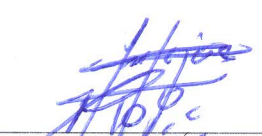



CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Gustavo Rojas Moya, Ing. Ana Grettel Leandro Hernández, Ing. Miguel Artavia Alvarado, Ing. Braulio Umaña Quirós, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.




Ing. Gustavo Rojas Moya.
Director



Ing. Ana Grettel Leandro Hernández.
Profesora Guía



Ing. Miguel Artavia Alvarado.
Profesor Lector



Ing. Braulio Umaña Quirós.
Profesor Observador

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería en Construcción

Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería

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

Wendy Melissa Molina Sanabria

Cartago, Noviembre 2019

Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería

Abstract

This project shows the research carried out in the company called B.A. Ingeniería, dedicated to structural design, about aspects related to Building Information Modeling (BIM). From there, the results obtained indicate that the company needs to broaden its knowledge in the subject and incorporate concepts of standards that allow them to carry out their projects using the BIM methodology to improve their workflows.

Initially, the company's development processes were analyzed, in order to understand the way in which the projects have been addressed in recent years (both when they have worked using BIM and when have not). Additionally, the company's current knowledge about the methodology analyzed was evaluated. Deficiencies were found that can be reduced or eliminated through the specification of international principles.

Both BIM software and classification systems that can be incorporated into the processes of information preparation of the company were investigated and; finally, a guide was prepared which will serve as a tool for all members of the company to acquire enough knowledge about BIM concepts, the way in which the information must be managed correctly and the responsibilities of the company B.A. Ingeniería within a BIM collaborative work team.

Keywords: BIM, Building Information Modeling, BIM software, BIM classification systems, BIM standards, ISO 19650

Resumen

El presente proyecto muestra la investigación realizada en la empresa B.A. Ingeniería, dedicada al diseño estructural, acerca de aspectos relacionados con el Building Information Modeling (BIM). De ahí, se obtienen resultados que indican que la empresa requiere ampliar sus conocimientos en el tema e incorporar conceptos de normas de estandarización, que les permitan realizar sus proyectos utilizando la metodología BIM para mejora de sus flujos de trabajo.

Inicialmente, se analizaron los procesos de desarrollo de la empresa, para así comprender la manera en la que se han abordado los proyectos durante los últimos años (tanto cuando han trabajado utilizando BIM como cuando no). Adicionalmente, se evaluó el conocimiento actual de la compañía sobre la metodología analizada. Se encontraron deficiencias que pueden ser reducidas o eliminadas a través de la incorporación de principios de estándares internacionales.

Se investigó sobre software y sistemas de clasificación BIM que pueden ser incorporados en los procesos de elaboración de información estructural de la empresa y; por último, se elaboró una guía que servirá como herramienta para que todos los miembros de la empresa adquieran el conocimiento suficiente acerca de los conceptos BIM, la manera en la que debe gestionarse la información correctamente y las responsabilidades de la empresa B.A. Ingeniería dentro de un equipo de trabajo colaborativo BIM.

Palabras clave: BIM, Modelado de Información para la construcción, software BIM, sistemas de clasificación BIM, estándares BIM, ISO 19650

Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería

WENDY MELISSA MOLINA SANABRIA

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

Noviembre del 2019

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

| | |
|----------------------------------|-----|
| Prefacio | 1 |
| Resumen ejecutivo..... | 2 |
| Introducción..... | 4 |
| Marco teórico | 7 |
| Metodología | 13 |
| Resultados | 15 |
| Análisis de los resultados | 60 |
| Conclusiones..... | 75 |
| Recomendaciones | 77 |
| Apéndices | 78 |
| Referencias | 189 |

Prefacio

Al elaborar cualquier proyecto constructivo, participan distintas disciplinas que aportan un resultado importante para la correcta ejecución de la obra. Sin embargo, uno de los mayores problemas, en el sector construcción, es que la falta de coordinación en las fases de diseño y trabajo integrado desde el inicio del proyecto hace que durante la ejecución de la obra se generen errores como intersecciones de sistemas electromecánicos con estructurales o elementos que no coinciden en los planos de los diversos agentes, entre otros problemas.

El BIM es una metodología que ha llegado para establecer colaboración en la elaboración de la información de un proyecto constructivo desde la etapa de diseño, evitando así los altos costes, a nivel económico y de tiempo, que implica la resolución de conflictos en elementos que ya se han construido.

El BIM establece que debe existir una preconstrucción de la edificación de manera virtual mediante programas computacionales que permitan llevar a cabo este objetivo y que, además, pueda establecer una coordinación adecuada entre los diversos participantes de la obra. Sin embargo, BIM no se limita a la creación de archivos en 3D, que es lo que algunas de las empresas han creído de manera errónea, ya que para una correcta implementación BIM debe existir una planificación de toda la información que va a ser generada desde el momento en que se inicia el proceso de diseño de la estructura.

En Costa Rica, hay muchas empresas que han iniciado el proceso de implementación de la metodología BIM, pero cada una tiene sus propios intereses o roles y no han logrado un verdadero trabajo colaborativo entre disciplinas, por lo que se debe quedar a la espera de que se cree una norma de estandarización a nivel nacional en donde cada una de las empresas tenga clara su función y sus responsabilidades dentro de la metodología BIM.

Para ello, se creó el BIM Forum Costa Rica, en donde se busca evacuar dudas y generar conocimiento sobre BIM a las empresas

asociadas. Además, en el Congreso BIM Costa Rica 2019, se presentó una iniciativa planteada por la Primera Dama de la República, la arquitecta Claudia Dobles Camargo, en donde busca que la metodología BIM sea utilizada para la construcción y mantenimiento de las obras públicas, incluyéndolo como requisitos para las licitaciones, dando pie a la creación de una Comisión Paritaria del CFIA que busca normalizar, reglamentar y estandarizar lo relacionado al tema BIM.

No obstante, a la fecha de elaboración de este proyecto, no existe ninguna normativa nacional, por lo que es importante que la empresa B.A. Ingeniería tenga conocimiento del funcionamiento de la metodología de trabajo BIM, según estándares internacionales, y de esta manera se encuentre preparada para cumplir sus objetivos utilizando BIM desde ahora.

También, puede utilizar estos conceptos para adaptarlos a los procesos internos de la empresa, mejorando su capacidad de producción de información y su trabajo colaborativo, ya que B.A. Ingeniería es una empresa destacable, en donde se han creado obras como el Centro Nacional de Convenciones, City Mall, Escazú Village, URBN Escalante y Double Tree Sabana by Hilton, siendo este último el que será calificado como el edificio más alto de Costa Rica, mostrando así la importancia de que esta empresa emplee la metodología de trabajo BIM para la totalidad de sus proyectos.

Les agradezco a los ingenieros Bernardo Sauter Cardona y Laura Romero Rodríguez, por permitirme realizar este proyecto utilizando las instalaciones y los recursos de la empresa B.A. Ingeniería. También, a la profesora Ana Grettel Leandro Hernández, por su apoyo y por darme la guía necesaria para culminar este proyecto.

Agradezco a mi madre Ana Cecilia Sanabria Torres, por su cariño durante todas las etapas de mi vida y por confiar siempre en mí. También, a Eduardo Álvarez Sánchez y Kylo por ser mi apoyo emocional durante esta última etapa de mi vida universitaria.

Resumen ejecutivo

Mediante el desarrollo del presente proyecto de graduación se realizó una propuesta de metodología de trabajo BIM para la empresa de diseño estructural B.A. Ingeniería, utilizando para ello lo establecido en el estándar internacional ISO 19650.

B.A. Ingeniería es una firma consultora en ingeniería estructural y sismorresistente, fundada por el Ing. Bernardo Sauter Cardona, presidente de la firma, el 9 de octubre del 2009. La empresa brinda los servicios de análisis, diseño e inspección de edificios residenciales, comerciales y de oficinas, así como hoteles, residencias, hospitales, centros comerciales, entre otros. Además, realiza reestructuraciones y adecuaciones sísmicas, estudios de vulnerabilidad sísmica, y consultorías generales en ingeniería estructural y sismo resistente. B.A. Ingeniería cuenta con un equipo de profesionales de amplia experiencia y calidad humana que han diseñado más de 1,400.000 m² de construcción. (B.A. Ingeniería, s.f.)

Las principales características y funciones de la metodología BIM eran desconocidos por los miembros de la empresa. Sin embargo, estuvieron involucrados en proyectos en donde tuvieron que seguir las disposiciones de otras empresas empleadoras de BIM. B.A. Ingeniería adquirió el software Revit en el año 2013, cuando uno de los clientes lo solicitó como requisito para la participación en un proyecto. Para cumplir con este requerimiento, los dibujantes aprendieron a utilizarlo de manera informal, mediante consultas a personas que conocían el programa. Desde entonces, se inició la utilización de este software de manera gradual, hasta que actualmente es utilizado para todos los proyectos realizados.

Dado lo anterior, el presente proyecto se realizó con la finalidad de que la empresa B.A.

Ingeniería lograra comprender todos los aspectos que implica trabajar mediante una metodología BIM y que no se trata únicamente de utilizar un software específico.

El primer objetivo consistió en evaluar los procesos de trabajo cuando se ha utilizado la metodología BIM y cuando no, quedando en evidencia que la empresa B.A. Ingeniería no cambia de manera significativa la elaboración de sus proyectos, por lo que no existe una diferencia notable al utilizar BIM. Para visualizar lo anterior, se realizaron diagramas de flujo de procesos de elaboración de proyectos cuando se utiliza BIM y cuando no.

La elaboración de proyectos BIM en la empresa se ha realizado debido a que otras disciplinas involucradas, de compañías distintas, cuentan con un departamento BIM que se encarga de reunir la información de los diferentes agentes y coordinarla de manera integrada. Normalmente, se presenta un Plan de Ejecución BIM (BEP) que incluye las reglas de colaboración que deben respetarse para la elaboración del proyecto, por lo que B.A. Ingeniería debe ser capaz de adaptarse a las condiciones impuestas. Para conocer acerca de los requerimientos que han sido solicitados por otras empresas, se realizó un resumen de tres BEP pertenecientes a empresas distintas, lo que permitió conocer la manera en la que se coordinó la información.

A pesar de que estos procesos se han llevado a cabo de manera correcta, la empresa desconocía el significado de una metodología de trabajo BIM, lo que quedó evidenciado en los resultados del cuestionario aplicado los días 22 y 23 de julio de 2019, en donde se mostró poco conocimiento del tema e inclusive se notó que hay colaboradores que pensaban que al utilizar Revit ya trabajan utilizando BIM, lo cual es erróneo.

El segundo objetivo se enfocó en una investigación sobre los softwares BIM existentes

actualmente, obteniendo como resultado una base de datos de doce software importantes para una correcta gestión de la información BIM. Además, se realizó una valoración para estos software considerando aspectos como popularidad, costo, modalidades de pago, características, integraciones, sistema de soporte, generalidades, adaptabilidad, requisitos del sistema y puntuación en la web, en donde se concluyó que los softwares más adecuados para la empresa son Revit, BIM 360 y Navisworks, todos pertenecientes a la casa Autodesk.

Es importante aclarar que todos los programas analizados tienen buenas características y los resultados no indican que un software sea mejor que otro, sino que se adapta de mejor manera a una empresa dependiendo de sus características, y para el caso de la empresa B.A. Ingeniería se consideró que estos eran los más adecuados.

Como recomendación para la empresa, se sugirió continuar el uso del programa para modelación Revit, debido a que Autodesk es considerada la empresa líder en Latinoamérica en software para el ámbito de la construcción y los dibujantes están acostumbrados a su uso. Además, para aprovechar todas las herramientas que Autodesk ofrece para mejorar el flujo de trabajo colaborativo, se sugiere la adquisición de la AEC Collection, en donde existe una cantidad amplia de software a un precio económico comparado con su costo de manera individual. En dicha colección, se encuentran los softwares Revit y AutoCAD, los cuales ya se utilizan en la empresa y, además, Advance Steel, Dynamo Studio, Robot Structural Analysis Professional y Autodesk Drive, los cuales pueden ser aprovechados para los procesos de diseño estructural y colaboración en la empresa.

El tercer objetivo mostró los aspectos más relevantes relacionados con los sistemas de clasificación BIM, en donde mediante un cuadro comparativo se resumieron sus características principales. Se estableció OmniClass para ser utilizado por la empresa de ahora en adelante, ya que es considerado el más completo al basarse en la ISO 12006-2 y utilizar como referencia a otros sistemas de clasificación.

Para utilizar este sistema de clasificación, debe instalarse un complemento gratuito, llamado Autodesk BIM Interoperability Tools, en donde también se pueden encontrar sistemas como UniClass y MasterFormat, lo que permite cambiar

el sistema utilizado si existiese el caso en que algún cliente solicite utilizar otro tipo de clasificación.

Como último objetivo, recopilando toda la información obtenida de los resultados anteriores, se elaboró un documento denominado "Guía para la estandarización BIM", en donde se agregó la definición de una serie de conceptos que se considera que es importante que todos los miembros de la empresa conozcan para un desempeño correcto de la metodología y que se comprobó que no dominan mediante el cuestionario realizado en el primer objetivo. Se incluyó la definición del Building Information Modeling, sus características, el modelo BIM, el formato IFC, las dimensiones del BIM, los niveles de BIM, el Entorno Común de Datos, el Nivel de Desarrollo, Plan de Ejecución BIM, Sistemas de Clasificación y la realidad en Costa Rica acerca de este tema.

Posteriormente, se realizó un resumen de los conceptos más relevantes encontrados en las normas ISO 19650 partes 1 y 2 (las cuales son las únicas que se han publicado en el momento de ejecución de este proyecto) y utilizándolos se elaboró una nueva metodología de trabajo, la cual adoptó los procesos más significativos de lo expuesto en este estándar internacional.

Para esquematizar estos procesos, se realizó un diagrama de flujo que permitió visualizar de mejor manera lo expuesto en este documento, en donde el principal fin es que la empresa B.A. Ingeniería mejore su colaboración de manera interna y con otras disciplinas, conociendo sus obligaciones para llevar a cabo con éxito la metodología de trabajo BIM, especificando aspectos que la empresa debe adoptar para la totalidad de sus proyectos, como lo son los requisitos de información y el entorno común de datos.

Introducción

La industria de la construcción está enfrentando un cambio el cual está ligado al surgimiento de las nuevas tecnologías. El Building Information Modeling (BIM) ha llegado para suplir las deficiencias que la elaboración de proyectos de manera convencional ha ocasionado a lo largo de los años.

Los mayores inconvenientes que se han presentado en los procesos habituales son provocados especialmente por problemas de comunicación entre los principales agentes participantes en la elaboración de la información, lo que provoca errores u omisiones en la documentación. Las incongruencias se generan debido a que, en el procedimiento usual de elaboración de información, cada una de las disciplinas (estructural, eléctrico, mecánico u otro) se encargan de la producción de su información de manera separada, normalmente basándose en un diseño arquitectónico inicial, y al reunir toda la información se encuentran las discrepancias entre los diseños.

De los problemas más comunes en la etapa de diseño, asociados con comunicación basada en 2D, se encuentran el tiempo y el gasto necesario para generar evaluaciones críticas sobre diseños propuestos, estimación de costos, análisis del uso de la energía, detalles estructurales y demás. Normalmente estos análisis son realizados al final, cuando es tarde para llevar a cabo cambios importantes. Debido a que este proceso iterativo, donde se efectúan análisis y evaluaciones para hacer los cambios necesarios en el diseño, no ocurre en la etapa de diseño, se debe optar por ingeniería de valor para resolver las inconsistencias, lo que compromete el diseño original (Rodríguez, 2017).

El avance tecnológico ha introducido programas computacionales que permiten la creación de modelos 3D, los cuales no son simples

líneas o dibujos como el caso de 2D, ya que le otorga una identidad al elemento, facilitando los procesos de documentación durante la fase de diseño. “Revit no solo presenta el dibujo, sino que crea el proyecto de edificación por llamarlo de alguna forma en una realidad virtual, esto basado en objetos con propiedades físicas y especificaciones de su diseño y construcción” (Murcio, 2013).

Para llevar a cabo los procesos mediante BIM es indispensable el uso de modelos 3D, ya que estos permiten mejorar la visualización y la resolución de incongruencias; sin embargo, aun cuando se utilicen modelos, si se sigue utilizando la misma manera desintegrada de elaborar los proyectos, en donde cada disciplina trabaja de manera separada, no se logrará una correcta metodología de trabajo BIM. “La generación del modelo implica desarrollarlo bajo una metodología y procesos formalmente establecidos” (BIM Forum Chile, 2017).

La empresa B.A. Ingeniería cometió uno de los errores más comunes a la hora de iniciar BIM, comenzar por el final al adquirir el software sin contar con un plan de desarrollo de la información ni una metodología detallada para llevar a cabo la implementación.

El programa para modelado en 3D utilizado por la empresa es Revit de la compañía Autodesk. Se empezó a utilizar en el año 2013, cuando uno de los clientes pedía como requisito utilizar este software para el desarrollo de la información, la empresa se vio en la necesidad de utilizarlo sin conocer sobre la metodología BIM. En la actualidad, la empresa trabaja la totalidad de sus proyectos utilizando Revit, pensando de manera errónea que trabajan bajo la metodología BIM al utilizarlo.

Un alto porcentaje del éxito de la implementación de cualquier metodología depende del capital humano involucrado y su capacidad de trabajar en equipo en entornos complejos y dinámicos. Por esta razón, la comunicación entre participantes

es uno de los aspectos más importantes para el trabajo en BIM y para comprender de manera adecuada el mapa y flujos de trabajo, es necesario identificar a los actores principales que participan de la Metodología BIM durante todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción (BIM Forum Chile, 2017).

El uso del BIM ha generado una serie de beneficios para la industria de la construcción a nivel mundial; sin embargo, en Costa Rica no se ha establecido algún indicador que permita conocer los beneficios obtenidos a nivel nacional como herramienta de ejecución de proyectos.

El mayor obstáculo para la implementación correcta de BIM es la falta de estandarización nacional, debido a ello, es indispensable que en Costa Rica se creen normativas, las cuales sirvan como referencia para todas las empresas y disciplinas involucradas en la industria de la construcción. Por lo que se ha dejado claro que en el momento en el cual se establezca una normativa a nivel nacional, la empresa debe analizarla con el fin de actualizar la guía proporcionada en este proyecto.

