

Plan para la implementación de un modelo para la gestión de la información mediante la metodología BIM en un proyecto de diseño estructural de la empresa Baico

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN
CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN**

Plan para la implementación de un modelo de gestión de la información mediante la metodología BIM en un proyecto de diseño estructural de la empresa Baico

Llevado a cabo por el estudiante:

Ramírez Araya Daniel

Carné:

2017038782

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica el 04 de agosto de 2022

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

GUSTAVO
ADOLFO
ROJAS MOYA
(FIRMA)

Firmado digitalmente por GUSTAVO ADOLFO ROJAS MOYA (FIRMA)
Fecha: 2022.08.22 16:41:04 -06'00'

Ing. Gustavo Rojas Moya, MSc.
Director de la Escuela

MIGUEL FRANCISCO
ARTAVIA
ALVARADO (FIRMA)

Firmado digitalmente por MIGUEL FRANCISCO ARTAVIA ALVARADO (FIRMA)
Fecha: 2022.08.17 10:20:41 -06'00'

Ing. Miguel Artavia Alvarado, MAP
Profesor Guía

LUIS GUSTAVO
ROJAS CHACON
(FIRMA)

Firmado digitalmente por LUIS GUSTAVO ROJAS CHACON (FIRMA)
Fecha: 2022.08.12 13:33:16 -06'00'

Ing. Luis Gustavo Rojas Ch., MAP
Profesor Lector

MILTON
ANTONIO
SANDOVAL
QUIROS (FIRMA)

Firmado digitalmente por MILTON ANTONIO SANDOVAL QUIROS (FIRMA)
Fecha: 2022.08.05 14:50:00 -06'00'

Ing. Milton Sandoval Quirós, MBA
Profesor Observador

Abstract

This work proposes the selection of BIM tools to manage information, and a plan for their implementation in a structural design company.

Through an interview, the current state of the company in relation to information management was identified. In addition, a documentary research and interview with professional experts on the subject were carried out, to find out which are the main BIM tools are for information management.

According to the results obtained in the research stage, a BIM Execution Plan was developed, where the means and ways in which information should be managed and exchanged in the projects are defined. Also, a codification of the company's containers was carried out to store the information in a better way.

Once the BIM tools were defined, the implementation plan was drawn up, where a leadership group, and the main actions were established, so the BIM tools can be successfully implemented to the company.

With the implementation of BIM tools in a pilot project, a more efficient information management was obtained, by having control of the generation, changes, and transfer of information between collaborators.

Keywords: Construction management, information management, BIM tools, modeling, collaborative work.

Resumen

Este trabajo propone la selección de herramientas BIM para gestionar la información y un plan para la implementación de las mismas en una empresa de diseño estructural.

A través de una entrevista, se identificó el estado actual de la empresa en relación a la gestión de la información. Asimismo, se realizó una investigación documental y entrevistas a profesionales expertos en el tema, para conocer cuáles son las principales herramientas BIM para gestionar la información.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la etapa de investigación, se elaboró un Plan de Ejecución BIM, en donde se definen los medios y las formas en que se deberá gestionar e intercambiar la información en los proyectos. También, se realizó una codificación de los contenedores de información de la empresa para almacenar la información de mejor manera.

Una vez definidas las herramientas BIM, se procedió a elaborar el plan de implementación, en donde se establece un grupo de liderazgo y las principales acciones a seguir para llevar a cabo la implementación de las herramientas BIM en la empresa con éxito.

Con la implementación de las herramientas BIM en un proyecto piloto, se obtuvo una gestión de la información más eficiente, al tener un control de la generación, cambios y transferencia de la información entre los colaboradores.

Palabras clave: Administración de la construcción, gestión de la información, herramientas BIM, modelado, trabajo colaborativo.

Plan para la implementación de un modelo para la gestión de la información mediante la metodología BIM en un proyecto de diseño estructural de la empresa Baico

DANIEL JOSUÉ RAMÍREZ ARAYA

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

Julio del 2022

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Prefacio	1
Resumen ejecutivo.....	2
Introducción.....	3
Marco teórico	5
Metodología	13
Resultados	15
Análisis de los resultados	43
Conclusiones.....	49
Recomendaciones	50
Apéndices	51
Anexos	52
Referencias	53

Prefacio

Durante la ejecución de los proyectos de construcción, desde la fase de planeación hasta la operación y mantenimiento, se presentan una serie de inconvenientes que son producto principalmente de un mal manejo de la información, así como de una baja comunicación y colaboración entre los involucrados. Esto provoca que se dé un aumento en el costo y plazo del proyecto, así como la necesidad de realizar reprocesos para solucionar los problemas que se presentan.

Lo anterior, se da debido a la metodología 2D tradicional con la que se han ejecutado la mayoría de los proyectos de construcción a lo largo del tiempo. El principal problema en la industria de la construcción es que se genera, se intercambia y se documenta una gran cantidad de información, la cual cambia en cada proyecto, lo que dificulta la implementación de nuevas formas de trabajo.

Producto de esto es que se han creado distintas metodologías para tratar de solucionar dichas problemáticas, una de estas es BIM que se encarga de mantener centralizada toda la información del proyecto y promueve el trabajo colaborativo entre los involucrados del proyecto, permitiendo tener un mejor acceso, transferencia y control de la información que se genera en los proyectos.

Actualmente, la empresa Baico realiza proyectos de diseño estructural y no cuenta con una herramienta que permita gestionar la información adecuadamente, por lo que en ocasiones se dan pérdidas de información durante la ejecución de los proyectos, provocando una serie de reprocesos y aumento en el costo y plazo del proyecto. Por esta razón, es que la empresa ve la necesidad de gestionar la información, por lo que se propone la implementación de herramientas BIM para solucionar el problema que experimenta la empresa.

Lo anterior, da paso a llevar a cabo el objetivo principal de este proyecto, el cual es desarrollar un plan para la implementación de un

modelo para la gestión de la información mediante la aplicación de la metodología BIM en un proyecto de diseño estructural. En el plan desarrollado se exponen los principales pasos y acciones a seguir para implementar las herramientas BIM, se propone un equipo de liderazgo, así como una capacitación de los colaboradores de la empresa, que permita facilitar la implementación, también, se definen las herramientas BIM a utilizar, así como el costo que conlleva ejecutar esta implementación en la empresa.

La elaboración de este plan de implementación, le permite no solo a la empresa Baico, sino a todas las empresas de diseño estructural del país, contar con las principales acciones para adoptar las herramientas BIM en los procesos de ejecución de proyectos actuales y con esto llevar a cabo una gestión de la información más eficiente.

Agradezco a mi madre Diney y a mi padre Luis, quienes son un pilar fundamental en mi vida y en mi carrera universitaria, a mis hermanos y amigos por siempre apoyarme cuando lo necesité. También, quiero agradecer a los ingenieros Pablo Araya y Ademar Barrantes, por permitirme y brindarme las facilidades para llevar a cabo este proyecto en Baico. Agradezco al ingeniero Miguel Artavia, quien me guió en la elaboración de este proyecto, así como a los ingenieros Alberto Blanco y Juan Rodríguez, por las entrevistas realizadas y brindarme un poco de la experiencia con la que cuentan.

Resumen ejecutivo

A pesar de que en los últimos años se han desarrollado una serie de metodologías que permiten al sector de la construcción tener un mejor control de sus procesos y de la información generada durante los proyectos, actualmente muchas de las empresas siguen utilizando la metodología 2D tradicional, lo que provoca menor calidad en los resultados respecto a estas nuevas metodologías.

La empresa Baico no cuenta con una herramienta o metodología que le permita gestionar eficientemente la información generada en los proyectos de diseño estructural, debido a que se enfocan en la metodología 2D tradicional. Actualmente, los miembros de la empresa ejecutan los trabajos de manera individual y la comunicación y colaboración es muy deficiente, por lo que se dan pérdidas de la información y reprocesos durante el desarrollo de los proyectos estructurales.

Debido a lo anterior, es que la empresa Baico presenta la oportunidad de implementar nuevas herramientas que ayuden a mitigar la mala gestión de la información actual, por lo que se propuso la elaboración de un plan de implementación de herramientas BIM, que le permita a la empresa gestionar la información de una manera más eficiente.

Inicialmente, se planteó analizar la gestión de la información actual en la empresa para proyectos de diseño estructural. Lo anterior, se logró con la realización de una entrevista mediante un cuestionario estructurado a un miembro de la empresa.

El siguiente objetivo fue identificar métodos y herramientas para la gestión de la información utilizando la metodología BIM. Esto se atacó mediante una investigación bibliográfica y la realización de entrevistas a dos profesionales expertos en el tema.

Como siguiente objetivo, se tenía diseñar un modelo para la gestión de la información necesaria para el diseño estructural mediante la aplicación de la metodología BIM. Esto se llevó a cabo mediante la selección de las principales herramientas BIM para la gestión de la información, así como la elaboración y modificación de algunas de estas para adaptarlas a los flujos de trabajo de la empresa, como lo son el Plan de Ejecución BIM y los contenedores de información.

Con la ejecución de lo mencionado anteriormente, se pudo lograr con éxito el objetivo principal el cual consistía en desarrollar un plan para la implementación de un modelo para la gestión de la información mediante la aplicación de la metodología BIM en un proyecto de diseño estructural. El plan elaborado cuenta con las principales recursos y acciones necesarios para llevar a cabo la implementación de las herramientas BIM.

La elaboración de una plantilla del Plan de Ejecución BIM, permitió utilizarla en un proyecto piloto y con esto se obtuvieron resultados positivos en la gestión de la información, ya que desde un inicio se definieron los requisitos de información del cliente, así como los medios y las formas en que se debía generar, almacenar y transferir la información entre los involucrados durante la ejecución del proyecto.

En Costa Rica no existe alguna documentación relacionada a técnicas o procedimientos para implementar herramientas BIM para gestionar la información en proyectos de diseño estructural. Por lo que se considera que el plan de implementación desarrollado brinda información valiosa para la empresa Baico y otras empresas de diseño estructural que busquen gestionar la información mediante herramientas BIM.

Introducción

Actualmente, muchos de los proyectos de construcción en el país son desarrollados bajo una metodología de diseño 2D tradicional, lo que genera ineficiencias en los resultados, debido a la mala transferencia y gestión de la información que se presenta al utilizar este tipo de metodologías.

Este informe contiene los resultados generados de la práctica profesional dirigida llevada a cabo en la empresa Baico. El proyecto se basa en la implementación de herramientas BIM que permitan gestionar la información de manera adecuada en la fase de diseño.

El desarrollo de este proyecto responde a la necesidad que presenta la empresa Baico de no contar con una herramienta o metodología que le permita gestionar eficientemente la información generada en los proyectos de diseño estructural. Actualmente, los miembros de la empresa ejecutan los trabajos de manera individual y la comunicación y colaboración es muy deficiente, por lo que se dan pérdidas de la información y reprocesos durante el desarrollo de los proyectos estructurales.

Debido a lo anterior, surge la necesidad de definir una metodología que permita gestionar la información en la fase de diseño del ciclo de vida de un proyecto de construcción, con el fin de que se pueda intercambiar y almacenar la información adecuadamente y resulte más sencillo la colaboración de los involucrados en la ejecución de un determinado proyecto

El objetivo de la gestión de la información es incrementar los niveles de eficiencia y efectividad dentro de una organización, pero para conseguirlo, tenemos primero que entender que transferir información es muy poco útil, y que la clave está en que los sistemas de información permitan intercambiar información, o sea transaccionarla (Rodríguez, 2002).

En la industria de la construcción, la incompatibilidad entre sistemas generalmente impide que los miembros del equipo del proyecto puedan intercambiar la información de manera precisa y rápida; este hecho es la causa de

numerosos problemas en un proyecto como pueden ser el aumento de costes y plazos (Gámez et al., 2014).

Uno de los principales modelos para gestionar la información es la metodología BIM, con BIM la información está visualizada y compartida por todas las partes involucradas en el proyecto. Es por esto, que incluso los expertos recomiendan involucrar a todos los interesados en la aprobación del diseño a través de BIM (Kumar y Hayne, 2016).

Inevitablemente, BIM promueve la generación de una estructura formal con nuevos procesos de gestión de la información. Para que está sea realizada exitosamente, todos los involucrados en el proyecto necesitan ser parte de estos procesos y estándares, previo a la ejecución del proyecto. Esto solo puede ser alcanzado a través de la planeación y documentación rigurosa de estos procesos con las partes responsables en cada etapa del proyecto (Kumar y Hayne, 2016).

El objetivo final de la metodología BIM es evitar la pérdida de valor de la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto con el método tradicional existente, y que obliga a un mayor esfuerzo de producción de información en las distintas fases del proyecto (Gámez et al., 2014).

Debido a lo mencionado anteriormente, es que se pretende desarrollar un modelo que permita gestionar la información mediante herramientas BIM. El proyecto parte de la investigación de las técnicas actuales de la empresa Baico para gestionar la información. Una vez realizado esto, se investiga acerca de los métodos BIM que funcionan para gestionar la información y se ponen en práctica en un proyecto de diseño estructural. Finalmente, se recopila toda la información para generar un plan que permita implementar las herramientas BIM para la gestión de la información en futuros proyectos de la empresa.

En Costa Rica no existe documentación relacionada a técnicas BIM para gestionar la información y a nivel internacional existe la norma EN ISO 19650. Por lo que se considera que este

documento brinda información valiosa para la empresa Baico y otras empresas del sector de la construcción que busquen gestionar la información mediante la metodología BIM.

Objetivo general

- Desarrollar un plan para la implementación de un modelo para la gestión de la información mediante la aplicación de la metodología BIM en un proyecto de diseño estructural.

Objetivos específicos

- Analizar la gestión de la información actual en la empresa para proyectos de diseño estructural.
- Identificar métodos y herramientas para la gestión de la información utilizando la metodología BIM.
- Diseñar un modelo para la gestión de la información necesaria para el diseño estructural mediante la aplicación de la metodología BIM.
- Establecer un plan para la implementación del modelo de gestión de la información para proyectos de diseño estructural.

Marco teórico

Gestión de la información

La gestión de la información surge como un nuevo concepto dentro del campo de la ciencia de la información, orientado al manejo de la inteligencia corporativa de una organización, que permite la estructuración interna a las organizaciones y les permite reaccionar ante los cambios de su entorno apoyándose en el uso de la información y de los recursos de información disponibles (Rodríguez, 2002).

La información es un recurso que puede localizarse y a la vez, puede transmitirse fuera de la organización, por lo que Rodríguez (2008) destaca los siguientes flujos informativos:

- a) Flujos de información ambiental: conformados por la información proveniente del ambiente externo que ingresan en la organización por su importancia para el desarrollo del negocio.
- b) Flujos de información interna: conformados por la información que, una vez que se convierte en un recurso organizacional, transita y se distribuye por la empresa, para aplicarse en los procesos que tienen lugar en ella.
- c) Flujos de información corporativa: conformados por la información que la organización envía hacia el ambiente externo, materializada en productos y servicios informativos.

A lo largo del ciclo de vida de un proyecto, se recopila, analiza y transforma una cantidad significativa de datos. Los datos del proyecto se recopilan como resultado de diversos procesos y se comparten dentro del equipo del proyecto. Los datos recopilados se analizan en contexto, se acumulan y se transforman para convertirse en información del proyecto durante varios procesos (Project Management Institute, 2017).

A la vez, el Project Management Institute (2017) menciona que, los datos del proyecto se recopilan y analizan periódicamente a lo largo del ciclo de vida del proyecto y destaca los siguientes términos claves con relación a los datos e información del proyecto:

a) Datos de desempeño del trabajo: observaciones y mediciones en bruto identificadas durante las actividades ejecutadas para llevar a cabo el trabajo del proyecto. Los datos del proyecto normalmente se registran en un Sistema de Información para la Dirección de Proyectos (PMIS) y en los documentos del proyecto.

b) Información de desempeño del trabajo: datos de desempeño recopilados de varios procesos de control, analizados en contexto e integrados en base a las relaciones entre áreas.

c) Informes de desempeño del trabajo: representación física o electrónica de la información sobre el desempeño del trabajo compilada en documentos del proyecto, que está destinada a generar decisiones, plantear cuestiones o acciones, o crear consciencia.

Vargas (2018) destaca que, la documentación de un proyecto permite tomar decisiones acertadas apoyadas sobre datos específicos, ilustra el proyecto con los pasos a seguir, así como todos los elementos que participan en el mismo, orienta y forma a los colaboradores, reduce el riesgo de que se den ambigüedades y confusiones que pongan en jaque el proyecto, forma parte de la propiedad intelectual del proyecto y sirve para comunicar o explicar la metodología a seguir.

Las herramientas y técnicas de gestión de la información se utilizan para crear y conectar a las personas con la información. Son efectivas para compartir conocimiento explícito simple, inequívoco y codificado (Project Management Institute, 2017).

Fernández y Ponjuán (2008) mencionan que, para que exista gestión de la información, la organización debe poner en función de la información recursos básicos: económicos, físicos, humanos y materiales, con vistas a manejar la información en la organización y para la comunidad de usuarios a los que brinda sus servicios. Para realizar gestión de la información es necesario conocer con exactitud los flujos de la información dentro de la organización y para la

comunidad de usuarios a los que brinda sus servicios.

Asimismo, Fernández y Ponjuán (2008) señalan que, una adecuada gestión de la información, en el contexto de una gerencia de la calidad, posibilita reducir los riesgos en la administración de la organización, como son la toma de decisiones apresuradas, tardías o inconsistentes, la entrada al mercado con productos no competitivos, entre otros, que ocasionan pérdidas y reducen su competitividad en el mercado.

Entre los principales objetivos de la gestión de la información, Fernández y Ponjuán (2008) destacan los siguientes: maximizar el valor y los beneficios derivados del uso de la información, minimizar el costo de adquisición, procesamiento y uso de la información, determinar responsabilidades para el uso efectivo, eficiente y económico de la información y finalmente, asegurar un suministro continuo de la información.

El principal beneficio de realizar una gestión de la información en los proyectos constructivos, es que esta permite incrementar la eficiencia y efectividad en los procesos realizados por parte de la organización.

Gestión de las comunicaciones

La gestión de las comunicaciones del proyecto incluye los procesos necesarios para asegurar que las necesidades de información del proyecto y de sus interesados se satisfagan a través del desarrollo de objetos y de la implementación de actividades diseñadas para lograr un intercambio eficaz de información (Project Management Institute, 2017).

También, el Project Management Institute (2017) destaca que, las comunicaciones describen los medios posibles mediante los cuales puede enviarse o recibirse la información, ya sea a través de actividades de comunicación, como reuniones y presentaciones, o bien objetos, como correos electrónicos, medios sociales, informes del proyecto y documentación del proyecto.

La comunicación desarrolla las relaciones necesarias para que los resultados del proyecto y el programa sean exitosos. El acto de enviar y recibir información ocurre consciente o inconscientemente a través de palabras, expresiones faciales, gestos y otras acciones (Project Management Institute, 2017).

De acuerdo con el Project Management Institute (2017) los procesos de gestión de las comunicaciones del proyecto son los siguientes: planificar la gestión de las comunicaciones, gestionar las comunicaciones y monitorear las comunicaciones.

Planificar la gestión de las comunicaciones

Es el proceso de desarrollar un enfoque y un plan apropiados para las actividades de comunicación del proyecto basados en las necesidades de información de cada interesado o grupo y en las necesidades del proyecto. El beneficio clave de este proceso es un enfoque documentado para involucrar a los interesados manera eficaz y eficiente mediante la presentación oportuna de información relevante (Project Management Institute, 2017).

Si bien todos los proyectos comparten la necesidad de comunicar información sobre el proyecto, las necesidades de información y los métodos de distribución pueden variar ampliamente. Además, durante este proceso se han de tener en cuenta y documentar los métodos de almacenamiento, recuperación y disposición final de la información del proyecto (Project Management Institute, 2017).

Gestionar las comunicaciones

Es el proceso de garantizar que la recopilación, creación, distribución, almacenamiento, recuperación, gestión, monitoreo y disposición final de la información del proyecto sean oportunos y adecuados. El beneficio clave de este proceso es que permite un flujo de información eficaz y eficiente entre el equipo del proyecto y los interesados (Project Management Institute, 2017).

Asimismo, el Project Management Institute (2017) menciona que, este proceso va más allá de la distribución de información relevante y procura asegurar que la información que se comunica a los interesados del proyecto haya sido generada y formateada adecuadamente, y recibida por la audiencia prevista.

También proporciona oportunidades para que los interesados realicen solicitudes de

información adicional, de aclaración y discusión. La información del proyecto se distribuye entre muchos grupos de interesados y debe adaptarse para proporcionar información a un nivel y con un formato y grado de detalle adecuados para cada tipo de interesado (Project Management Institute, 2017).

Monitorear las comunicaciones

Es el proceso de asegurar que se satisfagan las necesidades de información del proyecto y de sus interesados. El beneficio clave de este proceso es el flujo óptimo de información tal como se define en el plan de gestión de las comunicaciones y el plan de involucramiento de los interesados (Project Management Institute, 2017).

A la vez, el Project Management Institute (2017) destaca que, el impacto y las consecuencias de las comunicaciones del proyecto deben evaluarse y monitorearse cuidadosamente para asegurar que se entregue el mensaje adecuado, con el contenido adecuado, a la audiencia adecuada, a través del canal adecuado y en el momento adecuado.

Los sistemas de información para la dirección de proyectos proporcionan un conjunto de herramientas estándar para que el director del proyecto recolecte, almacene y distribuya a los interesados internos y externos la información que necesitan de acuerdo al plan de comunicaciones. La información contenida en el sistema se monitorea para evaluar su validez y eficacia (Project Management Institute, 2017).

Building Information Modeling (BIM)

Building Information Modeling o modelado de la información de la construcción en español, es un conjunto de metodologías de trabajo y herramientas caracterizadas por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua; empleando uno o más modelos compatibles que contengan toda la información en lo referente al edificio que se pretende diseñar, construir u operar (Gámez et al., 2014).

Gámez et al. (2014) mencionan que, el objetivo final de la metodología BIM es evitar la pérdida de valor de la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto con el método tradicional existente, y que obliga a un mayor esfuerzo de producción de información en las distintas fases del proyecto.

A la vez, Gámez et al. (2014) destacan que, el proceso de trabajo en BIM mantiene una línea de constante crecimiento del valor de la información frente a la rotura y pérdida de información en el método tradicional.

Uno de los principales beneficios de utilizar BIM es mejorar el acceso a la información. El BIM Forum Costa Rica (2018) menciona que, independientemente del tipo de software BIM, todos comparten un mismo objetivo, que es administrar de manera eficiente la información. Es por eso, que el diseño de los programas permite un acceso simplificado mediante una interfaz y herramientas específicas para lograr la mejor gestión de información posible. La clave es la unificación de información.

Implementación del BIM

Para implementar adecuadamente BIM en las empresas se requiere contar con un enfoque estratégico que involucre a toda la empresa, gran capacidad de liderazgo y un respaldo adecuado por parte de las jefaturas (BIM Forum Costa Rica, 2018).

Un factor esencial para la implementación exitosa de BIM es una visión concisa y bien articulada por parte de los líderes ejecutivos, respecto de los beneficios que la adopción de los procesos de BIM aportará a la empresa, así como a los elementos principales de la transformación y la apariencia que esta evolución tendrá en sus diferentes etapas (BIM Forum Costa Rica, 2018).

Asimismo, el BIM Forum Costa Rica (2018) menciona que, en el marco estratégico de los requerimientos de BIM es fundamental definir los objetivos y establecer que se desea obtener a través de la implementación.

Finalmente, para la implementación de un proyecto piloto es preferible contar con un equipo de liderazgo BIM. Este equipo debe propiciar que la visión sobre BIM se refleje en metodologías de trabajo que puedan ponerse en práctica para producir los resultados deseados y un rendimiento acorde a los objetivos estratégicos de la organización (BIM Forum Costa Rica, 2018).

Niveles de madurez BIM

De acuerdo con Vargas (2020), para lograr entender el estado de madurez de implementación BIM en las organizaciones, internacionalmente se maneja el concepto llamado Niveles BIM y estos nos ayudan a saber los pasos a seguir en cuanto a adopción BIM. A la vez, Vargas (2020), describe los niveles de madurez BIM de la siguiente manera:

- Nivel BIM 0: este significa que el proyecto promueve cero colaboraciones y que se usan dibujos 2D basados en CAD. El objetivo principal es general la producción de información en formato de papel o PDFs.
- Nivel BIM 1: es una combinación de metodologías basadas en 2D y 3D. En general, los modelos 3D se utilizan para la parte conceptual, y los dibujos 2D para la parte de aprobación de permisos y detallado de elementos. En este nivel, en general la transferencia de datos se hace por medio de un CDE a partir del contratista general. En este nivel hay baja colaboración y cada quien desarrolla y maneja sus propios datos. Para alcanzar este nivel se debe cumplir lo siguiente: los roles y responsabilidades BIM de todos los actores tienen que especificarse, se debe utilizar un sistema estándar de clasificación, creación de codificación específica para el proyecto, adoptar algún tipo de entorno común de datos (CDE) para compartir información y configurar una nomenclatura de información apropiada.
- Nivel BIM 2: promueve una colaboración en cada uno de los actores por medio de su propio modelo 3D. La colaboración es el distintivo principal de este nivel, por lo que se requiere un nivel de intercambio de información constante. Todos los actores deben trabajar sus modelos 3D por medio de estándares para poder intercambiar la información, se usan formatos específicos de intercambio con los cuales al final se pueda crear un Modelo BIM Federado. Para ello, se recomienda la creación de un Plan de Ejecución BIM (BEP). Para alcanzar este nivel se debe cumplir: alcanzar el Nivel BIM 1 y poder trabajar

con estándares de información, nomenclatura y formatos de colaboración como COBie o IFC, que les permita coordinar entre empresas que usen herramientas BIM diferentes a las suyas.

- Nivel BIM 3: no se ha definido propiamente; sin embargo, resulta de una colaboración a profundidad entre los desarrolladores y/o clientes y los diferentes actores del proyecto por medio de un modelo único compartido, almacenado en un repositorio común que permita a todos trabajar de manera simultánea. Además, invita a los de las construcciones que realicen la gestión de activos por medio de la información generada a partir de los procesos BIM.

Niveles de desarrollo (LOD)

El nivel de desarrollo, define el nivel de desarrollo o madurez de información que posee un elemento del modelo y este es la parte de un componente, sistema constructivo o montaje del edificio (Alonso, 2015).

