (mecánico, sanitario, eléctrico, etc.) durante su operación. Un programa de mantenimiento exitoso puede mejorar de manera significativa el desempeño del activo, reduciendo reparaciones y costos generales.

24. Gestión y seguimiento de espacios: Proceso de administración de los espacios y recursos relacionados a éstos dentro de una edificación o infraestructura, a través de uno o más modelos BIM que permiten al equipo de administración analizar el uso del espacio y planificar posibles cambios. Esto es particularmente útil en la remodelación o ampliación de un proyecto durante la cual los espacios e instalaciones deben permanecer ocupados y en funcionamiento.

25. Planificación y gestión de emergencias: Proceso en el cual se accede a la información crítica de la edificación o infraestructura a través de uno o más modelos BIM, con el propósito de mejorar la eficiencia de respuesta ante una emergencia y minimizar los riesgos de seguridad. La información dinámica del activo es proporcionada por un BAS (por sus siglas en inglés, Building Automation System), mientras que la información de la edificación estática, como planos de planta y esquemas de equipos, reside en el o los modelos BIM. El BIM junto con el BAS pueden mostrar claramente dónde se localiza la emergencia dentro del edificio, las posibles rutas hacia el área y cualquier otro lugar en riesgo dentro del activo.

Fuente: *Planbim, 2019*

Referencias

- 2ACAD. (s. f.). 10 verdades BIM. Global Group. Recuperado de <https://www.2acad.es/10-verdades-de-bim/>
- Acuña, F. (2016). *Aplicación de Modelo BIM para Proyectos de Infraestructura Vial*. (Tesis). Escuela de Civil, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 7 – 22.
- Álvarez, J. et al. (2014). La investigación Cualitativa. XIKUA. Volumen 3. Recuperado de <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/tlahuelilpan/n3/e2.html>
- ArquiParados. (s. f.) ¿Qué son los niveles BIM (BIM Levels)? Recuperado de <https://www.arquiparados.com/t834-que-son-los-niveles-bim-bim-levels>
- Autodesk. (2020). Las diez ventajas principales de BIM. Recuperado de <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/drafr/1901/fy16-autocad-const-top-ten-benefits-bim-a4-es.pdf>
- Autodesk. BIM para la Infraestructura: Un medio para transformar negocios. Recuperado de <https://www.sonda-mco.com/productos/pdf/fy15-bim-for-infrastructure-white-paper-high-resolution-es-la.pdf>
- Asidek. (2020). AutoCAD Civil 3D, Diseño para Ingeniería Civil. Recuperado de <https://www.asidek.es/cartografia-y-gis/autocad-civil-3d/>
- BibLus. (2020). BIM en Europa: La Política Pública en Alemania y proyectos de Autopistas y Ferrocarriles. ACCA Software S.p.A. Recuperado de <http://biblus.accasoftware.com/es/bim-en-europa-politica-publica-en-alemania-proyectos-piloto-autopistas-ferrocarriles/>
- BibLus. (2020). BIM para Infraestructura. El BIM a servicio de las Infraestructuras lineales con IFC Rail (Ferrocarriles), IFC Road e IFC Tunnel. ACCA Software S.p.A. Recuperado de <http://biblus.accasoftware.com/es/bim-para-infraestructura-el-bim-a-servicio-de-las-infraestructuras-lineales-con-ifc-rail-ferrocarriles-ifc-road-e-ifc-tunnel/>
- BibLus. (2020). Las dimensiones del BIM: 3D, 4D, 5D, 6D, 7D. ACCA Software S.p.A. Recuperado de <http://biblus.accasoftware.com/es/las-dimensiones-del-bim-3d-4d-5d-6d-7d/>
- Blanco, M. (2018). *Cambiando el chip en la Construcción, dejando la metodología tradicional de diseño CAD para aventurarse a lo moderno de la metodología BIM*. (Trabajo de Grado). Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Colombia, 17 – 25.
- Briceño, C. (2018). Avances BIM en Costa Rica. Revista Construcción, Volumen 223.(25). Recuperado el 15 de junio de 2020 de Cámara Costarricense de la Construcción: https://issuu.com/camaraconstruccioncr/docs/revista_construcci_n_223