En Costa Rica, se está promoviendo el uso de la metodología BIM en nuevas construcciones a nivel de empresas públicas y privadas, por lo que se creó el BIM Forum Costa Rica, siendo el primer paso hacia la estandarización. Además, se pretende establecer un uso obligatorio para los proyectos públicos, mediante el Plan Nacional BIM.

BIM Forum Costa Rica es un Comité técnico, que convoca a los principales profesionales e instituciones privadas y públicas relacionadas a Building Information Modeling (BIM) en nuestro país. Dicha instancia busca canalizar las inquietudes técnicas, el conocimiento y la información relacionados a BIM, constituyéndose también en una instancia de desarrollo, difusión y buenas prácticas para el desarrollo tecnológico en el sector construcción. (Construcción 4.0, s.f)

En el Congreso BIM Costa Rica 2019, realizado el jueves 13 y viernes 14 de junio de 2019, se presentó una iniciativa gubernamental planteada por la Primera Dama de la República, la arquitecta Claudia Dobles Camargo, en donde busca que la metodología BIM sea un estándar para la construcción y mantenimiento de las obras

públicas, incluyéndolo como requisitos para las licitaciones públicas.

El presente proyecto de graduación logró mostrar a la empresa todos los aspectos relacionados a la implementación BIM y ofrecer una guía para estandarizar los procesos de trabajo dentro de la empresa utilizando los conceptos presentes en la normativa internacional ISO 19650.

Al lograr una implementación de trabajo BIM en la empresa, se espera una mejora en la administración de datos e información compleja de proyectos, una mejora en la comunicación y coordinación de toda la información generada por los involucrados en un proyecto, entre otros. Asimismo, se espera que mediante la aplicación de este proyecto de graduación se logre entender la importancia de la aplicación de la metodología BIM desde sus primeras etapas, comprendiendo planos estructurales, diseño conceptual, diseño detallado y documentación.

Además, por medio del presente proyecto, se pretende contribuir con la implementación de procesos BIM en el país para lograr un avance en el desarrollo de este tema para todas las áreas que comprenden un proceso constructivo, ya que son pocos los países latinoamericanos que han logrado una integración del BIM completa, como por ejemplo Chile, Colombia o Perú, mientras que Costa Rica es uno de los países que apenas se encuentra en desarrollo, junto con Panamá, Venezuela, Ecuador y Argentina. La Figura 1 muestra la realidad BIM en el mundo y la situación actual del país.

El objetivo general del proyecto es estandarizar procesos BIM, mediante el planteamiento de una metodología para la empresa B.A. Ingeniería, para desarrollarlo se realizaron los siguientes objetivos específicos:

- Analizar los procesos de desarrollo de proyectos en la empresa.
- Investigar softwares BIM disponibles en el mercado que puedan ser adaptados a la empresa.
- Realizar una propuesta de implementación de sistemas de clasificación BIM en la empresa.
- Desarrollar una herramienta para la implementación y estandarización de BIM en la empresa.

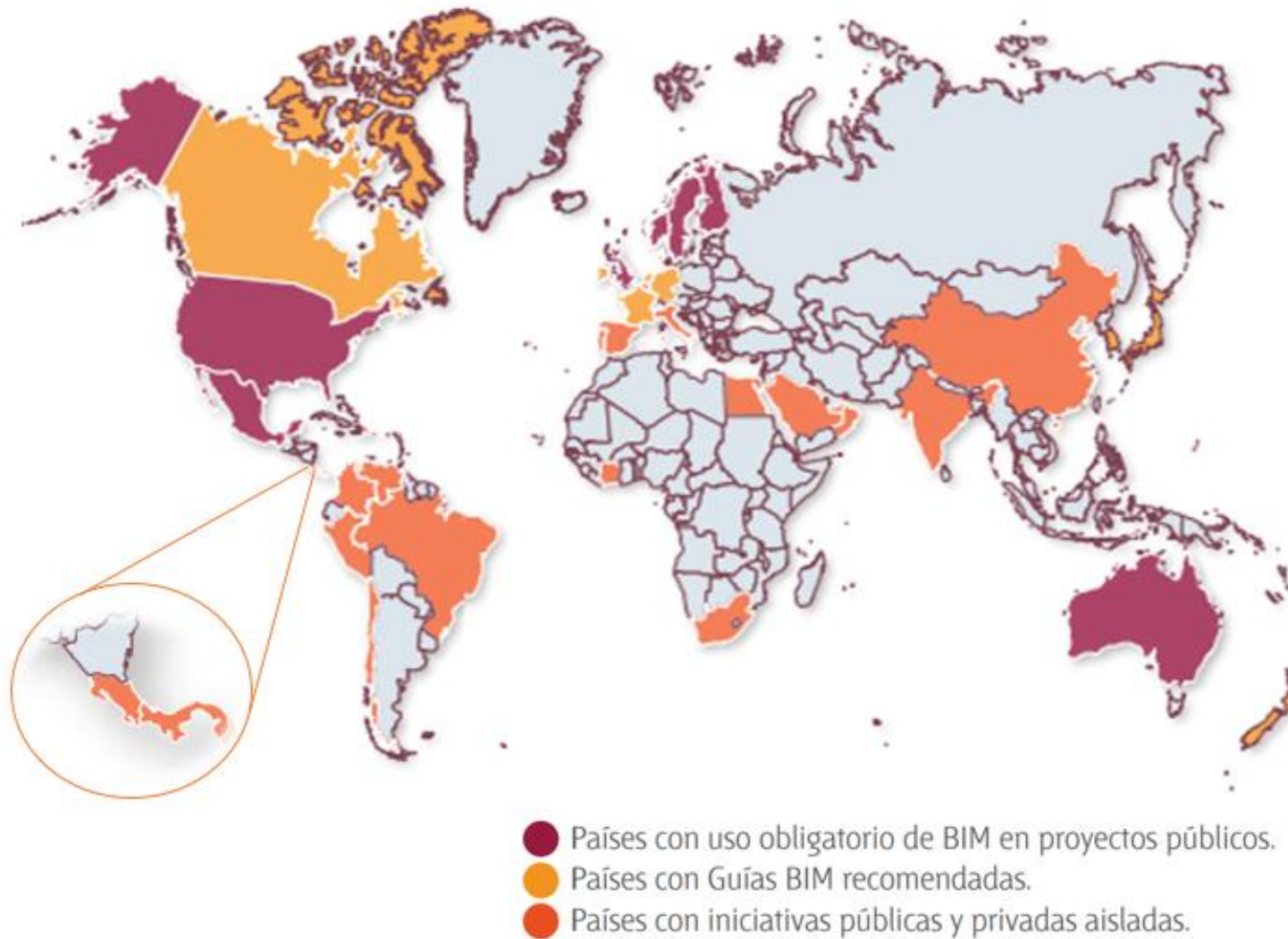


Figura 1. *BIM en el mundo*

Fuente: (Asociación Española de Normalización y Certificación, s.f) Modificado por Molina, W.

Marco teórico

Building Information Modeling (BIM)

Rodríguez (2017) expresa lo siguiente:

Conocido en español como Modelado de Información para la Construcción, refiere a la creación de un modelo computacional que contiene información la cual puede ser extraída para ser analizada, y de esta manera mejora la toma de decisiones en el proceso de diseño.

La generación de datos se crea mediante un modelo 3D que es utilizado para facilitar el proceso de coordinación, simulación y visualización del proyecto. Además, mejora los

aspectos de planificación, diseño, construcción y administración de los edificios, mediante una adecuada gestión de la información de los activos del proyecto. Su objetivo principal es la disminución de la pérdida de tiempo y de recursos de diseño y construcción.

BIM es una metodología de trabajo, cuyo aspecto más importante es la colaboración entre las distintas disciplinas involucradas. La idea principal es documentar toda la información producida durante el ciclo de vida de una estructura, con el fin de mantener un orden en la producción de la información y generar un respaldo de la información por si esta es necesaria en algún momento de la vida útil de la edificación, mostrada en la Figura 2.

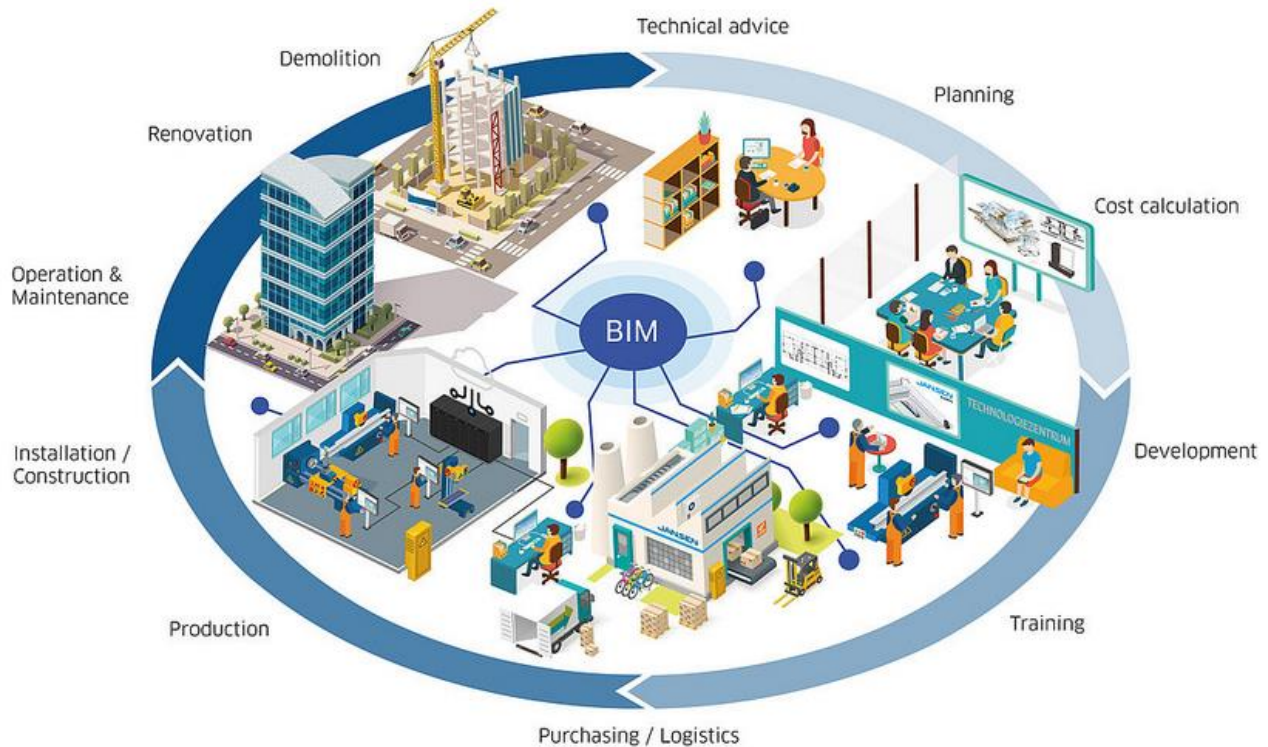


Figura 2. Ciclo de vida de un proyecto en donde se aplica BIM

Fuente: (Jansen Building Systems, s.f)

Características de BIM

- Permite la representación digital del producto de construcción.
- Incide en todas las fases del proyecto.
- Mejora la calidad de proyectos.
- Reduce actividades que no traen beneficios.
- Mejora la estimación y cumplimiento de plazos.
- Permite la pre construcción de una estructura.
- Contiene la información ordenada y coherente.
- Facilita la interoperabilidad en tiempo real.
- Ha permitido importantes ahorros.
- Ayuda a coordinar la información de un proyecto.
- Interesa a todas las disciplinas involucradas.
- Requiere compromiso de todos los agentes que lo utilizan.

Modelo BIM

El modelo BIM es elaborado utilizando un software especializado para la metodología BIM, contiene toda la información de manera estructurada, permitiendo la extracción de información que se desee.

El Modelo BIM es un prototipo virtual que reproduce digitalmente lo que se pretende construir o explotar en la realidad. Es una base de datos orientada a objetos que representan tridimensionalmente elementos constructivos. Estos elementos contienen información relativa a la construcción y permite su visualización interactiva, lo cual facilita la comunicación entre los agentes a la vez que contribuye a centralizar el conocimiento que estos tienen sobre lo que se está proyectando, construyendo o explotando (Gosalves et al., 2016).

El modelo debe contener la información de manera estructurada, permitiendo la extracción de información que se requiera. Además, debe proporcionar una visualización que permita

explorar una variedad de opciones para lo correspondiente al diseño.

Autodesk Revit es el software para BIM más utilizado a nivel latinoamericano; sin embargo, se debe tener claro que no es el único existente para lo correspondiente a modelación. Entre los programas más conocidos se encuentran los siguientes:

- Revit de Autodesk
- ArchiCAD de Graphisoft
- AECOSim de Bentley Systems
- Allplan de Nemetschek Company

Información BIM

La información que debe contener el modelo BIM se refiere a todas las características que son de utilidad de los elementos que constituyen una edificación, desde su geometría hasta datos físicos de interés.

BIM implica que la información deba ser gestionada utilizando diversas herramientas computacionales, aumentando la eficiencia de los procesos entre mayor sea la automatización de estos.

La información deberá incorporarse al modelo de forma estructurada siguiendo estándares nacionales y/o internacionales, garantizando la universalidad de intercambio de información del conjunto y las partes del modelo (Gosalves et al., 2016).

Colaboración BIM

La metodología BIM implica que la ejecución de proyectos se debe realizar de manera colaborativa. “Sin entorno de colaboración no existe BIM” (Gosalves et al., 2016).

Para lograr cumplir con este aspecto, se deben establecer de manera adecuada los flujos de información que se seguirán para cada uno de los proyectos, asignando las personas encargadas para la gestión de la información y la función de cada uno de ellos.

Los programas computacionales actuales que han adoptado la metodología BIM incluyen dentro de sus funciones la colaboración para que cada uno de los involucrados pueda realizar sus diseños de manera separada, sincronizándola en

un mismo contenedor de información. Sin embargo, para lograr ese nivel de colaboración se requiere de una confianza absoluta y un conocimiento amplio de la herramienta utilizada.

- **7D:** gestiona el ciclo de vida del proyecto y sus servicios. Da el control logístico y operacional, optimizando procesos como inspecciones, reparaciones, mantenimiento, entre otros.

Industry Foundation Classes (IFC)

El IFC es un formato establecido que permite el intercambio de datos de un modelo informativo sin causar la pérdida o algún tipo de distorsión de la información. Este es un formato abierto, neutro y no pertenece a ningún productor de software, ya que fue creado para facilitar la interoperabilidad entre varios usuarios. Esto permite la importación de proyectos de manera directa entre los programas de modelado BIM, como se muestra en la Figura 3.

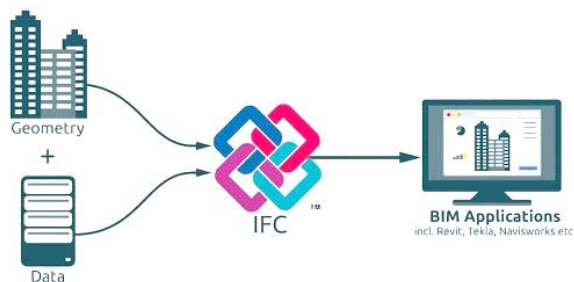


Figura 3. Industry Foundation Classes (IFC)
Fuente: (Presidencia del Consejo de Ministros, s.f)

Dimensiones del BIM

- **3D:** modelo orientado a objetos que representa la información geométrica del proyecto, facilitando la visualización, coordinación y cálculo de cantidades.
- **4D:** se agrega el tiempo, permitiendo simular las diferentes fases de construcción y diseñar el cronograma de actividades constructivas.
- **5D:** incluye el control de costos y estimación de gastos del proyecto. Se relaciona de manera directa con la mejora en la rentabilidad del proyecto.
- **6D:** permite conocer el comportamiento energético del edificio antes del comienzo de la construcción. Es la manera de validar la sostenibilidad del edificio.

Niveles de BIM

- **Nivel 0** (Baja Colaboración / No BIM): no existe la colaboración. Solo se trabaja con CAD en 2D. El flujo de información se realiza mediante papel, grabados electrónicos o ambos.
- **Nivel 1** (Colaboración parcial / 2D-3D): utiliza una mezcla entre información en 3D y 2D. El 3D se utiliza para el trabajo de concepto y el 2D (CAD) para la elaboración de documentación. El intercambio de información se realiza utilizando un Entorno Común de Datos (CDE); sin embargo, no hay colaboración entre las disciplinas, cada una publica y mantiene sus propios datos.
- **Nivel 2** (Colaboración Completa / 4D-5D): se realiza un trabajo colaborativo en donde las partes involucradas utilizan sus propios modelos 3D. La información se comparte mediante un formato de archivos común que permite la combinación de datos para lograr los controles de coordinación.
- **Nivel 3** (Integración Completa / Open BIM / 6D-7D): es el trabajo integrado entre todas las disciplinas involucradas en la ejecución del proyecto. Lo anterior mediante un único modelo compartido, ubicado en el entorno común de datos.

Common Data Environment (CDE)

Un Common Data Environment o Entorno Común de Datos es el espacio asignado para lograr el intercambio de información y almacenamiento de los datos creados, de manera organizada y segura, durante el proceso de diseño y construcción de un proyecto. La información puede gestionarse por todos los participantes

mediante derechos de acceso específicos. El CDE incluye datos creados utilizando los modelos BIM, planos y documentos.

Este término fue acuñado por la AIA (American Institute of Architects), con la finalidad de poder indicar el Grado o escala de desarrollo de un proyecto desde el punto de vista de Modelado e Información en calidad como en cantidad (García, 2019).

Level of Development (LOD)

En cuanto al Level of Development o Nivel de Desarrollo:

La Figura 4 muestra de manera esquemática las diferencias visuales entre los niveles de LOD, mientras que el Cuadro 1 define cada una de ellas.