Existen distintos niveles de desarrollo basados en los requerimientos de contenido del elemento y los usos autorizados del mismo, Alonso (2015) define los diferentes niveles de desarrollo de la siguiente manera:

- a) LOD 000: la primera realidad de cualquier proyecto desde sus fases de estudios previos viene condicionada por la ubicación, incluso con la posibilidad de modificación posterior de emplazamiento definitivo u orientación respecto a la parcela del conjunto.
- b) LOD 100: es el nivel básico en el que se enumeran los elementos conceptuales de un proyecto. El elemento objeto puede estar representado por un símbolo o representación genérica. Estimación de costes en relación a datos como área, volumen o similares.
- c) LOD 200: es el nivel en el que se define gráficamente el elemento, especificando aproximadamente cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto. El elemento objeto está determinado por su posición y ya posee una definición geométrica no completa. Estimación avanzada de costes vinculados a datos geométricos.
- d) LOD 300: es el nivel en el que se definen gráficamente el elemento, especificando de forma

precisa cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto. El elemento objeto está definido geoméricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación. Valoración específica y precisa del coste del elemento en base a datos concretos de fabricación y puesta en obra.

e) LOD 350: equivalente al nivel LOD 300, pero incluyendo la detección de interferencias entre distintos elementos.

f) LOD 400: el elemento objeto está definido geoméricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación con detallado completo, información de fabricación específica para el proyecto, puesta en obra/montaje e instalación. Valoración específica y precisa del elemento en base a datos concretos de fabricación y puesta en obra según precio de compra del mismo. Se incluye la detección de colisiones entre elementos.

g) LOD 500: el elemento objeto está definido geoméricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación. Se verifica la información de este nivel en relación al proceso constructivo finalizado (“as built”) y no es aplicable a todos los elementos del proyecto. Se dedicada al uso y mantenimiento de los edificios, pero no incluye cuestiones energéticas derivadas del reciclado de forma directa.

h) LOD 600: relativo a los parámetros de reciclado de cada elemento del modelo, incluyendo aquellos elementos determinados claramente en el LOD 400 y los previos.

i) LOD X00: se incluye en este nivel de desarrollo una actividad que ya se ha comenzado a realizar, como el escaneado en 3D de edificios existentes que van a ser demolidos definitivamente o trasladados de su emplazamiento original. El elemento objeto estará definido geoméricamente por completo y añadirá nuevos conceptos como distancia desde la que es visible y distintos grados de definición geométrica según distancias. La textura derivará de las características de sus materiales superficiales.

Gestión de la información mediante BIM

Dentro de las normas internacionales relacionadas a la gestión de la información destaca la norma ISO 19650, la cual cuenta con cinco apartados relacionados a la gestión de la información según estándares de la metodología BIM. De acuerdo con Building Smart Spain (2021), estos apartados son:

a) ISO 19650-1: establece los conceptos y principios recomendados para los procesos de desarrollo y gestión de la información a lo largo del ciclo de vida de cualquier activo de construcción.

b) ISO 19650-2: define los procesos de desarrollo y gestión de la información durante la fase de desarrollo.

c) ISO 19650-3: define los procesos de uso y gestión de la información durante la fase de operación.

d) ISO 19650-4: define el intercambio de información en BIM durante las fases de desarrollo y operación

e) ISO 19650-5: establece los requisitos de seguridad de la información.

En cuanto a la normativa vigente en el país, se encuentra la traducción de las normas mencionadas anteriormente. Para el interés y desarrollo de este proyecto se encuentran las siguientes:

a) INTE/ISO 19650-1:2020: organización y digitalización de la información sobre edificaciones e infraestructura, incluyendo modelado de la información de la construcción (BIM). Gestión de la información con el uso del Modelado de la Información de la Construcción (BIM). Parte 1: Conceptos y principios.

b) INTE/ISO 19650-2:2020: organización y digitalización de la información sobre edificaciones e infraestructura, incluyendo modelado de la información de la construcción (BIM). Gestión de la información con el uso del Modelado de la Información de la Construcción (BIM). Parte 2: Fase de desarrollo de los activos.

Para lograr la gestión de la información de acuerdo a las normas ISO 19650, se deben conocer una serie de conceptos como: requisitos de información, nivel de información necesario, Plan de Ejecución BIM (BEP), contenedores de información, entorno común de datos (CDE) y modelo de información.

Requisitos de información

Son un conjunto de especificaciones sobre la información que debe producirse, cuándo debe producirse, su método de producción y su destinatario. Estos requisitos de información son definidos inicialmente por el adjudicador pudiendo ser ampliados por los propios requisitos de los diferentes adjudicatarios (Building Smart Spain, 2021).

De acuerdo al Building Smart Spain (2021), los requisitos de información se pueden clasificar de la siguiente manera:

- a) OIR: Requisitos de Información de la Organización relativos a sus objetivos.
- b) PIR: Requisitos de Información del Proyecto relativos a su desarrollo.
- c) AIR: Requisitos de Información del Activo relativos a su operación.
- d) EIR: Requisitos de Intercambio de Información entre dos partes relativos a su adjudicación.

Nivel de Información Necesario

Es el marco que define el alcance y la granularidad de la información. Uno de sus propósitos es optimizar la información generada, de tal forma que se satisfagan de forma suficiente los requisitos de información. El Nivel de Información Necesario dependerá de los objetivos para el uso de la información, los hitos de entrega, los agentes y los objetos. El Nivel de Información Necesario debe aplicarse a la información geométrica, la información alfanumérica y la documentación y se define para una serie de factores independientes (Building Smart Spain, 2021).

Plan de Ejecución BIM (BEP)

Es necesario en distintas fases de un proyecto (desarrollo, operación) y puede ser distinto para cada una de ellas, ya que cubre aspectos distintos según las necesidades de información de cada fase (Building Smart Spain, 2021).

Andrades y Flores (2020) destacan que, el objetivo de realizar un BEP es que cada agente ejecute tareas independientes, sin antes organizarlas, por ese motivo se indica que este plan consiste en tener una comunicación,

colaboración única y sistemática minimizando errores y pérdidas de información.

Del mismo modo, garantiza una calidad considerable a cada etapa en el ciclo del proyecto; delegando y definiendo responsabilidades a cada involucrado, por ende, ayuda a gestionar la información de manera adecuada (Andrades y Flores, 2020).

Dentro de los principales beneficios de desarrollar un BEP, Estruga (2021) destaca los siguientes:

- Se facilita el cumplimiento de los presupuestos y tiempos de entrega.
- Se definen las responsabilidades de todas las partes participantes en el proyecto.
- El proyecto es más fácil de monitorear desde su inicio a su fin.
- Todos los recursos, documentos e información están al alcance de todos los participantes y se facilita su implementación durante el proyecto.
- El equipo trabaja bajo una planificación establecida, mejorando la cohesión de todos los miembros.
- Los objetivos son comprensibles y se alcanzan con más facilidad.
- Reducción generalizada de costes y tiempo de ejecución del proyecto, sobre todo en obra y construcciones.

El Building Smart Spain (2021) menciona que el Plan de Ejecución BIM debe contener al menos los siguientes elementos:

- a) Los nombres y reseñas profesionales de las personas que desempeñarán la función de gestión de la información.
- b) La estrategia de entrega de información.
- c) La estrategia de federación de los modelos de información.
- d) La matriz de responsabilidades, que describe la participación de varias funciones, en la ejecución de tareas o en la provisión de entregables.
- e) Los métodos y procedimientos de producción de información del proyecto.
- f) La norma de información del proyecto.
- g) La infraestructura tecnológica a adoptar.

Contenedores de información

Es un conjunto de información persistente y recuperable desde un archivo o sistema de

almacenamiento. Según el Building Smart Spain (2021), se clasifican de acuerdo al tipo de información, ya sea información estructurada o información no estructurada.

El BIM Forum Costa Rica (2020) describe los tipos de información de la siguiente manera:

a) Información estructurada: incluye modelos geométricos, programaciones y bases de datos que pueden ser extraídos directamente desde los modelos BIM en distintos formatos; por ejemplo, planos, presupuestos o cuantificaciones, especificaciones técnicas.

b) Información no estructurada: incluye documentos de apoyo al desarrollo del proyecto y los modelos; por ejemplo, fichas técnicas, catálogos, nubes de puntos, archivos de audio y video.

El almacenamiento de los contenedores de información puede realizarse a través de formatos abiertos o formatos propietarios. El uso de formatos abiertos favorece la perdurabilidad y accesibilidad de la información a lo largo del tiempo (Building Smart Spain, 2021).

Utilizar una estructura fija de codificación y de metadatos para la identificación de los diferentes contenedores de información genera una serie de beneficios, los cuales según Building Smart Spain (2021) son:

- Aportar información a los agentes intervinientes.
- Disponer de un identificador único para cada documento.
- Búsquedas de información más eficientes.
- Mejora el intercambio de información entre agentes a lo largo de todo el ciclo de vida del activo construido.

Entorno Común de Datos (CDE)

Es la fuente acordada de información para cada activo o proyecto, con el fin de reunir, gestionar y repartir cada contenedor de información a través de un procedimiento establecido. Para poder trabajar de forma colaborativa es necesario disponer de un Entorno Común de Datos (Building Smart Spain, 2021).

Bouzas (2017) menciona que al trabajar en un CDE se asegura que la información es generada una sola vez y se utiliza las veces que sea necesario por todos los colaboradores e interesados del proyecto. Esto garantiza el trabajo

sobre las actualizaciones aprobadas y que la información se vaya enriqueciendo de forma ordenada a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

La información contenida en el Entorno Común de Datos puede tener diferentes estados, los cuales según el Building Smart Spain (2021) son:

a) Estado trabajo en curso (WIP): aplica a la información que se está desarrollando por el equipo de trabajo.

b) Estado compartido (S): aplica a la información que puede ser consultada por todas las partes apropiadas.

c) Estado publicado (P): aplica a la información que ha sido autorizada para su uso.

d) Estado archivo (ARC): aplica a la información que se ha compartido y publicado y que queda registrada.

De acuerdo con Bouzas (2017), una herramienta que se utilice como Entorno Común de Datos, al menos debe permitir lo siguiente:

- Incorporar, consultar y obtener la información del proyecto, tanto archivos como comunicaciones entre los interesados (correos electrónicos, ordenes de cambio, tareas, consultas).
- Gestión de accesos: no todos los interesados deben acceder a toda la información.
- Compartir información mediante enlaces.
- Controlar las versiones.
- Búsqueda fácil de la información a través de filtros, etiquetas, entre otros.
- Flujos de trabajo integrados en la gestión de la documentación: aprobaciones, comentarios, entre otros.
- Visualización y anotación de archivos y modelos.
- Gestión de modelos federados: combinación de archivos IFC para su visualización y análisis, así como la exportación de datos de forma estructurada en formato COBie.
- Planificación del proyecto BIM: requerimientos de información del cliente, plan de ejecución, protocolos, niveles de detalle e información, gestión estructurada de los datos.

Modelo de información

Es un conjunto de contenedores de información estructurada y no estructurada que facilita la toma de decisiones. Es recomendable que los elementos contenidos en el modelo estén clasificados según uno o más sistemas de clasificación, de forma que facilite los procesos de búsqueda o filtrado de la información (Building Smart Spain, 2021).

El modelo de información podrá componerse de un conjunto de contenedores de información de diferentes disciplinas (arquitectura, estructura, instalaciones, entre otros) organizados para que puedan ser federados de forma apropiada para facilitar la colaboración durante el desarrollo del proyecto (Building Smart Spain, 2021).

Existen dos clasificaciones para los modelos de información que pueden ser considerados como entregables, las cuales según la norma ISO 19650 y mencionadas por el Building Smart Spain (2021) son:

- a) PIM: Modelo de Información del Proyecto relacionado con la fase de desarrollo.
- b) AIM: Modelo de Información del Activo relacionado con la fase de operación.

Metodología

Para el desarrollo del presente proyecto se optó por utilizar una metodología bajo un enfoque cualitativo ya que, de acuerdo a las características de la investigación, este tipo de enfoque metodológico es el que mejor adaptación presentaba.

Primeramente, como técnica de recolección de datos, se realizaron entrevistas mediante cuestionarios estructurados a miembros de la empresa, con el fin de conocer la situación actual acerca de la gestión de la información en los proyectos realizados por la empresa.

Mediante un análisis cualitativo de la información obtenida en las entrevistas, se sintetizaron los datos para obtener la información más relevante acerca de las herramientas o métodos que posee la empresa para gestionar la información.

Una vez se conoció el estado actual de la empresa y las herramientas con las que cuenta la misma, se realizó una selección de fuentes bibliográficas y documentos preliminares relacionados principalmente con la gestión de la información, así como con la metodología BIM y herramientas BIM que permitan gestionar la información, de manera que se tuviera el conocimiento necesario para llevar a cabo el objetivo del presente trabajo.

Debido a que existe una diferencia entre lo que se expone en la teoría y lo que se lleva a cabo en la práctica, se considera insuficiente la investigación y lectura de documentos.

Con la finalidad de ampliar la información obtenida en la investigación bibliográfica, se procedió a realizar entrevistas a través de cuestionarios estructurados a profesionales expertos en el tema en cuestión. Estas entrevistas fueron grabadas y transcritas, de forma que se pudiera acceder a esta información cuando se necesitara.

Una vez transcritas las respuestas de las entrevistas, se sintetizaron los datos para obtener la información más relevante y que estuviera relacionada con lo investigado en las fuentes

bibliográficas y de esta manera determinar las principales herramientas BIM que permiten gestionar la información, para aplicarlas en un proyecto de diseño estructural de la empresa Baico.

Luego de realizada la recolección de información, se tuvo un panorama claro de las principales herramientas BIM para la gestión de la información. Debido a lo anterior, se definieron las herramientas nuevas a implementar en la empresa, así como la modificación de las herramientas con las que contaba la empresa.

Para lo mencionado anteriormente, se realizó un diagrama de flujo que define las herramientas BIM que se deben aplicar para la gestión de la información en los proyectos de diseño estructural de la empresa.

Una vez definidas las herramientas, se procedió a realizar un diagrama de flujo para detallar el recorrido que presenta la información a lo largo de la ejecución de un proyecto de diseño estructural de la empresa Baico.

Con la información brindada por los miembros de la empresa, se procedió a utilizar las herramientas BIM en un proyecto piloto, en donde se definió los niveles de detalle que se requerían y con esto obtener el modelado 3D del diseño estructural.

Luego de obtener el modelado 3D, se definieron una serie de requisitos que debía cumplir el mismo, así como la importancia de estos en el desarrollo del proyecto, lo que dio como resultado la lista de verificación a seguir para la aprobación de los modelos 3D.

Una vez aprobado el modelo 3D, se determinaron una serie de pautas que se deben seguir en el momento de realizar la detección de interferencias entre los elementos. La definición de estas pautas, así como del responsable de estas, se logró obtener la lista de control de calidad de las interferencias.

Seguido de conocer cuáles son las herramientas BIM que se requieren implementar en la empresa para la gestión de la información,

así como el recorrido que sigue la información en los proyectos estructurales, se procedió a la elaboración del plan para la implementación de dichas herramientas.

Para la elaboración del plan mencionado, se desarrolló una metodología que permitiera reflejar lo necesario para llevar a cabo la implementación de las herramientas en los procesos actuales de diseño estructural de la empresa.

Además de lo anterior, se estableció un equipo que pueda guiar a los miembros de la empresa en la implementación de las herramientas. Así mismo, se determinaron los softwares que mejor se adecuan a los procesos de la empresa, así como el hardware requerido por dichas herramientas.

También, se genera un presupuesto en donde se define el costo de los softwares, el equipo electrónico y las capacitaciones necesarias de los miembros de la empresa, que permita conocer el costo total de la implementación de las herramientas en la empresa.

Luego, se establecen una serie de acciones a seguir por parte de los involucrados para llevar a cabo la implementación de manera ordenada y efectiva, lo que da como resultado el Plan de implementación del modelo de gestión de la información.

Finalmente, con el producto final del Plan de implementación, se realizó una explicación y un análisis del mismo con integrantes de la empresa, obteniendo de esta manera, una capacitación de estos en el uso e implementación del modelo de gestión de información para proyectos de diseño estructural.

Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo de este proyecto de graduación.

Entrevistas

Entrevista en empresa

Inicialmente, para alcanzar el primer objetivo el cual es, analizar la gestión de la información actual

en la empresa para proyectos de diseño estructural, se realizó una entrevista al Ingeniero Pablo Araya, Gerente General de la empresa Baico, con el fin de conocer el estado en que se encontraba la gestión de la información en los proyectos realizados por la empresa. La empresa Baico, fue fundada en el año 2019 y se dedica a la ejecución de proyectos de diseño estructural de viviendas y edificios comerciales. En el siguiente cuadro se muestran las respuestas obtenidas en la entrevista.

Cuadro 1. Entrevista aplicada a integrante de la empresa Baico

¿Cuáles métodos y/o herramientas utiliza la empresa para gestionar la información en los proyectos de diseño estructural?	En este momento se utilizan herramientas como ETABS y SAP2000 para generar la información de diseño y posteriormente se generan instrucciones para dibujantes mediante aplicaciones para edición de PDF.
¿Cuenta la empresa con sistemas de almacenamiento de la información que permitan accesibilidad a la misma a lo largo del ciclo de vida de los proyectos?	En este momento se maneja un servidor “en la nube”, de esta forma se puede tener la información del proyecto en cualquier lugar, a cualquier hora, lo único necesario es tener conectividad a internet.
¿Cuáles métodos utilizan para intercambiar información con los involucrados del proyecto?	Generamos carpetas específicas y las compartimos según los involucrados en el proyecto, de esta forma mantenemos toda la información en el mismo lugar. Cuando son personas externas a la organización compartimos la información mediante herramientas virtuales como WeTransfer o Dropbox.
¿Se utiliza alguna herramienta como entorno común de datos que permita el acceso a la información de los distintos participantes del proyecto?	La herramienta específica para el entorno común de datos es Google Drive, ya que además es la herramienta en la cual albergamos nuestros correos electrónicos.

Cuadro 1. Entrevista aplicada a integrante de la empresa Baico	
¿Utiliza la empresa alguna codificación que permita identificar los distintos almacenamientos de la información?	Por el momento, solo se ha utilizado un “sistema” simple de numeración de proyectos, dentro de cada proyecto se encuentran las carpetas que permiten ubicar los diferentes archivos.
¿Existe algún responsable de la gestión de la información en la fase de diseño?	En la empresa aún no se tienen responsables de gestionar la información durante la fase de diseño, pero el ingeniero estructural es el encargado y responsable de verificar que los elementos que se hayan dibujado, sean los que el haya diseñado.

Fuente: Elaboración propia, mediante Microsoft Word.

Entrevistas a profesionales

Luego de realizar el análisis de la gestión de la información actual en la empresa, se realizaron entrevistas a dos profesionales externos a la empresa, con el fin de lograr lo estipulado en el segundo objetivo, el cual es, identificar métodos y herramientas para la gestión de la información utilizando la metodología BIM. Dichas entrevistas se enfocaron en la gestión de la información a través de la metodología BIM.

Para tener una correcta comprensión del Cuadro 2, se presenta una descripción breve de cada uno de los entrevistados enseguida. Primero, el Ing.

Alberto Blanco, cuenta con un Máster en BIM y es el actual gerente de la empresa Constrial S.A. en la que cuenta con cinco años implementando la metodología BIM en los proyectos de la empresa. Luego, el Ing. Juan Rodríguez, posee un Máster en BIM aplicado a la Ingeniería Civil, actualmente cuenta con más de cinco años como director de proyectos de construcción en la empresa Incopoás, en donde ha implementado la metodología BIM en más de diez proyectos.

A continuación, se muestra una síntesis con la información más relevante relacionado a lo requerido en el segundo objetivo. Las respuestas completas de las entrevistas se encuentran en el Apéndice 1.

Cuadro 2. Síntesis de entrevistas realizadas a profesionales	
¿De qué forma la metodología BIM permite gestionar la información de un proyecto?	<p>El Ing. Alberto Blanco menciona lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El BIM nos ayuda a dos cosas, a tener la información mejor estructurada y número dos que sea más entendible, podemos hacer un salto en la calidad de cómo se maneja la información. Entonces, de mi parte como ha ayudado BIM en el manejo de la información, ciertamente estructura mucho mejor, ordena mucho mejor y se visualiza mucho mejor, eso sería lo principal. <p>Por otro lado, el Ing. Juan Rodríguez destaca que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Todo debe comenzar a partir de un Plan de Ejecución BIM, eso es como el pilar principal de la aplicación de la metodología BIM, en donde el encargado BIM de la organización o del equipo de trabajo pone todas la reglas del juego de cómo se va a transmitir la información, ya sea modelos, ya sea información escrita, especificaciones y ese tipo de cosas que uno puede incorporar a un modelo BIM muchísima información y de hecho eso es como lo más importante de BIM, que un modelo vaya con información. En un Plan de Ejecución BIM, también se establece de qué manera se va a transmitir la información entre personas y también entre programas, entre softwares.

Cuadro 2. Síntesis de entrevistas realizadas a profesionales

<p>¿Qué herramientas BIM recomienda para lograr una adecuada gestión de la información?</p>	<p>En el caso del Ing. Alberto Blanco, este menciona lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> A mi criterio, para poder aplicar BIM en una empresa o en cualquier lado, te voy a decir tres cosas que son mandatorias, uno, un CDE, Common Data Environment. Número dos, tenemos que cambiar nuestro paradigma en pensar que los proyectos de construcción actualmente son muy fraccionados, para que vos te involucres con BIM tenes que pensar más allá, eso es muy importante, de donde me dan la información y a quién se la entrego el día de mañana. Luego, un modelo de información, tenes que tener un 3D con información. <p>En cuanto al Ing. Juan Rodríguez, se refiere a lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> En ese caso vamos a ver en herramientas BIM y enfocadas más en la parte estructural, bueno obviamente yo recomiendo Revit como punto de partida. De la metodología BIM hay como varias codificaciones estándar que existen a nivel mundial, que se pueden utilizar como por ejemplo Unifomat, Masterformat. Entonces, ese tipo de cosas son como también muy básicas, transmitir información.
<p>¿Qué aspectos considera relevantes para la implementación de la metodología BIM en una empresa pequeña?</p>	<ul style="list-style-type: none"> En este caso, ambos entrevistados coinciden en que un aspecto relevante, es definir un plan piloto para implementar la metodología BIM, así como la definición de los procedimientos o la elaboración de un plan de implementación con las acciones a seguir. <p>El Ing. Alberto Blanco, también menciona otros aspectos que considera relevantes como se muestra enseguida:</p> <ul style="list-style-type: none"> Tener una gerencia comprometida, casi que lo pongo de primero y muchas veces lo veo como lo único requerido, porque es tan difícil lograr avances en una metodología de trabajo colaborativo si no hay compromiso. Número dos, un recurso para poder por lo menos a cuenta gotas ir avanzando, tener buen hardware, tener buen software, tener todas esas previsiones.
<p>¿Cuáles considera que son las dificultades de implementar la metodología BIM en pequeñas empresas?</p>	<ul style="list-style-type: none"> Ambos entrevistados coinciden en que la principal dificultad es la curva de aprendizaje de los involucrados, ya que los trabajadores están acostumbrados a realizar las actividades de una forma y cambiarla puede generar que los involucrados no estén completamente comprometidos y con esto aumentar el tiempo de implementación. <p>También, el Ing. Alberto Blanco, menciona:</p> <ul style="list-style-type: none"> En la pequeña empresa, yo le veo la complicación que los recursos tienden a ser muy limitados y no solo recurso económico, el recurso del tiempo, usualmente no hay personal ocioso o personal que uno le pueda asignar una implementación. <p>En cuanto al Ing. Juan Rodríguez, este menciona:</p> <ul style="list-style-type: none"> Viéndolo como más externo serían los clientes, porque en muchos casos los clientes al poco tiempo de que ya se comienza el proyecto quieren ver algún tipo de avance y algo que tal vez no conoce mucha gente es que en la metodología BIM se dura mucho tiempo modelando, haciendo el modelo, pero la confección o entregable de planos constructivos es algo que se genera muy rápido, pero al final, en donde ya se tiene todo modelado todo listo

Cuadro 2. Síntesis de entrevistas realizadas a profesionales

<p>¿De qué manera la metodología BIM ayuda a realizar un trabajo colaborativo en los proyectos?</p>	<p>El Ing. Alberto Blanco destaca lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A mí en lo personal me gusta mucho, como para utilizar un BIM hay que tener un CDE, me gusta tener un centro de información común. Todo eso te ayuda también a centralizar las comunicaciones, porque hoy por hoy un bendito correo no es suficiente, es muy ineficiente, por eso es que te sugiero este tipo de formas de comunicación. Al lograr tener todas las comunicaciones centralizadas, eso también ayuda muchísimo para la parte colaborativa. <p>Por otro lado, el Ing. Juan Rodríguez destaca lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A la hora de trabajar todos al mismo tiempo, trabajar por medio de una nube, de un sistema de información homogéneo, entonces a la hora de que todos puedan trabajar en un solo modelo, es algo que los mismos profesionales que están trabajando al mismo tiempo le pueden ir comunicando para generar el proyecto de la mejor manera.
<p>¿Qué herramientas o métodos recomienda para alcanzar un trabajo colaborativo entre los involucrados de un proyecto?</p>	<p>El Ing. Alberto Blanco menciona las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dropbox, Dropbox Paper, podemos hacer BIM 360, no sé si conoces también hay otros softwares, Dalux, BIM Colab, hay muchos, todos los que te puedan servir como un CDE o como un entorno común de comunicación, también son válidos. <p>Así mismo, el Ing. Juan Rodríguez coincide con algunas de estas herramientas y destaca lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revit para hacer un modelo central y que cada uno de los profesionales pueda trabajar de forma independiente en su computadora, pero todos en un mismo modelo central. Microsoft Teams es una muy buena herramienta para comunicación rápida entre trabajadores y yo recomiendo el visor IFC Solibri, es un visor que es gratis y es bastante sencillo de utilizar, para lo que es revisión de entregables IFC y yo he visto también por medio de BIM 360, entonces esos serían como los que más recomiendo para que puedan trabajar colaborativamente.
<p>¿Qué beneficios puede generar implementar la metodología BIM en la gestión de la información?</p>	<p>El Ing. Alberto Blanco destaca lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El poder asignar un responsable para un entregable específico y si este entregable es gráficamente sencillo validarlo, es vital, porque yo para revisarte un modelo arquitectónico no necesito estudiar quince planos, es cuestión de yo navegar en cuestión de una hora como mucho y ver cómo se resuelve arquitectónicamente un proyecto, o sea, se agiliza muchísimo el poder hacer una revisión de la información y aseguramiento de la calidad de la información. <p>Por otro lado, el Ing. Juan Rodríguez menciona lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A nivel de entregable es muy sencillo ver en un modelo IFC toda la información de cada uno de los elementos que conforman un proyecto, entonces esa gestión de la información es muy útil, principalmente en el proceso constructivo. Y obviamente en la parte de la gestión de la información interna con procesos también es muy útil, por medio de un sistema de clasificación se puede ordenar un proyecto BIM y tener toda la información en un solo punto.