- Briceño, C. (2018). BIM sí ha Permeado, pero debemos avanzar hacia un Uso más Intensivo. Revista Construcción, Volumen 223.(25). Recuperado el 15 de junio de 2020 de Cámara Costarricense de la Construcción: https://issuu.com/camaraconstruccioncr/docs/revista_construcci_n_223
- Buhondra Ingeniería S.A. (2020). Biografía y Futuro. Recuperado de <http://istram.net/empresa/>
- Buhondra Ingeniería S.A. (2020). Características de ISTRAM. Recuperado de <http://istram.net/istram/caracteristicas/>
- Bumeran. (2019). Cuál es la importancia de la mejora continua en una empresa. Recuperado de <https://www.bumeran.com.mx/noticias/cual-es-la-importancia-de-la-mejora-continua-en-una-empresa/>
- Campos, I. (2019). Guía para la Creación de un Modelo de Quinta Dimensión (Costo) del BIM en un Proyecto Constructivo. (Tesis de Posgrado). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Centro de Recursos de Aprendizaje y la Investigación. (2018). Definición y propósito de la Investigación Aplicada. Recuperado de <http://www.duoc.cl/biblioteca/crai/definicion-y-proposito-de-la-investigacion-aplicada>
- Cerón, I.; Liévano, D. (2017). Plan de Implementación de Metodología BIM en el Ciclo de Vida en un Proyecto. (Tesis de Posgrado). Universidad Católica, Bogotá, Colombia.
- Chanes, M. (2020). La importancia de un Plan de Ejecución BIM. Recuperado de [https://www.miltonchanes.com/bim-plan-de-ejecucion-introduccion#:~:text=Un%20Plan%20de%20Ejecuci%C3%B3n%20BIM%20\(en%20ingl%C3%A9s%20BIM%20Execution%20Plan,en%20un%20proyecto%20\(real\).&text=Cada%20proyecto%20implica%20tener%20en,encargado%20del%20proyecto%20de%20ejecuci%C3%B3n.](https://www.miltonchanes.com/bim-plan-de-ejecucion-introduccion#:~:text=Un%20Plan%20de%20Ejecuci%C3%B3n%20BIM%20(en%20ingl%C3%A9s%20BIM%20Execution%20Plan,en%20un%20proyecto%20(real).&text=Cada%20proyecto%20implica%20tener%20en,encargado%20del%20proyecto%20de%20ejecuci%C3%B3n.)
- Chavarría, E. (2018). *La metodología BIM para optimizar el Diseño de la Carretera Luricocha – Pacchancca, Ayacucho 2018*. (Tesis). Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad César Vallejo, 28 – 33.
- Choclán, F.; Soler, M.; González, R. (2014). *Introducción a la Metodología BIM*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. 4 - 8.
- CICE. (2017). Las 5 ventajas fundamentales de BIM. La Escuela Profesional de Nuevas Tecnologías. Recuperado de <https://www.cice.es/noticia/las-5-ventajas-fundamentales-bim/>
- Coll, F. (2021). Estudio Transversal. Economipedia. Recuperado de <https://economipedia.com/definiciones/estudio-transversal.html>
- Coloma, E. (2008). *Introducción a la Metodología BIM*. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA. Primera Edición. 10 - 11.
- Compañía de Trabajos Urbanos S.A.S. (2018). BIM en Infraestructura Vial. Recuperado de <https://ctu.com.co/bim-en-la-infraestructura-vial/>
- Cruz, P. (2018). BIM: El futuro está en la construcción inteligente. BID. Recuperado de <https://blogs.iadb.org/transporte/es/bim-el-futuro-esta-en-la-construccion-inteligente/>