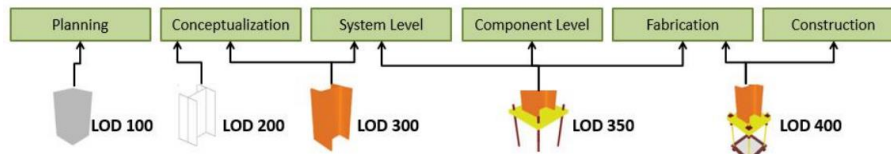


Figura 4. Progresión LOD con relación a diferentes etapas de diseño

Fuente: (Solnosky, 2018)

| Cuadro 1. Descripción de los niveles de LOD | | |
|---------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nomenclatura | Nivel de información | Descripción |
| LOD 100 | Simbólico | No son representaciones geométricas. Muestra la existencia del componente, pero no su forma, tamaño o ubicación exacta. |
| LOD 200 | Conceptual | Son representaciones geométricas. Se representa al elemento dentro del modelo con cantidad, forma, ubicación y orientación aproximada. |
| LOD 300 | Genérico | Se representa al elemento dentro del modelo con cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación específica, permitiendo la medición directa desde el modelo. |
| LOD 350 | Específico | Se representa al elemento dentro del modelo con cantidad, dimensiones, forma, ubicación y orientación específica, permitiendo la medición directa desde el modelo. Se modelan las partes necesarias para la coordinación entre los elementos, incluyendo soportes y conexiones. |
| LOD 400 | Construcción o fabricación | Se representa al elemento dentro del modelo con cantidad, forma, ubicación y orientación específica, permitiendo la medición directa desde el modelo. Un elemento LOD 400 se modela con suficiente detalle y precisión para la construcción "in situ". |
| LOD 500 | "As Built" | El elemento del modelo es una representación de campo que está verificada en términos de tamaño, forma, ubicación y orientación. Se realiza una vez que se ha construido el proyecto, muestra las modificaciones realizadas en la construcción y que han cambiado con respecto al modelo. |

Fuente: (BuildingSMART Spanish Chapter, 2019) Modificado por Molina, W.

BIM Execution Plan (BEP)

El BIM Execution Plan o Plan de Ejecución BIM es un documento que contiene todos los aspectos de la planificación previa al inicio de un proyecto

utilizando la metodología de trabajo BIM. Es empleado para que todas las partes involucradas tengan un conocimiento adecuado de lo que se realizará en el proceso, como se llevará a cabo y los recursos que serán utilizados.

Sistemas de clasificación BIM

Un modelo BIM contiene una cantidad amplia de elementos, lo que dificulta la capacidad de identificar cada uno de ellos para ser utilizados con algún uso u objetivo específico dentro del proyecto constructivo. Los sistemas de clasificación BIM se crearon para organizar la información de cada elemento según su funcionalidad de manera que pueda ser interpretado por cualquier usuario, mediante un lenguaje común, para una gestión correcta de los activos.

Los sistemas de clasificación BIM más utilizados son los siguientes:

- **OmniClass:** se basa en clasificación por códigos ordenados mediante tablas. Fue creado en Estados Unidos y tiene como objetivo combinar varios sistemas de clasificación para muchos temas basándose principalmente en la norma ISO 12006-2.
- **UniClass:** este sistema fue creado en el Reino Unido en 1997. Se considera equivalente al sistema OmniClass, por lo que de igual manera su clasificación se realiza mediante tablas, pero estas se ordenan utilizando el alfabeto. Además, se basa en la norma ISO 12006-2 e ISO/PAS 12006-3 (antecesora de las normas ISO actuales)
- **UniFormat:** fue creado por ASTM (American Society for Testing and Materials), CSI (Construction Specifications Institute) y CSC (Construction Specifications Canada). Es utilizado para clasificación de especificaciones, estimación de costos y análisis de gasto energético. Organiza las partes físicas de la estructura, agrupándolos mediante niveles.
- **MasterFormat:** es utilizado principalmente en América del Norte y fue publicado en 1975 por CSI y CSC. Su sistema enumera los títulos y secciones para ordenar la información sobre productos y actividades relacionadas con la construcción.

Normas ISO 19650 (Partes 1 y 2)

La ISO 19650 es uno de los estándares internacionales más importantes para BIM y su enfoque es la gestión de la información y la colaboración. En ella, se establecen los conceptos y principios recomendados para los procesos de negocio en el sector de la construcción, siendo un apoyo para la gestión y producción de la información durante el ciclo de vida de los activos construidos cuando se utiliza BIM.

La serie EN-ISO 19650 (EN: versión traducida en español) es un conjunto de normas internacionales que definen el marco, los principios y los requisitos para la adquisición, uso y gestión de la información en proyectos y activos, tanto de edificación como de ingeniería civil, a lo largo de todo el ciclo de vida de los mismos (BuildingSMART Spanish Chapter, 2019).

Estas normas afectan a todos los agentes que intervienen en el desarrollo de un proyecto, denominados como parte contratante, parte contratada principal y partes contratadas. La relación entre estas partes se muestra en la Figura 5.

Las normas se diseñaron para permitir que una parte contratante establezca sus requisitos de información durante la fase de desarrollo de los activos y proporcione el entorno empresarial y de colaboración adecuada, dentro del cual las partes contratadas puedan producir información de manera efectiva y eficiente.

El objetivo principal de la creación de estas normas es reforzar los puntos débiles que tienen las empresas involucradas en el ámbito de la construcción al implementar la metodología BIM, impulsando a todos los sectores o disciplinas que intervienen en los procesos para la adopción correcta. “La norma ISO 19650 se desarrolló sobre la base de la norma británica BS 1192 y la especificación PAS 1192-2 disponible públicamente, que ya se ha demostrado que ayuda a los usuarios a ahorrar hasta un 22 % en costes de construcción” (inmoley, 2019).

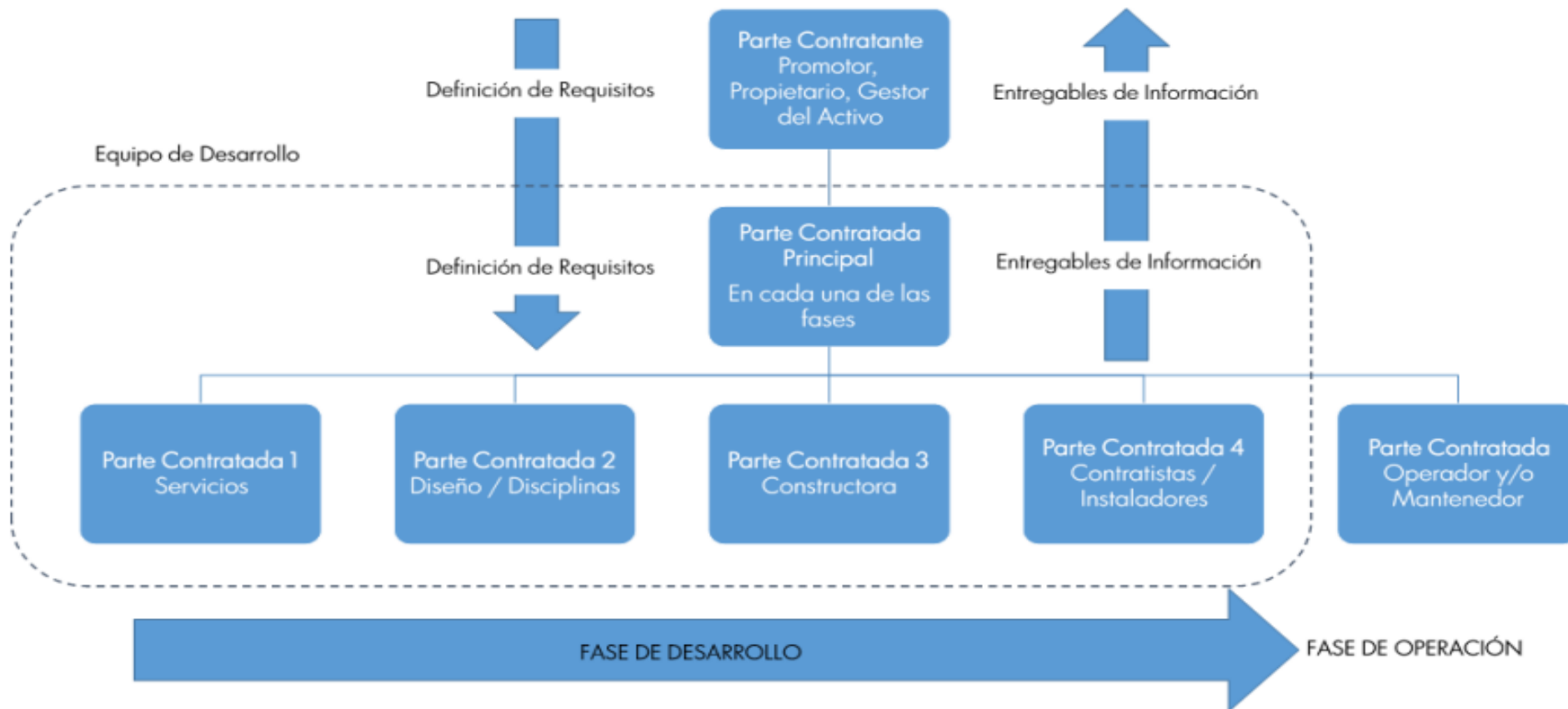


Figura 5. Relación entre los diferentes agentes según ISO 19650
 Fuente: (BuildingSMART Spanish Chapter, 2019)

Metodología

El presente proyecto fue desarrollado basándose en la información recopilada dentro de las instalaciones de la empresa B.A. Ingeniería. Lo anterior mediante consultas y cuestionarios que permitieron conocer la manera en la que se desarrollan los proyectos a nivel interno y mediante la recopilación de los documentos que los clientes que trabajan bajo la metodología BIM le envían a esta empresa como parte de los requerimientos de entrega de documentos y archivos. Para la parte de investigación, se realizó un análisis de distintas referencias bibliográficas que permitieron conocer acerca de softwares, sistemas de clasificación y estándares internacionales que se aplican actualmente en los países desarrollados en el ámbito de la metodología de trabajo BIM.

A continuación, se muestra el procedimiento realizado para obtener los resultados de cada uno de los objetivos planteados para este proyecto.

Desarrollo de proyectos en la empresa

De manera inicial, se investigó la metodología de trabajo interna de la empresa para la elaboración de proyectos cuando no existe una metodología BIM establecida por parte de los clientes. Lo anterior mediante consultas realizadas a los miembros de la empresa, tanto del departamento de ingeniería como de dibujo.

Luego, se solicitó información acerca de los proyectos que han utilizado la metodología de trabajo BIM. De lo anterior, se obtuvo tres planes de ejecución BIM (BEP, por sus siglas en inglés) de empresas distintas, los cuales indicaban toda la información acerca de cómo se debía trabajar el proyecto en cuestión, tanto en documentación, modelado, resolución de incongruencias, cronograma y reuniones; todo bajo la coordinación

de un BIM Manager establecido por la empresa desarrolladora de la metodología de trabajo.

Con la información recopilada, se procedió a realizar un resumen de los requerimientos establecidos en los BEP, para así conocer la manera en la que la empresa ha abordado estos proyectos y las herramientas que ha tenido que implementar, para llevar a cabo la elaboración de archivos y documentación correspondiente para cada proyecto. Además, mediante un cuadro resumen, se visualizó de manera comparativa estos resultados.

Una vez que se recopiló la información acerca del desarrollo de los proyectos cuando existe o no una metodología de trabajo BIM, se procedió a realizar diagramas de flujo para esquematizar los resultados.

Posteriormente, conociendo la metodología de trabajo de la empresa B.A. Ingeniería, se realizaron cuestionarios a los departamentos de ingeniería y de dibujo, respectivamente, para determinar el nivel de conocimiento acerca de BIM que poseen los colaboradores y conocer a mayor profundidad y con base en su experiencia cómo se han manejado los proyectos cuando se ha utilizado esta metodología.

Software para BIM

Se realizó una investigación amplia acerca de los softwares disponibles en el mercado internacional para la aplicación de la metodología BIM, en donde se encontró una diversa cantidad de empresas desarrolladoras a nivel mundial de programas destinados a facilitar y complementar aspectos relacionados con BIM durante toda la vida útil de los proyectos constructivos. Para el caso de la empresa B.A. Ingeniería, se tomaron únicamente aquellos programas que corresponden a modelado, colaboración y validación, ya que son los que se adaptan al tipo de trabajo realizado en la empresa.

Posteriormente, con la información recopilada de doce softwares investigados, considerados los más utilizados a nivel mundial, se creó una base de datos que permitió recopilar la información más relevante acerca de ellos. Con dicha información, se elaboraron matrices de valoración que permitieron calificar los programas, según su categoría. Para ello, se estableció una calificación de 1 a 5, en donde 1 es la calificación más baja, representando un mal desempeño del producto para esa categoría, y 5 es la más alta, en donde representa el mejor desempeño.

Cabe destacar que la calificación asignada para cada categoría fue establecida utilizando el punto de vista de la autora de este proyecto, utilizando la información recopilada en la base de datos, además de consultas bibliográficas en sitios web en donde fueron tomadas opiniones expresadas por diversos usuarios de los productos analizados y distintas reseñas elaboradas por algunas compañías en sus respectivas plataformas. Asimismo, se utilizaron los resultados obtenidos por Santamaría y Hernández (2017) en su libro *Salto al BIM* para ampliar el análisis de los resultados acerca de los programas evaluados.

Una vez que se ha realizado lo anterior, se procedió a realizar consultas para conocer aquellos softwares que tiene actualmente la empresa y según los resultados de la investigación realizada, se aportarán las respectivas recomendaciones acerca de implementación de software para el beneficio de la ejecución de proyectos en la empresa, en donde, además, se comprobará si estas recomendaciones pueden implementarse de manera adecuada. Lo anterior analizando los equipos computacionales actuales de la empresa y comparándolo con los requisitos del sistema de aquellos programas recomendados.

Sistemas de Clasificación BIM

Se realizó una investigación sobre los principales sistemas de clasificación BIM a nivel mundial para conocer sus características principales y su importancia para la documentación en un proyecto constructivo. Se encontró que los más utilizados son OmniClass, UniClass, UniFormat y MasterFormat.

Se realizó un resumen en donde se muestra la simbología y las categorías que se utilizan para cada uno de los sistemas de clasificación BIM analizados.

Luego, se realizó un cuadro comparativo en donde se contemplaron aspectos importantes como lo son la definición, el propósito, organización y las referencias que se utilizaron para la creación de cada uno, lo que permitió entender de mejor manera cada uno de los sistemas.

Por último, se analizó cual es el sistema de clasificación BIM que se adapta de mejor manera a la empresa B.A. Ingeniería, considerando la facilidad de su implementación.

Herramienta para la estandarización BIM

Para lograr una metodología de trabajo BIM estandarizada en la empresa B.A. Ingeniería se realizó un documento llamado "Guía para la estandarización BIM", el cual tiene como objetivo proporcionar un conocimiento acerca de la metodología BIM, especialmente de la gestión de la información según la serie de normas ISO 19650 partes 1 y 2. Además, se utilizaron los conceptos de esta normativa para implementar un proceso de trabajo BIM dentro de la empresa para la ejecución de los futuros proyectos.

La primera parte de esta guía muestra una serie de definiciones que cada uno de los miembros de la empresa debe tener claro antes de iniciar con la metodología de trabajo BIM. También, se agregó información sobre la actualidad nacional respecto al tema BIM, para que este sea de conocimiento en la empresa, dejando abierta la posibilidad de que la guía pueda ser modificada en el futuro adoptando las disposiciones que pueda generar el Gobierno de la República, con respecto a la implementación BIM en obras públicas.

La segunda parte está destinada a todo lo correspondiente a la norma ISO 19650, en donde se resumen los principales requerimientos establecidos, el proceso de gestión de la información en el desarrollo un proyecto y cómo utilizando estos conceptos se puede mejorar el flujo de trabajo dentro de la empresa.

Resultados

Desarrollo de proyectos en la empresa

El departamento de ingeniería, mostrado en la Figura 6, se encarga de realizar los análisis, diseños, reestructuraciones, inspecciones y demás aspectos dentro de la rama de ingeniería estructural. Está conformado de la siguiente manera:

Gerente de Proyecto (GP):

- Ing. Bernardo Sauter.

Directora de Proyecto (DP):

- Ing. Laura Romero.

Ingenieros de Proyecto (IP):

- Ing. Keylor Sandí.
- Ing. Diego Cruz.
- Ing. Ernesto Pineda.
- Ing. Alejandro Umaña.
- Ing. Manuel Ugarte.
- Ing. Juan Diego Vargas.
- Ing. Marco Flores.
- Ing. Fabio Acuña.
- Ing. Jorge Hernández.
- Ing. Diego Suárez.
- Ing. Javier Brenes.
- Ing. Alejandro Garro.



Figura 6. Departamento de Ingeniería

Fuente: Elaboración propia

El departamento de dibujo, mostrado en la Figura 7, se encarga de la elaboración de los modelos utilizando el software Revit y elaboran los detalles en AutoCAD para presentar los planos de construcción al cliente. Está conformado de la siguiente manera:

Jefe de Dibujo (JD):

- Jose Segura.

Coordinadores de Dibujo (CD):

- Adrián Soto.
- Noelia Quesada.
- Javier A. Solís.
- Andrey Navarro.
- Alexandro Navarro.
- Anthony Navarro.

Dibujantes (D):

- David Vargas.
- Jeison Cortés.
- Silvia Quesada.
- Alejandro Rodríguez.
- Alberto Jiménez.
- Jorge Corrales.
- Karina Chacón.
- Fiorella Murillo.
- Cristina Padilla.
- Raquel Aguilar.
- Gina Gamboa.
- Byron Calderón.
- María Paula Castro.
- Eduardo Torres.
- Fernanda León.



Figura 7. Departamento de Dibujo

Fuente: Elaboración propia

El departamento de ingeniería, a su vez, se divide en equipos de trabajo, los cuales están nombrados de manera alfabética. Al iniciar un proyecto, normalmente este es asignado a un equipo de trabajo que se encarga de la elaboración del diseño de los elementos estructurales. Esta organización se muestra en la Figura 8.

En lo correspondiente al departamento de dibujo, antes se trabajaba en equipos de igual manera que el departamento de ingeniería, pero en la actualidad ya no se realiza así, ya que se asigna el proyecto a aquellos que se consideren indicados y tengan menos proyectos pendientes, por lo que en cada proyecto varían los equipos.