Fuente: Elaboración propia, mediante Microsoft Word.

Herramientas BIM para la gestión de la información

Una vez obtenidas las respuestas a los cuestionarios realizados a los entrevistados y analizada la información obtenida, se definieron las herramientas BIM que se deben aplicar en la empresa para gestionar la información y con eso

obtener el modelo de gestión de la información propuesto en el tercer objetivo de este proyecto. A continuación, se muestran los resultados relacionados al objetivo mencionado el cual es, diseñar un modelo para la gestión de la información necesaria para el diseño estructural mediante la aplicación de la metodología BIM.

En la siguiente figura, se muestran las herramientas a utilizar, así como la secuencia que deben seguir las mismas.

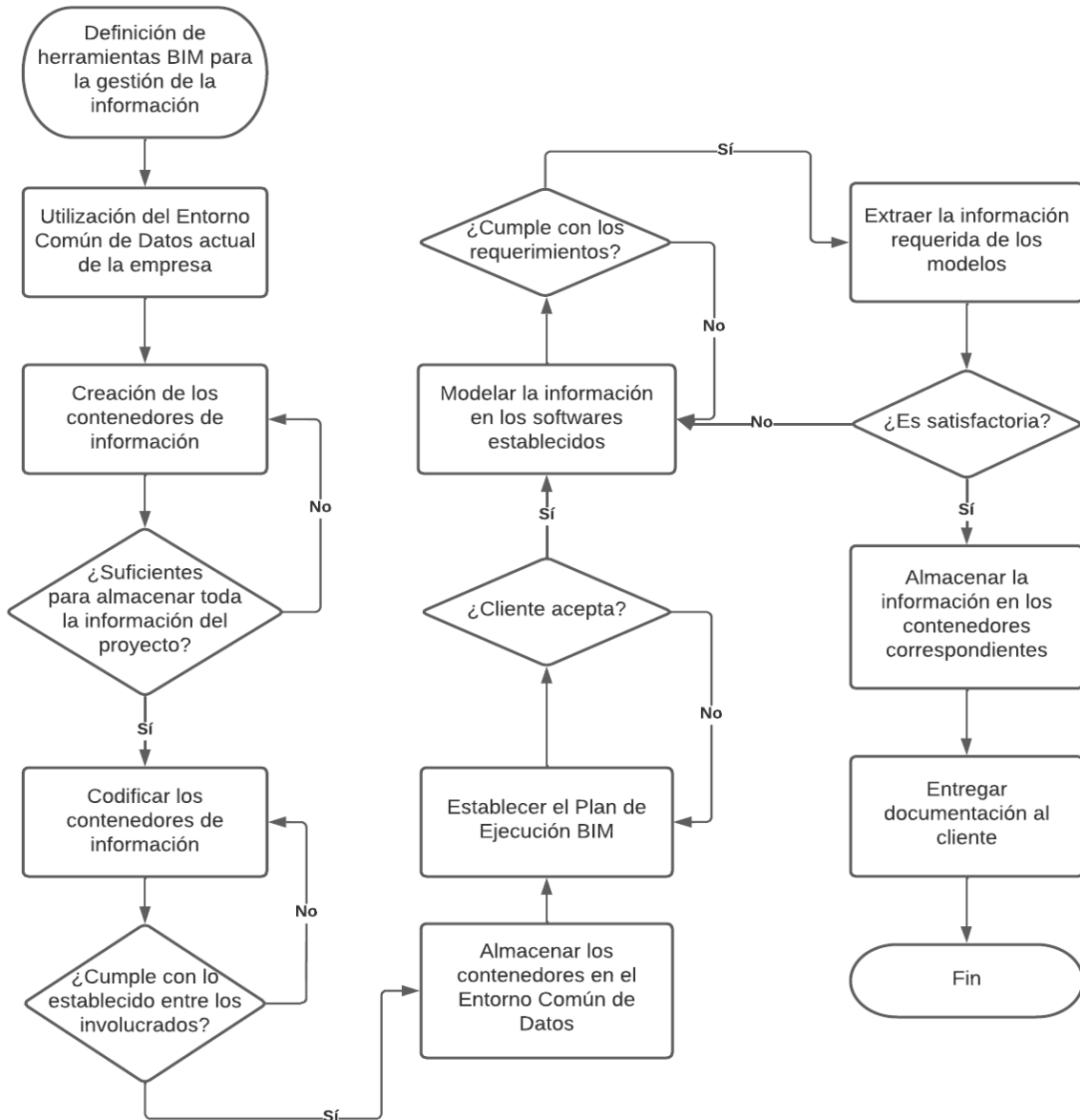


Figura 1. Diagrama de flujo de las herramientas BIM a aplicar
Fuente: Elaboración propia, mediante Lucidchart.

Plan de ejecución BIM

Una de las herramientas para gestionar la información a través de la metodología BIM, es mediante un Plan de ejecución BIM (BEP), por lo cual se consideró necesario realizar una plantilla del mismo para que pueda ser utilizada en los distintos proyectos de la empresa. La plantilla del BEP realizada se utilizó en un proyecto de diseño estructural de una vivienda unifamiliar realizado por la empresa Baico. El resultado obtenido se muestra enseguida.

2. Información del proyecto

Cuadro 3. Información del proyecto	
Término	Valor
Nombre del proyecto	Green House
Cliente	Arquitectos Unidos
Dirección del proyecto	Guanacaste, Nicoya, Sámara
Descripción del proyecto	Diseño Estructural – Vivienda Unifamiliar
Fecha de inicio de la fase de diseño	10 de enero 2022
Fecha de finalización de la fase de diseño	14 de febrero 2022

Fuente: Elaboración propia, mediante Microsoft Word.

3. Requisitos del cliente

Se deben generar láminas estructurales del proyecto para la tramitación de permisos y posteriormente las láminas constructivas del proyecto. Como parte de los entregables se

1. Objetivo

El objetivo del Plan de Ejecución BIM es definir y controlar el alcance, los roles y las responsabilidades de cada uno de los involucrados en la fase de diseño del proyecto. A la vez, este documento permite establecer los flujos de trabajo, las medidas de cooperación y control de calidad a seguir, así como la definición de las estrategias de gestión e intercambio de la información durante la ejecución de la fase de diseño del proyecto.

solicita la coordinación de un modelo LOD300 que permita la visualización de los elementos estructurales y los posibles choques entre disciplinas. Para ello se utilizará el software Revit 2021 para la modelación y para el diseño estructural se utilizará el software ETABS y SAP2000.

4. Información de involucrados

Cuadro 4. Información de los involucrados			
Nombre	Nomenclatura	Rol	Contacto
Rodolfo Ortiz	RO	Cliente	rortíz@arquinos.com
Ademar Barrantes Valverde	AB	Ingeniero Estructural	abarrantes@baico.la

Cuadro 4. Información de los involucrados			
Rodolfo Ortiz	RO	Project Manager	rortiz@arquinos.com
Federico Peña	FP	Ingeniero Electromecánico	fpena@goingenieria.com

Fuente: Elaboración propia, mediante Microsoft Word.

5. Hitos del proyecto

Cuadro 5. Hitos del proyecto			
Hito del proyecto	Entregables	Fecha de inicio	Fecha de finalización
Diseño conceptual	No Aplica	NA	NA
	No Aplica	NA	NA
Anteproyecto	No Aplica	NA	NA
	No Aplica	NA	NA
Proyecto básico	Estructuración	10/01/22	14/01/22
	Modelación (Etabs-Revit)	12/01/22	15/01/22
Diseño final	Planos Preliminares	15/01/22	01/02/22
	Planos Constructivos	01/02/22	14/02/22

Fuente: Elaboración propia, mediante Microsoft Word.

6. Objetivos y usos BIM

Cuadro 6. Objetivos y usos BIM			
Prioridad (Alta, Media, Baja)	Objetivos	Usos BIM	Responsable
Alta	Determinar la ubicación de los elementos	Revisión de diseño	Ademar Barrantes
Media	Cuantificar elementos constructivos	Estimación de costos	Rodolfo Ortíz
Media	Determinar la magnitud y escala de los elementos	Revisión de diseño – Coordinación	Ademar Barrantes
Alta	Generar una representación realista de la construcción	Revisión de interferencias – Control – Gestión de espacios	Ademar Barrantes

Fuente: Elaboración propia, mediante Microsoft Word.

7. Roles y responsabilidades

Rol	Responsabilidades
Cliente	Brindar insumos básicos para diseño (Uso de suelo, catastro, modelo arquitectónico)
Ingeniero estructural	Realizar un diseño estructural proponiendo el dimensionamiento más eficiente para los elementos que componen la estructura con base en las regulaciones del CSCR-2010 y normativa aplicable
Project Manager	Coordinar entre oficinas consultoras para evitar choques o interferencias.
Electromecánico	Definir ubicaciones de ductos, pasantes, y elementos que pueda afectar la estructura o arquitectura.

Fuente: Elaboración propia, mediante Microsoft Word.

8. Nivel de detalle del modelo BIM

Elemento	Anteproyecto	Proyecto básico	Proyecto de ejecución
Estructural	LOD	LOD	LOD
Cimentaciones	No aplica	200	300
Columnas	No aplica	200	300
Vigas	No aplica	200	300
Muros	No aplica	200	300
Losas	No aplica	200	300
Electromecánico	No aplica	200	300

Fuente: Elaboración propia, mediante Microsoft Word.

9. Estándares del modelado BIM

9.1 Sistema de coordenadas

Para que haya una congruencia entre los distintos modelos realizados, cada uno de estos archivos deberá estar referenciado al mismo sistema de coordenadas en el mismo punto exacto.

9.2 Familias/plantillas

Se deberá establecer una carpeta en el Entorno Común de Datos, que permita archivar las familias utilizadas para cada elemento del proyecto, así como una carpeta para el almacenamiento de las plantillas utilizadas para la ejecución del proyecto.

9.3 Nomenclatura de elementos

Cada uno de los elementos elaborados en el modelo deberá tener una nomenclatura establecida por la empresa o el cliente, que

permita identificarlo y diferenciarlo de los demás elementos.

10. Gestión de la información

10.1 Entorno Común de Datos (CDE)

Como Entorno Común de Datos se utilizará la plataforma Google Drive, a partir de esta se compartirán los archivos de cada una de las etapas del proyecto para la coordinación, diseño y demás fases del proyecto.

10.2 Gestión documental

Los archivos y documentos generados, se almacenarán en las carpetas codificadas y establecidas por la empresa Baico.

10.3 Estrategia de colaboración

Es responsabilidad del equipo de modelado y diseño llevar a cabo y gestionar un proceso de detección de conflictos adecuado. El grado de tolerancia son 10 cm.

El equipo de Baico creará el modelo federado y generará los informes de conflictos con Revit 2021 o Autodesk Navisworks 2021. Cada consultor revisa sus modelos sobre la base de la resolución decidida durante las reuniones de coordinación.

10.4 Reuniones de coordinación y seguimiento

La frecuencia de las reuniones de coordinación se determinará por el progreso de la coordinación y según sea necesario para mantener el cronograma del proyecto. Como mínimo se realizará una reunión de coordinación por semana hasta que se dé por completada la misma.

Cuadro 9. Información de reuniones			
Tipo de reunión	Objetivo	Frecuencia	Participantes
Diseño	Realizar revisiones entre consultores.	1 por semana	AB, RO, FP
Coordinación	Coordinar con todas las disciplinas, fecha y demás	1 por semana	AB, RO, FP
Modelado	Verificar posibles choques y revisiones	2 por semana	AB, RO, FP
Seguimiento	Detectar la solución de las problemáticas generadas	Por correo	AB, RO, FP

Fuente: Elaboración propia, mediante Microsoft Word.

11. Software

Cuadro 10. Información de los softwares			
Software	Disciplina	Uso	Versión
Autodesk Revit	Todas	Modelado 3D y cuantificación de materiales	2021
Autodesk Navisworks	Todas	Revisión de interferencias	2021
ETABS	Estructuras	Cálculo de estructuras	2021
SAP2000	Estructuras	Cálculo de estructuras	2021

Fuente: Elaboración propia, mediante Microsoft Word.

Contenedores de información

Para este apartado, la empresa Baico contaba con contenedores de información para almacenar los datos de los distintos proyectos; sin embargo, no contaban con una estructura de codificación de los distintos contenedores y archivos almacenados en los mismos, por lo cual se propuso una estructura para identificar la información más fácilmente. La estructura propuesta se muestra en las siguientes figuras.

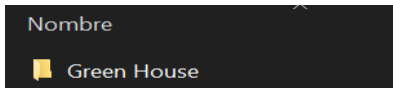


Figura 2. Contenedor del proyecto
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2 se muestra el contenedor de información relacionado al proyecto que esté ejecutando la empresa. Luego dentro de dicho contenedor se encuentran los contenedores de información necesarios para gestionar la información del proyecto. En la figura 3 se muestran los contenedores correspondientes.

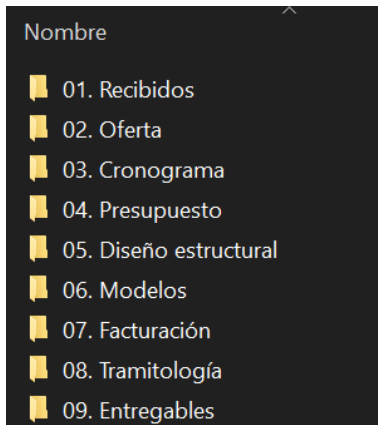


Figura 3. Contenedores de información del proyecto
Fuente: Elaboración propia.

Debido a que el proyecto de diseño estructural utilizado como referencia para la elaboración de este proyecto de graduación no requería de cronograma ni presupuestación, el enfoque se hace en los contenedores de "Recibidos", "Diseño estructural", "Modelos" y "Entregables", mostrados en la figura 3.

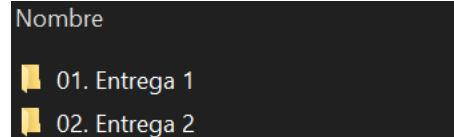


Figura 4. Contenedores dentro de "Recibidos"
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4 se observan los contenedores para almacenar los archivos recibidos de parte del cliente según la entrega que corresponda.

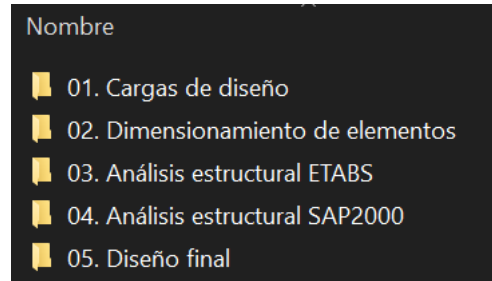


Figura 5. Contenedores dentro de "Diseño estructural"
Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior, se muestran los contenedores de información propuestos para almacenar los archivos generados durante la fase de diseño estructural.

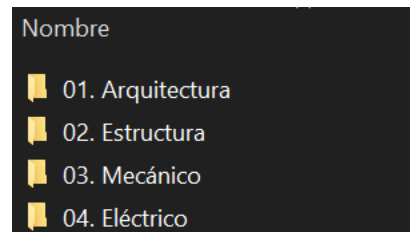


Figura 6. Contenedores dentro de "Modelos"
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 6, se puede observar los contenedores de información para las distintas disciplinas; sin embargo, el proyecto se enfoca en la parte estructural, por lo que solo se mostraran los contenedores albergados en dicha disciplina.

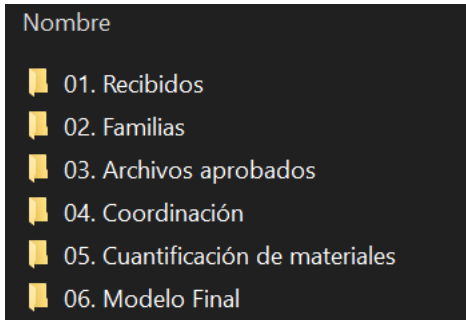


Figura 7. Contenedores dentro de "Estructura"
Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior, se observan los contenedores propuestos para gestionar la información generada en la elaboración del modelo estructural.

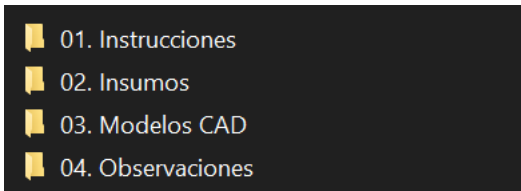


Figura 8. Contenedores dentro de "Recibidos"
Fuente: Elaboración propia.

Los contenedores que se muestran en la figura 8, permiten gestionar la información que recibe el modelador por parte del Ingeniero Estructural.

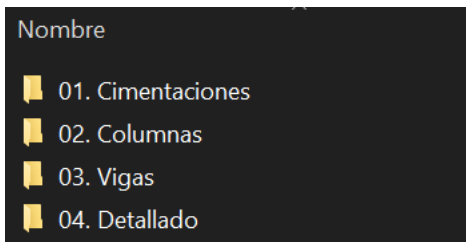


Figura 9. Contenedores dentro de "Familias"
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 9 se observan los contenedores que permiten almacenar las distintas familias generadas durante la elaboración del modelo, las cuales albergan información relacionada con las dimensiones y los materiales estructurales de cada uno de los elementos modelo.

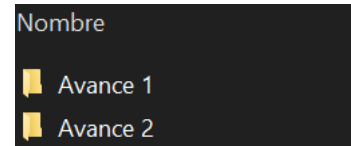


Figura 10. Contenedores dentro de "Archivos aprobados"
Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior, se presentan los contenedores propuestos para almacenar cada uno de los archivos aprobados por parte del Ingeniero Estructural correspondiente a cada avance definido.

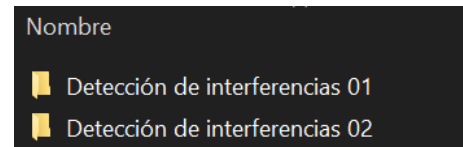


Figura 11. Contenedores dentro de "Coordinación"
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 11, se observan los contenedores que permiten gestionar la información que se obtiene luego de realizar la detección de interferencias de los elementos del modelo generado.

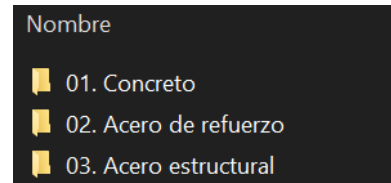


Figura 12. Contenedores dentro de "Cuantificación de materiales"
Fuente: Elaboración propia.

Los contenedores de información que se muestran en la figura anterior, son los encargados de almacenar la información relacionada a la cuantificación de los distintos materiales del proyecto. Cabe resaltar que algunos de los contenedores mostrados en las figuras anteriores poseen una mayor subdivisión de contenedores, los cuales no se muestran, debido a la extensión de los mismos.

En cuanto al lugar donde se almacenan los contenedores de información mostrados, actualmente la empresa utiliza la plataforma Google Drive como Entorno Común de Datos, el cual permite la interacción y comunicación entre los distintos involucrados del proyecto.

Modelado de información

Una vez que se definieron los contenedores de información y el Entorno Común de Datos, se procedió a modelar en 3D la información generada por el Ingeniero Estructural, lo cual es otra herramienta de la metodología BIM que permite gestionar la información de manera más adecuada, ya que la información se encuentra almacenada y centralizada en un modelo.

La vivienda unifamiliar utilizada para la elaboración de este proyecto de graduación, consta de tres cuartos, tres baños completos, un medio baño, sala, comedor, cocina, oficina, cuarto de pilas y cuenta con un área de construcción de 340 m². Enseguida, se muestra el procedimiento que se llevó a cabo para generar el modelo 3D.

Primeramente, se modelan las cimentaciones de la vivienda, la cual está compuesta de distintas placas corridas, así como de placas aisladas. En la siguiente figura se muestra las cimentaciones modeladas.

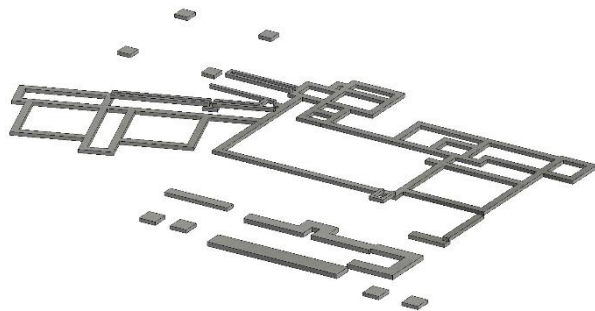


Figura 13. Modelado de cimentaciones
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

Se crea una familia paramétrica llamada “placas aisladas” para definir el código que identifica a cada elemento, las dimensiones y el material de los mismos, lo cual se muestra en la figura 14.

Tipos de familia

Nombre de tipo: PA-1

Parámetros de búsqueda

Parámetro	Valor	Fórmula
Materiales y acabados		
Material estructural (por defecto)	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	=
Cotas		
Anchura	80.00 cm	=
Longitud	80.00 cm	=
Grosor de cimentación	20.00 cm	=
Datos de identidad		

Figura 14. Información de placas aisladas
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

Seguidamente, se modelan los muros de cimentación con un espesor de 15cm. Lo anterior se presenta en la siguiente figura.

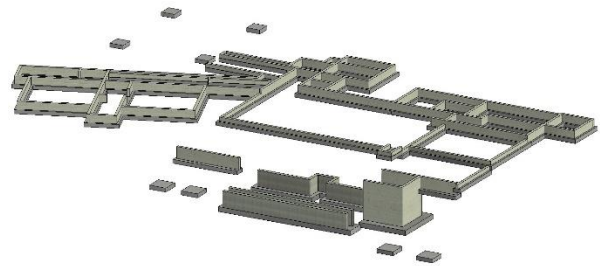


Figura 15. Modelado de muros de cimentación
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

Una vez se tienen los muros de cimentación, se modelan las vigas de cimentación y las columnas según corresponda (figura 16).

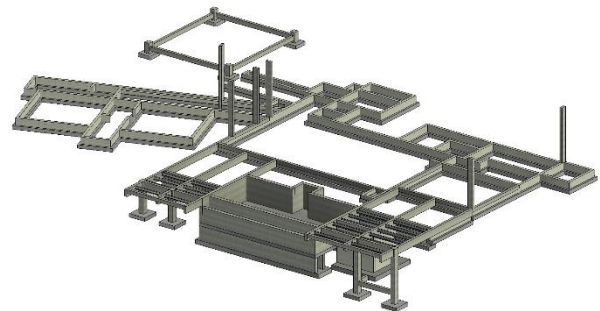


Figura 16. Modelado de vigas de cimentación y columnas
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

Las columnas son modeladas mediante la familia paramétrica “columnas concreto” en donde se define el código de cada elemento, las dimensiones de la sección transversal y el material estructural. En la figura 17 se muestra lo mencionado anteriormente.

Tipos de familia

Nombre de tipo: CC-1

Parámetros de búsqueda

Parámetro	Valor	Fórmula
Materiales y acabados		
Material estructural (por defecto)	Hormigón, Moldeado in situ, gris	=
Cotas		
b	0.1500 m	=
h	0.3000 m	=

Figura 17. Información de columnas de concreto
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

Luego, se modelan los muros de mampostería con un espesor de 15 cm y una

altura de 2.80 m, lo cual se presenta a continuación.

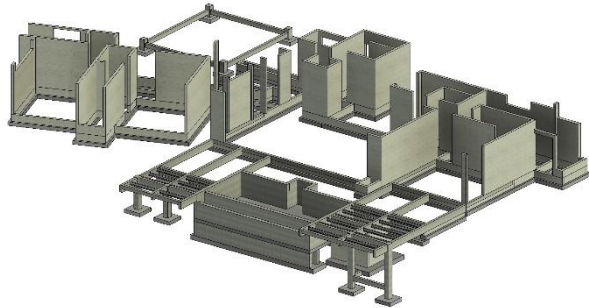


Figura 18. Modelado de muros de mampostería
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

Una vez se cuenta con los muros de mampostería, se modelan los distintos paños de losas de la vivienda.

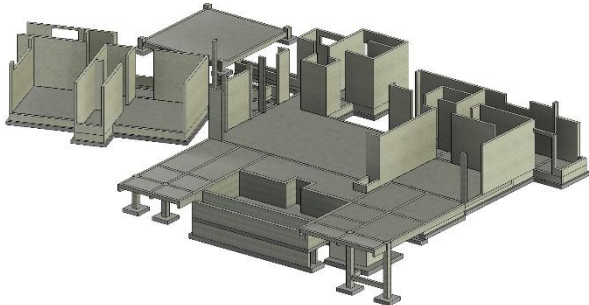


Figura 19. Modelado de losas
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

Seguidamente, se modelan las vigas corona mediante la familia “vigas concreto”, en donde se establece el código, las dimensiones de la sección transversal y el material de cada elemento. Lo anterior se muestra en la figura 20 y la figura 21.

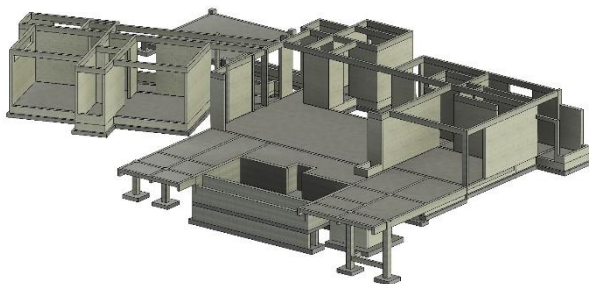


Figura 20. Modelado de vigas corona
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

Tipos de familia

Nombre de tipo: VC-1

Parámetros de búsqueda

Parámetro	Valor	Fórmula
Materiales y acabados		
Material estructural (por defecto)	Hormigón, Moldeado in situ, gris	=
Cotas		
Longitud (por defecto)	1524.0	=
b	150.0	=
h	300.0	=

Figura 21. Información de vigas de concreto
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

Luego, se modelan los elementos metálicos de la estructura, lo cual se observa en la siguiente figura.

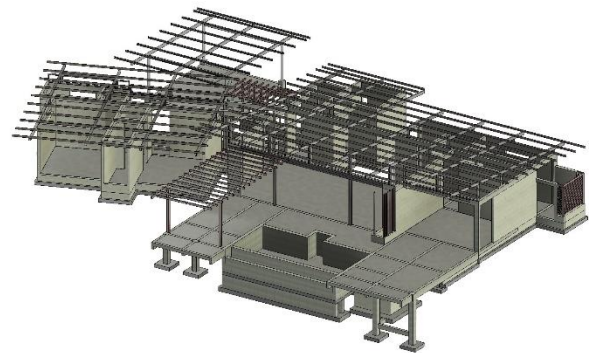


Figura 22. Modelado de elementos metálicos
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

Debido a que los elementos metálicos presentan diferentes tipos de perfiles, se crearon distintas familias paramétricas para definir las dimensiones y el material de cada tipo de elemento. Las familias creadas son “columna metálica” (figura 23), “largueros metálicos” (figura 24), “tubo estructural CED 40” (figura 25), “viga metálica” (figura 26), “apoyo” (figura 27) y “viga en perfil C” (figura 28).