- Dorado, M. (2020). *Aplicación de la Metodología BIM al Diseño de un Paso Superior de Autovía*. (Trabajo de Fin de Máster). Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla, 1 – 9.
- Eadic. (2019). Conoce la importancia del BEP. Formación y Consultoría. Recuperado de <https://www.eadic.com/conoce-la-importancia-del-bep/>
- EAE. (2016). Mejora continua: ¿por qué es importante? Retos Directivos. Recuperado de <https://retos-directivos.eae.es/mejora-continua-por-que-es-tan-importante/>
- Econova Institute. (2020). Ventajas y Actualidad de BIM para Infraestructuras. Recuperado de <https://econova-institute.com/blog/que-es-bim-para-infraestructuras/>
- EDITECA. (2020). Dimensiones BIM, el alcance del programa. Recuperado de <https://editeca.com/dimensiones-bim-alcance-del-programa/>
- Emesa. (2018). BIM en Infraestructuras Lineales. Recuperado de <https://www.emesa-m30.es/bim-en-infraestructuras-lineales/>
- Equipo BIMnD. (2019). Las 7 Dimensiones BIM. Building New Dimensions España. Recuperado de <https://www.bimnd.es/7dimensionesbim/>
- Esarte, A. (2020). Trabajo Colaborativo (En BIM). Gestión de Proyectos. Espacio BIM. Recuperado de <https://www.espaciobim.com/trabajo-colaborativo>
- Galindo, C. (2018). *Aplicación de la Metodología BIM a un Proyecto de Construcción de un Corredor de Transporte para un Complejo Industrial. Modelo BIM 5D COSTES*. (Trabajo Fin de Máster). Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla, 19 – 24.
- Guerra, C. (2014). Beneficios del BIM en el Diseño de Proyectos. SUMA. Recuperado de <http://www.suma.pe/2014/08/01/beneficios-del-bim-en-el-diseno-de-proyectos/>
- Hernández, R.; Fernández, C. & Baptista, P. (2006). Metodología de la Investigación. (4ta edición). México: Mc Graw-Hill Interamericana S.A.
- Howell, I. Batcheler, B. (2005). *Building Information Modeling Two Years Later*. AUTODESK. 2.
- Inavis. (2019). Plan de Ejecución BIM (BEP/PEB): Cómo aplicarlo y errores más habituales. Professional Learning. Recuperado de <https://inavislearning.com/plan-de-ejecucion-bim-bep-peb/>
- INECO. (2019). Implementación de Metodología BIM en los Proyectos del Programa de Infraestructura Vial. Recuperado de <https://www.ineco.com/webineco/implementacion-de-metodologia-bim-en-los-proyectos-del-programa-de-infraestructura-vial>
- Liévano, D.; Cerón, I. (2017). *Plan de Implementación de Metodología BIM en el Ciclo de Vida de un Proyecto*. (Proyecto de Trabajo de Grado). Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Colombia. 4 – 6.
- Limas, D. (2019). *Metodología BIM aplicada a la fase de Prefactibilidad de un Proyecto Vial de Tercer Orden en Colombia*. (Trabajo de Fin de Máster). Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás, 45 – 52.
- Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. Centro de Investigaciones en Mecatrónica y Sistemas Interactivos, Universidad Tecnológica Indoamericana, Quito, Ecuador. Recuperado de <file:///C:/Users/natyb/Downloads/Dialnet-InvestigacionAplicada-6163749.pdf>