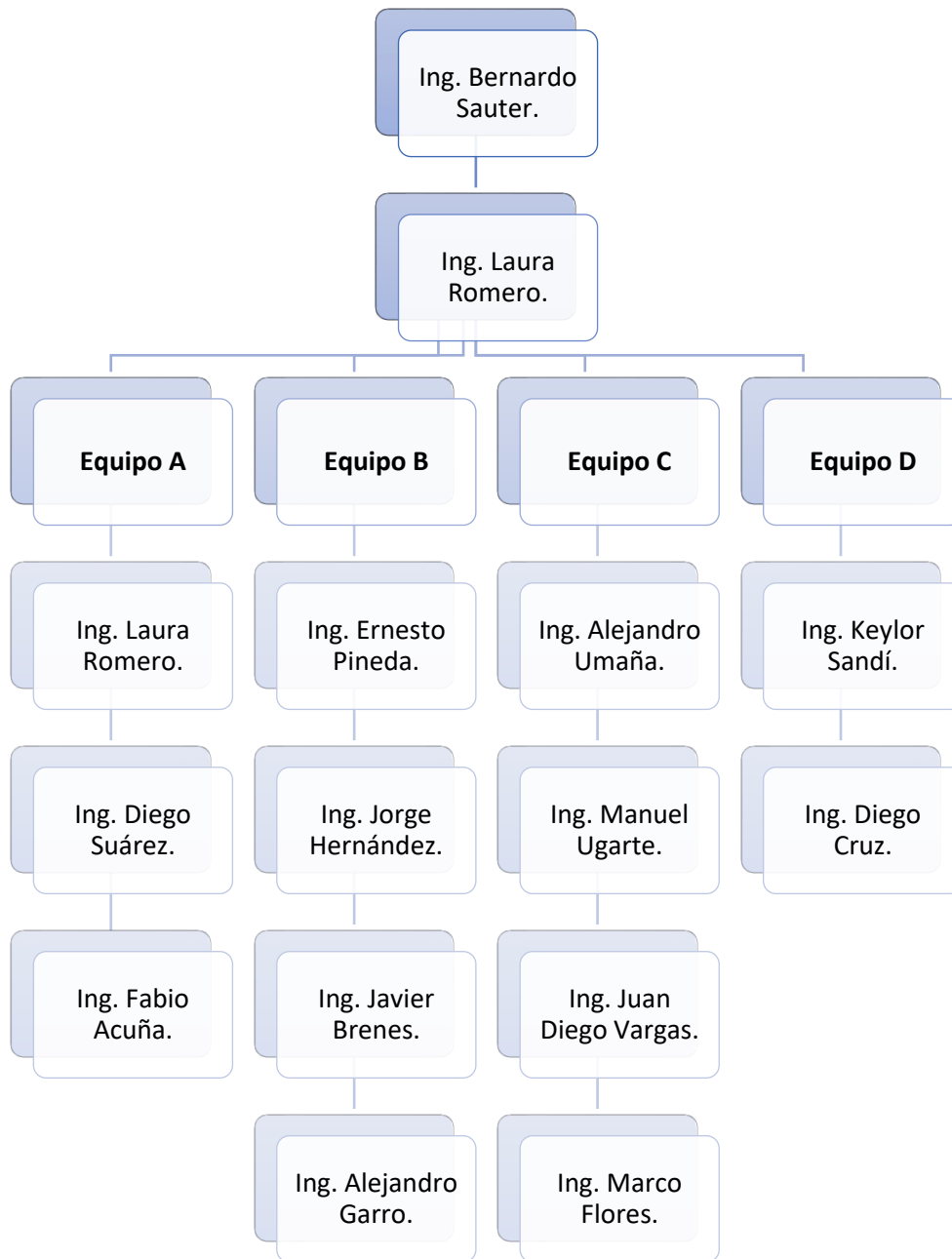


Figura 8. Organización de los equipos del departamento de ingeniería
 Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Word

Con respecto a la documentación, se encontró que los departamentos trabajan de manera separada, en donde cada uno de ellos tiene carpetas de trabajo, en donde guardan la información creada en el proceso de elaboración del proyecto.

Para el departamento de ingeniería, la documentación se maneja mediante un servidor al que solo los equipos de trabajo tienen acceso. En dicho servidor, se crea una carpeta de trabajo para cada proyecto, la cual en su interior contiene la información mostrada en la Figura 9.



Figura 9. Organización de archivos digitales del departamento de ingeniería

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Recortes

La carpeta debe tener la siguiente nomenclatura: “BAI-000 Nombre del Proyecto”. Dentro de dicha carpeta se nombrarán subcarpetas con el siguiente formato:

- 0-Arq: se almacena la última versión de los archivos arquitectónicos.
- 0-Est: se almacena toda la información estructural necesaria para el diseño
- Correspondencia: se almacena la información de la comunicación realizada por correo electrónico.
- Diseño: se almacenan los archivos de diseño
- Inspección: se almacenan fotografías o documentos generados durante la construcción del proyecto.
- Memoria: se almacenan las memorias de cálculo del proyecto.
- Modelo: se almacena el modelo utilizado para el proyecto, como ETABS, SAP, ADAPT u otro.
- Otros: se almacena la información que no se clasifique en ninguna de las carpetas anteriores.

Para el departamento de dibujo, la organización de archivos se muestra en la Figura 10.

La carpeta debe tener la siguiente nomenclatura: “BAI-000 Nombre del Proyecto”. Dentro de dicha carpeta se nombrarán subcarpetas con el siguiente formato:

- 0-Arq: contiene la información arquitectónica del proyecto.
- 0-Control de Proyecto: En esta carpeta se maneja el archivo de áreas, fotos, borradores y consultas del proyecto.
- 0-Est: contiene las siguientes subcarpetas:
 - 0-Permisos
 - 0-Construcción
 - 0-Modificación 1, 2, 3...
 - 0-Version 1, 2, 3...

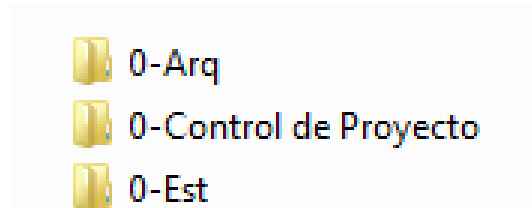


Figura 10. Organización de archivos digitales del departamento de dibujo

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Recortes

Además, con respecto a la documentación en el programa Revit, se tiene establecido la ubicación de archivos y vistas según listado de láminas:

- S000 PORTADA
- S100 CONJUNTO
- S200 FUNDACIONES
- S300 ENTREPISOS
- S400 CORONAS
- S500 TECHOS
- S600 DETALLES Y SECCIONES DE FUNDACION
- S700 DETALLES Y SECCIONES DE ENTREPISO
- S800 VIGAS DE CONCRETO
- S900 DETALLES DE TECHO
- S1000 SECCIONES GENERALES
- S1200 POSTENSADO
- S1300 PAREDES NO ESTRUCTURALES

Procedimiento cuando no hay BIM

Al inicio de un nuevo proyecto, se establece el nombre y número del proyecto, esto es determinado por la Directora de Proyecto (DP).

En el departamento de dibujo, las personas asignadas para el proyecto solicitan la carpeta de trabajo en el servidor al Jefe de Dibujo (JD). En dicha carpeta, se debe incluir la información arquitectónica que el cliente suministró al GP o al DP, para así realizar un análisis del modelo acerca de la información sobre los niveles, ejes, sitio, ubicación, familias por utilizar, entre otros.

Una vez aclarados todos los puntos correspondientes al modelo arquitectónico, este se inserta en Revit, para asegurar que se trabaja el mismo punto de origen.

Además, el equipo de trabajo de dibujo realiza un archivo central del modelo para así trabajar de manera colaborativa. Cuando ya se ha realizado lo anterior, se comienza a trabajar en el modelo de Revit y se ubican los elementos que el ingeniero indique según su diseño; asimismo, se realizan detalles en AutoCAD.

Luego, se plasman los planos de construcción en formato PDF para ser enviados al ingeniero para una primera revisión y al terminar las láminas el ingeniero debe realizar una revisión en pantalla para así corroborar los detalles del diseño y terminar por completo las láminas para así ser enviada junto con el modelo Revit al cliente.

Para el departamento de ingeniería, el proyecto se inicia asignando el proyecto a un ingeniero o a un equipo de trabajo, el cual debe solicitar la carpeta digital de trabajo al DP. En esa carpeta se ubicarán todos los archivos correspondientes al proyecto, incluyendo los archivos arquitectónicos que serán utilizados como referencia, estudios de suelos u otro. Posteriormente, se solicita la estructuración firmada al Gerente de Proyecto (GP), en el cual se incluyen los ejes estructurales, el sistema estructural de columnas, vigas y muros y el resumen de las cargas que se deben utilizar.

Una vez que se tiene acceso a la carpeta digital correspondiente al proyecto, se comienza con el proceso de diseño de los elementos estructurales que fueron asignados por el GP, en donde se realiza inicialmente un pre-dimensionamiento de los elementos estructurales, se elabora un modelo computacional (ETABS, SAP 2000, SAFE, ADAPT) y se procede a realizar el análisis estructural. Después del análisis estructural, se inicia el diseño de los elementos estructurales.

Al realizar el proceso de diseño, este debe documentar mediante hojas de cálculo o escaneo

de cálculos realizados a mano, las cuales deben guardarse en las carpetas de trabajo correspondientes para cada elemento. Finalizados los diseños de los elementos estructurales, estos deben ser esquematizados para ser enviados al equipo del departamento de dibujo que se encuentre asociado al proyecto.

Debe tomarse en cuenta que durante este proceso se pueden producir modificaciones por parte del cliente o de alguna de las otras partes involucradas, como la arquitectónica o electromecánica por lo que podría generar un atraso en el proceso de diseño hasta que no se aclaren los cambios correspondientes.

Es importante mencionar que no existe ningún formato para documentar los archivos que se comparten entre departamentos, en lo que corresponde a la información de los diseños que el departamento de ingeniería debe pasar al departamento de dibujo. Estos suelen ser en compartidos mediante hojas impresas, esquemas a mano alzada o mediante archivos de AutoCAD; utilizando un servidor interno de la empresa que permite el intercambio de información entre departamentos, o bien en persona (desplazándose hasta la parte física de la empresa en la que se encuentra la persona por contactar). El servidor destinado para el intercambio rápido de información no sigue ningún formato para documentar información y además la información es borrada cada viernes.

Una vez que la información haya sido compartida, el departamento de dibujo se encarga de realizar los ajustes necesarios al modelo de Revit y de realizar los detalles estructurales en AutoCAD, ya que en Revit solo se modela hasta un nivel de desarrollo 300 (LOD 300). Los aceros estructurales se modelan solo si el cliente paga por ello, pues implica una recarga de información al modelo de Revit que requiere el consumo de recursos computacionales.

Al concluir la modelación de la estructura, se procede a realizar los planos de construcción y, una vez que estos hayan sido debidamente revisados por el ingeniero de proyecto, son entregados al cliente, junto con el modelo de Revit, para el inicio constructivo de la edificación.

Luego, se acuerda un horario con la empresa constructora para que el encargado de inspección realice las visitas correspondientes. Al realizar cada una de las inspecciones, se debe hacer un informe de inspección. A pesar de que el ingeniero encargado de la parte estructural, según

la tramitología realizada, es el Gerente de Proyecto (GP) ing. Bernardo Sauter o la Directora de Proyecto (DP) ing. Laura Romero, se emite una carta ante el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA), para que la inspección pueda ser realizada por los ingenieros asignados por B.A. Ingeniería para esta función.

Normalmente, existen modificaciones por parte del cliente durante el proceso constructivo, por lo que deben realizarse ajustes al diseño. Si estas modificaciones son consideradas menores, se maneja a nivel de bitácora, si es complejo se realiza un detalle del elemento en cuestión y se adjunta a los documentos entregados. No obstante, si es muy complejo, se requerirá la intervención del departamento de dibujo para realizar modificaciones en los modelos y la elaboración de planos nuevos.

Por último, una vez que se haya construido la edificación, realizado las inspecciones correspondientes y las modificaciones requeridas por el cliente, se elaboran los planos "As Built" y se finaliza el proyecto.

Procedimiento cuando hay BIM

El flujo de trabajo cuando se utiliza una metodología de trabajo BIM varía únicamente según las condiciones establecidas en el Plan de Ejecución BIM (BEP) que el cliente disponga, ya que se especifica la manera de trabajo colaborativo, formato de los archivos, software por utilizar, plataforma de comunicación u otro; sin embargo, la metodología de trabajo se mantiene igual.

El ingeniero se encarga de hacer el diseño de la misma manera que cuando no hay BIM, solo que debe asistir a las reuniones establecidas y resolver incongruencias cuando se detecte alguna interferencia. Los dibujantes deben realizar los modelos siguiendo de manera estricta los formatos y acatando las instrucciones que el BIM Manager determine durante la elaboración del proyecto, pero este tipo de proyectos es realizado por aquellos que poseen más experiencia dentro de la empresa, los demás dibujantes involucrados solo colaboran con detalles pequeños para el modelo.

Requerimientos BIM de los clientes

Cuando hay BIM, la empresa que se encarga de la planeación de la metodología de trabajo proporciona a las empresas involucradas un plan de ejecución BIM (BEP). A continuación, se muestra un resumen del BEP de tres empresas distintas con las que la empresa B.A. Ingeniería ha tenido participación en la ejecución de proyectos, las cuales se mantendrán de manera anónima y serán denominadas Empresa A, Empresa B y Empresa C respectivamente.

Resumen del BEP de la **Empresa A:**

1. *Información general:*

a. Definición de BIM: define los conceptos básicos del BIM, incluyendo los beneficios de su uso.

b. Generalidades del Plan de Ejecución BIM: explica la visión y la meta global del BEP.

c. Propiedad y uso del modelo BIM y su base de datos: se deja en claro que la provisión de licencias otorgadas es para uso exclusivo del proyecto en cuestión.

2. *Información del proyecto:*

a. Generalidades del proyecto: se indica el nombre del propietario, nombre del proyecto y dirección.

b. Integrantes del equipo: se incluyen los nombres de todos los integrantes del equipo de trabajo, la empresa a la que pertenecen y su respectivo rol o responsabilidad.

3. *Organización de roles y equipo del Proyecto:*

a. Coordinador BIM – Proyecto: Es el enlace principal entre Empresa A y el equipo de trabajo para todo lo relacionado con BIM.

b. BIM Model Management / Encargado de Coordinación: es el punto principal de contacto entre el equipo de proyecto para todo lo relacionado con BIM.

c. Técnicos BIM: cada disciplina debe asignar a una persona para el rol de técnico BIM.

4. *Organización del proyecto:*

a. Uso de BIM: se usará BIM para la modelación del edificio, análisis y detección de conflictos y obtención del set de planos constructivos.

b. Formatos:

i. Archivos de Revit: se debe seguir el siguiente formato para la etapa de modelado: SATC – MODEL – ST – CNTL – R16, los cuales representan en orden el

- Nombre de Proyecto, Tipo de Modelo, Disciplina, Archivo Central, Versión de Revit. Mientras que para la etapa de documentación será: SATC – DOC – ST – CNTL – R16, representando el Nombre de Proyecto, Modelo de Documentación, Disciplina, Archivo Central, Versión de Revit.
- ii. Archivos de Plain Text: los archivos de texto libre se manejan con el siguiente formato: SATC – ST, representando Nombre de Proyecto y Disciplina respectivamente.
5. *Nivel de desarrollo:*
- a. LOD 300: se especifica el LOD por utilizar y se realiza una explicación de este. Además, se especifica que todo debe ser modelado mediante familias y que no se aceptará ningún elemento que no lo cumpla.
6. *Arranque del proyecto:*
- a. Codificación del cartoon set: se establece la codificación a utilizar en el cartoon set del modelo Revit.
- b. Estrategia de comunicación: se establece el uso de la herramienta Go To Meeting y se define como el principal contacto. Además, se hará un grupo de WhatsApp para la comunicación diaria.
- c. Reuniones: se debe hacer una reunión a la semana.
- d. Transmisión de los modelos: los modelos de Revit se deben trabajar en tiempo real en la plataforma BIM360 Design de Autodesk.
- e. Entregas y paquetes: se debe seguir con el cronograma establecido.
- f. Entregables y formatos de entrega: se deben estipular en los contratos.
- g. Tiempos de respuesta: al entregar un modelo, se tendrá 3 días para revisión y comentarios.
7. *Colaboración en los modelos:*
- a. Reglas generales de colaboración: Empresa A entrega las bases de ejes, niveles y base point para así todos los modelos tengan la misma ubicación espacial. Además, se especifica información relevante sobre los aspectos de la colaboración de los archivos por utilizar.
- b. Coordinación de los modelos: se especifican aspectos sobre el manejo de las coordenadas compartidas.
- c. Detección de interferencias
- i. Detección de conflictos preliminares: debe realizarse en los inicios del proyecto ejecutivo.
- ii. Detección de conflictos: se debe realizar dentro de los sistemas principales y secundarios que intervienen en el proyecto.
- d. Organización de los archivos: Empresa A sugiere un orden para los archivos, el cual no se especifica en el BEP.
- e. Mantenimiento de los modelos: se especifica que cada viernes debe realizarse una revisión de los archivos para eliminar los que no se usen, eliminar *warnings*, entre otros.
- f. Paquetes de impresión: se deben entregar planos según el proceso en términos de porcentaje (30 %, 70 %, 100 %)
8. *Reglas de modelado:*
- a. Reglas generales de modelado: se deben modelar los elementos según sus dimensiones reales, utilizando dos decimales, sin eliminar elementos de los archivos ni traslapándose entre otros elementos.
- b. Organización del Project Browser: solo se especifica que el orden será Views: By Use, By Type
- c. Modelado arquitectura: se especifican las características de modelado de los siguientes elementos:
- i. Rooms
 - ii. Paredes y muros cortinas
 - iii. Puertas, ventanas y louvers
 - iv. Cubiertas
 - v. Cielos rasos
 - vi. Circulación vertical
 - vii. Equipos especiales
 - viii. Mobiliario fijo o carpintería
- d. Modelado de estructura: se especifica que deben ser utilizados los comandos específicos de estructuras que contiene Revit y según sean sus dimensiones y características reales.
- e. Modelado de sistemas electromecánicos: Se especifica lo siguiente:
- i. Reglas de modelado: sistemas mecánicos
 - ii. Reglas de modelado: plomería
 - iii. Reglas de modelado: sistemas eléctricos
- f. Mantenimiento de los modelos: se debe asignar a una persona para efectuar dicha labor.
- g. Buenas prácticas a aplicar: especifica las prácticas recomendadas con respecto a las familias de Revit, aspectos de modelado, de vistas y de la no importación de ningún archivo de CAD.
9. *Coordinación y detección de conflictos*

a. Uso de copy / monitor y coordinación review: explica paso a paso el flujo de trabajo colaborativo en el modelo de Revit.

b. Uso de interference check: se detalla un ejemplo de metodología en donde se hace uso de la herramienta interference check para asegurar la coordinación correcta entre los modelos.