Tipos de familia

Nombre de tipo: H.N. 100x150x3.17mm

Parámetros de búsqueda

Parámetro	Valor	Fórmula
Materiales y acabados		
Material estructural (por defecto)	Acero galvanizado	=
Cotas		
b	100.00	=
h	150.00	=
r	6.34	= 2 * t
t	3.17	=

Figura 23. Información de columnas metálicas
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

Tipos de familia

Nombre de tipo: Tubo estructural 100x150x2.4 mm

Parámetros de búsqueda

Parámetro	Valor	Fórmula
Materiales y acabados		
Material estructural (por defecto)	Metal-Acero	=
Cotas		
Longitud (por defecto)	3000.0	=
b	100.0	=
h	150.0	=
r	4.8	=2 * t
t	2.4	=

Figura 24. Información de largueros metálicos
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

Tipos de familia

Nombre de tipo: C 50x100x1.5 mm

Parámetros de búsqueda

Parámetro	Valor	Fórmula
Materiales y acabados		
Material estructural (por defecto)	Acero, galvanizado	=
Cotas		
Longitud (por defecto)	3000.0	=
b	50.0	=
dt	15.0	=
h	100.0	=
r	3.0	=2 * t
t	1.5	=

Figura 28. Información de vigas en perfil C
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

Tipos de familia

Nombre de tipo: CED 40

Parámetros de búsqueda

Parámetro	Valor	Fórmula
Materiales y acabados		
Material estructural (por defecto)	Acero galvanizado	=
Cotas		
diámetro	150.00	=
Datos de identidad		

Figura 25. Información de tubo estructural CED 40
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

Tipos de familia

Nombre de tipo: VM-1

Parámetros de búsqueda

Parámetro	Valor	Fórmula
Materiales y acabados		
Material estructural (por defecto)	Metal-Acero	=
Cotas		
Longitud (por defecto)	3000.0	=
b	100.0	=
h	100.0	=
r	6.4	=
t	2.4	=

Figura 26. Información de vigas metálicas
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

Tipos de familia

Nombre de tipo: TC 100x100x2.4mm

Parámetros de búsqueda

Parámetro	Valor	Fórmula
Materiales y acabados		
Material estructural (por defecto)	Acero galvanizado	=
Cotas		
b	100.00	=
h	100.00	=
r	4.80	=2 * t
t	2.40	=

Figura 27. Información de apoyos
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

Una vez se tienen los elementos metálicos, se procede a modelar las cubiertas de techo, lo cual se muestra en las siguientes figuras.

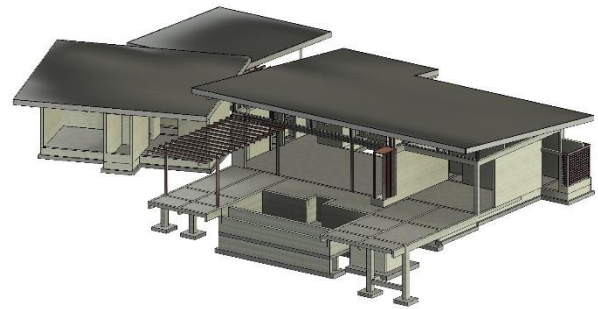


Figura 29. Modelado de cubiertas de techo vista trasera
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

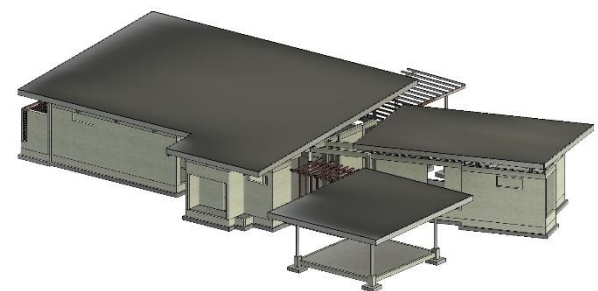


Figura 30. Modelado de cubiertas de techo vista frontal
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

Finalmente, se modela el acero de refuerzo de cada uno de los elementos de la estructura. El resultado se presenta en la figura 31.

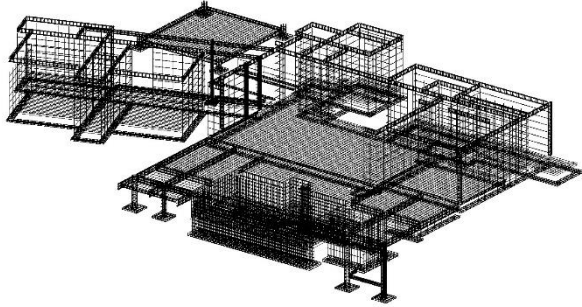


Figura 31. Modelado de acero de refuerzo
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

A continuación, se muestran una serie de figuras con el fin de visualizar de mejor manera el detallado de algunos elementos de la estructura.

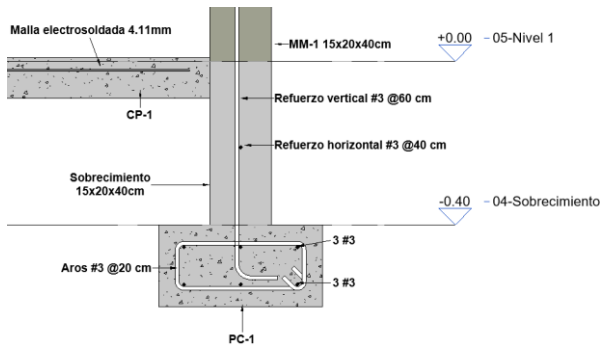


Figura 32. Detalle de placa corrida
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

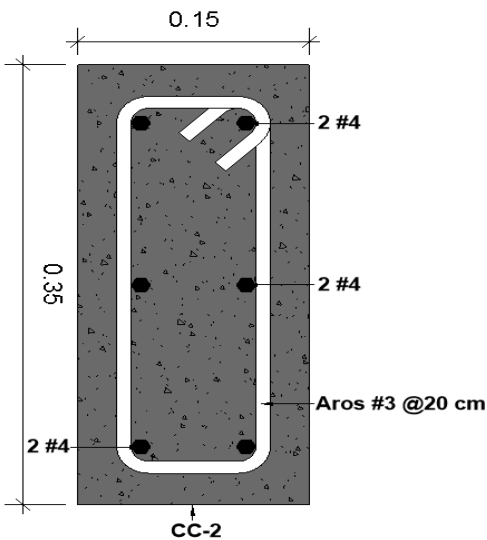


Figura 33. Detalle de columna de concreto
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

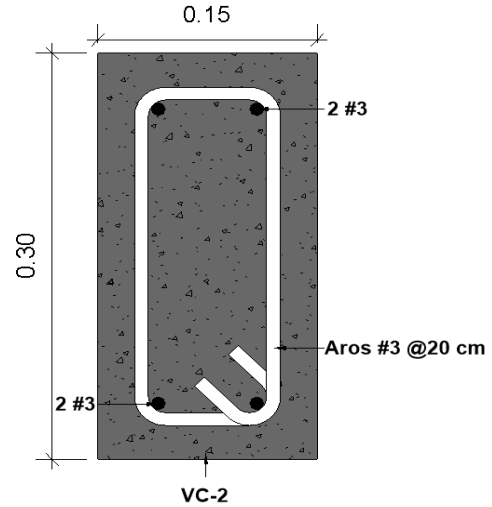


Figura 34. Detalle de viga corona
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit.

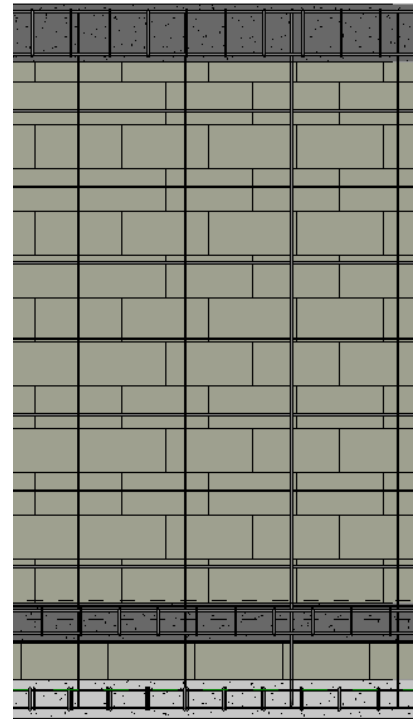


Figura 35. Detalle de muro de mampostería
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

Control de calidad del modelo

Una vez que se finaliza el modelado de la vivienda, se realiza un control de calidad del mismo, en donde primeramente se debe cumplir con lo

estipulado en la lista de verificación, expuesta en el cuadro 11.

Cuadro 11. Lista de verificación de los modelos				
Requisitos	Cumple	Resolver	Sin relevancia	Observaciones
1. Los formatos de los archivos de los modelos son compatibles entre sí.				
2. El sistema de coordenadas utilizado corresponde al definido por los involucrados.				
3. Existe congruencia y correspondencia entre el modelo arquitectónico y el modelo estructural.				
4. Los elementos son modelados de acuerdo a lo establecido por el Ingeniero Estructural.				
5. Los elementos presentan el nivel de detalle establecido en el Plan de Ejecución BIM.				
6. La nomenclatura de los elementos cumple con la establecida en el Plan de Ejecución BIM.				
7. Cada tipo de elemento cuenta con su respectiva familia que permite acceder a la información necesaria del elemento.				
8. El modelo cuenta con previstas para el paso de los elementos eléctricos y mecánicos.				

Fuente: Elaboración propia, mediante Microsoft Word.

Luego de que el modelo sea aprobado mediante la lista de verificación, se procede a realizar una detección de interferencias de los elementos que componen la estructura. A través de la realización de esta detección, se determinan fallas en el modelo como traslape y duplicidad de elementos, lo cual permitirá obtener información más precisa en el momento de determinar las cantidades de los distintos elementos del proyecto.

Para la vivienda modelada se realizaron dos pruebas de verificación de conflictos. En el caso de que se detectaran intersecciones entre elementos, se tiene la siguiente lista de control de calidad, mostrada en el cuadro 12, la cual permite identificar y analizar si es necesario resolver las interferencias o si las mismas son aprobadas.

Cuadro 12. Lista de control de calidad de las interferencias

N°	Fecha	Ubicación	Traslape excede en 10% la tolerancia	El proceso constructivo se ve afectado	Existe duplicidad de elementos	Estado de la interferencia			Responsable	Observaciones
						Aprobado	Resuelto	Revisado		
1										
2										
3										
4										

Fuente: Elaboración propia, mediante Microsoft Word.

La primera prueba fue realizada con una tolerancia de 5 mm, lo que significa que si los elementos se intersecan en una distancia menor a la establecida no es necesario realizar un análisis de los mismos. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente figura.

De acuerdo con la figura 37, se observa que para la segunda prueba se obtuvieron 13 conflictos nuevos respecto a la primera prueba, de los cuales 9 fueron resueltos y 4 conflictos fueron aprobados. En el Apéndice 2 se muestra el informe completo de las pruebas de detección de interferencias realizadas.

**AUTODESK®
NAVISWORKS®** Informe de conflictos

Prueba	Tolerancia	Conflictos	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto	Tipo	Estado
1	0.005m	16	0	0	4	2	10	Estático	Aceptar

Figura 36. Informe de conflictos prueba 1

Fuente: Elaboración propia, mediante Navisworks 2021.

Como se puede observar en la figura 36, se obtuvieron 16 conflictos para la primera prueba, de los cuales 10 fueron resueltos, 2 fueron aprobados ya que se consideró que no afectaban en el momento de construcción y 4 conflictos fueron revisados para resolverse posteriormente.

Seguidamente, se realizó una segunda prueba con una tolerancia de intersección de 1 mm. Los resultados se muestran en la figura 37.

Prueba	Tolerancia	Conflictos	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto	Tipo	Estado
2	0.001m	13	0	0	0	4	9	Estático	Aceptar

Figura 37. Informe de conflictos prueba 2

Fuente: Elaboración propia, mediante Navisworks 2021.

Cuantificación

Seguido de la verificación y resolución de las interferencias presentadas entre los elementos del modelo, se realiza la cuantificación de los elementos y materiales que componen la vivienda.

Entre las cantidades obtenidas para los elementos de concreto se encuentran el área de los elementos y el volumen de concreto necesario para su construcción. En el caso de los muros de mampostería, se determinaron cantidades como el área de los elementos y la cantidad de blocks necesarios.

Seguidamente, para el acero de refuerzo se cuantificaron aspectos como la longitud de varillas y el peso total de las mismas. Finalmente, para los elementos de acero estructural se obtuvieron cantidades relacionadas a la longitud de cada tipo de perfil. Los resultados obtenidos, se muestran a continuación.

<01. Tabla de cimentaciones >						
A	B	C	D	E	F	G
Nivel	Familia	Tipo	Recuento	Material estructural	Área	Volumen
	Cimentación de muro	PC-1	44	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	50.04 m ²	10.01 m ³
	Cimentación de muro	PC-1+VB-1	6	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	11.42 m ²	2.28 m ³
	Cimentación de muro	PC-1+VC-5	1	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	1.40 m ²	0.28 m ³
	Cimentación de muro	PC-2	12	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	6.51 m ²	1.30 m ³
	Cimentación de muro	PC-3	1	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	8.85 m ²	2.21 m ³
	Cimentación de muro	PC-3+VC-5	2	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	3.70 m ²	0.74 m ³
	Cimentación de muro	PC-4	5	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	6.72 m ²	1.68 m ³
	Cimentación de muro	PC-5	3	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	5.11 m ²	1.28 m ³
: 74					93.76 m ²	19.79 m ³
00-Cimiento piscin	Placas aisladas	PA-2	2	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	2.00 m ²	0.40 m ³
00-Cimiento piscina: 2					2.00 m ²	0.40 m ³
02-Cimientos	Placas aisladas	PA-2	2	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	2.00 m ²	0.40 m ³
02-Cimientos: 2					2.00 m ²	0.40 m ³
04-Sobrecimiento	Placas aisladas	PA-1	1	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	0.64 m ²	0.13 m ³
04-Sobrecimiento	Placas aisladas	PA-3	4	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	2.56 m ²	0.51 m ³
04-Sobrecimiento: 5					3.20 m ²	0.64 m ³
Total general: 83					100.96 m ²	21.23 m ³

Figura 38. Cuantificación de cimentaciones
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

<02. Tabla de columnas de concreto>					
A	B	C	D	E	F
Nivel base	Familia	Tipo	Recuento	Material estructural	Volumen
00-Cimiento piscina	Columnas concreto	CC-4	2	Hormigón, Moldeado in situ	0.56 m ³
00-Cimiento piscina: 2					0.56 m ³
02-Cimientos	Columnas concreto	CC-4	2	Hormigón, Moldeado in situ	0.32 m ³
02-Cimientos: 2					0.32 m ³
04-Sobrecimiento	Columnas concreto	CC-3	1	Hormigón, Moldeado in situ	0.21 m ³
04-Sobrecimiento	Columnas concreto	Pedestal	4	Hormigón, Moldeado in situ	0.22 m ³
04-Sobrecimiento: 5					0.43 m ³
05-Nivel 1	Columnas concreto	CC-1	4	Hormigón, Moldeado in situ	0.54 m ³
05-Nivel 1	Columnas concreto	CC-2	1	Hormigón, Moldeado in situ	0.16 m ³
05-Nivel 1: 5					0.71 m ³
Total general: 14					2.02 m ³

Figura 39. Cuantificación de columnas de concreto
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

<03. Tabla de vigas de concreto>					
A	B	C	D	E	F
Nivel de referencia	Familia	Tipo	Recuento	Material estructural	Volumen
00-Cimiento piscina	Vigas concreto	VA-1	2	Hormigón, Moldeado in situ, gris	0.11 m ³
00-Cimiento piscina: 2					0.11 m ³
04-Sobrecimiento	Vigas concreto	VC-5	21	Hormigón, Moldeado in situ, gris	3.34 m ³
04-Sobrecimiento	Vigas concreto	Viga de piscina VP-1	1	Hormigón, Moldeado in situ, gris	0.57 m ³
04-Sobrecimiento: 22					3.92 m ³
05-Nivel 1	Vigas concreto	VA-2	4	Hormigón, Moldeado in situ, gris	0.77 m ³
05-Nivel 1	Vigas concreto	VB-1	7	Hormigón, Moldeado in situ, gris	1.12 m ³
05-Nivel 1	Vigas concreto	Viga de piscina VP-1	3	Hormigón, Moldeado in situ, gris	1.06 m ³
05-Nivel 1: 14					2.96 m ³
07-Cieloraso	Vigas concreto	VC-1	2	Hormigón, Moldeado in situ, gris	0.60 m ³
07-Cieloraso	Vigas concreto	VC-2	28	Hormigón, Moldeado in situ, gris	3.86 m ³
07-Cieloraso	Vigas concreto	VC-3	13	Hormigón, Moldeado in situ, gris	1.94 m ³
07-Cieloraso	Vigas concreto	VC-4	4	Hormigón, Moldeado in situ, gris	0.58 m ³
07-Cieloraso: 47					6.98 m ³
Total general: 85					13.96 m ³

Figura 40. Cuantificación de vigas de concreto
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

<04. Tabla de muros de concreto>						
A	B	C	D	E	F	G
Restricción de base	Familia	Tipo	Recuento	Material estructural	Área	Volumen
01-Muro piscina	Muro básico	MC-1 e=20cm	7	Hormigón, Moldeado in situ, gris	20.05 m ²	4.01 m ³
03-Base piscina	Muro básico	MC-1 e=20cm	9	Hormigón, Moldeado in situ, gris	31.42 m ²	6.28 m ³
Total general: 16					51.47 m ²	10.29 m ³

Figura 41. Cuantificación de muros de concreto
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

<05. Tabla de muros de mampostería>						
A	B	C	D	E	F	G
Restricción de ba	Tipo	Recuento	Material estructural	Área	Área de block	Cantidad de block
01-Muro piscina	Sobrecimiento 15x20x40cm	3	Bloques de hormigón	13.25 m ²	0.086 m ²	154.06
01-Muro piscina: 3				13.25 m ²		154.06
03-Base piscina	Sobrecimiento 15x20x40cm	3	Bloques de hormigón	4.34 m ²	0.086 m ²	50.41
03-Base piscina: 3				4.34 m ²		50.41
04-Sobrecimiento	Sobrecimiento 15x20x40cm	65	Bloques de hormigón	63.82 m ²	0.086 m ²	742.06
04-Sobrecimiento: 65				63.82 m ²		742.06
05-Nivel 1	MM-1 15x20x40cm	60	Bloques de hormigón	265.41 m ²	0.086 m ²	3086.11
05-Nivel 1	MM-2 20x20x40cm	1	Bloques de hormigón	3.28 m ²	0.086 m ²	38.09
05-Nivel 1: 61				268.68 m ²		3124.21
Total general: 132				350.08 m ²		4070.74

Figura 42. Cuantificación de muros de mampostería
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

<06. Tabla de losas>					
A	B	C	D	E	F
Nivel	Tipo	Recuento	Material estructural	Área	Volumen
03-Base piscina	LC-1	1	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	31.84 m ²	5.73 m ³
03-Base piscina: 1				31.84 m ²	5.73 m ³
05-Nivel 1	CP-1	24	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	253.93 m ²	25.39 m ³
05-Nivel 1	E-1	9	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	28.90 m ²	1.45 m ³
05-Nivel 1: 33				282.83 m ²	26.84 m ³
Total general: 34				314.67 m ²	32.57 m ³

Figura 43. Cuantificación de losas
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

<07. Tabla de acero de refuerzo>					
A	B	C	D	E	F
Categoría de anfitrión	Marca	Tipo	Longitud total de barra	Peso de varilla	Peso total
Cimentación estructural	E-1	#2	262.83 m	0.250 kg/m	65.71 kg
#2: 40			262.83 m		65.71 kg
Armazón estructural	VA-1	#3	9.75 m	0.560 kg/m	5.46 kg
Armazón estructural	VA-2	#3	70.03 m	0.560 kg/m	39.22 kg
Armazón estructural	VB-1	#3	254.60 m	0.560 kg/m	142.58 kg
Armazón estructural	VC-1	#3	76.91 m	0.560 kg/m	43.07 kg
Armazón estructural	VC-2	#3	646.69 m	0.560 kg/m	362.15 kg
Armazón estructural	VC-3	#3	165.38 m	0.560 kg/m	92.61 kg
Armazón estructural	VC-4	#3	75.02 m	0.560 kg/m	42.01 kg
Armazón estructural	VC-5	#3	266.00 m	0.560 kg/m	148.96 kg
Armazón estructural	VP-1	#3	64.99 m	0.560 kg/m	36.39 kg
Cimentación estructural	LC-1	#3	644.34 m	0.560 kg/m	360.83 kg
Cimentación estructural	PA-1	#3	15.90 m	0.560 kg/m	8.90 kg
Cimentación estructural	PA-2	#3	101.40 m	0.560 kg/m	56.78 kg
Cimentación estructural	PA-3	#3	68.60 m	0.560 kg/m	38.42 kg
Cimentación estructural	PC-1	#3	1385.13 m	0.560 kg/m	775.67 kg
Cimentación estructural	PC-1+VB-1	#3	311.31 m	0.560 kg/m	174.33 kg
Cimentación estructural	PC-1+VC-5	#3	36.57 m	0.560 kg/m	20.48 kg
Cimentación estructural	PC-2	#3	223.46 m	0.560 kg/m	125.14 kg
Cimentación estructural	PC-3	#3	195.27 m	0.560 kg/m	109.35 kg
Cimentación estructural	PC-3+VC-5	#3	91.28 m	0.560 kg/m	51.12 kg
Cimentación estructural	PC-4	#3	160.43 m	0.560 kg/m	89.84 kg
Cimentación estructural	PC-5	#3	122.28 m	0.560 kg/m	68.48 kg
Muro	MC-1	#3	1115.09 m	0.560 kg/m	624.45 kg
Muro	MM-1	#3	1415.98 m	0.560 kg/m	792.95 kg
Muro	Sobrecimiento	#3	70.36 m	0.560 kg/m	39.40 kg
Muro	VC-2	#3	13.50 m	0.560 kg/m	7.56 kg
Muro	VP-1	#3	34.92 m	0.560 kg/m	19.56 kg
Pilar estructural	CC-1	#3	118.89 m	0.560 kg/m	66.58 kg
Pilar estructural	CC-2	#3	13.60 m	0.560 kg/m	7.62 kg
Pilar estructural	CC-3	#3	18.05 m	0.560 kg/m	10.11 kg
Pilar estructural	CC-4	#3	96.42 m	0.560 kg/m	54.00 kg
Pilar estructural	Pedestal	#3	19.40 m	0.560 kg/m	10.86 kg
#3: 600			7901.55 m		4424.87 kg
Armazón estructural	VA-1	#4	16.12 m	0.994 kg/m	16.02 kg
Armazón estructural	VA-2	#4	81.84 m	0.994 kg/m	81.35 kg
Armazón estructural	VC-1	#4	53.32 m	0.994 kg/m	53.00 kg
Armazón estructural	VC-3	#4	171.10 m	0.994 kg/m	170.07 kg
Armazón estructural	VC-4	#4	76.61 m	0.994 kg/m	76.15 kg
Armazón estructural	VC-5	#4	321.06 m	0.994 kg/m	319.13 kg
Armazón estructural	VP-1	#4	80.80 m	0.994 kg/m	80.32 kg
Muro	Sobrecimiento	#4	92.11 m	0.994 kg/m	91.56 kg
Pilar estructural	CC-2	#4	18.30 m	0.994 kg/m	18.19 kg
Pilar estructural	CC-3	#4	22.44 m	0.994 kg/m	22.31 kg
Pilar estructural	CC-4	#4	42.88 m	0.994 kg/m	42.62 kg
Pilar estructural	Pedestal	#4	13.76 m	0.994 kg/m	13.68 kg
#4: 184			990.34 m		984.40 kg
Pilar estructural	Pedestal	Varillas lisas #5	8.00 m	1.552 kg/m	12.42 kg
Varillas lisas #5: 8			8.00 m		12.42 kg
Total general: 832			9162.72 m		5487.39 kg

Figura 44. Cuantificación de acero de refuerzo
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

<08. Tabla de elementos metálicos verticales>				
A	B	C	D	E
Nivel base	Familia	Tipo	Marca	Longitud
05-Nivel 1	Columna metálica	H.N. 100x150x3.17mm	Columna metálica	5.60
H.N. 100x150x3.17mm: 2				5.60
07-Cieloraso	Apoyo	TC 100x100x2.4mm	Apoyo	14.71
TC 100x100x2.4mm: 31				14.71
05-Nivel 1	Tubo estructural CED 40	Tubo estructural CED 40	CED 40	9.50
Tubo estructural CED 40: 4				9.50
Total general: 37				29.81

Figura 45. Cuantificación de elementos metálicos verticales
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

<09. Tabla elementos metálicos horizontales>				
A	B	C	D	E
Nivel de referencia	Familia	Tipo	Marca	Longitud
	Viga en perfil C	C 50x100x1.5 mm	Clavador	326.13
C 50x100x1.5 mm: 29				326.13
06-Viga corona	Largueros metálicos	TR 150x100x2.38mm	Larguero	25.78
TR 150x100x2.38mm: 3				25.78
06-Viga corona	Largueros metálicos	TR 150x100x3.17mm	Larguero	10.4
TR 150x100x3.17mm: 2				10.4
07-Cieloraso	Largueros metálicos	Tubo estructural 100x100x1.8 m	Larguero	33.9
Tubo estructural 100x100x1.8 mm: 12				33.9
07-Cieloraso	Largueros metálicos	Tubo estructural 100x150x2.4 m	Larguero	26.67
Tubo estructural 100x150x2.4 mm: 4				26.67
07-Cieloraso	Largueros metálicos	Tubo estructural 100x150x3.2 m	Larguero	75.59
Tubo estructural 100x150x3.2 mm: 7				75.59
07-Cieloraso	Viga metálica	VM-1	VM-1	27.68
VM-1: 3				27.68
Total general: 60				526.15

Figura 46. Cuantificación de elementos metálicos horizontales
Fuente: Elaboración propia, mediante Revit 2021.