- MiBIM. (2020). Matriz de Implementación BIM para Organizaciones. Recuperado el 15 de junio de 2020 de MiBIM: <https://planbim.cl/mibim/>
- MIDEPLAN. (2020). Metodología BIM modernizará la Construcción de Infraestructura Pública. Recuperado el 15 de junio de 2020, de Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica: <https://www.mideplan.go.cr/metodologia-bim-modernizara-la-construccion-de-infraestructura-publica#:~:text=%E2%80%9CLa%20metodolog%C3%ADa%20BIM%20es%20una,atrasos%20y%20errores%20en%20los>
- Miller & Co Ibérica. (2018). Curvas de Decisión BIM ¿Cómo afectan según el proyecto? Recuperado de <https://millercoiberica.com/curvas-de-decision-bim-como-afecta-una-mala-decision-segun-la-etapa-del-proyecto-en-que-se-genera/>
- Montagud, A. (2018). *Metodología BIM para Proyectos de Ingeniería Civil*. (Trabajo de Grado). Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica Cartográfica y Topográfica, Universitat Politècnica de València, 17 – 21.
- Montano, J. (2021). Investigación Transversal: Características y Metodología. Lifeder. Recuperado de <https://www.lifeder.com/investigacion-transversal/>
- Moraleda, P. (2018). Descripción del BIM como herramienta para la gestión de información. Hospitecnia. Recuperado de <https://hospitecnia.com/documentacion/bim-gestion-informacion/>
- Mosquera, A.; Hernández, D.; Donato, D.; Cuchimba, K. (2019). Implementación de la Metodología BIM para la Empresa W&D Obras y Servicios S.A. en la Postulación de Proyecto de Infraestructura Educativa. (Tesis de Posgrado). Universidad Cooperativa de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Moya, Q.; García, A.; Camacho, F.; Campoy, J. (s. f.) *BIM para Infraestructuras de Carreteras: Verificación de la Normativa de Diseño Geométrico*. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. 1 – 2.
- Mozing Studio. (2019). ¿Es realmente necesarios el BIM? Recuperado de <https://www.mozingstudio.com/es-realmente-necesario-el-bim/>
- Organización Internacional de Normalización. (2007). Construcción de edificios - Organización de la información sobre obras de construcción - Parte 3: Marco para la información orientada a objetos. (ISO 12006-3). Recuperado de <https://www.iso.org/standard/38706.html>
- Organización Internacional de Normalización. (2013). Industry Foundation Classes (IFC) para compartir datos en las industrias de construcción y administración de instalaciones. (ISO 16739). Recuperado de <https://www.iso.org/standard/51622.html>
- Organización Internacional de Normalización. (2015). Construcción de edificios - Organización de la información sobre obras de construcción - Parte 2: Marco de clasificación. (ISO 12006-2). Recuperado de <https://www.iso.org/standard/61753.html>

- Organización Internacional de Normalización. (2016). Modelos de información de construcción - Manual de entrega de información - Parte 1: Metodología y formato. (ISO 29481). Recuperado de <https://www.iso.org/standard/60553.html>
- Pardos, E. (2016). Ventajas de BIM, la tecnología más eficaz en arquitectura. Baboonlab. Recuperado de https://baboonlab.odoo.com/blog/noticias-de-marketing-inmobiliario-y-tecnologia-1/post/ventajas-de-bim-la-tecnologia-mas-eficaz-en-arquitectura-16#blog_content
- Patterson, A. (2020). *Metodología de Manejo de Datos para medición de rendimientos con el uso de Syncro Pro para un análisis BIM en 4D y 5D*. (Trabajo Final de Graduación). Escuela de Ingeniería en Construcción, Tecnológico de Costa Rica, 8 – 14.
- Pérez, L. (2019). Posibilidades de la Metodología BIM en la Ingeniería Civil. (Tesis de Maestría). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Planbim. (2019). Estándar BIM. Comité de Transformación Digital. Santiago, Chile.
- Planbim. (2020). Introducción a la Metodología BIM. Comité de Transformación Digital. Santiago, Chile.
- Planbim. (s. f.). Beneficios de BIM. Comité de Transformación Digital. Recuperado de <https://planbim.cl/beneficios-de-bim/>
- Quecedo, R.; Castaño, C. (2003). Introducción a la Metodología de Investigación Cualitativa. Revista de Psicodidáctica, núm. 14, 2002, pp. 5-39. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/175/17501402.pdf>
- QuestionPro. (2021). ¿Qué es un estudio transversal? Recuperado de <https://www.questionpro.com/blog/es/estudio-transversal/#:~:text=El%20estudio%20transversal%20se%20define,transversal%20y%20estudio%20de%20prevalencia.>
- Rodríguez, C. (2019). *Plan de Acción para la Implementación de la Metodología BIM en las Operaciones de Constructora Costarricense*. (Trabajo Final de Graduación). Escuela de Ingeniería en Construcción, Tecnológico de Costa Rica, 11.
- Sanabria, L. (2018). *Desarrollo de un Sistema Automatizado para la extracción de información, análisis y selección de Estructuras Temporales de Encofrado a partir de Modelos nDimensionales BIM*. (Trabajo Final de Graduación). Escuela de Ingeniería en Construcción, Tecnológico de Costa Rica, 7 – 9.
- Sánchez, A. (2016). Las 7 Dimensiones BIM y Blanca – BIM. Recuperado de <https://www.espaciobim.com/dimensiones-bim>
- Sauma, R. (2018). Derribando los Mitos. Revista Construcción, Volumen 223.(25). Recuperado el 15 de junio de 2020 de Cámara Costarricense de la Construcción: https://issuu.com/camaraconstruccioncr/docs/revista_construcci_n_223
- Segura, C. (2016). Creación de un marco de referencia para la gestión del conocimiento en el departamento de ITDC, HP Costa Rica. (Tesis de Posgrado). Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