10. Anexos

a. Cronograma de reuniones BIM: un machote de cronograma de reuniones BIM.

b. Documento del log / control de cambios: se establece el uso de la herramienta Bimtrack.

c. Documento de revisiones / dudas: se establece un documento de dudas que debe ser realizado por la persona a cargo del modelado. Además, ese documento será manejado y actualizado por la persona establecida por la empresa elaboradora del BEP.

Resumen del BEP de la **Empresa B**:

1. Introducción

2. Información básica del proyecto:

a. Resumen del proyecto: se indica el nombre del cliente, nombre del proyecto, su ubicación y una breve descripción de este.

b. Lista de contactos: un cuadro con los contactos de las diversas personas involucradas en la ejecución del proyecto.

3. Requerimientos generales:

a. Objetivos BIM: resume los beneficios de la implementación BIM

b. Requerimientos LOD: se establece utilizar LOD 350.

i. Aspectos generales: se especifica la manera en la que se trabajarán los archivos en el modelo de Revit.

ii. Modelo estructural: especifica la modelación de elementos estructurales.

iii. Modelo arquitectónico: especifica la modelación de elementos arquitectónicos.

iv. Modelo mecánico, eléctrico y HVAC: arquitectónico: especifica la modelación de elementos mecánicos, eléctricos y de HVAC.

c. Requerimientos LOI (Level of Information): describe la información básica que debe contener el modelo.

d. Exclusiones en el modelo: se define los aspectos que se deben excluir del modelo Revit, en el caso estructural son las varillas.

e. Estructura de las carpetas en Dropbox: se establece una estructura para manejar las carpetas mediante la plataforma Dropbox, en

donde se ubicará una carpeta con el nombre del proyecto y dentro se posicionarán carpetas para cada disciplina, en donde cada una tendrá una carpeta de documentación, otra para el modelo 3D en Navisworks y otra para el modelo de Revit. Los archivos deben seguir la estructura: número de proyecto_disciplina_nombre de proyecto.

4. Etapa de diseño:

a. Entregables: indica la documentación que debe ser entregada según el porcentaje de avance del proyecto y según su papel en el proyecto:

i. Por consultor de diseño

ii. Por BIM Manager

b. Cronograma de diseño:

i. Arquitectura, estructura, MEP: establece que debe existir una entrega para el 30, 60, 90 y 100 % del proyecto.

c. Compromisos del equipo BIM en etapa de diseño: menciona las funciones que deben cumplir las partes involucradas en el proyecto:

i. Diseñador

ii. BIM Manager / Planeación

5. Etapa de construcción:

a. Entregables

i. Diseñador: modelo de órdenes de cambio.

ii. Contratista general: minutas de seguimiento de cambios e interferencias, modelo actualizado e ingenierías de valor.

b. Compromisos del equipo BIM en etapa de construcción:

i. Diseñador: actualizar el modelo.

ii. Contratista general: revisiones del proceso BIM, calidad del modelo, ingenierías de valor, ideas de solución de interferencias, mantener BEP actualizado y liderar reuniones de coordinación.

6. Anexos:

a. Protocolo de color: se establecen los colores que deben utilizarse en la modelación de Revit según el tipo de elemento y la disciplina de cada participante del proyecto.

b. Detalle de nudos estructurales: se ejemplifica mediante imágenes de Revit el cómo debe verse el detalle de nudos estructurales.

c. Flujo de trabajo etapa de diseño: se presenta un esquema del flujo de trabajo en la etapa de diseño.

d. Flujo de trabajo etapa de construcción: se presenta un esquema del flujo de trabajo en la etapa de construcción.

e. Software y hardware recomendado: Revit, Navisworks y Excel

Resumen del BEP de la **Empresa C**:

1. *Ficha técnica*:

a. Descripción del proyecto: se especifican aspectos básicos del proyecto como nombre, propietario, ubicación, área, entre otros. Además, se establece que la plataforma de trabajo será mediante Dropbox, servidor y Autodesk 360, utilizando una versión de Revit 2019 y LOD 300.

b. Integrantes – Compañías consultoras: Se indican los contactos de las diferentes disciplinas involucradas en el proyecto.

c. Fases del proyecto: planos de construcción.

d. Tecnologías: Revit 2019, Navisworks 2019, Dropbox y Zoom.

2. *Ejecución de la plataforma BIM*:

a. Objetivos y metas del proyecto: aclara el objetivo de la utilización de herramientas tecnológicas para la coordinación en tiempo real.

b. Objetivos BIM del consultor: especifica los objetivos que deben cumplir las disciplinas involucradas en la realización del proyecto:

- i. Modelo Arquitectura
- ii. Modelo Estructural
- iii. Modelo Eléctrico
- iv. Modelo Mecánico
- v. Metas de la implementación

3. *Alcances y estructura de organización BIM*: define los alcances para cada disciplina de conformidad con el OmniClass.

4. *Requerimientos para la colaboración BIM*:

a. Modelo de coordinación: se describe la manera de trabajo colaborativo BIM y la función del coordinador BIM para velar por la correcta ejecución de esta.

b. Revisión del proceso y programación: el BIM Manager llevará seguimiento de las fechas y actualizaciones de los modelos, dando recomendaciones de mejora.

i. Reportes y versiones de planos: el BIM Manager se encarga de crear "log" con la lista de planos y dar seguimiento a la circulación de los mismos.

c. Reuniones de proyecto: indica que en cada reunión establecida debe hacerse presente al menos un representante de cada disciplina, elaborando minutas de cada una.

d. Control de calidad BIM: el BIM Manager debe asegurarse que las herramientas BIM sean utilizadas de la manera correcta, definiendo los parámetros de modelaje de los siguientes aspectos:

- i. Coordenadas de modelo
- ii. Niveles
- iii. Unidades del modelo
- iv. División del modelo
- v. Administración de los documentos y archivos
- vi. Aclaraciones y pautas base

5. *Sobre las estructuras de nombramiento de la información*: las carpetas deben organizarse por disciplina, luego por edificio y por último por fecha.

a. Modelo de Revit / CAD / PDF: la nomenclatura para documentación será Letra de la disciplina_nombre del edificio_versión de Revit utilizada.

b. Láminas dentro de los modelos: se establece la nomenclatura para documentación de las láminas siendo esta disciplina_número de categoría_lámina.

c. Nomenclatura de niveles: la nomenclatura definida es Level_disciplina_secuencia de cada nivel.

6. *Análisis de interferencias*: serán realizadas por el BIM Manager mediante la herramienta Navisworks.

7. *Niveles de desarrollo (LOD)*: se definen las especificaciones de los Niveles de Desarrollo (LOD).

8. *Especificaciones del hardware y software*: se aclaran las especificaciones tecnológicas que se deben cumplir para el correcto funcionamiento de los programas computacionales.

9. *Definición de parámetros para la cuantificación*: en este apartado se especifican los formatos de tablas y las categorías que deben tomarse en cuenta al desarrollar los modelos de Revit:

- a. Unidades de representación
- b. Creación de tablas de cuantificación
 - i. Fundaciones
 - ii. Subestructura
 - iii. Superestructura
 - iv. Cerramientos exteriores
 - v. Cubierta
 - vi. Acabados
 - vii. Mobiliario y equipo

10. *Definición de términos*: como última sección se definen los términos utilizados en el BEP.

Con los resúmenes anteriores, se obtiene como resultado que la empresa B.A. Ingeniería ha tenido que implementar una serie de herramientas tecnológicas en la elaboración de los proyectos

para poder cumplir con los objetivos descritos en los planes de ejecución BIM de estas empresas, como lo son:

- Revit: es el software para BIM más utilizado para modelación en Costa Rica.
- Autodesk 360: es una herramienta virtual que permite el almacenamiento de archivos mediante la nube.
- BIM 360 Design: es una plataforma en la nube de la compañía Autodesk para la colaboración de modelos Revit
- Bim Track: es una plataforma utilizada para la coordinación de proyectos.
- Dropbox: herramienta que permite sincronizar archivos a través de un disco duro virtual en la red.
- Go To Meeting: esta herramienta es utilizada para efectuar reuniones, ya sea a través de internet o por teléfono y permite conectar hasta 15 personas.

- Navisworks: es una herramienta para la visualización de proyectos en 3D, permite combinar archivos y revisarlos.
- WhatsApp: es una aplicación de mensajería popular que permite la transferencia de mensajes y archivos.
- Zoom: es una plataforma para realizar videoconferencias que permite conectar hasta 25 personas en tiempo real

A continuación, el Cuadro 2 permite comparar los aspectos relevantes encontrados en los BEP de las tres empresas analizadas con la situación actual de la empresa B.A. Ingeniería cuando no se requiere una metodología BIM.

Seguidamente, en la Figura 11, Figura 12, Figura 13 y Figura 14 se mostrarán los diagramas de flujo elaborados que permiten visualizar de manera esquemática el procedimiento de trabajo tanto para el departamento de ingeniería como el de dibujo.

| Cuadro 2. Comparación de aspectos importantes incluidos en los BEP | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|
| Aspecto BIM | Empresa | | | |
| | B.A. Ingeniería | Empresa A | Empresa B | Empresa C |
| BIM Manager | No | Sí | Sí | Sí |
| Formato archivos Revit | No | Sí | Sí | Sí |
| Permite archivos CAD | Sí | Sí | Sí | Sí |
| Formato para Documentación | No | Sí | Sí | Sí |
| Nivel de Desarrollo (LOD) | Sí | Sí | Sí | Sí |
| Plataforma de Comunicación | No | Sí | No | Sí |
| Reuniones establecidas | No | Sí | Sí | Sí |
| Plataforma Colaborativa | No | Sí | Sí | Sí |
| Reglas de Colaboración | No | Sí | No | Sí |
| Detección de Interferencias | No | Sí | Sí | Sí |
| Reglas de Modelado | No | Sí | Sí | Sí |
| Organización del Project Browser | Sí | Sí | No | No |
| Protocolo de color | No | No | Sí | No |

Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Word

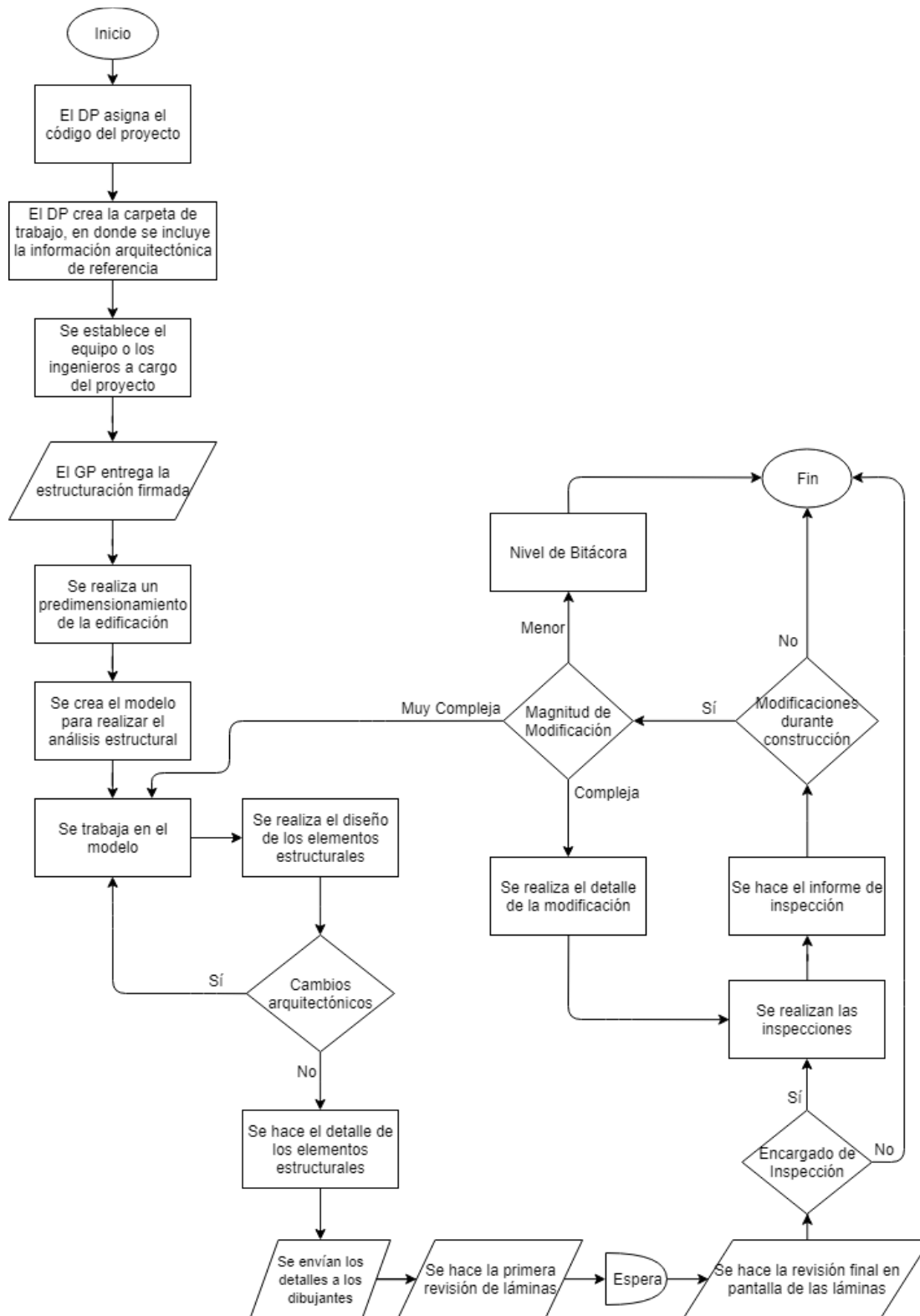


Figura 11. Diagrama de flujo cuando no hay BIM del departamento de ingeniería
 Fuente: Elaboración propia mediante draw.io

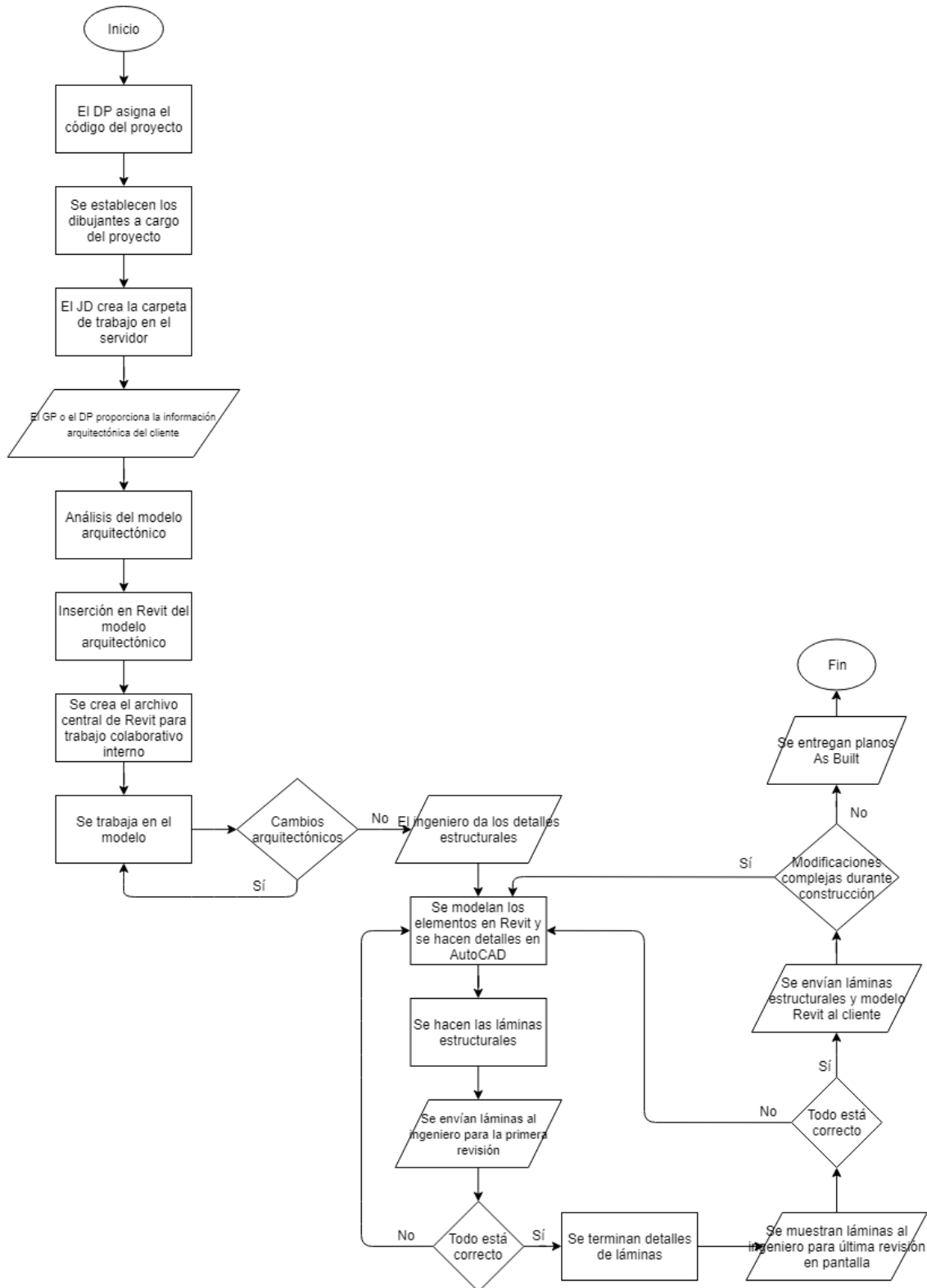


Figura 12. Diagrama de flujo cuando no hay BIM del departamento de dibujo
 Fuente: Elaboración propia mediante draw.io