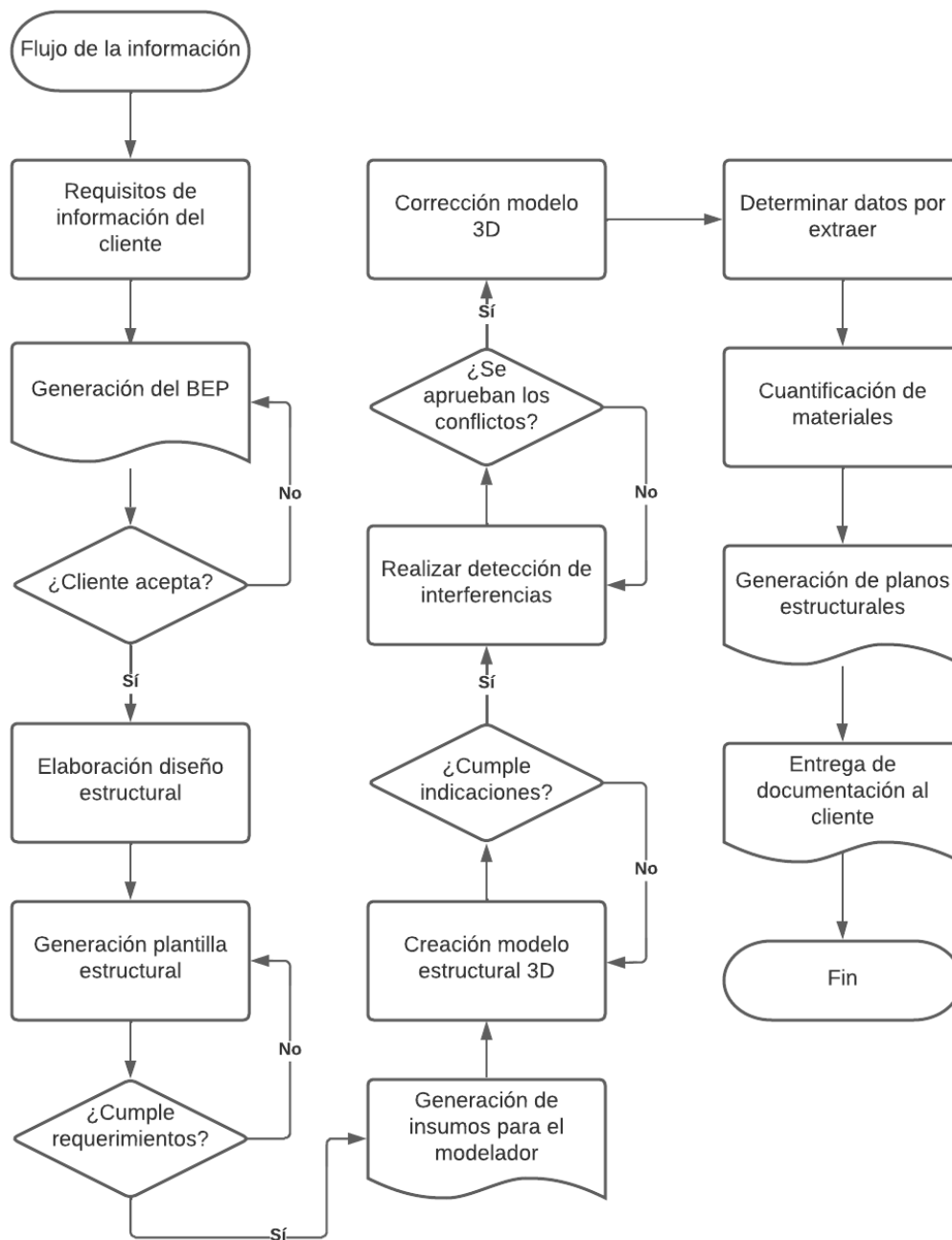


Figura 47. Diagrama de flujo del recorrido de la información
Fuente: Elaboración propia, mediante Lucidchart.

En la figura 47 se puede observar el recorrido que realiza la generación de la información durante la ejecución de un proyecto de diseño estructural mediante las herramientas BIM propuestas. Se debe recalcar, que toda la información generada en los documentos y modelos que se muestran en

el diagrama de flujo, son almacenados en los contenedores de información del respectivo proyecto, de manera que la información no se pierda durante el traslado de un involucrado a otro y que la misma esté al alcance de todos los interesados del proyecto según corresponda.

Enseguida, se muestran dos figuras que presentan algunos de los documentos y modelos generados en el proyecto piloto, almacenados en los respectivos contenedores de información.

Nombre	Estado	Fecha de modificación	Tipo
Columna metálica	●	29/3/2022 11:08	Familia de Autodesk...
Columnas concreto	●	28/4/2022 14:41	Familia de Autodesk...
Columnas madera	●	21/4/2022 15:06	Familia de Autodesk...

Figura. 48. Familias generadas a partir del modelo 3D, almacenadas en el respectivo contenedor de información.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior, se puede observar algunos de los documentos o archivos generados durante la elaboración del modelo 3D del proyecto piloto y como estos se almacenan en el contenedor de información denominado “columnas”, el cual se encuentra dentro del contenedor de información “Modelos” mostrado en la figura 3.

Nombre	Estado	Fecha de modificación	Tipo
Green_House_STR_vf	●	5/5/2022 10:21	Proyecto de Autodesk...

Figura. 49. Modelo estructural 3D, almacenado en el respectivo contenedor de información.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 49, se puede observar el modelo 3D generado durante la elaboración del proyecto piloto y como este se almacena en el contenedor de información denominado “Modelo Final”, el cual se encuentra dentro del contenedor de información “Modelos” mostrado en la figura 3.

Plan de implementación

En este apartado se muestran los resultados obtenidos relacionados al cuarto objetivo, establecer un plan para la implementación del modelo de gestión de la información para proyectos de diseño estructural.

Luego de definir las herramientas BIM que se desean implementar en el modelo para gestionar la información, se procedió a elaborar el plan de implementación de dichas herramientas. En este se expone la información necesaria que necesita la empresa para llevar a cabo el inicio de la implementación del modelo de gestión de la información propuesto.

A continuación, se muestran la portada y la tabla de contenidos del plan de implementación. El documento completo se encuentra en el Apéndice 3.



**Plan de implementación de modelo de gestión
de la información mediante metodología BIM
con enfoque en el diseño estructural**

Baico

Elaborado por

Daniel Ramírez Araya

Fecha

Julio 2022



Figura 50. Portada del Plan de implementación del modelo de gestión de la información
Fuente: Elaboración propia, mediante Microsoft Word.

Contenido

1. Argumentos de implementación del modelo.....	1
2. Retos a enfrentar.....	2
3. Factores relevantes para la implementación de las herramientas BIM	3
4. Objetivos de la implementación.....	4
5. Metodología a seguir para la implementación del modelo de gestión de la información.....	5
6. Usos de las herramientas BIM que se requieren incluir en los proyectos de diseño estructural.....	6
7. Gestión de la información en los proyectos de diseño estructural.....	6
8. Herramientas BIM a implementar para la gestión de información en el diseño estructural.....	7
9. Hardware requerido por las herramientas	12
10. Equipo de liderazgo en la implementación.....	13
11. Costo de la implementación	16
12. Acciones a seguir	17
13. Referencias bibliográficas	19

Figura 51. Tabla de contenidos del Plan de implementación
Fuente: Elaboración propia, mediante Microsoft Word.

Capacitación del personal de la empresa

Finalmente, una vez realizado el Plan de implementación, se llevó a cabo una capacitación

a los miembros del equipo de liderazgo propuesto en dicho plan, con la finalidad de que estos puedan comprender el contenido de la guía elaborada y cómo implementar el modelo generado en la empresa. En las siguientes figuras se muestra parte de la capacitación realizada.

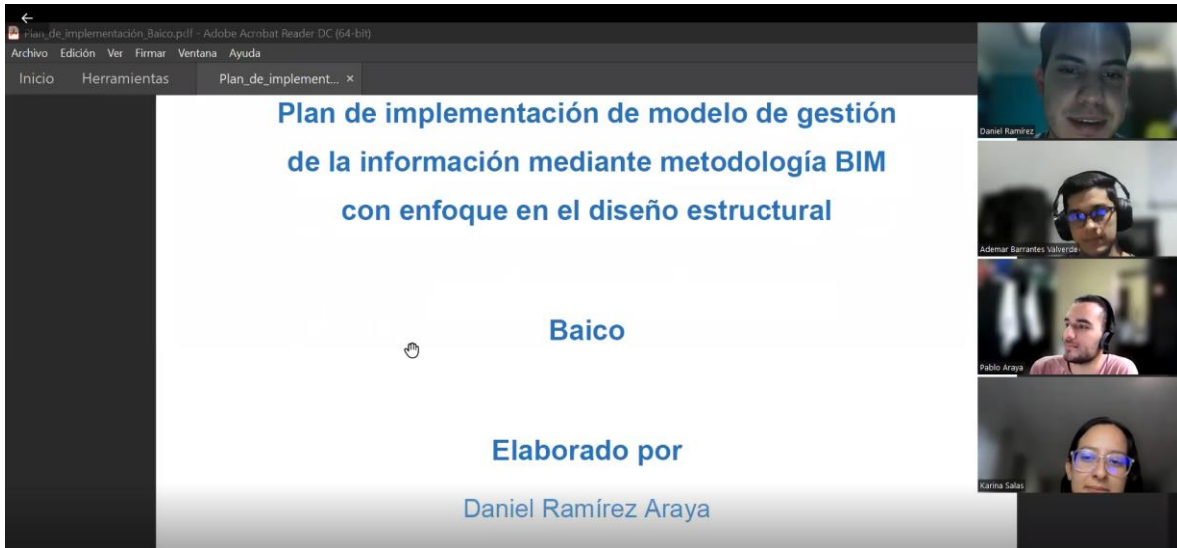


Figura 52. Capacitación al personal de la empresa acerca del Plan de implementación.
Fuente: Tomado de reunión realizada mediante Zoom.

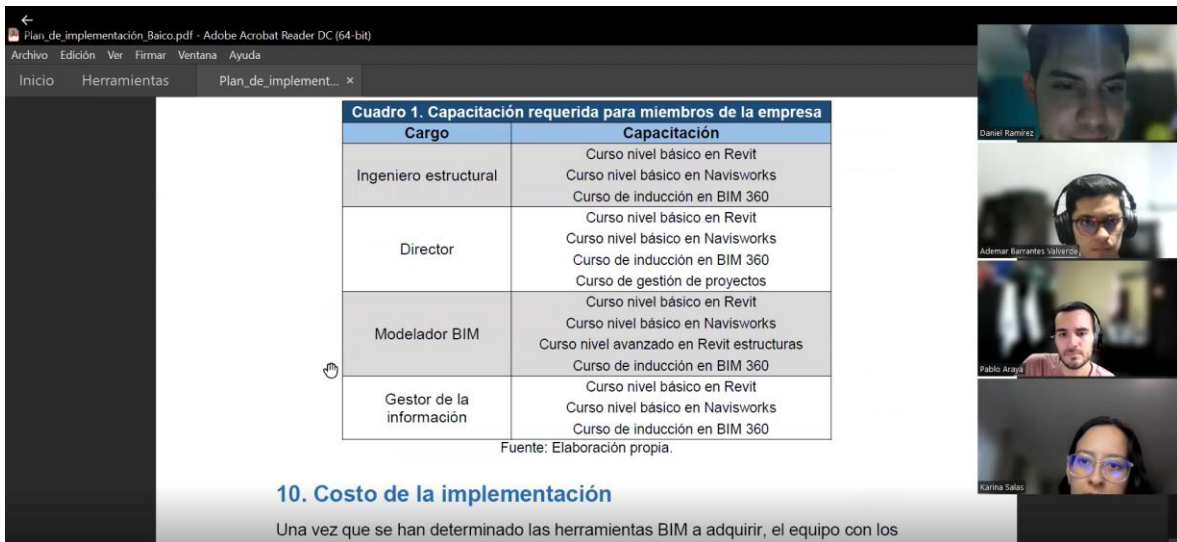


Figura 53. Explicación al personal de la empresa acerca de las capacitaciones de los softwares requeridas.
Fuente: Tomado de reunión realizada mediante Zoom.

Plan_de_Implementación_Baico.pdf - Adobe Acrobat Reader DC (64-bit)

Inicio Herramientas Plan_de_Implementación...

baico
Arquitectura - Ingeniería - Construcción

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Software (costo anual)			
Autodesk AEC Collection	1	\$3 115	\$3 115
Navisworks Manage	1	\$2 400	\$2 400
BIM 360	1	\$945	\$945
Hardware			
Computadora de acuerdo a requisitos	1	\$2 000	\$2 000
Capacitación			
Curso nivel básico en Revit	4	\$25	\$100
Curso nivel básico Navisworks	4	\$14	\$56
Curso nivel avanzado en Revit estructuras	1	\$90	\$90
Curso inducción en BIM 360	4	\$14	\$56
Curso de gestión de proyectos	1	\$14	\$14
Costo total en dólares			\$8 776
Costo total en colones			₡5 862 368

Fuente: Elaboración propia.

Debido al alto costo que presenta la herramienta Navisworks Manage, se decide

Daniel Ramirez
Ademar Barrantes Valverde
Pablo Araya
Karina Salas

Figura 54. Análisis con el personal de la empresa acerca del costo de la implementación.
Fuente: Tomado de reunión realizada mediante Zoom.

Plan_de_Implementación_Baico.pdf - Adobe Acrobat Reader DC (64-bit)

Inicio Herramientas Plan_de_Implementación...

capacitación se realizan únicamente al inicio, para los años siguientes el costo sería de \$6460 dólares, es decir ₡4 315 280 contemplando la implementación de la herramienta Navisworks Manage.

11. Acciones a seguir

Para llevar a cabo la implementación de las herramientas de una manera ordenada y lo más efectiva posible se proponen las siguientes acciones a seguir:

- Establecer las personas encargadas de ocupar los puestos del equipo de implementación.
- El equipo deberá realizar un estudio del presente plan de implementación con el fin de que se conozca el camino a seguir.
- El director deberá organizar una reunión con los miembros de la empresa Baico en la cual se explicará el plan de implementación y los objetivos que se desean cumplir.

15

Daniel Ramirez
Ademar Barrantes Valverde
Pablo Araya
Karina Salas

Figura 55. Explicación acerca de los principales pasos a seguir en la implementación.
Fuente: Tomado de reunión realizada mediante Zoom.

Análisis de los resultados

En esta sección se presenta un análisis de los resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto. El análisis se realiza de acuerdo al orden de los resultados que se obtuvieron.

Estado actual de la empresa

Este apartado hace referencia al análisis de los resultados relacionados al primer objetivo de este proyecto.

Tras realizar la entrevista al miembro de la empresa relacionada con las técnicas y herramientas que utilizan actualmente para gestionar la información, se evidencia que la transferencia de información del ingeniero estructural hacia el dibujante se da únicamente por medios escritos, por lo que, si el dibujante no entiende cierta información o interpreta mal algún dato, se estaría afectando la información que se va a generar y no se cuenta con ninguna herramienta para identificar esta posible pérdida o alteración de la información.

Asimismo, se utiliza la plataforma Google Drive como Entorno Común de Datos; sin embargo, esta funciona únicamente para los miembros de la empresa. Cuando se transfiere información a involucrados externos, se realiza mediante plataformas que no permiten acceder a la información después de un determinado tiempo, por lo que se estaría perdiendo dicha información que puede ser relevante para la ejecución del proyecto.

También, se evidencia que la empresa no cuenta con una codificación establecida para los contenedores de información, por lo que el acceso a la información puede generar pérdidas de tiempo y puede resultar ineficiente, ya que como menciona el Building Smart Spain (2021), una adecuada codificación de los contenedores de información genera beneficios como mejorar el intercambio de información entre los agentes y búsquedas de información más eficientes.

Por otro lado, se tiene que actualmente la empresa no cuenta con un encargado de gestionar la información de los proyectos, por lo que no se lleva un control adecuado de la información que se genera y de los cambios que sufre esta a lo largo de la ejecución de los proyectos.

Identificación de métodos y herramientas

A continuación, se muestra el análisis de los resultados relacionados con el segundo objetivo, identificar métodos y herramientas para la gestión de la información utilizando la metodología BIM.

Los resultados obtenidos luego de realizar la investigación bibliográfica, permitió identificar las herramientas BIM que funcionan para la gestión de la información y las que mejor se adecuan a los procesos de la empresa.

A la vez, mediante las entrevistas realizadas a los profesionales capacitados en el tema, se obtuvieron recomendaciones en cuanto a las funciones de cada herramienta BIM y cuáles son las que ellos utilizan durante la ejecución de los proyectos.

Lo anterior, permitió realizar una adecuada selección de las herramientas BIM que mejor se adaptan a los procesos de la empresa correlacionando lo que se menciona en la teoría y lo mencionado por parte de los profesionales consultados.

Las herramientas seleccionadas y ejecutadas son el Plan de Ejecución BIM, los contenedores de información, el Entorno Común de Datos y el modelado de la información, ya que estas son destacadas en la norma EN ISO 19650 y a la vez, fueron mencionadas y recomendadas por los profesionales entrevistados, para alcanzar una mejor gestión de la información mediante herramientas BIM.

Herramientas BIM para la gestión de la información

En este apartado se presenta el análisis de los resultados a partir del tercer objetivo, diseñar un modelo para la gestión de la información necesaria para el diseño estructural mediante la aplicación de la metodología BIM.

Plan de Ejecución BIM (BEP)

Una de las principales herramientas BIM para gestionar la información es el BEP, por lo cual se optó por la realización de una plantilla de un BEP para los proyectos de la empresa Baico. Una vez aprobada por la empresa, se procedió a implementarlo en un proyecto piloto.

Con la implementación del BEP en un proyecto, se pudieron resolver inconvenientes relacionados con la gestión de la información, ya que desde un inicio en este Plan se definieron los requisitos de información del cliente, lo que provoca que se tenga claro desde antes de iniciar el proyecto, cuales son los entregables y el grado de información que estos deben de tener.

Asimismo, con la implementación del BEP en un proyecto, se logró definir los roles y responsabilidades de cada uno de los involucrados, con lo cual estos sabrán sus labores y alcances durante la ejecución del proyecto, dando como resultado un mejor enfoque y gestión de la información que estos generan.

Lo anterior cumple lo establecido en la teoría, ya que Andrades y Flores (2020) mencionan que, realizar un BEP garantiza una calidad considerable a cada etapa en el ciclo del proyecto; delegando y definiendo responsabilidades a cada involucrado, por ende, ayuda a gestionar la información de manera adecuada.

Por otro lado, se definieron los medios y las formas de colaboración e intercambio de información durante la ejecución del proyecto. Lo anterior, permitió que se tuviera una mejor gestión de la información que se generaba y se transfería entre los involucrados y a la vez está quedaba archivada en sitios específicos según lo definido, para ser consultada cuando se necesitara.

También, el BEP ayudo a definir desde un inicio las reuniones a llevar a cabo y la frecuencia de las mismas, lo que generó que se llevará un control de la información que se iba generando, así como

de los cambios que esta presentaba durante el desarrollo del proyecto.

Contenedores de información

Como se ha mencionado, la empresa contaba con una serie de contenedores de información que utilizaba en la ejecución de los proyectos; sin embargo, no contaban con una codificación establecida y no eran suficientes para almacenar toda la información de forma estructurada. Por esta razón, se crearon más contenedores de información y se realizó una codificación de los mismos (figuras 2 – 12).

Con la implementación de esta nueva estructura de los contenedores de información en un proyecto piloto, se presentó un mejor control de la información al saber en dónde se encuentra lo que se busca, disminuyendo pérdidas de tiempo durante las búsquedas de información.

Así mismo, la modificación de esta herramienta, permitió que se diera un mejor intercambio de información entre los involucrados al tener una identificación única para cada contenedor y para cada documento o archivo que se genere durante la ejecución del proyecto.

Entorno Común de Datos (CDE)

En cuanto al CDE, la empresa cuenta con una plataforma como lo es Google Drive en donde almacena los contenedores de información de cada proyecto. Sin embargo, se identificó que los únicos que tienen acceso son los miembros de la empresa.

Debido a lo anterior, se propuso utilizar el CDE en un proyecto piloto, en el cual todos los involucrados tuvieran acceso al mismo. Con esto se procedió a utilizar una función relevante de los CDE, la cual permite definir qué persona tiene acceso a qué información, lo que genera un mejor control de la información.

A la vez, con la utilización del CDE se llevó un control de las versiones de los archivos, en donde se observa que cambios ha sufrido la información y quienes son los autores de la misma, lo que permite que toda la información perdure en el tiempo y no se dé una pérdida de la misma.

Otro resultado que se obtuvo, es que los involucrados tienen acceso a la información cuando estos lo necesitan, contrario a lo que sucedía

anteriormente en donde los agentes externos a la empresa solo podían acceder a la información durante un determinado tiempo, debido a las herramientas que se utilizaban para intercambiar información. Con esto, se presenta una mejora en la gestión de la información, ya que la misma se almacena en un mismo sitio y está disponible durante toda la ejecución del proyecto.

También, el CDE permitió que se diera un mejor intercambio de la información y un trabajo más colaborativo entre los involucrados, ya que los mismos pueden enterarse de cualquier cambio que se presente en tiempo real y no resulta necesario esperar a que algún involucrado genere toda la información, para que otro pueda realizar su trabajo.

Una deficiencia que presenta la plataforma que se utiliza actualmente como CDE, es que no permite la visualización y modificación de los modelos 3D generados, por lo que no se aprovecha al máximo los beneficios que presenta la utilización de un CDE para gestionar la información.

Modelado de la información

Luego de que se generará la información necesaria por parte del Ingeniero Estructural, se planteó modelar dicha información en 3D.

Para lo anterior, se utilizó el software Revit debido a que este cuenta con licencias estudiantiles que permitieron el desarrollo de este proyecto y a la vez este es el software de modelado 3D más utilizado para proyectos de diseño y construcción en el país.

Lo primero que se llevó a cabo fue la elaboración de las familias paramétricas de cada elemento presente en el proyecto. Esta función es una de los principales beneficios que presenta modelar la información, ya que la creación de dichas familias permite definir características de cada elemento como su codificación, las dimensiones y el material estructural. Con lo anterior se tiene un mejor control de la información, ya que solo basta encontrar el elemento que se requiere para conocer la información relacionada con el mismo, caso contrario a lo que pasa con el método tradicional 2D, en donde la información se genera manualmente por la persona.

Así mismo, las familias paramétricas creadas pueden ser utilizadas en proyectos posteriores que presenten elementos con características similares, lo cual permite disminuir el

tiempo de modelado de la información y por ende disminuir los plazos de ejecución de los proyectos.

Luego, con la modelación de los elementos en 3D según la información establecida por el Ingeniero Estructural, se puede tener una mejor visión del proyecto a desarrollar y permite tener un mejor control de la información ya que la misma queda almacenada en un solo modelo.

La elaboración del modelo 3D, permite que en el momento en que se presenten cambios en algún tipo de elemento, se haga la modificación y automáticamente todos los elementos del mismo tipo sufren el mismo cambio. Lo anterior es de suma importancia, ya que comparado con la metodología tradicional 2D, los cambios se tienen que realizar elemento por elemento lo que puede provocar que se salte algún elemento y este quede con características que no son correctas, por lo que con el modelo 3D se evita lo anterior y se asegura que la información presente en cada elemento es la correcta.

Con la metodología 2D tradicional que utiliza la empresa para ejecutar sus proyectos, en muchas ocasiones durante la elaboración de los planos se presentaban pérdidas de información de algunos elementos o los mismos se etiquetaban de manera errónea, generando información incorrecta y que podría causar reprocesos en fases posteriores. Con la implementación de los modelos 3D esto se soluciona ya que, en el momento de generar los planos con estas herramientas, la información y etiqueta de cada elemento se genera de manera automática, lo que permite gestión este tipo de información.

Control de calidad del modelo

Debido a que se requiere aprovechar al máximo las herramientas BIM para gestionar la información, dichas herramientas deben de tener interoperabilidad entre sí; es decir, que la información pueda ser transferida de un software a otro, razón por la cual se utilizó Navisworks para realizar el control de calidad del modelo 3D elaborado.

Para el control de calidad, se realizaron pruebas de detección de interferencias a distintos niveles de tolerancia que permitieron identificar si había elementos duplicados o si se presentaban intersecciones entre los mismos. En la figura 36 se muestra un resumen de la primera prueba la cual se realizó bajo una tolerancia de 5 mm, en la cual se

presentaron 16 conflictos entre elementos, de los cuales 4 fueron marcados como revisados para resolverlos posteriormente, 2 fueron aprobados visualmente, ya que se consideró que la intersección entre estos no afectaría en el momento de la construcción de estos y finalmente, 10 interferencias fueron resueltas en el modelo 3D.

En el caso de la segunda prueba, se decidió subir la tolerancia a 1 mm, con el fin de encontrar una mayor cantidad de interferencias. Según la figura 37, se reportaron 13 interferencias de las cuales 4 fueron aprobadas visualmente, ya que al ser una intersección tan pequeña entre elementos que van juntos como lo son los largueros y clavadores en este caso, y 9 fueron resueltas en el modelo 3D.

El programa computacional utilizado permite que se puedan generar informes de los conflictos encontrados, en donde se muestra información como la ubicación de los elementos, el estado en que se encuentra la interferencia, la persona y la fecha de cuando se realizan las aprobaciones, así como el nombre de los elementos y la distancia de intersección entre los mismos, esto se evidencia en el apéndice 2. Lo anterior, brinda la posibilidad de almacenar este tipo de información y que pueda ser consultada por los involucrados del proyecto cuando estos consideren necesario.

Con la identificación y resolución de estas interferencias se evita que en la fase de construcción se presenten este tipo de inconvenientes, lo cual generaría un mayor aumento en el plazo y en el costo del proyecto, en comparación de cuando se resuelven estos conflictos en fases anteriores como en el presente caso.

Asimismo, la resolución de los choques presentes entre los elementos, permite que se obtengan datos e información más precisa durante la obtención de las cantidades de los materiales y los elementos.

Cuantificación

El realizar una cuantificación de los materiales de manera manual desencadena en grandes tiempos y esfuerzo para obtener resultados que en ocasiones pueden no ser precisos. Lo contrario sucede al realizarlo mediante una herramienta BIM como es el caso, en la cual la información relacionada a la cantidad de materiales y elementos se genera de

manera automática y con un alto grado de precisión, permitiendo obtener información válida.