- Sierra, L. (2016). *Gestión de Proyectos de Construcción con Metodología BIM "Building Information Modeling"*. (Trabajo Final de Especialización). Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, 2 – 12.
- Sisternes, A. (2020). ¿Diseño BIM en 7 dimensiones? Recuperado de <https://retokommerling.com/disenio-bim-7-dimensiones/>
- Stratec. (2018). La importancia del Plan de Acción para consolidar la Gestión Estratégica. Recuperado de <https://www.stratecsoluciones.com/blog/la-importancia-del-plan-de-accion-para-consolidar-la-gestion-estrategica/>
- Structuralia. (2018). Las ventajas de la metodología BIM para arquitectos. Recuperado de <https://blog.structuralia.com/las-ventajas-de-la-metodologia-bim-para-arquitectos>
- Trace Software. (2020). BIM, Niveles de Madurez. Recuperado de <https://www.trace-software.com/es/bim-niveles-de-madurez/>
- UNE. (2019). Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modelling). Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling). Parte 1: Conceptos y principios. (ISO 19650-1). Recuperado de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0062137>
- UNE. (2019). Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modelling). Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling). Parte 2: Fase de desarrollo de los activos. (ISO 19650-2). Recuperado de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0062138>
- Vargas, A. (2015). Implementación del Modelado de Información de la Edificación (BIM) para detectar diferencias entre Diseños de Profesionales y facilitar el Proceso Constructivo. (Tesis de Posgrado). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Vargas, J. (2020). Niveles de Madurez BIM: Explicados. Cámara Costarricense de la Construcción. Recuperado de <https://www.construccion.co.cr/Post/Detalle/36938/niveles-de-madurez-bim-explicados>
- Vargas, Z. (2009). LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTÍFICA. Revista Educación, Educación, vol. 33, núm. 1, 2009, pp. 155-165. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>
- Vera, L. (2015). La Investigación Cualitativa. Facultad de Trabajo Social. Universidad Nacional de la Plata. Recuperado de http://www.trabajosocial.unlp.edu.ar/uploads/docs/velez_vera__investigacion_cualitativa_pdf.pdf
- Villa, N. (2018). Los Tres Pilares del Plan de Implementación BIM. Recuperado de <https://blog.academia.com/los-tres-pilares-del-plan-de-implementacion-bim/>
- Yabin, R.; Sarmiento, J.; Gómez, A.; Leal, G. (2017). *Analysis of the environmental sustainability of buildings using BIM (Building Information Modeling) methodology*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. Ingeniería y Competitividad, Volumen 19. 230–240.