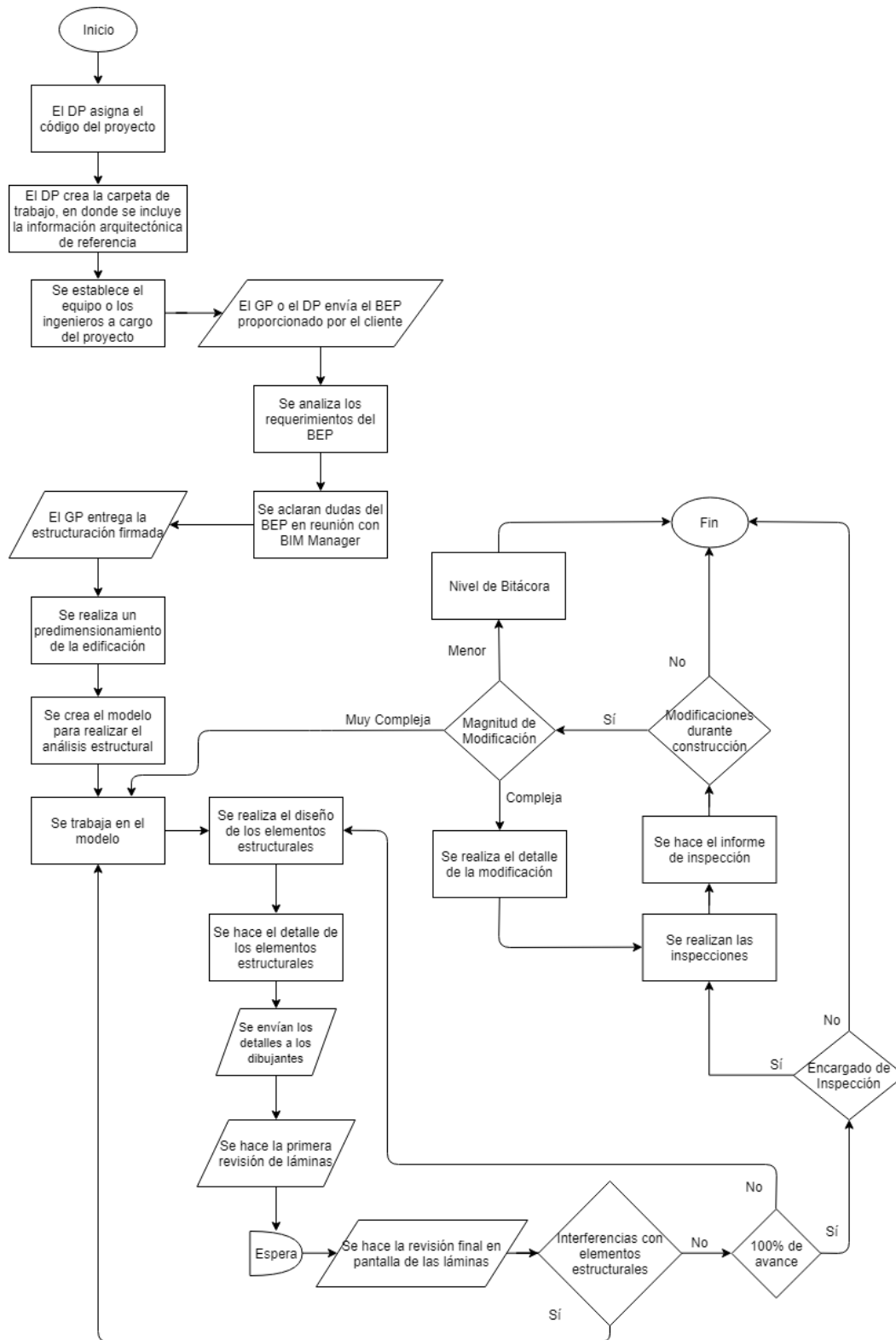


Figura 13. Diagrama de flujo cuando hay BIM del departamento de ingeniería
Fuente: Elaboración propia mediante draw.io

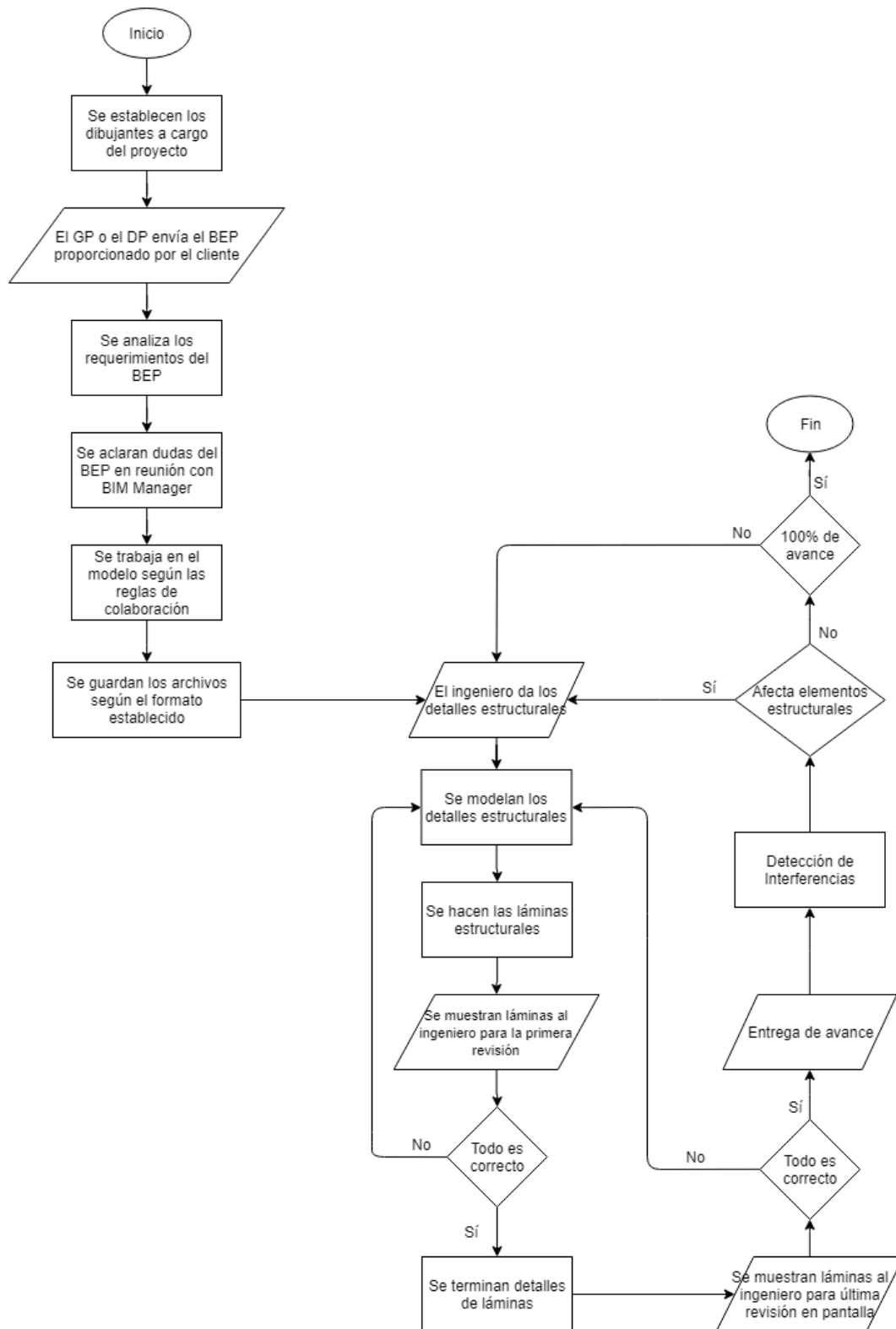


Figura 14. Diagrama de flujo cuando hay BIM del departamento de dibujo
 Fuente: Elaboración propia mediante draw.io

Conocimiento BIM en la empresa

Como método de recolección de datos para este proyecto, se decidió ejecutar cuestionarios en los departamentos de ingeniería y dibujo de manera aparte. Lo anterior debido a que se comprobó mediante la observación que ambos departamentos trabajan en forma diferente la ejecución de los proyectos y que el departamento de dibujo es el que tiene la mayor responsabilidad al crear los proyectos utilizando el software Revit para lo correspondiente a la modelación BIM, mientras que el departamento de ingeniería se dedica al diseño de los elementos estructurales y tiene poca participación en cuanto a la colaboración en tiempo real.

Los cuestionarios, adjuntados en la sección de Apéndices, poseen preguntas en común sobre conceptos de la metodología BIM, pero se diferencian en cuanto que de la pregunta 7 a la 11, para el departamento de dibujo se enfocan en el conocimiento del programa Revit y otros softwares BIM, mientras que para ingeniería se enfocan en los conceptos de clasificación BIM y normas de estandarización.

Estas evaluaciones fueron realizadas el día 22 de julio del 2019 al departamento de ingeniería y el 23 de julio del 2019 al departamento de dibujo. En la ejecución, se observó una buena actitud por parte de la mayor parte de las personas involucradas; sin embargo, una minoría se notó disconforme por disponer de unos cuantos minutos de su tiempo laboral, lo que se refleja en las respuestas de sus cuestionarios, en donde se mostró falta de interés de aportar opiniones o no tomaron el tiempo de leer de manera detallada las preguntas efectuadas. De igual manera, todas las respuestas se tomaron en cuenta para realizar el análisis de los resultados.

Los resultados obtenidos se detallan a continuación, mostrados desde la Figura 15 hasta la Figura 26. Se iniciará con la información recopilada en el departamento de ingeniería, indicando la pregunta realizada y los resultados de esta.

Pregunta 1: ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?

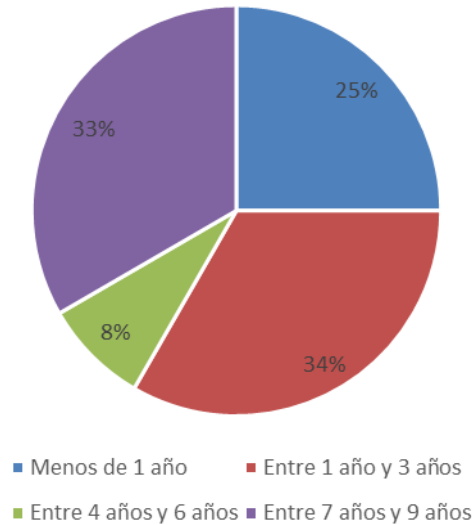


Figura 15. Resultados pregunta 1 departamento de ingeniería.

Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

En lo correspondiente al departamento de ingeniería, se obtuvieron resultados que muestran que el 34 % de los integrantes tienen entre uno y tres años de trabajar en la empresa B.A. Ingeniería, seguido de un 33 % que posee entre siete y nueve años. Seguidamente, se observa que el 25 % tienen menos de un año y únicamente un 8 % se encuentra dentro del rango de cuatro y seis años. Lo anterior muestra que la mayoría de los integrantes de este departamento tiene poco tiempo de laborar para la empresa.

Pregunta 2: ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)?

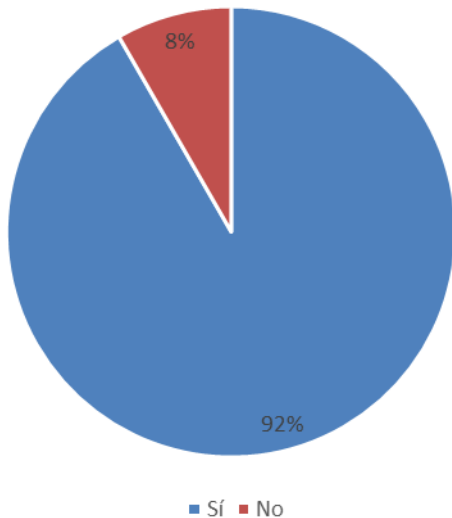


Figura 16. Resultados pregunta 2 departamento de ingeniería.

Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

Un 92 % del departamento de ingeniería coincide en que sí ha tenido malas experiencias por problemas de coordinación con otras disciplinas involucradas y solo el 8 % opina que no lo ha tenido. Entre los aspectos comentados como malas experiencias se mencionaron:

- Interferencias entre disciplinas que generan atrasos y cambios en el diseño.
- Ductos de diámetro importante atravesando vigas y elementos de borde
- Rediseños de grandes áreas de entepiso durante la obra por “enmascarar” cotas
- Cambios en arquitectura, falta de coordinación y tiempos de entrega con demás consultores.
- Cambios del propietario una vez entregados los proyectos.
- Coordinador BIM no es bueno.
- Cambios a última hora.
- Choques con otras disciplinas en etapas avanzadas del proyecto, las cuales nadie notó y provoca discusiones y atrasos en los diseños.
- Estructura planteada por los arquitectos no es la más recomendable

estructuralmente y genera problemas en el momento de realizar los proyectos.

- Falta de coordinación interdisciplinaria, lo que conlleva a realizar el trabajo dos o más veces y que el proceso no sea eficiente.
- Al no existir coordinación entre disciplinas, se han generado extras al presupuesto del proyecto lo que provoca que se tenga que correr para buscar soluciones en etapas en donde el proyecto está en la ruta crítica.
- Se han tenido que repetir varios trabajos por no coordinar de manera adecuada; por ejemplo, tamaño de ductos de elevadores mal coordinados.
- Usualmente con las disciplinas eléctrico y mecánica ya que no hay una coordinación cercana a diferencia de arquitectura.

Pregunta 3: ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)?

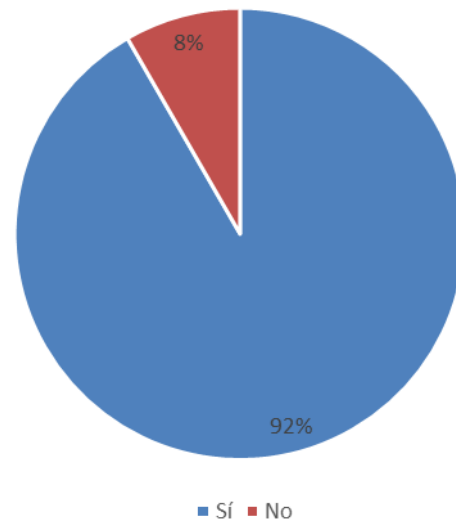


Figura 17. Resultados pregunta 3 departamento de ingeniería.

Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

Para esta pregunta, se obtiene que un 92 % sí ha escuchado acerca de lo que es BIM, mientras que solo un 8 % no lo ha escuchado. Entre las definiciones que los ingenieros consideran como BIM se encuentran:

- Plataforma que permite coordinar de una manera más eficiente las labores de las

distintas disciplinas involucradas en un proyecto de construcción.

- Forma de coordinación multidisciplinaria que permite llevar proyectos de forma integral.
- Metodología para la coordinación, documentación y ejecución de proyectos de construcción que permite comunicación rápida, concisa y precisa de elementos importantes para el proyecto.
- Proceso donde se sobreponen todos los modelos de las diferentes disciplinas y se logran apreciar los conflictos que hay entre uno y otro.
- Cuando hay un BIM Manager que normalmente se ha dedicado a revisar y señalar incongruencias en los modelos entre disciplinas.
- Proceso de modelado y coordinación multidisciplinaria en Revit.
- Metodología para integrar a todas las disciplinas involucradas, la idea es ir observando en un modelo las afectaciones que se generan entre las disciplinas para ir resolviendo de una manera más eficiente.
- Busca integrar toda la información de diseño y construcción de un proyecto para manejar con un grado de confianza las características del mismo (costos, alcance, plazo, recursos, etc.).

Pregunta 4: ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM?

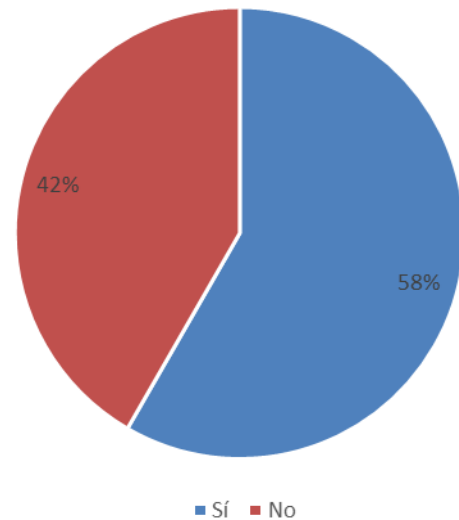


Figura 18. Resultados pregunta 4 departamento de ingeniería.

Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

Para el departamento de ingeniería, solo el 58 % ha trabajado proyectos BIM, mientras que el 42 % no lo ha hecho. La cantidad de proyectos realizados con la metodología BIM se presenta en la siguiente figura:

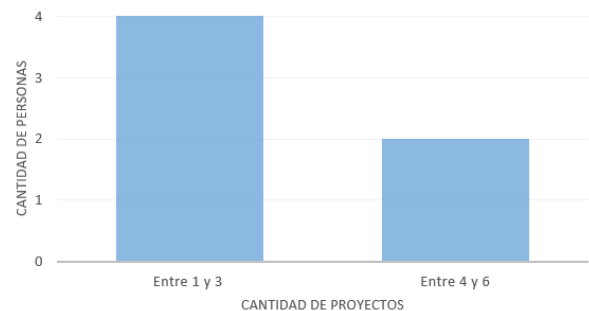


Figura 19. Cantidad de proyectos BIM departamento de ingeniería.

Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

Pregunta 5: ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no?

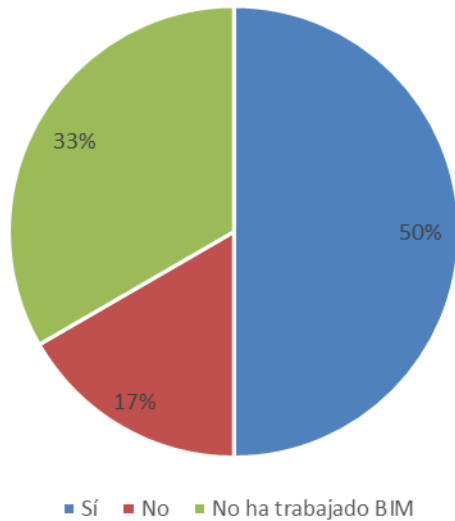


Figura 20. Resultados pregunta 5 departamento de ingeniería.
Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

Entre los ingenieros que han trabajado utilizando la metodología BIM un 50 % sí ha notado diferencias; mientras que un 17 % opina que no. A continuación, se muestran los comentarios de aquellos ingenieros que notaron diferencias:

- Son más ordenados, se tiene un mejor control.
- Mayor perspectiva de que elementos se deben modificar entre las disciplinas para evitar o minimizar errores en construcción.
- Es más organizado y se cuenta con información actualizada en el momento que se realiza algún cambio.
- Tiende a haber una mayor coordinación; sin embargo, no se ha logrado implementar 100 % efectivo para las empresas.
- Al existir encargados que van observando choques, se pueden prevenir muchas situaciones que podrían afectar la construcción. Cuando no han existido estos procesos se vuelve menos eficiente y se tiene que repetir varias veces los mismos procesos.
- Más claridad en la información y los proyectos se diseñan con mayor detalle.