Para este caso, se obtuvieron los volúmenes de concreto necesarios para la construcción de los elementos, la longitud y peso de las varillas de refuerzo, así como la longitud de los elementos de acero estructural. Esta información puede resultar más provechosa en el caso de proyectos en donde el cliente requiera de la elaboración de un presupuesto por parte de la empresa.

Plan de implementación

A continuación, se muestra el análisis de resultados en relación con el último objetivo, establecer un plan para la implementación del modelo de gestión de la información para proyectos de diseño estructural.

Para la elaboración del plan se realizó una metodología con los principales pasos a seguir la cual se muestra en la figura 1 del apéndice 3. En donde, luego de analizar los procesos actuales de la empresa para gestionar la información, se debe de definir junto con los encargados, los objetivos a corto y largo plazo que se quieren cumplir con la implementación de las herramientas BIM. La definición de estos objetivos permite tener claro lo que se desea realizar y a que se quiere llegar, de forma que los involucrados se puedan centrar en realizar sus labores para poder alcanzar dichos objetivos.

Luego, se definen los usos de las herramientas BIM que se desean aplicar en los procesos actuales de la empresa. Lo anterior, provoca que se utilicen las herramientas para ciertas actividades y tareas concretas, lo que genera que no se den pérdidas de tiempo por utilizar las herramientas más allá del alcance establecido y que la curva de aprendizaje de los miembros de la empresa sea lo más llevadera posible.

Seguidamente, se establecen las herramientas BIM a utilizar, en donde se identifican las características de los principales softwares del mercado, así como el costo de cada uno de ellos. De esta forma, se puede tomar la mejor decisión en la escogencia de los softwares, de manera que se eligen aquellos que se adecuan mejor a los procesos de la empresa y que son utilizados por la mayoría de las empresas nacionales.

De acuerdo a lo anterior, no solo se piensa en el uso de las herramientas para gestionar la información de proyectos propios, sino que también

se toma en cuenta lo que utiliza la mayoría de empresas nacional para que, en el momento de realizar trabajos en conjunto con otras empresas, se puedan aprovechar al máximo estas herramientas para gestionar la información de todo el proyecto y no solo la generada por la propia empresa.

Para el caso de la plataforma que se utilizará como Entorno Común de Datos, se propone la herramienta BIM360, la cual permite que se puedan visualizar y modificar los modelos desarrollados, de manera que el trabajo sea más colaborativo entre los involucrados y la transferencia y gestión de la información sean más eficientes que si se utiliza la plataforma actual.

Una vez definidas las herramientas y los softwares BIM a utilizar, es necesario cubrir las necesidades de hardware que requieren estos programas computacionales. Estas características mínimas son definidas según las recomendaciones de los fabricantes de los softwares. Para cubrir este aspecto, se propone la compra de una computadora que cumpla con estos requerimientos, de forma que las herramientas puedan ser utilizadas sin inconvenientes ni fallas y no se presente alguna pérdida de información.

También, se plantea que es necesario la elaboración de un equipo de trabajo que lleve a cabo la implementación de las herramientas, se definen las funciones y competencias que debe poseer cada miembro de este equipo, de forma que la implementación del plan generado se dé lo más eficientemente posible.

Asimismo, resultó necesario establecer una serie de capacitaciones que deben seguir los miembros de la empresa, ya que se requiere de personal que sea capaz de desarrollar, analizar, interpretar, extraer y transferir la información de los modelos generados, de forma que la gestión de la información se realice adecuadamente.

En el Plan de implementación, se establecen una serie de factores relevantes para llevar a cabo la implementación de la metodología BIM en una empresa los cuales son definidos por Valle (2014) y a la vez, algunos de estos fueron mencionados por las personas entrevistadas. Por lo anterior, se considera relevante realizar un análisis de los distintos factores en relación con el Plan desarrollado para implementar las herramientas BIM en la empresa. Cabe destacar, que algunos de los factores fueron modificados para dar énfasis en las herramientas BIM para la gestión de la información y no en la metodología BIM como lo señala el autor inicialmente.

El resultado del análisis de los factores con respecto al Plan de implementación realizado, se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 11. Análisis de los factores relevantes para implementar las herramientas BIM	
Factores relevantes	Análisis según Plan de implementación
Existencia de una guía con toda la información necesaria sobre la implementación de las herramientas BIM para la gestión de la información	Este Plan funciona como una guía, el cual cuenta con la información necesaria para llevar a cabo la implementación de las herramientas BIM en la empresa Baico.
Existencia de un enfoque de colaboración entre los distintos participantes de la empresa que utilizarán las herramientas BIM para el desarrollo de proyectos	Con la implementación del CDE a la vez se busca que se dé un trabajo colaborativo entre los miembros de la empresa, así como con otras empresas cuando sea necesario.
Apoyo a la implementación tanto de los cargos gerenciales como de los cargos operacionales	Personas tanto del área gerencial, como operacional fueron claves para el desarrollo de este Plan gracias a la información y puntos de vista brindados por los mismos.
Claridad de cómo se realizará el intercambio de información luego de implementar las herramientas BIM	Debido a que cada proyecto es distinto, este tipo de información se deberá definir según el caso y será plasmado en el BEP.
Capacidad de la empresa para modificar los procesos de trabajo existentes hoy en día, para que se adecuen a las herramientas BIM	Con la ejecución de un proyecto piloto utilizando las herramientas BIM, se evidenció que la empresa cuenta con la capacidad para

	cambiar los procesos de trabajo cuando así se requiera.
Capacitación de los equipos de trabajo en base a los conceptos y utilización de las herramientas BIM	Este aspecto se toma en cuenta en la sección 9 del Plan, en donde se definen las capacitaciones a seguir por parte de los miembros de la empresa, con el fin de que se adecuen a los flujos de trabajo presentes con la utilización de las herramientas BIM.
Claridad de las responsabilidades y roles de cada uno de los actores	Este apartado se abarca con la creación del equipo de implementación en donde se definen las funciones que deberá cumplir cada involucrado.
Existencia de un área técnica que entregue las herramientas para apoyar la implementación	Esta función será abarcada por el equipo de liderazgo en la implementación propuesto en el Plan.
Existencia de un equipo estratégico que guíe la implementación	Como se mencionó en los puntos anteriores, se planteó la creación de un equipo de liderazgo que permita llevar a cabo la implementación de las herramientas.
Comunicación de los cambios que se desean realizar para el conocimiento de todos los involucrados	Para este caso se propone realizar una reunión con todos los involucrados para informar acerca de

	los cambios que se quieran llevar a cabo.
Existencia de objetivos claros para la implementación	Este tema se expone en la sección 4 del Plan de implementación, en donde se definieron objetivos a corto y largo plazo.
Existencia de un programa detallado con las actividades y pasos individuales con los que se llevará a cabo la implementación	En la sección 11 del Plan de implementación se establecen una serie de acciones a seguir para llevar a cabo la implementación de forma ordenada y lo más efectiva posible.

Fuente: Elaboración propia, mediante Microsoft Word.

Conclusiones

- Con base al análisis del estado actual de la empresa, se determinó que la empresa cuenta con herramientas para gestionar la información; sin embargo, algunas de estas no son utilizadas adecuadamente, lo que ocasiona que no se aprovechen los beneficios de las mismas.
- Las entrevistas realizadas a expertos, así como lo indicado en las normas ISO 19650, permitieron determinar y escoger el Plan de Ejecución BIM, los contenedores de información, el Entorno Común de Datos y el modelado de la información, como las herramientas BIM a utilizar para gestionar la información.
- La elaboración del Plan de Ejecución BIM, permitió definir los medios y las formas en que se llevará a cabo la generación, intercambio y gestión de la información durante la ejecución de los proyectos de la empresa Baico.
- El Entorno Común de Datos actual de la empresa presenta deficiencias, ya que este no permite visualizar ni modificar los modelos 3D, generando ineficiencias en la comunicación entre los involucrados en este proceso.
- El desarrollo de un modelo 3D, permitió tener una mejor gestión de la información generada, al presentarse esta de una forma centralizada y de fácil interpretación por parte de los involucrados.
- Con la detección de interferencias, se logró solucionar problemas de elementos que se intersecaban, evitando que esto se presente durante la fase de construcción donde los costos y el plazo para solucionar este problema serían mayores.
- La cuantificación de los materiales mediante el software de modelado generó disminuciones en plazos y se obtuvieron resultados más eficientes.
- Las herramientas BIM propuestas, ayudan a tener un mejor control de la información; sin embargo, el factor clave para una adecuada gestión de la información es que los involucrados tengan la capacidad para generar, interpretar, extraer y transferir esta información.
- El equipo de liderazgo propuesto, permite dirigir la implementación y fomentar el correcto uso de las herramientas BIM en los demás colaboradores de la empresa Baico.
- El Plan de implementación desarrollado para la empresa Baico, se considera adecuado, ya que presenta la información necesaria de las acciones a seguir para llevar a cabo la implementación de las herramientas BIM en los proyectos de la empresa.

Recomendaciones

Se recomienda al equipo de liderazgo de la implementación del modelo de gestión de información en la empresa, lo siguiente:

- Deberá documentar los procesos de trabajo de los proyectos que se realicen mediante las herramientas BIM propuestas y generar un análisis de los beneficios o inconvenientes adquiridos.
- Generar un archivo, en donde se encuentren anotadas las lecciones aprendidas en la ejecución de proyecto bajo las herramientas BIM, con el fin de realizar cambios pertinentes para un mayor aprovechamiento de estas.
- Llevar a cabo la capacitación de los softwares indicados en el plan de implementación y con esto, utilizar adecuadamente las funciones de estas herramientas que faciliten la gestión de información.
- Mantenerse actualizados acerca de la metodología BIM, de manera que puedan implementar y aprovechar otros usos de la misma en un futuro.

beneficios de esta herramienta BIM, provocando así una mejor gestión de la información.

A la gerencia de la empresa se recomienda:

- Debido al alto costo y al poco uso inicial que se le da al software Navisworks, se recomienda iniciar con la versión estudiante del mismo, para así disminuir los costos iniciales de la implementación del modelo.
- Evaluar el desempeño del Plan de Ejecución BIM entregado a la empresa, para que se puedan realizar mejoras cuando sea pertinente.
- Debido a las deficiencias del actual Entorno Común de Datos de la empresa, se debe invertir en la licencia de la plataforma BIM360 y de esta manera aprovechar en mayor medida los

Apéndices

En esta sección se exponen tres apéndices desarrollados durante la ejecución del presente proyecto. Se adjuntan como apéndices los siguientes productos:

Apéndice 1: Transcripción de las entrevistas aplicadas a profesionales experimentados en el tema en cuestión.

Apéndice 2: Informe de las pruebas de detección de interferencias realizadas.

Apéndice 3: Plan de implementación de modelo de gestión de la información mediante metodología BIM.

Entrevista 1: Ing. Alberto Blanco Córdoba, MBIM, PMP, MAP

Fecha: 23 febrero 2022

Perfil

Alberto Blanco, es Ingeniero en Construcción graduado del Tecnológico de Costa Rica, cuenta con un Máster en Administración de Proyectos (MAP), una certificación de Project Management Professional (PMP), así como un Máster en BIM (MBIM).

El ingeniero cuenta con más de ocho años de experiencia como ingeniero residente y director de proyectos de construcción en empresas como AP Constructora. Seguido de esto, cuenta con cinco años en la empresa Constrial S.A. en donde labora como gerente y actualmente busca involucrar la metodología BIM en los procesos internos de la oficina.

Entrevista

Estudiante:

La primera pregunta sería: ¿De qué forma la metodología BIM permite gestionar la información de un proyecto?

Ing. Alberto Blanco:

El BIM nos ayuda a dos cosas, a tener la información mejor estructurada y número dos que sea más entendible. Es mentira decir que los proyectos no se puedan hacer sin BIM, se han hecho por miles de años sin BIM, la gran diferencia es que podemos hacer un salto en la calidad de cómo se maneja la información. Antes, utilizábamos correos electrónicos, discos duros externos, ahorita ya son otras formas que son más eficientes a la hora de comunicar y también son más seguras. Entonces, de mi parte como ha ayudado BIM en el manejo de la información, ciertamente estructura mucho mejor, ordena mucho mejor y se visualiza mucho mejor, eso sería lo principal.

Estudiante:

Perfecto, la segunda va relacionada a lo anterior y sería: ¿Qué herramientas BIM recomienda para lograr una adecuada gestión de la información?

Ing. Alberto Blanco:

A mi criterio, para poder aplicar BIM en una empresa o en cualquier lado, te voy a decir tres cosas que son mandatorias, si falta alguna de las tres a mi criterio, la persona está haciendo esfuerzos que se parecen al BIM, pero que no son BIM, hay tres cosas que se requieren. Uno, un CDE, Common Data Environment, si una empresa, un grupo de personas no tiene un CDE, no está haciendo BIM, está haciendo algo parecido, pero que no lo es. Entonces, número uno, tenes que tener alguna herramienta que facilite generar un CDE, idealmente la nube, porque existen muchos CDE y existen muchas formas, pero tiene que existir. Número dos, tenemos que cambiar nuestro paradigma en pensar que los proyectos de construcción actualmente son muy fraccionados, está la etapa A de estudios preliminares, después viene unos planos constructivos, después viene un diseño detallado, después permisos y después una licitación. Esa forma en como venimos gestionando los proyectos

es muy fraccionada y nos limita la visión del proyecto, para que vos te involucres con BIM tenes que pensar más allá, no tenes que ver solo tus estudios preliminares, no tenes que ver solo tus planos, porque si lo haces caes en el pecado de generar la información con un software, pero no haces BIM, o sea, lo haces con un software diferente, pero no haces BIM, eso es muy importante, de donde me dan la información y a quién se la entrego el día de mañana, esas dos premisas siempre tienen que estar sobre la mesa para poder decir que se está haciendo BIM. Luego, un modelo de información, tenes que tener un 3D con información, si esas tres cosas no existen, no estás haciendo BIM.

Estudiante:

La tercera pregunta es: ¿Qué aspectos considera relevantes para la implementación de la metodología BIM en una pequeña empresa?

Ing. Alberto Blanco:

Relevancia número uno, tener una gerencia comprometida, casi que lo pongo de primero y muchas veces lo veo como lo único requerido, porque es tan difícil lograr avances en una metodología de trabajo colaborativo si no hay compromiso. Ok entonces, el punto número uno es tener compromiso de la gerencia, si eso se tiene vas excelentemente encaminado. Número dos, un recurso para poder por lo menos a cuenta gotas ir avanzando, tener buen hardware, tener buen software, tener todas esas previsiones, cuando vas a comprarte una computadora y todo mundo me dice vos tenes una computadora de gamer que es lo que haces vos, si vos estás en la parte de gerencia, porque tenes que tener una máquina tan robusta, diay porque la necesito, para yo poder gerenciar adecuadamente y poder controlar los proyectos necesito una máquina así de robusta, porque eso es lo que demanda el software y no quedarse con una computadora de escritorio para manejar office, eso es algo que uno tiene que prever. También, diay un plan de trabajo, un plan de implementación, eso al final tiende a ser complicado porque los planes usualmente no se cumplen, pero por lo menos te dan un norte de ir por aquí por allá, saber si vas bien o si vas mal o por lo menos saber cuál es el camino que tenes que llevar, eso me parece súper importante. Y, por último, un plan piloto mirá, aunque el plan piloto tenga un uso BIM que sea el generar el modelo, ese objetivo inicial vas a poder irlo mejorando año con año, ir evolucionando todos tus procesos internos hasta llegar a madurar algo y todo es así en la vida poco a poco, entonces esas serían las cosas que te diría.

Estudiante:

La siguiente sería: ¿Cuáles considera las principales dificultades de implementar la metodología BIM en pequeñas empresas?

Ing. Alberto Blanco:

En la pequeña empresa, yo le veo la complicación que los recursos tienden a ser muy limitados y no solo recurso económico, el recurso del tiempo, en las pequeñas empresas se aprende mucho, porque tenes que hacer de todo, todos los días y no decir bueno es

que yo solo hago esto y aquí me encierro, no, en una pequeña empresa todos hacemos de todo y en el momento que nos toca, nos toca y lo hacemos y usualmente no hay personal ocioso o personal que uno le pueda asignar una implementación, es muy complicado, entonces esas serían las principales cosas. Otro, es que, si vos no manejas bien el cambio en los procesos internos puede ser que te juegue una mala pasada, porque a la gente no le gusta hacer un cambio de lo que ellos usualmente hacen. Entonces eso también, tenes que buscar ser un líder positivo, ir evangelizando poco a poco y no de golpe, al ser un trabajo colaborativo es muy importante que estemos involucrados todos, no es que solo un lonely BIM en donde solo vos con vos y ya, no, esta cuestión no es así, tenemos que ser todos o no es nadie. Entonces, esa idea venderla no es tan fácil, ni en pequeño, ni en grande escala.

Estudiante:

La siguiente va enfocada en lo último que me acabas de decir del trabajo colaborativo y sería: ¿De qué manera la metodología BIM ayuda a realizar un trabajo colaborativo en los proyectos?

Ing. Alberto Blanco:

Mirá, lo que me gusta de BIM es que por definición es una metodología de trabajo colaborativo. A mí en lo personal me gusta mucho, como para utilizar un BIM hay que tener un CDE, me gusta tener un centro de información común, eso es vital, eso te ayuda tanto a nivel colaborativo que te ordena por defecto, hay otra cosa muy importante, yo te dije que para tener o poder hacer un BIM en una empresa se necesitaba tener un CDE, también te voy a decir algo que se necesita, un entorno de comunicación común, nosotros en la empresa utilizamos Dropbox Paper, llámese un Slack, llámese un no sé hay varios en esa línea, mira un Whatsapp es muy lúdico, pero podría ser, o sea no estoy muy feliz con ese, pero podría ser. Todo eso te ayuda también a centralizar las comunicaciones, porque hoy por hoy un bendito correo no es suficiente, es muy ineficiente, por eso es que te sugiero este tipo de formas de comunicación. Al lograr tener todas las comunicaciones centralizadas, eso también ayuda muchísimo para la parte colaborativa, entonces casi que la respuesta sería, BIM es colaboración y sin BIM no hay colaboración y por eso es que son como sinónimos, o sea no hay BIM sin colaboración.

Estudiante:

Perfecto, la siguiente casi que ya me la respondiste que sería: ¿Qué herramientas o métodos recomienda para alcanzar un trabajo colaborativo entre los involucrados de un proyecto?

Ing. Alberto Blanco:

Si, Dropbox, Dropbox Paper, podemos hacer BIM 360, no sé si conoces también hay otros softwares, Dalux, BIM Colab, hay muchos, todos los que te puedan servir como un CDE o

como un entorno común de comunicación, también son válidos y podrías ponerlos como ejemplos por ahí.

Estudiante:

Perfecto y la última sería: ¿Qué beneficios puede generar implementar la metodología BIM en la gestión de la información?

Ing. Alberto Blanco:

Algo que me gusta mucho en esto, es que hay un dicho que dice, yo creo que esto lo dijo Napoleón Bonaparte, decía: “asígnale una tarea a un grupo de personas y no habrá ningún responsable por ello, asígnaselo a uno y habrá si un responsable a quién achacar”. Lo que me gusta de BIM, es que si se hace un proceso ordenado todo mundo es responsable por una pieza y eso se entiende y se tiene claro y eso me parece súper importante, el poder asignar un responsable para un entregable específico y si este entregable es gráficamente sencillo validarlo, es vital, porque yo para revisarte un modelo arquitectónico no necesito estudiar quince planos, es cuestión de yo navegar en cuestión de una hora como mucho y ver cómo se resuelve arquitectónicamente un proyecto, o sea, se agiliza muchísimo el poder hacer una revisión de la información y aseguramiento de la calidad de la información.

Entrevista 2: Ing. Juan José Rodríguez, MBIM

Fecha: 24 febrero 2022

Perfil

Juan Rodríguez, es Ingeniero Civil graduado de la Universidad Latina de Costa Rica, cuenta con un Máster en BIM aplicado a la Ingeniería Civil de la OEA.

El ingeniero cuenta con más de cinco años de experiencia como director de proyectos de construcción en la empresa Incopoás, en donde ha implementado la metodología BIM en más de diez proyectos.

Entrevista

Estudiante:

La primera sería: ¿De qué forma la metodología BIM permite gestionar la información de un proyecto?

Ing. Juan Rodríguez:

Gestión de la información es como muy amplio realmente, más que todo por todos los objetivos que se deben tener en un proyecto en cada una de sus diferentes áreas, o sea, que uno puede subdividir un proyecto en todas las áreas, tanto de conocimiento o de ingeniería que existen arquitectónico, estructural, mecánico, eléctrico. Todo esto de subáreas y todo debe comenzar a partir de un Plan de Ejecución BIM, eso es como el pilar principal de la aplicación de la metodología BIM, en donde el encargado BIM de la organización o del equipo de trabajo pone todas la reglas del juego de cómo se va a

transmitir la información, ya sea modelos, ya sea información escrita, especificaciones y ese tipo de cosas que uno puede incorporar a un modelo BIM muchísima información y de hecho eso es como lo más importante de BIM, que un modelo vaya con información. No se hace nada si simplemente haces un modelo que son un montón de elementos, pero no tienen la información correspondiente. En un Plan de Ejecución BIM, también se establece de qué manera se va a transmitir la información entre personas y también entre programas, entre softwares, entonces, se establece; por ejemplo, cómo se va a trabajar, lo que es cuando el modelador BIM termina de hacer el modelo, ya digamos que sacó el primer juego de planos y ahora pasamos a la programación de obra o al presupuesto. Entonces se establece de qué manera o cual va a ser el entregable que le va a dar el modelador al presupuestista y de qué manera se va a transmitir esa información y eso se debe especificar muy bien porque todos los softwares trabajan muy diferente. Ya sea si uno trabaja no sé en Revit, trabaja en Archicad, en Tekla o el que sea, cualquier software de modelado BIM y luego lo pasamos; por ejemplo, a un software de programación de obra no sé un Synchro, Navisworks o algo por el estilo, hay que saber de qué manera pasar esa información. Yo sé que existe el formato IFC, que es un formato estándar para la aplicación de la metodología BIM en donde se guarda muchísima información geométrica e información escrita; sin embargo, siempre hay que tener mucho cuidado con ciertos detalles, con ciertas pulgas que van saliendo en el camino, entonces, por eso siempre es importante que esté presente durante toda la ejecución del proyecto lo que es el BIM Manager como figura, que este BIM Manager es el que redacta el Plan de Ejecución BIM y le da el seguimiento para que no se pierda este tipo de información en el proyecto.

Estudiante:

Perfecto, la segunda va dirigida por lo que me acabas de decir de Revit y esto que sería: ¿Qué herramientas BIM recomienda para lograr una adecuada gestión de la información?

Ing. Juan Rodríguez:

Vos me comentabas que en esa empresa tienen una especialización en la parte estructural, cierto, vamos a ver yo me imagino que hacen todo el proceso de diseño modelado estructural y luego hacen la presupuestación. Ok, en ese caso vamos a ver en herramientas BIM y enfocadas más en la parte estructural, bueno obviamente yo recomiendo Revit como punto de partida, que Revit es como muy dinámico, es muy estándar para todo este tipo de trabajos, se puede hacer estructural, se puede hacer arquitectónico, se puede hacer mecánico, se puede hacer eléctrico, casi todo realmente en Revit. Sin embargo, ya para poder hacer el diseño como tal y el análisis estructural de la edificación o del proyecto que estén haciendo, ya se requiere un software más especializado que trabaje con modelos de elementos finitos. Ya en este caso lo que yo he visto que trabajan mejor con Revit los que he utilizado, Robot es una muy buena opción, es el mismo programa de Autodesk y otra muy buena opción es el SAP 2000, que también tiene una integración con Revit, pero por

medio del formato IFC. Entonces posteriormente, para la presupuestación de los que yo he trabajado que funciona mejor con Revit es Presto, que Presto tiene un plugin de Revit que se llama coste, que ese plugin descarga toda la información del modelo, tanto geométrica como información escrita y la pasa automáticamente a Presto, siempre ligándolo a través de un mismo código. Bueno de la metodología BIM hay como varias codificaciones estándar que existen a nivel mundial, que se pueden utilizar como por ejemplo Uniformat, Masterformat, o sea como sistemas de clasificación en donde se puede clasificar todos los elementos de un proyecto BIM, para que se pueda pasar de un software a otro y si uno ya; por ejemplo, le asignó un código a un elemento en Revit y lo pasa a Presto eso tiene ese mismo código, ya uno sabe cuál es ese elemento con solo el código. Entonces, ese tipo de cosas son como también muy básicas transmitir información y eso se establece también en el Plan de Ejecución BIM que era lo que hablábamos al inicio.

Estudiante:

La siguiente sería: ¿Qué aspectos considera relevantes para la implementación de la metodología BIM en una pequeña empresa?

Ing. Juan Rodríguez:

Vamos a ver, me parece fundamental generar primero los procesos, voy a explicarte un poco cuando implementamos o comenzamos a implementar la metodología BIM acá en la empresa. Eso fue en el 2020, comenzamos con la generación de todos los procesos de un proyecto en general, digamos como un proyecto piloto, entonces, donde comenzábamos por decirlo así con el proceso 3D, que es en el que se involucra una herramienta de modelado 3D y generamos un tipo de diagrama de flujo de cada una de las acciones que se deben ir haciendo básicas para generar un modelado 3D. Luego, un modelado 4D, un modelado 5D y digamos hasta ahí, ese fue como el alcance que dejamos aquí en la empresa de modelar de 3D hasta 5D. Entonces, me parece básico primero comenzar por los procesos, generar los procesos y luego, definir junto con los involucrados o con los que toman las decisiones en la empresa, definir cuáles son los procedimientos que se van a utilizar y unirlos con el proceso, o sea, de manera que se sepa cómo se va transmitir la información a cada uno de esos softwares. Investigar mucho sobre los softwares, ver su interoperabilidad, ver también cómo funcionan respecto al formato IFC, todo ese tipo de cosas es lo que me parece que es básico para iniciar un proyecto BIM. Y, por último, ya cuando se tiene finalizado todo eso, elegir un proyecto piloto en el cual se va a aplicar la metodología BIM, se hace un Plan de Ejecución BIM, se ejecuta y luego se hace un recopilado de todas las lecciones aprendidas durante el proceso.

Estudiante:

Ok, la siguiente sería: ¿Cuáles considera las principales dificultades de implementar la metodología BIM en pequeñas empresas?