Las opiniones expresadas en donde no se notaron diferencias al trabajar con la metodología BIM fueron:

- Poca diferencia. Usualmente el “BIM Manager” corre por cuenta del constructor, por lo que la coordinación no se da con el tiempo suficiente.
- No hacen el trabajo de sobreposición de modelos con tiempo entonces los problemas siguen apareciendo cuando ya se está construyendo la parte en cuestión.

Pregunta 6: ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?

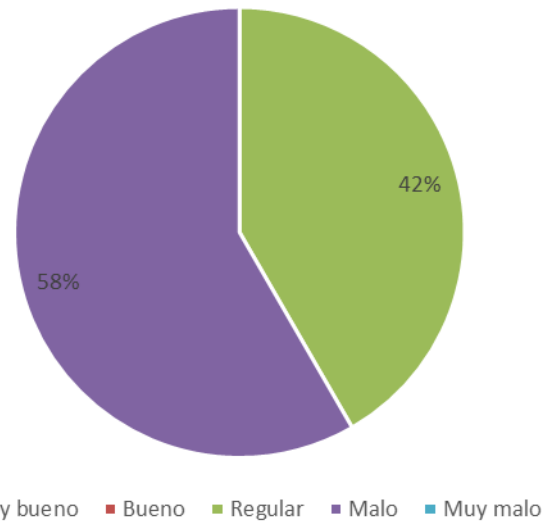


Figura 21. Resultados pregunta 6 departamento de ingeniería.
Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

En lo correspondiente a este departamento, las respuestas se centraron en dos opciones, en donde el 58 % considera que su conocimiento es malo y el 42 % cree que es regular.

Pregunta 7: ¿Considera que como ingeniero debe tener conocimientos en Revit?

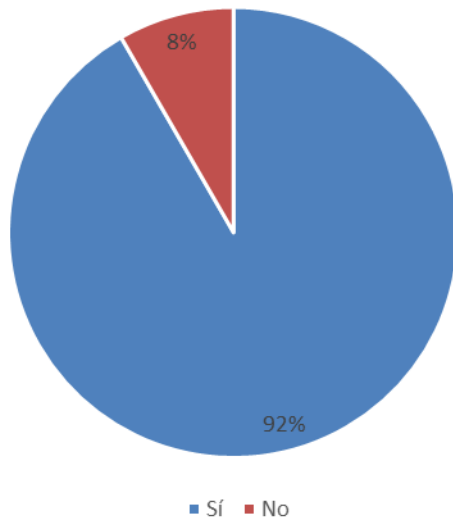


Figura 22. Resultados pregunta 7 departamento de ingeniería.

Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

Para esta pregunta, la mayor parte de los ingenieros coinciden en que sí deben tener conocimientos en Revit, siendo un 92 % del departamento, mientras que el 8 % considera que no es necesario tener amplio conocimiento. Las opiniones aportadas son las siguientes:

- Como ingeniero, debería conocer el funcionamiento interno de este software. Quizás ayudaría a una mejor transferencia de información al dibujante, puesto que se tendría una mejor noción de cómo trabajan ellos. Adicionalmente, ayudaría al proceso de diseño, ya que se tendría un conocimiento ideal de la información contenida en los modelos arquitectónicos.
- Ya que el mercado está migrando a un mayor uso de Revit.
- Es la tendencia actual.
- Es un programa más potente para confección de planos, coordinación multidisciplinaria, evaluación de costos.
- Son herramientas poderosas que deben ser aprovechadas; además, cada vez más proyectos van a ir migrando hacia la metodología BIM.
- Revit y las metodologías BIM son el futuro de la industria.

- No solo ayuda a visualizar la configuración de un proyecto, sino que nos permite coordinar mejor con el departamento de dibujo y otras disciplinas.
- Debido a la utilización del programa por parte de la arquitectura, es recomendable tener un poco de conocimiento.
- Sí, ya que actualmente el modelo Revit solo es utilizado como referencia y para visualizar el proyecto.
- Es importante conocer y manejar de manera adecuada la herramienta para lograr utilizar todas las ventajas que ofrece.
- Para visualizar y extraer información.

Por otra parte, un ingeniero afirmó que no considera necesario tener conocimientos en Revit. Su opinión fue la siguiente:

- No es necesario tener un amplio conocimiento del programa, pero si lo básico para poder visualizar el programa.

Pregunta 8: ¿Conoce algún Software para BIM aparte de Revit?

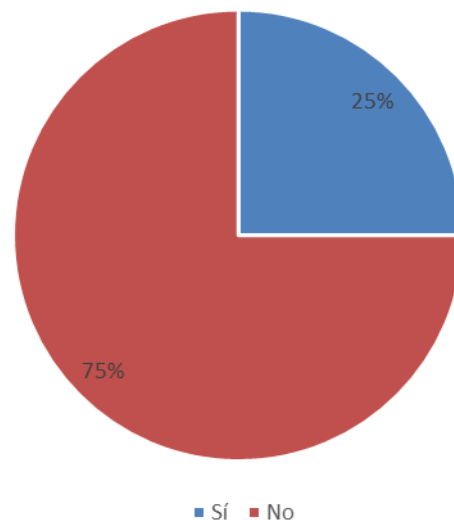


Figura 23. Resultados pregunta 8 departamento de ingeniería.

Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

En esta pregunta, se muestra que los ingenieros no poseen amplio conocimiento acerca de los softwares BIM, en donde el 75 % indicó no conocer ninguno, mientras que el 25 % dijo que sí. Los softwares conocidos por los ingenieros son:

- Revizto
- BricsCAD
- BIM 360

Pregunta 9: ¿Conoce si programas como ETABS, SAP 2000, SAFE, ADAPT son reconocidos por Revit?

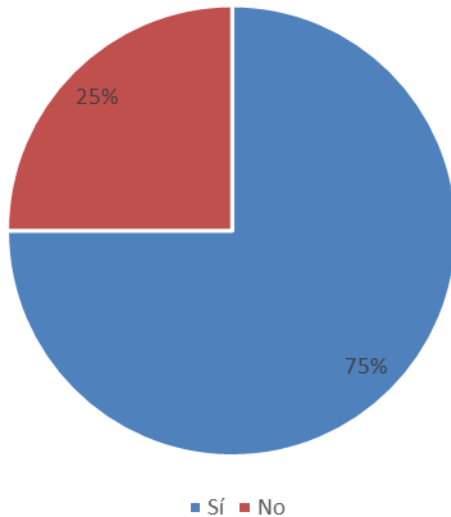


Figura 24. Resultados pregunta 9 departamento de ingeniería.
Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

El 75 % de los ingenieros sí conocen acerca de que los programas de modelaje para el análisis estructural son reconocidos por el software Revit y el 25 % desconocía sobre el tema.

Pregunta 10: ¿Tiene conocimiento acerca de los sistemas de clasificación BIM?

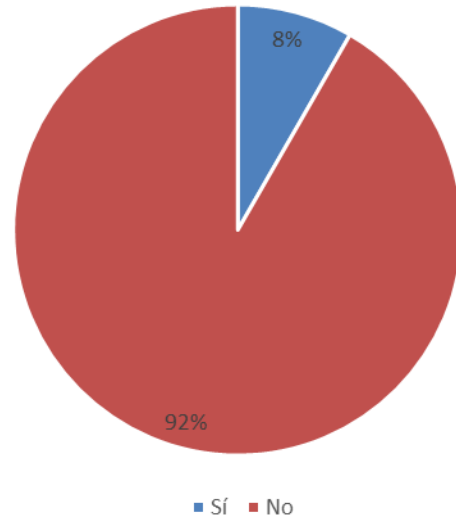


Figura 25. Resultados pregunta 10 departamento de ingeniería.
Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

El 92 % de los ingenieros no conocen acerca de los sistemas de clasificación BIM existentes y solo el 8 % dijo conocer sobre el tema pero que no tiene un amplio conocimiento.

Pregunta 11: ¿Conoce acerca de normas de estandarización BIM?

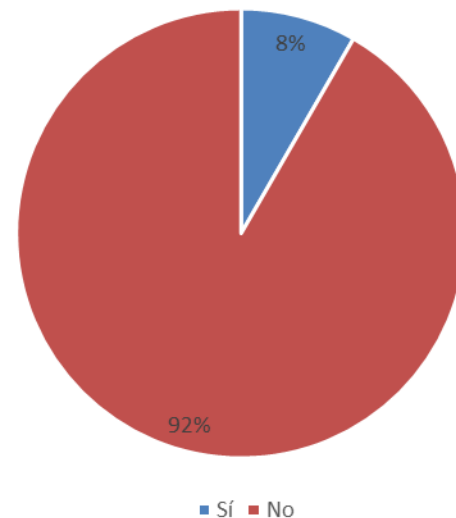


Figura 26. Resultados pregunta 11 departamento de ingeniería.
Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

Similar a como ocurrió con la pregunta anterior, el 92 % de los ingenieros no conoce sobre las normas de estandarización BIM y el 8 % dijo que ha escuchado acerca de ellos, pero no los conoce a profundidad.

A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos para el departamento de dibujo, plasmados desde la Figura 27 hasta la Figura 38.

Pregunta 1: ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?

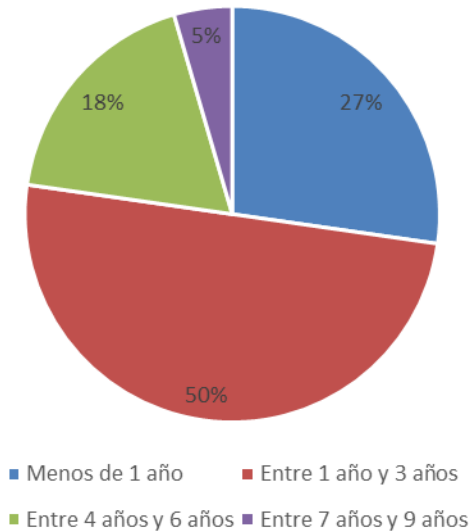


Figura 27. Resultados pregunta 1 departamento de dibujo.
Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

Los resultados muestran que el 50 % de los miembros del departamento de dibujo se encuentran dentro del rango de un año y tres años de trabajar en la empresa, mientras que el 27 % tiene menos de un año. Se observa, además, que el 18 % se encuentra entre los cuatro y seis años y solo el 5 % entre los siete y nueve años. Lo anterior demuestra que la mayoría de los miembros del departamento de dibujo tienen poco tiempo de laborar para la empresa B.A ingeniería.

Pregunta 2: ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)?

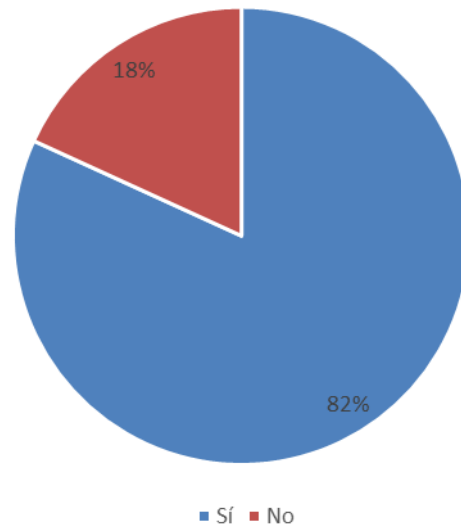


Figura 28. Resultados pregunta 2 departamento de dibujo.
Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

Esta pregunta demostró que el 82 % de los miembros del departamento de dibujo ha tenido malas experiencias por una mala coordinación con otras disciplinas involucradas en la elaboración de los proyectos. Por otra parte, un 18 % afirmó que no había tenido ningún tipo de problema; sin embargo, la mayor parte de estas personas tienen entre uno y cuatro meses de trabajar en la empresa, lo que implica que no han tenido el suficiente involucramiento en los proyectos y por esa razón no han tenido ningún inconveniente, y una persona que posee cinco años para laborar en la empresa afirmó que ha tenido complicaciones, pero no las considera una mala experiencia.

Dentro del 82 % de personas que afirmaron haber tenido malas experiencias por falta de coordinación, la mayoría coincidió en que la disciplina de arquitectura es la que más les ha generado problemas. Además, expresaron las siguientes malas experiencias:

- Mala coordinación, debido a falta de definición de tiempo de entregas lo que hace la consultoría tediosa, conllevando a muchos errores.
- Se hacen cambios que no son notificadas, o bien, se acuerda en reuniones hacer

cambios que no cumplen en sus modelos, culpando a la disciplina estructural por dichos errores.

- Modificaciones que se realizan sin coordinar los cambios anteriormente establecidos.
- Realizan cambios, pero no especifican cuales, por lo que se requiere una revisión completa del modelo hasta encontrar los cambios efectuados.
- Atrasos por falta de definición de elementos arquitectónicos.
- Cambios innecesarios o realizados a última hora.
- Se realizan modificaciones durante todo el transcurso de ejecución del proyecto estructural, generando incongruencias y errores.
- Modelos arquitectónicos de mala calidad lo que genera problemas al cargarlos en el estructural.
- Cambios que no corresponden a los acordados en las reuniones.
- No se cuenta con BIM Manager, por lo que la coordinación entre disciplinas es complicada.

Pregunta 3: ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)?

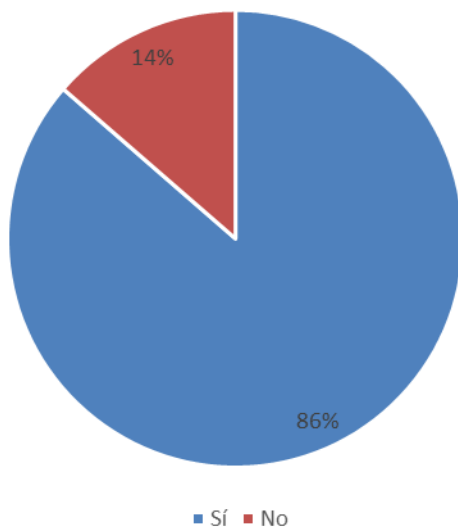


Figura 29. Resultados pregunta 3 departamento de dibujo.

Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

Dentro de las personas que realizaron la encuesta, un 14 % reconoció que nunca ha

escuchado el término BIM; mientras que un 86 % sí lo ha escuchado. Sin embargo, se comprueba que no tienen una idea clara de su significado. Entre las definiciones que fueron mencionadas para BIM se encuentran:

- Sistema de trabajo en la nube a tiempo real.
- Alguien pendiente de lo que hacen las otras disciplinas.
- Proceso de modelado de una estructura, incluida la información y su detallado.
- Coordinación de las diferentes disciplinas.
- Sistema de modelar en 3D con información precisa y necesaria para la construcción.
- Sistema de recolección y organización de la información de un proyecto que sirve durante toda la vida útil de la edificación.
- Sistema de modelado donde se detalla de manera muy "fina" para su debida información.
- Modelar en tiempo real y generar datos para una mejor coordinación y evitar atrasos en la construcción.
- Forma de documentación para las disciplinas de construcción.
- Término destinado a modelar.
- Proyecto más completo con una modalidad un poco realista.

Pregunta 4: ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM?

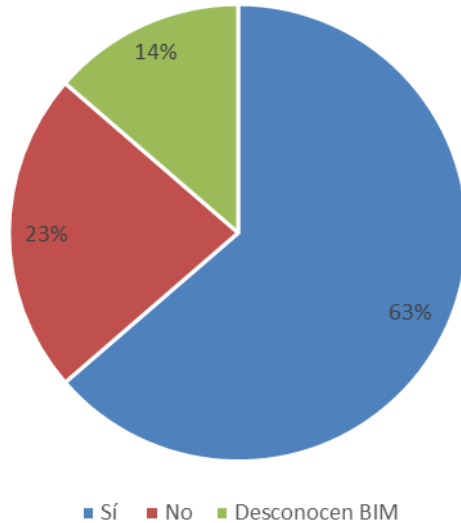


Figura 30. Resultados pregunta 4 departamento de dibujo.
Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

Al realizar esta pregunta, se notó que hay algunas personas que consideran que todos los proyectos realizados en B.A. Ingeniería son BIM, cuando esto no es así. La confusión se produce ya que piensan que al utilizar el programa Revit se trabaja la metodología BIM de manera automática, lo cual es incorrecto.

El 14 % de los miembros del departamento de dibujo desconocen el término BIM, por lo que no se incluyen para el análisis de esta pregunta.

El 23 %, a pesar de haber escuchado acerca de BIM, afirmó que no han realizado ningún proyecto con esta metodología. Por otra parte, el 63 % afirmó que si ha trabajado en proyectos en donde se utilice la metodología BIM, obteniendo los siguientes resultados de cantidad de proyectos:

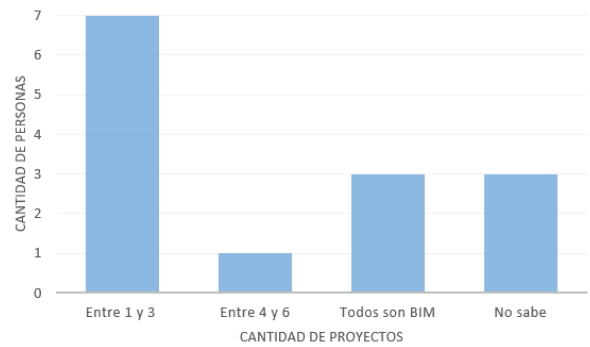


Figura 31. Cantidad de proyectos BIM departamento de dibujo.
Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

Pregunta 5: ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no?

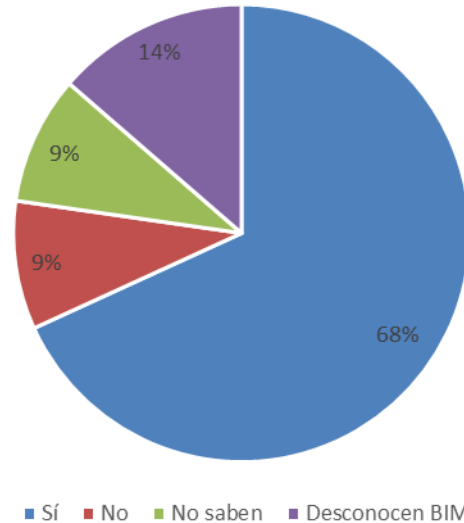


Figura 32. Resultados pregunta 5 departamento de dibujo.
Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

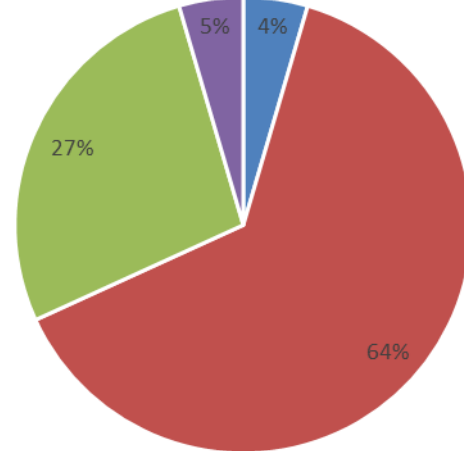
De igual manera, el 14 % desconocía el término BIM, por lo que no se incluyen para el análisis de resultados de esta pregunta. Además, entre las personas que sí conocían el término hay un 9 % que no sabe si hay diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM de los que no.