Ing. Juan Rodríguez:

La primera dificultad digamos a nivel micro, a nivel interno de la empresa es el tiempo, porque todas las personas tienen una curva de aprendizaje y el tiempo es un factor importante, porque ya las personas están acostumbradas a ciertos softwares principalmente Autocad que es como el más utilizado en Costa Rica. Entonces, a la hora de pasar a este otro tipo de softwares, esa curva de aprendizaje al inicio va a ser algo que se debe considerar, porque se va a durar más tiempo hacer un proyecto BIM, que haciendo un proyecto en Autocad, ese es como el principal problema. Luego, el segundo problema, ya viéndolo como más externo serían los clientes, porque en muchos casos los clientes al poco tiempo de que ya se comienza el proyecto quieren ver algún tipo de avance y muchos solicitan que le avance sea como láminas de planos constructivos o algo por el estilo y algo que tal vez no conoce mucha gente es que en la metodología BIM se dura mucho tiempo modelando, haciendo el modelo, pero la confección o entregable de planos constructivos es algo que se genera muy rápido, pero al final, en donde ya se tiene todo modelado todo listo, simplemente se montan los planos, las láminas. Entonces, algo que hay que cambiar en esa línea de pensamiento, es que, aplicar la metodología BIM, no se van a tener los planos a la mitad del tiempo, se van a tener uno o dos días antes del deadline de la entrega del proyecto. Y viéndolo como más macro a nivel país, la interoperabilidad entre empresas, más que todo cuando se trabaja por decirlo así con gente que se está subcontratando o algo por el estilo, porque hay que saber que todas las personas o todas las empresas van a utilizar metodologías diferentes para aplicar BIM, van a utilizar sistemas de clasificación diferentes, softwares diferentes, procesos diferentes y a nivel país no se ha como homogenizado esa parte aún. Eso me parece que es un esfuerzo que debe de hacer principalmente la Cámara Costarricense de la Construcción para tratar de homogenizar esa parte en la metodología BIM, para que las empresas entre sí puedan comunicarse de manera más eficiente, como que puedan hablarse. No que una le pase la información a la otra y se pierda la mitad de la información, entonces, en esa parte más macro, me parece que es un esfuerzo que tiene que hacer tanto el gobierno como la Cámara Costarricense de la Construcción o algún ente más grande que se interese en la materia, no es algo digamos quedaría en cada una de las empresas.

Estudiante:

La siguiente sería: ¿De qué manera la metodología BIM ayuda a realizar un trabajo colaborativo en los proyectos?

Ing. Juan Rodríguez:

Diary me parece que en esta digamos, la mejor respuesta de esto sería por medio de digamos a la hora de trabajar todos al mismo tiempo, trabajar por medio de una nube, de un sistema de información homogéneo, entonces a la hora de que todos puedan trabajar en un solo modelo, en un modelo central que es como se le conoce, es algo que los mismos

profesionales que están trabajando al mismo tiempo le pueden ir comunicando para generar el proyecto de la mejor manera. Al final de cuentas en BIM se incluyen muchos otros factores o muchos otros softwares que se utilizan no solamente son softwares de modelado, incluso el mismo Microsoft Teams es una herramienta que se utiliza mucho en BIM para comunicación entre profesionales, para que no tengan que estar todos en un mismo lugar trabajando y simplemente se comunican por alguna herramienta de comunicación verdad como Teams. Hay unos programas de modelado incluso que permiten comunicarse con otros profesionales por el mismo programa. Yo he visto eso; por ejemplo, en Archicad en lo que es la función que se llama teamwork se pueden comunicar ahí mismo. Hay unos visores IFC, también que permiten hacer comentarios en los entregables y que esos comentarios quedan en la nube, entonces los profesionales pueden ir y revisarlo y ya sea corregir o hacer lo que tengan que hacer. Más que todo la facilidad del trabajo colaborativo es por trabajar todos al mismo tiempo en un solo modelo y la facilidad de comunicación que tienen las herramientas BIM.

Estudiante:

La siguiente creo que ya medio me la respondiste, sería: ¿Qué herramientas o métodos recomienda para alcanzar un trabajo colaborativo entre los involucrados de un proyecto?

Ing. Juan Rodríguez:

Ok, yo recomendaría la función que tiene; por ejemplo, Revit para hacer un modelo central y que cada uno de los profesionales pueda trabajar de forma independiente en su computadora, pero todos en un mismo modelo central. Obviamente, siempre hay que tener sus cuidados a la hora de trabajar en un mismo modelo central, eso permite que se puedan dar ciertos permisos a ciertas personas, para que solamente puedan utilizar ciertos elementos y todo ese tipo de cosas, pero digamos eso es algo que ya tiene que darle más seguimiento el BIM Manager. Yo recomiendo también, bueno obviamente Microsoft Teams es una muy buena herramienta para comunicación rápida entre trabajadores y yo recomiendo el visor IFC Solibri, es un visor que es gratis y es bastante sencillo de utilizar, para lo que es revisión de entregables IFC y yo he visto también por medio de, creo que se llama BIM 360 es la herramienta que utiliza Autodesk para trabajo colaborativo en BIM. Ese es por decirlo así una nube, se accesa desde el navegador con el nombre de usuario de trabajo de los involucrados y ahí mismo se suben todos los modelos, se pueden ver los modelos que está trabajando la organización, se pueden hacer comentarios en línea sobre el modelo. Digamos para alguien que esté tal vez revisando el modelo y hace un comentario, entonces al trabajador cuando está trabajando de una vez le sale ese comentario y lo puede de una vez subsanar o reducir, entonces esos serían como los que más recomiendo para que puedan trabajar colaborativamente.

















Estudiante:

Perfecto y la última sería: ¿Qué beneficios puede generar implementar la metodología BIM en la gestión de la información?














Ing. Juan Rodríguez:

En realidad, son muchos beneficios tanto a nivel de entregable como a nivel de procesos. Primero, digamos a nivel de entregable es muy sencillo ver en un modelo IFC toda la información de cada uno de los elementos que conforman un proyecto, entonces esa gestión de la información es muy útil, principalmente en el proceso constructivo, no es necesario tener un montón de juegos de planos para poder ver un ejemplo, un detalle de una columna o la información de una columna, simplemente se tiene el modelo, se da click sobre la columna y ahí sale toda la información del elemento, entonces en esa parte se vuelve muy eficiente, en la parte constructiva. Y obviamente en la parte de la gestión de la información interna con procesos también es muy útil por lo que le comentaba antes de los sistemas de clasificación, por medio de un sistema de clasificación se puede ordenar un proyecto BIM y tener toda la información en un solo punto e incluso transmitir la información entre un software y otro, lo que hace a BIM una excelente metodología, obviamente para esta transmisión de información entre un programa y otro, entre un profesional y otro, entre una empresa y otra. Entonces siempre hay que cuidar como le comentaba ciertos detalles verdad, cierta información que se pierde al pasar el IFC de un programa a otro, todo ese tipo de cosas si hay que tenerlas presentes, pero la gestión de la información una vez que ya se conocen los programas es muy eficiente, se vuelve muy rápido.

Prueba 1

Imagen	Nombre de conflicto	Estado	Distancia	Ubicación de rejilla	Descripción	Fecha de detección	Fecha de aprobación	Aprobado por	Punto de conflicto	Elemento 1				Elemento 2			
										ID de elemento	Capa	Elemento Nombre	Elemento Tipo	ID de elemento	Capa	Elemento Nombre	Elemento Tipo
	Conflicto1	Revisado	-0.125	d'-2 : 03-Base piscina	Estático	2022/4/26 17:55			x:1.926, y:-2.576, z:-0.600	ID de elemento: 526993	03-Base piscina	Muro sobrecimiento 15x20x40cm	Sólido	ID de elemento: 526092	<Sin nivel>	Hormigón, moldeado in situ	Sólido
	Conflicto2	Resuelto	-0.042	E-14 : 05-Nivel 1	Estático	2022/4/26 17:55	2022/4/26 17:58	Usuario	x:28.697, y:-14.123, z:2.505	ID de elemento: 488634	06-Viga corona	Acero, galvanizado	Sólido	ID de elemento: 485024	05-Nivel 1	Tubo estructural CED 40	Sólido
	Conflicto3	Resuelto	-0.042	L-12 : 05-Nivel 1	Estático	2022/4/26 17:55	2022/4/26 17:59	Usuario	x:23.522, y:-8.498, z:2.498	ID de elemento: 484610	05-Nivel 1	Tubo estructural CED 40	Sólido	ID de elemento: 488488	06-Viga corona	Acero, galvanizado	Sólido
	Conflicto4	Resuelto	-0.040	R-16 : 05-Nivel 1	Estático	2022/4/26 17:55	2022/4/26 17:59	Usuario	x:28.622, y:-14.263, z:2.500	ID de elemento: 487345	06-Viga corona	Acero, galvanizado	Sólido	ID de elemento: 485399	05-Nivel 1	Tubo estructural CED 40	Sólido
	Conflicto5	Resuelto	-0.040	E-14 : 05-Nivel 1	Estático	2022/4/26 17:55	2022/4/26 17:59	Usuario	x:23.562, y:-8.516, z:2.503	ID de elemento: 487345	06-Viga corona	Acero, galvanizado	Sólido	ID de elemento: 483921	05-Nivel 1	Tubo estructural CED 40	Sólido
	Conflicto6	Resuelto	-0.040	E-14 : 05-Nivel 1	Estático	2022/4/26 17:55	2022/4/26 18:0	Usuario	x:28.629, y:-14.190, z:2.350	ID de elemento: 487387	06-Viga corona	Acero, galvanizado	Sólido	ID de elemento: 485024	05-Nivel 1	Tubo estructural CED 40	Sólido
	Conflicto7	Resuelto	-0.040	L-12 : 05-Nivel 1	Estático	2022/4/26 17:55			x:23.566, y:-14.206, z:2.350	ID de elemento: 487387	06-Viga corona	Acero, galvanizado	Sólido	ID de elemento: 484610	05-Nivel 1	Tubo estructural CED 40	Sólido
	Conflicto8	Resuelto	-0.017	B'-18 : 07-Cieloraso	Estático	2022/4/26 17:55			x:27.458, y:5.628, z:3.166	ID de elemento: 722168	<Sin nivel>	Durock	Sólido	ID de elemento: 713307	07-Cieloraso	Acero, galvanizado	Sólido
	Conflicto9	Resuelto	-0.017	A'-16 : 07-Cieloraso	Estático	2022/4/26 17:55			x:24.479, y:4.544, z:3.166	ID de elemento: 722168	<Sin nivel>	Durock	Sólido	ID de elemento: 713211	07-Cieloraso	Acero, galvanizado	Sólido
	Conflicto10	Resuelto	-0.017	d'-11 : 07-Cieloraso	Estático	2022/4/26 17:55			x:18.530, y:2.379, z:3.166	ID de elemento: 722168	<Sin nivel>	Durock	Sólido	ID de elemento: 713148	07-Cieloraso	Acero, galvanizado	Sólido
	Conflicto11	Aprobado	-0.015	K-8 : 07-Cieloraso	Estático	2022/4/26 17:55	2022/4/26 18:02	Usuario	x:12.453, y:-9.500, z:3.445	ID de elemento: 722124	<Sin nivel>	Durock	Sólido	ID de elemento: 704189	07-Cieloraso	Clavadores	Sólido
	Conflicto12	Resuelto	-0.015	A'-15 : 07-Cieloraso	Estático	2022/4/26 17:55			x:21.499, y:3.460, z:3.160	ID de elemento: 722168	<Sin nivel>	Durock	Sólido	ID de elemento: 713187	07-Cieloraso	Acero, galvanizado	Sólido
	Conflicto13	Revisado	-0.012	a'-10 : 04-Sobrecimiento	Estático	2022/4/26 17:55			x:15.807, y:6.375, z:-0.200	ID de elemento: 391519	02-Cimientos	Hormigón, Moldeado in situ, gris	Sólido	ID de elemento: 530013	05-Nivel 1	Hormigón - Hormigón prefabricado	Sólido
	Conflicto14	Revisado	-0.012	a'-11 : 04-Sobrecimiento	Estático	2022/4/26 17:55			x:17.773, y:6.375, z:-0.200	ID de elemento: 530092	05-Nivel 1	Hormigón - Hormigón prefabricado	Sólido	ID de elemento: 391630	02-Cimientos	Hormigón, Moldeado in situ, gris	Sólido
	Conflicto15	Revisado	-0.012	a'-10 : 04-Sobrecimiento	Estático	2022/4/26 17:55			x:15.999, y:6.375, z:-0.180	ID de elemento: 530092	05-Nivel 1	Hormigón - Hormigón prefabricado	Sólido	ID de elemento: 391519	02-Cimientos	Hormigón, Moldeado in situ, gris	Sólido
	Conflicto16	Aprobado	-0.007	K-8 : 07-Cieloraso	Estático	2022/4/26 17:55	2022/4/26 18:04	Usuario	x:12.462, y:-9.507, z:3.595	ID de elemento: 722124	<Sin nivel>	Durock	Sólido	ID de elemento: 719028	07-Cieloraso	Cubierta Eco Roof	Sólido

Prueba 2

Imagen	Nombre de conflicto	Estado	Distancia	Ubicación de rejilla	Descripción	Fecha de detección	Fecha de aprobación	Aprobado por	Punto de conflicto	Elemento 1			Elemento 2				
										ID de elemento	Capa	Elemento Nombre	Elemento Tipo	ID de elemento	Capa	Elemento Nombre	Elemento Tipo
	Conflicto1	Resuelto	-0.005	B ⁿ -17 : 07-Cieloraso	Estático	2022/4/26 16:56			x:26.908, y:3.439, z:3.409	ID de elemento: 716696	07-Cieloraso	Clavadores	Sólido	ID de elemento: 720280	07-Cieloraso	Cubierta Eco Roof	Sólido
	Conflicto2	Resuelto	-0.004	d ⁿ -11 : 07-Cieloraso	Estático	2022/4/26 16:56			x:18.402, y:1.405, z:3.335	ID de elemento: 716727	07-Cieloraso	Clavadores	Sólido	ID de elemento: 720280	07-Cieloraso	Cubierta Eco Roof	Sólido
	Conflicto3	Resuelto	-0.002	R-19 : 07-Cieloraso	Estático	2022/4/26 16:56			x:31.134, y:-1.442, z:3.856	ID de elemento: 716498	07-Cieloraso	Clavadores	Sólido	ID de elemento: 720280	07-Cieloraso	Cubierta Eco Roof	Sólido
	Conflicto4	Resuelto	-0.002	R-19 : 07-Cieloraso	Estático	2022/4/26 16:56			x:31.216, y:-2.422, z:3.926	ID de elemento: 716467	07-Cieloraso	Clavadores	Sólido	ID de elemento: 720280	07-Cieloraso	Cubierta Eco Roof	Sólido
	Conflicto5	Resuelto	-0.002	C ⁿ -15 : 07-Cieloraso	Estático	2022/4/26 16:56			x:24.472, y:-0.634, z:3.631	ID de elemento: 716607	07-Cieloraso	Clavadores	Sólido	ID de elemento: 720280	07-Cieloraso	Cubierta Eco Roof	Sólido
	Conflicto6	Aprobado	-0.002	B ⁿ -18 : 07-Cieloraso	Estático	2022/4/26 16:56	2022/4/26 16:58	Usuario	x:28.532, y:2.917, z:3.385	ID de elemento: 716664	07-Cieloraso	Clavadores	Sólido	ID de elemento: 713307	07-Cieloraso	Acero, galvanizado	Sólido
	Conflicto7	Aprobado	-0.002	B ⁿ -17 : 07-Cieloraso	Estático	2022/4/26 16:56	2022/4/26 16:58	Usuario	x:25.472, y:1.822, z:3.383	ID de elemento: 716664	07-Cieloraso	Clavadores	Sólido	ID de elemento: 713211	07-Cieloraso	Acero, galvanizado	Sólido
	Conflicto8	Aprobado	-0.002	B ⁿ -15 : 07-Cieloraso	Estático	2022/4/26 16:56	2022/4/26 16:58	Usuario	x:22.520, y:0.729, z:3.385	ID de elemento: 716664	07-Cieloraso	Clavadores	Sólido	ID de elemento: 713187	07-Cieloraso	Acero, galvanizado	Sólido
	Conflicto9	Aprobado	-0.002	B ⁿ -14 : 07-Cieloraso	Estático	2022/4/26 16:56	2022/4/26 16:58	Usuario	x:19.563, y:-0.347, z:3.385	ID de elemento: 716664	07-Cieloraso	Clavadores	Sólido	ID de elemento: 713148	07-Cieloraso	Acero, galvanizado	Sólido
	Conflicto10	Resuelto	-0.001	Q-19 : 07-Cieloraso	Estático	2022/4/26 16:56			x:30.795, y:-0.503, z:3.782	ID de elemento: 716525	07-Cieloraso	Clavadores	Sólido	ID de elemento: 720280	07-Cieloraso	Cubierta Eco Roof	Sólido
	Conflicto11	Resuelto	-0.001	D ⁿ -15 : 07-Cieloraso	Estático	2022/4/26 16:56			x:23.617, y:-2.033, z:3.707	ID de elemento: 716581	07-Cieloraso	Clavadores	Sólido	ID de elemento: 720280	07-Cieloraso	Cubierta Eco Roof	Sólido
	Conflicto12	Resuelto	-0.001	A ⁿ -15 : 07-Cieloraso	Estático	2022/4/26 16:56			x:22.075, y:3.648, z:3.272	ID de elemento: 715243	07-Cieloraso	Clavadores	Sólido	ID de elemento: 720280	07-Cieloraso	Cubierta Eco Roof	Sólido
	Conflicto13	Resuelto	-0.001	C ⁿ -18 : 07-Cieloraso	Estático	2022/4/26 16:56			x:29.761, y:2.354, z:3.557	ID de elemento: 716632	07-Cieloraso	Clavadores	Sólido	ID de elemento: 720280	07-Cieloraso	Cubierta Eco Roof	Sólido

Plan de implementación de modelo de gestión de la información mediante metodología BIM con enfoque en el diseño estructural

Baico

Elaborado por

Daniel Ramírez Araya

Fecha

Julio 2022

Contenido

1. Argumentos de implementación del modelo.....	1
2. Retos a enfrentar.....	2
3. Factores relevantes para la implementación de las herramientas BIM	3
4. Objetivos de la implementación.....	4
5. Metodología a seguir para la implementación del modelo de gestión de la información.....	5
6. Usos de las herramientas BIM que se requieren incluir en los proyectos de diseño estructural.....	6
7. Gestión de la información en los proyectos de diseño estructural.....	6
8. Herramientas BIM a implementar para la gestión de información en el diseño estructural.....	7
9. Hardware requerido por las herramientas	12
10. Equipo de liderazgo en la implementación	13
11. Costo de la implementación	16
12. Acciones a seguir	17
13. Referencias bibliográficas	19

1. Argumentos de implementación del modelo

A través del tiempo, el sector de la construcción se ha caracterizado por ser una de las industrias menos productivas, debido a la manera en que se ejecutan los trabajos mediante la metodología tradicional 2D, en donde no se tiene un control adecuado de la generación, intercambio y gestión de la información a lo largo del ciclo de vida de los proyectos, lo que genera reprocesos, aumentos en plazos y costos.

Las herramientas y técnicas de gestión de la información se utilizan para crear y conectar a las personas con la información. Son efectivas para compartir conocimiento explícito simple, inequívoco y codificado (Project Management Institute, 2017).

Actualmente, existen diversas formas y herramientas que permiten tener un control de la información generada en los proyectos de construcción, una de estas y quizás la más utilizada es la metodología BIM, la cual se encarga de centralizar la información del proyecto en un solo modelo, lo cual permite que se dé un trabajo colaborativo entre los involucrados y que estos a la vez compartan información de manera estructurada, desencadenando en una correcta gestión de la información que se genera e intercambia a lo largo de la ejecución del proyecto.

El objetivo final de la metodología BIM es evitar la pérdida de valor de la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto con el método tradicional existente, y que obliga a un mayor esfuerzo de producción de información en las distintas fases del proyecto. Así mismo, el proceso de trabajo en BIM mantiene una línea de constante crecimiento del valor de la información, frente a la rotura y pérdida de información en el método tradicional (Gámez et al., 2014).

Debido a lo mencionado anteriormente, es que se desea implementar las herramientas BIM para gestionar la información en los proyectos de diseño estructural de la empresa Baico, de manera que se mitiguen problemas presentes en la empresa relacionados con la metodología de trabajo tradicional como lo son los reprocesos y aumentos en los costos y plazos.

A la vez, la implementación de estas herramientas permitirá a la empresa Baico seguir siendo una empresa competitiva en el sector de la construcción al utilizar metodologías modernas y también, se da la oportunidad de que a mediano plazo la empresa pueda comenzar a implementar la metodología BIM en otros ámbitos de los proyectos.

2. Retos a enfrentar

Debido a que se trata de herramientas basadas en una metodología que no se encuentra muy desarrollada en el país, existe poca información relacionada, lo que puede causar que no se aproveche al máximo el beneficio que estas pueden generar.

Para lograr implementar las herramientas tiene que haber un compromiso e interés por parte de los encargados de la empresa, ya que si estos no se involucran en el cambio es difícil alcanzar una adecuada implementación. Lo anterior, debido a que son estas personas los que cuentan con la capacidad de promover el cambio en la organización, y también, de poner a disposición el capital económico requerido para la implementación de las respectivas herramientas.

Lo mencionado son retos significativos; sin embargo, no son los únicos. Quizás el reto más importante se encuentra en los colaboradores, ya que siempre se va a presentar una resistencia al cambio, generada por la idea de que los procedimientos que se utilizan actualmente han funcionado y que pueden considerar innecesario un cambio.

Así mismo, al tratarse de una metodología relativamente nueva, provoca que se dé una curva de aprendizaje en la organización, la cual debe enfrentarse con los recursos necesarios para que el proceso de implementación se ejecute de manera exitosa y eficiente.

Otro gran reto a enfrentar es el convencimiento de los clientes en utilizar este tipo de herramientas, ya que al inicio se pueden presentar plazos mayores en la presentación de algunos entregables debido a la curva de aprendizaje, lo cual poco

a poco se va a mitigar con la capacitación y conocimiento de las herramientas por parte de los colaboradores.

También, con la utilización de las herramientas BIM se presentan mayores plazos en las etapas iniciales de la fase de diseño, respecto a las herramientas de la metodología tradicional, lo que puede generar una incertidumbre en el cliente. Sin embargo, en fases posteriores como lo es la construcción los beneficios van a ser mayores en costo y plazos si se utilizan las herramientas BIM, por lo cual resulta necesario generar esa visión en los clientes.

De la misma forma, otro reto se da en el momento de trabajar con otras empresas que no utilicen este tipo de herramientas, lo cual puede desencadenar en deficiencias o en el no aprovechamiento de los beneficios que generan las herramientas. Por lo que se debe tener un control acerca de las empresas colaboradoras, de manera que se pueda mitigar lo mencionado anteriormente.

3. Factores relevantes para la implementación de las herramientas BIM

Si bien, el plan actual se enfoca en la implementación de herramientas BIM para gestionar la información, se considera relevante y necesario mencionar los factores para implementar la metodología BIM en empresas destacados por Valle (2014). Cabe destacar que algunos factores fueron adecuados para tener un enfoque en las herramientas BIM para la gestión de la información y no en la metodología BIM como se indica en el documento de referencia. Los factores se enlistan a continuación:

- Existencia de una guía con toda la información necesaria sobre la implementación de las herramientas BIM para la gestión de la información.
- Existencia de un enfoque de colaboración entre los distintos participantes de la empresa que utilizarán las herramientas BIM para el desarrollo de proyectos.
- Apoyo a la implementación tanto de los cargos gerenciales como de los cargos operacionales.

- Claridad de cómo se realizará el intercambio de información luego de implementar las herramientas BIM.
- Capacidad de la empresa para modificar los procesos de trabajo existentes hoy en día, para que se adecuen a las herramientas BIM.
- Capacitación de los equipos de trabajo en base a los conceptos y utilización de las herramientas BIM.
- Claridad de las responsabilidades y roles de cada uno de los actores.
- Existencia de un área técnica que entregue las herramientas para apoyar la implementación.
- Existencia de un equipo estratégico que guíe la implementación.
- Comunicación de los cambios que se desean realizar para el conocimiento de todos los involucrados.
- Existencia de objetivos claros para la implementación.
- Existencia de un programa detallado con las actividades y pasos individuales con los que se llevará a cabo la implementación.

4. Objetivos de la implementación

Objetivos a corto plazo

- Contar con un equipo encargado de la gestión de la información en los proyectos de diseño estructural.
- Desarrollar modelos que contengan la información necesaria para generar la documentación de manera más automática y eficiente.
- Establecer una mejor comunicación y colaboración entre los involucrados en los proyectos.
- Corregir deficiencias relacionadas a interferencias entre elementos, de forma que se disminuyan los problemas en la etapa constructiva.

Objetivos a largo plazo

- Contar con un equipo BIM capacitado que permita implementar la metodología BIM en la empresa.

- Realizar la presupuestación de los proyectos mediante herramientas BIM.
- Desarrollar las habilidades y capacidades para poder llevar a cabo proyectos bajo la metodología BIM.

5. Metodología a seguir para la implementación del modelo de gestión de la información

Para poder llevar a cabo la implementación de las herramientas BIM necesarias para gestionar la información en los proyectos de diseño estructural de la empresa Baico, se genera una metodología con las acciones a realizar. El resultado de la metodología se presenta en la siguiente figura.

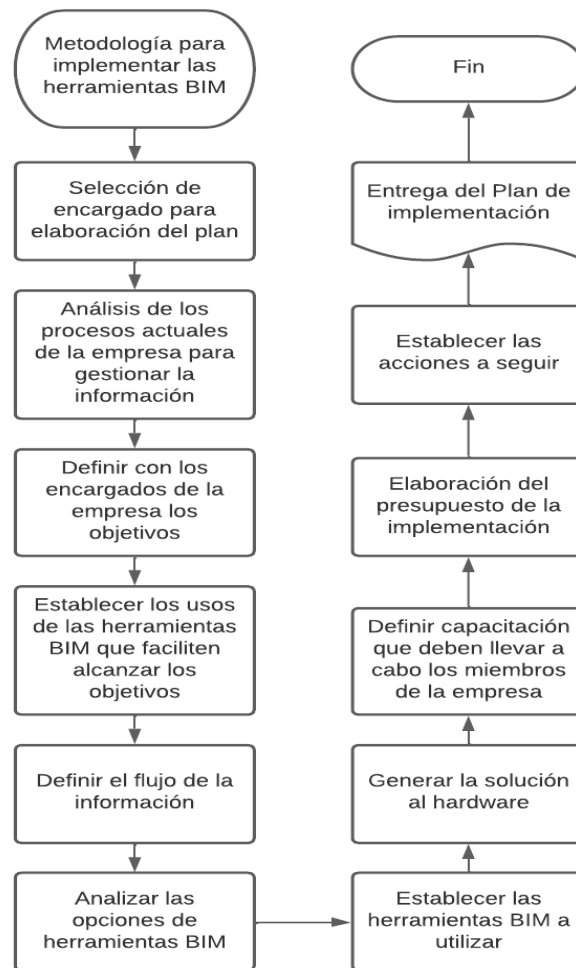


Figura 1. Diagrama de la metodología a seguir para la implementación de las herramientas BIM

Fuente: Elaboración propia.

6. Usos de las herramientas BIM que se requieren incluir en los proyectos de diseño estructural

- Almacenar los contenedores de información en un Entorno Común de Datos que permita a los involucrados del proyecto acceder a la información según corresponda.
- Definir y gestionar los requisitos de información del cliente por medio de un Plan de Ejecución BIM.
- Desarrollar modelos 3D en donde se pueda acceder a la información de las edificaciones y generar documentación a partir de los mismos.
- Realizar detección de interferencias entre los elementos de la edificación para evitar inconvenientes en fases posteriores.
- Generar una cuantificación de los materiales y elementos cuando el cliente así lo requiera.
- Gestionar la información mediante los contenedores de información y los modelos 3D generados.

7. Gestión de la información en los proyectos de diseño estructural

Con la definición de los usos de las herramientas BIM que requieren implementarse en la ejecución de los proyectos de diseño estructural de la empresa, nace la elaboración de un nuevo procedimiento para gestionar la información en dichos proyectos. El procedimiento planteado para lograr llevar a cabo una adecuada gestión de la información mediante las herramientas BIM propuestas para el diseño estructural se muestra en la siguiente figura.

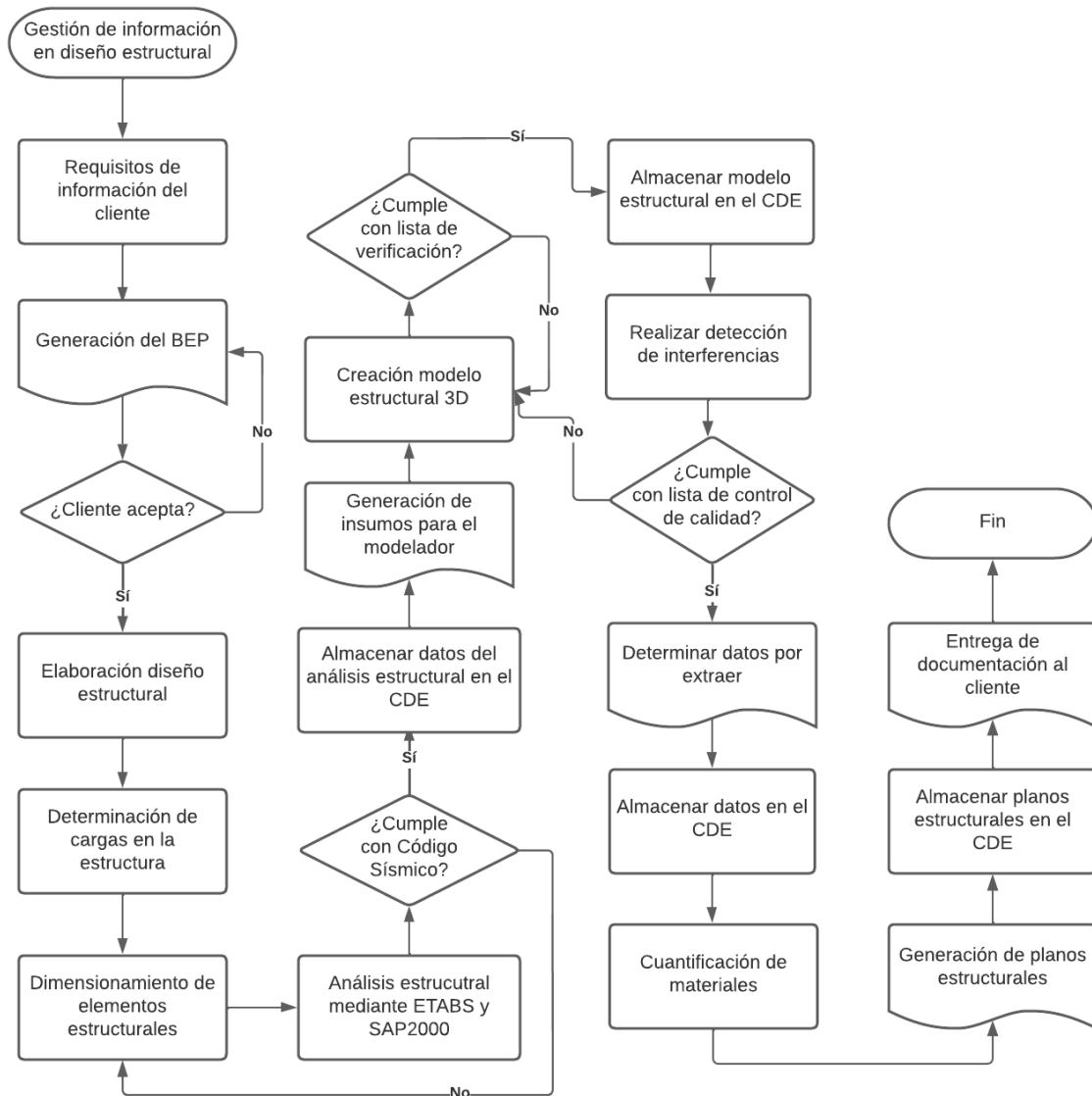


Figura 2. Diagrama de la gestión de la información en proyectos de diseño estructural

Fuente: Elaboración propia.

8. Herramientas BIM a implementar para la gestión de información en el diseño estructural

Si bien, las herramientas son una parte importante para que se pueda llevar a cabo una adecuada gestión de la información, no es lo único que se necesita, ya que quizás tenga más peso la capacidad de los miembros de la empresa de poder

desarrollar, analizar, revisar y comunicar la información que se obtiene de las herramientas a utilizar.

Por lo anterior, es que resulta de suma importancia seleccionar las herramientas que presenten mayor beneficio al menor costo posible, pero que al mismo tiempo permitan tener una curva de aprendizaje lo más llevadera posible para los miembros de la empresa.

A continuación, se definen las distintas herramientas BIM a implementar para lograr una correcta gestión de la información en los proyectos de la empresa.

Plan de Ejecución BIM (BEP)

El Plan de Ejecución BIM, es una herramienta de la metodología BIM en donde se definen todos los requisitos de información solicitados por parte del cliente, así mismo, en este se determina el alcance, los roles y las responsabilidades de cada uno de los involucrados del proyecto. Para definir estos alcances y requisitos de información se debe tomar en cuenta una serie de factores que deben estar establecidos en el BEP y que se describen enseguida.

- Niveles de desarrollo (LOD): este factor define el nivel de desarrollo o de detalle que van a poseer los distintos elementos del modelo a generar. Los niveles de desarrollo tienen distintas clasificaciones según el tipo de información que presente el modelo. La clasificación va desde un LOD 000 en donde se destacan aspectos básicos como la ubicación del proyecto, hasta un LOD 600 en el cual los elementos cuentan con un detalle geométrico, posición, material constructivo, uso, entre otros. En el BEP deberá quedar definido el nivel de desarrollo que debe poseer cada uno de los elementos del modelo.
- Sistema de coordenadas: se debe definir un punto exacto de coordenadas, de manera que los modelos realizados por cada una de las disciplinas sean congruentes entre sí.

- Nomenclatura de elementos: se debe definir una codificación entre la empresa y el cliente de manera que la información de cada elemento se pueda identificar fácilmente.
- Entorno Común de Datos: se debe establecer una plataforma que funcione como CDE, de manera que se garantice la recopilación, gestión y un constante intercambio de información entre los involucrados y que cada uno de estos tenga acceso a la información necesaria en todo momento.
- Software: antes de iniciar con la ejecución del proyecto, se deben definir los distintos softwares a utilizar, así como las versiones de los mismos, para que exista un adecuado flujo de trabajo y que se dé una integración de la información entre los distintos softwares.

Contenedores de información

Los contenedores de información es una herramienta BIM, que funciona como almacenador de los distintos modelos y documentos que se generan a lo largo de la ejecución del proyecto. Estos permiten establecer si un involucrado puede acceder a cierta información o no según el alcance y los roles definidos. Los contenedores de información deben de contar con una codificación o nomenclatura definida por la empresa y el cliente, de manera que el intercambio y acceso a la información resulte más eficiente.

Entorno Común de Datos (CDE)

El CDE es la herramienta que se encarga de reunir, gestionar y almacenar los contenedores de información de cada proyecto. Esta es la principal herramienta para que se dé un trabajo colaborativo en la ejecución de los proyectos, ya que permite el acceso a la información del proyecto, así como la comunicación entre los distintos involucrados. De acuerdo con Bouzas (2017), una herramienta que se utilice como CDE, al menos debe permitir lo siguiente:

- Incorporar, consultar y obtener la información del proyecto, tanto archivos como comunicaciones entre los interesados (correos electrónicos, ordenes de cambio, tareas, consultas).

- Gestión de accesos: no todos los interesados deben acceder a toda la información.
- Compartir información mediante enlaces.
- Controlar las versiones
- Búsqueda fácil de la información a través de filtros, etiquetas, entre otros.
- Flujos de trabajo integrados en la gestión de la documentación: aprobaciones, comentario, entre otros. Visualización, y anotación de archivos y modelos.
- Gestión de modelos federados: combinación de archivos IFC para su visualización y análisis, así como la exportación de datos de forma estructurada en formato COBie.
- Planificación del proyecto BIM: requerimientos de información del cliente, plan de ejecución, protocolos, niveles de detalle e información, gestión estructurada de los datos.

Actualmente, la empresa Baico utiliza la plataforma Google Drive como CDE en los proyectos de diseño estructural, la cual permite acciones como el almacenamiento de archivos, comunicación entre los colaboradores, gestión de accesos, control de las versiones, entre otros. Sin embargo, esta herramienta carece de la posibilidad de visualización y anotación de los modelos 3D, razón por la cual se decide analizar otras herramientas de colaboración BIM presentes en el mercado y escoger la que se considere mejor para implementar en la empresa a futuro.

Luego de realizar una búsqueda en el mercado, se preseleccionan tres herramientas, las cuales son: BIM 360, Dalux Box y Procore.

Después del análisis de los beneficios y el costo que presenta cada herramienta, se decidió descartar la opción de Procore, debido a que este se considera un software muy amplio para lo que requiere actualmente la empresa y ya que la empresa se especializa en la parte del diseño estructural, no se aprovecharían todas las opciones que posee este software y a la vez, el costo de este es muy elevado.

Seguidamente, se descartó la opción de Dalux Box, ya que se considera que las herramientas de este software no son tan eficientes como las del software escogido. También se escogió la opción de BIM 360, debido a la relación que este posee con otros softwares que son ampliamente utilizados por las empresas nacionales, por lo que se podría trabajar adecuadamente cuando resulte necesario realizar colaboraciones con otras empresas.

Software

Para la selección del software de modelado y el software de validación y control, se debe tomar en cuenta la importancia de seleccionar herramientas que presenten un alto uso por parte de otras empresas, debido a que en el momento de colaborar con estas resulta crucial la interoperabilidad entre las herramientas para aprovechar al máximo el beneficio que estas poseen y así alcanzar los objetivos propuestos.

Para el análisis y determinación de los softwares BIM, se le dio prioridad a los criterios y recomendaciones brindados por profesionales capacitados y con experiencia en el tema. A continuación, se definen las herramientas presentes en el mercado, así como la justificación de su selección.

Softwares de modelado

Para el caso de los softwares de modelado, existen una gran cantidad en el mercado; sin embargo, muchos de estos se enfocan en una sola disciplina como lo es Archicad que se utiliza para el modelado arquitectónico o bien Robot que se encarga del cálculo de estructuras principalmente. Debido a lo anterior y a que la empresa actualmente ya cuenta con softwares de cálculo de estructuras, se decide escoger el software Revit.

Revit se adapta adecuadamente a lo que requiere la empresa actualmente, en términos de modelado 3D y cuantificación de materiales. Además, este software posee interoperabilidad con el software de colaboración BIM 360. Asimismo, Revit es el software de modelado del diseño estructural más utilizado por las empresas nacionales. Finalmente, se debe mencionar que el dibujante y modelador de la

empresa cuenta con conocimiento y experiencia en la utilización de este software, con lo cual resulta beneficioso en la curva de aprendizaje.

Softwares de validación y control

En lo que respecta a la detección de interferencias y navegación de los modelos, igualmente existen distintos softwares entre los que destacan Navisworks y Solibri. Debido a que Navisworks es de la misma casa desarrolladora que Revit, se escoge este software para determinar los distintos choques que se puedan presentar entre los elementos del modelo.

En resumen las herramientas BIM a implementar son: Plan de Ejecución BIM para definir los requisitos de información y los roles de cada interesado en la ejecución de los proyectos de diseño estructural, contenedores de información para poder almacenar los modelos y documentos generados, BIM 360 como Entorno Común de Datos, el cual permite la comunicación entre los involucrados y la visualización y modificación de los modelos 3D, el software Revit para el modelado 3D de la información generada en el diseño estructural y la posterior generación de planos y documentación y finalmente, el software Navisworks para evidenciar la detección de interferencias entre los elementos del modelo 3D.

9. Hardware requerido por las herramientas

Si bien el hardware no es un requisito primordial para gestionar la información, se debe tener claro que por más que se tengan las herramientas BIM si no se cuenta con un adecuado hardware en los equipos no servirá de mucho. Por esta razón, es que se propone realizar una inversión en un equipo que cuente con las características para que las herramientas puedan trabajar sin ningún inconveniente o falla.

Los desarrolladores de los softwares facilitan una serie de características que deben tener los equipos para el uso de estas herramientas, en donde se brindan características mínimas para el adecuado funcionamiento de los softwares y características para un alto rendimiento de estos cuando se trata de modelos de gran tamaño.

Debido a que las características para un alto rendimiento aumentan en gran cantidad los costos del equipo, es que se decide inicialmente implementar un equipo con las características mínimas para el adecuado funcionamiento de las distintas herramientas. Las características facilitadas por los desarrolladores se muestran enseguida.

- Sistema operativo: Microsoft Windows 10 de 64 bits.
- Procesador: se recomienda un procesador con la máxima velocidad en GHz, con un mínimo de 2,5 GHz y 6 núcleos.
- Memoria RAM: 16 GB.
- Tarjeta gráfica: compatible con DirectX 11 con Shader Model 5 y 4 GB de memoria de video.
- Disco duro: SSD de 256 GB.

10. Equipo de liderazgo en la implementación

Debido a que actualmente, la empresa no cuenta con un profesional encargado de la gestión de la información y a la vez se van a implementar herramientas que pueden ser nuevas para los miembros de la empresa, es que se plantea que para la posible implementación se necesite un equipo conformado por un director BIM, un modelador BIM y un gestor de la información. Las funciones y competencias que deben presentar cada uno de estos profesionales se muestra enseguida.

Director

Funciones

- Liderar junto con los encargados de la empresa, el proceso de implementación de las herramientas BIM.
- Encargado de administrar las herramientas BIM para los demás colaboradores.
- Deberá velar por que los proyectos de diseño estructural se lleven a cabo de forma coordinada y colaborativa entre los involucrados.

- Tendrá que comprender las necesidades que se presenten en el equipo durante la ejecución de un proyecto.

Competencias

- Tener conocimientos acerca de la metodología que conlleva la utilización de las herramientas propuestas.
- Conocer cómo funciona la empresa y cuáles son las acciones a seguir para facilitar la implementación de las herramientas.
- Capacidad de liderazgo, comunicación y trabajo en equipo.
- Debe contar con la capacidad de tomar decisiones críticas cuando así se requiera.

Modelador BIM

Funciones

- Encargado de modelar en 3D la información según lo establecido en el Plan de Ejecución BIM.
- Deberá generar las familias necesarias para llevar a cabo el modelo.
- Actualizará el modelo según cambios que se presenten durante la ejecución del proyecto.
- Tendrá que realizar detección de interferencias para asegurar que el modelo final sea lo más preciso posible.

Competencias

- Amplio conocimiento en la interpretación de planos.
- Debe contar con conocimientos en construcción de los elementos a modelar.
- Avanzado conocimiento en el manejo de las herramientas BIM Revit y Navisworks.
- Capacidad de acatar órdenes y de trabajar en equipo.

Gestor de la información

Funciones

- Encargado de definir la codificación que deben tener los contenedores de información y los documentos generados.
- Deberá llevar un control de los cambios y las versiones de los distintos documentos.
- Gestionará todas las comunicaciones que se den entre los involucrados.
- Tendrá que definir el flujo de información y que se dará de acuerdo al tipo de proyecto.
- Aprobará los archivos para que estos puedan ser intercambiados entre los involucrados.
- Deberá generar toda la información necesaria para la posterior entrega al cliente.

Competencias

- Alta capacidad de comunicación y de trabajo en equipo.
- Deberá ser capaz de interpretar y gestionar la información generada en los modelos 3D.
- Amplios conocimientos en el área de la administración de la construcción.
- Buen manejo de la herramienta BIM 360.

Ante las competencias mencionadas anteriormente, y la formación actual de los miembros de la empresa, se propone llevar a cabo una serie de capacitaciones que permitan comprender el uso de los distintos softwares, según la función de cada colaborador. En el siguiente cuadro se muestran las capacitaciones propuestas.

Cuadro 1. Capacitación requerida para miembros de la empresa	
Cargo	Capacitación
Ingeniero estructural	Curso nivel básico en Revit Curso nivel básico en Navisworks Curso de inducción en BIM 360
Director	Curso nivel básico en Revit Curso nivel básico en Navisworks Curso de inducción en BIM 360 Curso de gestión de proyectos
Modelador BIM	Curso nivel básico en Revit Curso nivel básico en Navisworks Curso nivel avanzado en Revit estructuras Curso de inducción en BIM 360
Gestor de la información	Curso nivel básico en Revit Curso nivel básico en Navisworks Curso de inducción en BIM 360

Fuente: Elaboración propia.

11. Costo de la implementación

Una vez que se han determinado los softwares BIM a adquirir, el equipo con los requisitos necesarios para el correcto funcionamiento de los softwares y las distintas capacitaciones que deberán llevar a cabo los miembros de la empresa para el máximo aprovechamiento de los beneficios de los softwares BIM propuestos, se realiza el presupuesto para determinar cuál es el costo de implementar las herramientas BIM para la gestión de la información en los proyectos de diseño estructural de Baico. El resultado se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. Costo de implementación del modelo de gestión de la información			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Software (costo anual)			
Autodesk AEC Collection	1	\$3 115	\$3 115
Navisworks Manage	1	\$2 400	\$2 400
BIM 360	1	\$945	\$945
Hardware			
Computadora de acuerdo a requisitos	1	\$2 000	\$2 000
Capacitación			
Curso nivel básico en Revit	4	\$25	\$100
Curso nivel básico Navisworks	4	\$14	\$56
Curso nivel avanzado en Revit estructuras	1	\$90	\$90
Curso inducción en BIM 360	4	\$14	\$56
Curso de gestión de proyectos	1	\$14	\$14
Costo total en dólares			\$8 776
Costo total en colones			₡5 862 368

Fuente: Elaboración propia.

Debido al alto costo que presenta la herramienta Navisworks Manage, se decide iniciar la implementación el primer año con la versión estudiante de la misma. Por lo anterior la inversión inicial bajaría a \$6376 dólares, es decir ₡4 259 168. Ya que la inversión en una computadora con las condiciones necesarias y en la respectiva capacitación se realizan únicamente al inicio, para los años siguientes el costo sería de \$6460 dólares, es decir ₡4 315 280 contemplando la implementación de la herramienta Navisworks Manage.

12. Acciones a seguir

Para llevar a cabo la implementación de las herramientas de una manera ordenada y lo más efectiva posible en los proyectos de diseño estructural, se proponen una serie de acciones a seguir, las cuales se mencionan a continuación:

- Establecer las personas encargadas de ocupar los puestos del equipo de implementación.
- El equipo deberá realizar un estudio del presente plan de implementación con el fin de que se conozca el camino a seguir.

- El director deberá organizar una reunión con los miembros de la empresa Baico en la cual se explicará el plan de implementación y los objetivos que se desean cumplir.
- Se deberá iniciar con las capacitaciones pertinentes, en este caso el director definirá si algún miembro posee los conocimientos necesarios y por ende no llevar a cabo algún curso de los propuestos.
- Realizar la compra de los softwares correspondientes.
- Generar el formato de los contenedores de información y de los distintos archivos que se deberá seguir en los proyectos.
- Establecer el Plan de Ejecución BIM.
- Generar las plantillas y familias necesarias para la elaboración de los modelos 3D.
- Definir un proyecto piloto para la implementación de las herramientas propuestas.
- Crear un plan de evaluación con los hitos y plazos que se desean alcanzar con la implementación del modelo de gestión de información.
- Desarrollar una base de datos de los resultados obtenidos y de las lecciones aprendidas.

13. Referencias bibliográficas

Bouzas, M. (2017). *¿Qué es un CDE?* Recuperado de: <https://www.buildingsmart.es/2017/04/01/qu%C3%A9-es-un-cde/>

Gámez, F. et al. (2014). *Introducción a la metodología BIM*. Spanish Journal of BIM. No 14: 4-10 p. Recuperado de: <http://docplayer.es/1833938-Spanish-journal-of-bim.html>

Project Management Institute (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. Sexta Edición. Newtown Square, Pennsylvania.

Valle, R. (2014). *Factores clave y metodología para planificar la implementación de BIM al interior de una empresa constructora-inmobiliaria*. Tesis para optar por el título de profesional de Ingeniería Civil. Pontificia Universidad Católica de Chile. Recuperado de: <https://bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/Factores-Claves-y-Metodolog%C3%ADa-para-Planificar-la-Implementaci%C3%B3n-de-BIM-al-Interior-de-una-Empresa-Constructora.pdf>

Anexos

En esta sección, se expone un anexo que se utilizó como referencia para la ejecución de este proyecto de graduación y puede resultar de interés para el lector.

Anexo 1: Introducción a la serie EN ISO 19650, Building Smart Spain (2021).

Referencias

- Alonso, J. (2015). *Nivel de desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptación a España*. Spanish Journal of BIM. No 15: 40-50 p. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5496892>
- Andrades, S. y Flores, A. (2020). Plan de ejecución BIM para la gestión de un proyecto de oficina en Lima Metropolitana. Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Civil. Universidad de San Martín de Porres. Perú. 189 p. Recuperado de: https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/8567/andrades_bsa-flores_vaa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- BIM Forum Costa Rica. (2018). *Guía de implementación BIM para las empresas*. Recuperado de: <https://www.construccion.co.cr/Multimedia/Archivo/9930>
- BIM Forum Costa Rica (2020). *Guía para la elaboración de una solicitud de información BIM (SDI BIM)*. Recuperado de: <https://www.construccion.co.cr/Multimedia/Archivo/9941>
- Blanco, A. (2022). *Entrevista sobre gestión de la información mediante la metodología BIM*. Cartago, Costa Rica. Comunicación personal.
- Bouzas, M. (2017). *¿Qué es un CDE?* Recuperado de: <https://www.buildingsmart.es/2017/04/01/qu%C3%A9-es-un-cde/>
- Building Smart Spain (2021). *Introducción a la serie EN ISO 19650*. Recuperado de: <https://www.buildingsmart.es/recursos/en-iso-19650/>
- Díaz, J. (2019). Gestión de proyectos utilizando las herramientas BIM en la fase de diseño de proyectos de infraestructura vial. Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto. Perú. Recuperado de: <http://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3785/CIVIL%20-%20Jos%C3%A9%20Alfredo%20D%C3%adaz%20Linarez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Estruga N. (2021). *Qué es y para qué sirve un BIM Execution Plan*. Recuperado de: <https://www.ealde.es/bim-execution-plan/>
- Fernández, M. y Ponjuán, G. (2008). *Análisis conceptual de las principales interacciones entre la gestión de información, la gestión documental y la gestión del conocimiento*. ACIMED. Cuba. No 18: 4-5 p. Recuperado de: <http://scielo.sld.cu/pdf/aci/v18n1/aci07708.pdf>
- Gámez, F. et al. (2014). *Introducción a la metodología BIM*. Spanish Journal of BIM. No 14: 4-10 p. Recuperado de: <http://docplayer.es/1833938-Spanish-journal-of-bim.html>
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). (2020). *INTE/ISO 19650-1: 2020. Organización y digitalización de la información sobre edificaciones e infraestructura, incluyendo modelado de la información de la construcción (BIM). Gestión de la información con el uso del Modelado de la Información de la Construcción (BIM). Parte 1: Conceptos y principios*.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). (2020). *INTE/ISO 19650-2: 2020. Organización y digitalización de la información sobre edificaciones e infraestructura, incluyendo modelado de la información de la construcción (BIM). Gestión de la información con el uso del Modelado de la Información de la*

- Construcción (BIM). Parte 2: Fase de desarrollo de los activos.*
- Kumar, B. y Hayne, G. (2016). *A Framework for Developing a BIM Strategy*. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/317663680_A_Framework_for_Developing_a_BIM_Strategy
- Project Management Institute (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. Sexta Edición. Newtown Square, Pennsylvania.
- Rodríguez, J. (2022). *Entrevista sobre gestión de la información mediante la metodología BIM*. Cartago, Costa Rica. Comunicación personal.
- Rodríguez, K. (2002). *Gestión de la información en las organizaciones*. Universidad Nacional de Costa Rica. Bibliotecas, 20(1). 19-34 p. Recuperado de:
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/bibliotecas/article/view/513/452>
- Rodríguez, Y. (2008). *Gestión de información e inteligencia: integración en los contextos organizacionales*. ACIMED. Cuba. No 17: 2-4 p. Recuperado de:
<http://scielo.sld.cu/pdf/aci/v17n5/aci03508.pdf>
- Sierra, L. (2016). *Gestión de proyectos de construcción con metodología BIM "Building Information BIM"*. Trabajo Final de Especialización en Gerencia Integral de Proyectos. Universidad Militar Nueva Granada. Colombia. Recuperado de:
<https://core.ac.uk/download/pdf/143452268.pdf>
- Valle, R. (2014). *Factores clave y metodología para planificar la implementación de BIM al interior de una empresa constructora-inmobiliaria*. Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica de Chile. Recuperado de:
<https://bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/Factores-Claves-y-Metodolog%C3%ADa-para-Planificar-la-Implementaci%C3%B3n-de-BIM-al-Interior-de-una-Empresa-Constructora.pdf>
- Vargas, J. (2020). *Niveles de madurez BIM: Explicados*. Recuperado de:
<https://www.construccion.co.cr/Post/Detalle/36938/niveles-de-madurez-bim-explicado>