El 68 % afirmó haber notado diferencias entre los proyectos, tanto positivas como negativas e, incluso, algunas contradictorias entre

sí. Entre las principales respuestas se mencionan las siguientes:

- Orden en la ejecución de proyectos.
- Más difíciles y lentos al realizarlos en la nube.
- Más eficiente.
- Pocas diferencias: organización de archivos en la nube, revisión de modelos arquitectónicos, publicación de modelos estructurales.
- Más rápido al coordinar cambios con otras disciplinas.
- Se reduce el tiempo de entrega, cuantificación de materiales, reduce costos en desarrollo del proyecto si se realiza de manera correcta.
- Los dibujos y planos en 2D se trabajan con metodología BIM.
- Menor número de errores en coordinación, pero requieren de más cuidado.
- Mejor coordinados.
- Evita pérdida constructiva, desde el modelaje se evitan pérdidas.
- Más orden y coordinación, evitando errores a la hora de la entrega.
- No hay orden y no es confiable.
- Más detalle y se trabaja en tiempo real.
- No hay diferencias ya que las herramientas son las mismas.
- Revit permite tener tablas que complementan datos importantes del proyecto.

Pregunta 6: ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?



■ Muy bueno ■ Bueno ■ Regular ■ Malo ■ Muy malo

Figura 33. Resultados pregunta 6 departamento de dibujo.

Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

En cuanto a lo correspondiente al manejo del software Autodesk Revit, se realizó una pregunta de selección única, encasillando la respuesta en únicamente 5 opciones en donde se debía elegir con la que la persona se sintiera mayormente identificada.

Las respuestas muestran que el 64 % considera que su conocimiento en Revit es bueno, seguido de un 27 % que se considera regular. Además, solo un 5 % se considera malo y un 4 % muy bueno.

Pregunta 7: ¿Sabía utilizar el software Revit antes de ingresar a la empresa?

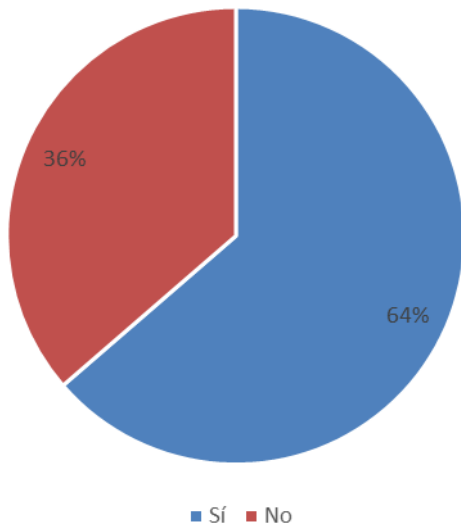


Figura 34. Resultados pregunta 7 departamento de dibujo.

Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

Un 64 % de los miembros del departamento de dibujo ya tenía conocimiento del software Revit antes de entrar a la empresa y un 36 % no lo conocían y aprendieron en B.A. Ingeniería.

Algunos de los comentarios de quienes sí conocían Revit son las siguientes:

- Conocimiento superficial, más que todo de la parte arquitectónica.
- Conocimiento básico adquirido en el colegio técnico, pero B.A. Ingeniería brindó capacitación.
- Conocimiento adquirido a través de un curso básico-intermedio.
- Conocimiento básico que se fortaleció dentro de la empresa.
- En los estudios el modelar es indispensable.
- Conocimiento adquirido en empresas anteriores.
- Poco conocimiento adquirido en el colegio. Se reforzó pagando un curso aparte.
- Conocimiento en Revit electromecánico.

Algunos de los comentarios de quienes no conocían Revit son las siguientes:

- Aprendizaje a la fuerza debido a entrega de proyecto en 3 días.
- Lo aprendió en la empresa, ya que en el colegio no enseñaban Revit.
- En la empresa hay una persona encargada de enseñarle a los nuevos.
- Aprendió en la empresa mediante un curso e investigando en internet.

Pregunta 8: ¿Hay aspectos que considera le faltan aprender de Revit?

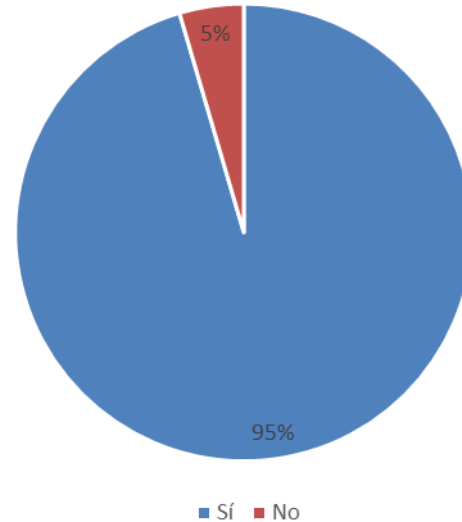


Figura 35. Resultados pregunta 8 departamento de dibujo.

Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

Esta pregunta demuestra que el 95 % de las personas pertenecientes al departamento de dibujo considera que hay aspectos que les falta aprender del programa Revit. Esto a pesar de haber mencionado que su conocimiento actual es bueno. Un 5 % considera que no hay nada que le falte aprender de Revit, a pesar de que esa persona mencionó que su conocimiento era bueno y no muy bueno.

Entre las respuestas aportadas se encuentra que el departamento de dibujo considera que le falta aprender aspectos como:

- Modelado de acero.
- Documentación.
- Creación de familias.
- Componentes y parametrización de detallado.
- Modelado general.
- Coordinación de información.

- Modelado de masas.
- Herramientas para agilizar calidades de dibujo.
- Programas que trabajan con Revit.
- Tablas dinámicas.
- Presentación de proyectos.
- Dynamo.
- Cuantificar materiales y áreas.
- Modelar elementos cursos con inclinaciones.
- Aspectos arquitectónicos.

Pregunta 9: ¿Sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300?

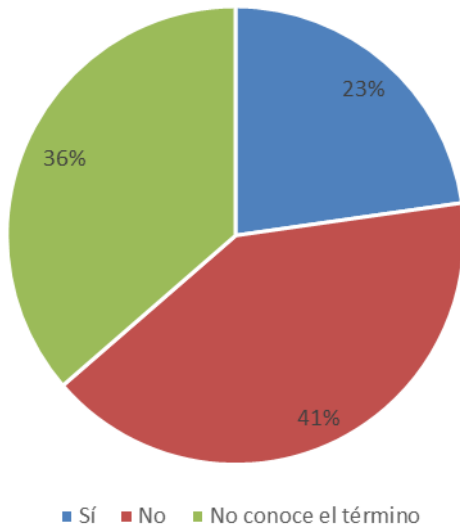


Figura 36. Resultados pregunta 9 departamento de dibujo.

Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

Esta pregunta fue de suma importancia, ya que permitió conocer que la mayor parte del departamento de dibujo no conoce el significado de LOD 300 o no sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor, lo cual significa que no pueden cumplir con este requerimiento cuando algún cliente lo solicite en su plan de ejecución BIM. Solo el 23 % afirmó que sí sabía modelar de esa manera; sin embargo, no se especificó cuáles niveles de desarrollo manejaban, por lo que no queda claro si realmente poseen dicho conocimiento.

Pregunta 10: ¿Conoce algún Software para BIM aparte de Revit?

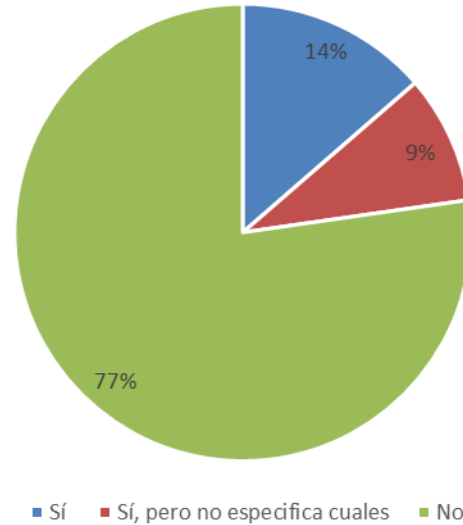


Figura 37. Resultados pregunta 10 departamento de dibujo.

Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

Esta pregunta deja en evidencia el desconocimiento acerca de BIM presente en el departamento de dibujo de la empresa, ya que el 77 % afirmó no conocer ningún software para BIM. Un 9 % dijo que sí tenía conocimiento; sin embargo, no aportó el nombre de ninguno y un 14 % sí conoce otros softwares BIM, aparte de Revit. Los softwares mencionados fueron:

- Navisworks.
- Revizto.
- Tekla.
- BIM 360.
- Robot.
- ArchiCAD.
- Vectorworks.

Pregunta 11: ¿Sabe utilizar software de colaboración en la nube BIM?

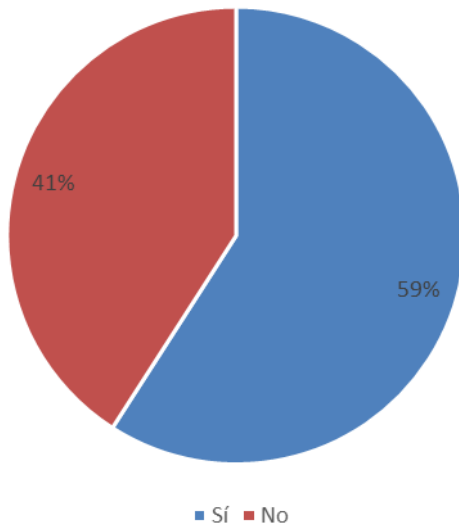


Figura 38. Resultados pregunta 11 departamento de dibujo.

Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

Al preguntar acerca de software de colaboración en la nube, un 59 % dice saber utilizarlos y un 41 % no.

Las personas que dicen saber utilizar software de colaboración en la nube afirman que saben utilizar los siguientes:

- A 360.
- BIM 360.
- Document Management.

Además, dentro del conocimiento que afirman tener se encuentra:

- Subir modelos.
- Descargar modelos.
- Subir láminas.
- Consumir archivos.

Software para BIM

Para lo correspondiente a los softwares BIM existentes en la actualidad, se realizó una investigación de aquellos que se consideran los más utilizados a nivel mundial; sin embargo, hay que considerar que la cantidad de programas existentes para lo correspondiente al BIM es

significativamente amplia, por lo que en este proyecto no es posible abarcar la totalidad de los mismos.

De igual manera, existen diversas opiniones acerca de cuáles son los mejores software para implementar en esta metodología, pero para efectos de este proyecto se tomaron aquellos que coinciden de manera recurrente en la mayor parte de los sitios web y que, además, en su mayoría, fueron comentados por los departamentos de ingeniería y dibujo en el cuestionario realizado anteriormente. A continuación, se muestran los programas BIM investigados, según su categoría, de los cuales se realizó una base de datos mostrada en el Apéndice 4:

Colaboración BIM:

- BIM 360 de Autodesk®
- BIMx de Graphisoft®
- Trimble Connect de Trimble®

Validación BIM:

- BIM Track de Building Smart®
- Navisworks de Autodesk®
- Revizto de Vizerra®

Modelado BIM:

- AECOSim de Bentley Systems®
- Allplan de Nemetschek®
- ArchiCAD de Graphisoft®
- Revit de Autodesk®
- Sketchup de Trimble®
- Vectorworks de Nemetschek®

Una vez esclarecido lo anterior, tomando en cuenta la base de datos efectuada y la investigación realizada, se presentan las matrices de valoración las cuales se evalúan utilizando la escala de medición de la Figura 39:



Figura 39. Escala de medición

Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

Estas calificaciones se realizaron de manera comparativa únicamente entre los softwares dentro de una misma categoría, no se

comparó entre categorías distintas ni con otros software fuera de la base de datos.

Los aspectos calificados y la asignación de las puntuaciones se describen a continuación:

- Popularidad del producto: este aspecto se calificó mediante la visita a distintos sitios web como g2.com, capterra.es o financesonline.com y se verificó la cantidad de opiniones emitidas por los usuarios, por lo que al revisar y comparar se determinó el que posee una un mayor número de comentarios y se calificó como el más popular.
- Costo: esta sección se tomó de los resultados de la base de datos, en donde al más económico se le asignó la máxima calificación. Aquellos que no poseen dicha información se les calificó de manera intermedia.
- Modalidades de pago: según la base de datos, se le asignó la mejor puntuación a aquellos que tuvieran más variedad en las opciones de pago.
- Características: se le asignó la mayor puntuación al programa que obtuvo una mayor cantidad y calidad de características en la base de datos.
- Integraciones: se calificó la cantidad de integraciones con las que cuenta el

programa, en donde el que tiene más se califica de mejor manera.

- Sistema de Soporte: la calificación máxima se asignó al programa que contara con una mayor variedad de opciones de soporte.
- Generalidades del producto: esta calificación se asignó según la calidad de información general del producto mostrada en la base de datos.
- Adaptabilidad en dispositivos: se tomó en cuenta la cantidad de sistemas operativos en los que puede utilizarse el producto.
- Requisitos del sistema: se consideró otorgar el mayor puntaje al programa que consumiera menor cantidad de recursos computacionales.
- Puntuación en la web: para este aspecto, se tomó en cuenta la calificación otorgada en la página web financesonline.com, en donde se evalúan los productos utilizando diversos componentes, mostrados a continuación en la Figura 40. La calificación otorgada en esta página le asigna un porcentaje distinto a cada componente y el resultado final se mide con una calificación en donde 10 es el valor máximo, por lo que se realizó un ajuste para obtener el equivalente de máximo 5 puntos.



Utilizamos nuestro exclusivo sistema **SmartScore™** para evaluar todos los productos enumerados para ayudarlo a obtener la mejor aplicación posible. Incluye los siguientes elementos:

| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  Funcionalidad principal |  Funciones de colaboración |  Personalización |
|  Integración |  Facilidad de uso |  Impresión general |
|  Servicio de asistencia |  Seguridad |  Movilidad |

¿Cómo funciona el sistema SmartScore?

Nuestro sistema SmartScore ofrece a nuestros usuarios una visión general completa de cada software revisado. El puntaje final se basa en nueve componentes que son clave para evaluar cada solución de negocios.

No todos los componentes se tratan por igual, y algunos juegan un papel más importante en la puntuación final. Desplácese sobre cada elemento para aprender cuál es el papel en la puntuación final.

(Los valores porcentuales no son puntuaciones específicas y solo reflejan las proporciones en las que se calcula la puntuación final)



Figura 40. Componentes calificados para la categoría puntuación en la web.

Fuente: (FinancesOnline, 2019)

Tomando en cuenta la información anterior, la calificación otorgada para cada

software según su categoría se muestran en la Figura 41, Figura 42 y Figura 43.

| Software \ Aspecto por calificar | BIM 360 | BIMx | Trimble Connect |
|----------------------------------|------------|------------|-----------------|
| Popularidad del producto | 5,0 | 1,0 | 1,0 |
| Costo | 4,5 | 4,0 | 5,0 |
| Modalidades de pago | 5,0 | 2,0 | 5,0 |
| Características | 5,0 | 4,5 | 4,5 |
| Integraciones | 5,0 | 2,0 | 3,0 |
| Sistema de soporte | 1,0 | 4,0 | 5,0 |
| Generalidades del producto | 5,0 | 4,0 | 4,5 |
| Adaptabilidad en dispositivos | 5,0 | 4,0 | 5,0 |
| Requisitos del sistema | 5,0 | 4,0 | 3,0 |
| Puntuación en la web | 4,9 | 4,7 | 4,5 |
| Puntuación Promedio | 4,5 | 3,4 | 4,1 |

Figura 41. Matriz de valoración software de Colaboración BIM

Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

| Software \ Aspecto por calificar | BIM Track | Navisworks | Revizto |
|----------------------------------|------------|------------|------------|
| Popularidad del producto | 4,0 | 5,0 | 4,0 |
| Costo | 5,0 | 3,0 | 1,0 |
| Modalidades de pago | 4,0 | 4,5 | 3,0 |
| Características | 4,1 | 4,4 | 4,8 |
| Integraciones | 4,0 | 5,0 | 4,5 |
| Sistema de soporte | 4,0 | 5,0 | 3,0 |
| Generalidades del producto | 3,5 | 4,5 | 4,0 |
| Adaptabilidad en dispositivos | 5,0 | 4,0 | 5,0 |
| Requisitos del sistema | 4,0 | 5,0 | 3,0 |
| Puntuación en la web | 3,8 | 4,8 | 4,0 |
| Puntuación Promedio | 4,1 | 4,5 | 3,6 |

Figura 42. Matriz de valoración software de Validación BIM

Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

| Software | AECOsim Building Designer | Allplan | ArchiCAD | Revit | SketchUp | Vectorworks |
|-------------------------------|------------------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| Popularidad del producto | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,0 | 4,0 | 3,0 |
| Costo | 2,0 | 3,0 | 3,0 | 4,5 | 5,0 | 3,5 |
| Modalidades de pago | 2,0 | 3,0 | 3,0 | 5,0 | 4,0 | 2,0 |
| Características | 4,0 | 3,5 | 4,4 | 4,5 | 4,4 | 4,3 |
| Integraciones | 3,0 | 4,5 | 4,5 | 5,0 | 3,0 | 2,0 |
| Sistema de soporte | 2,0 | 5,0 | 2,0 | 5,0 | 1,0 | 3,0 |
| Generalidades del producto | 3,0 | 5,0 | 3,5 | 4,8 | 4,0 | 4,0 |
| Adaptabilidad en dispositivos | 4,0 | 4,0 | 5,0 | 4,0 | 5,0 | 5,0 |
| Requisitos del sistema | 2,5 | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 5,0 | 4,5 |
| Puntuación en la web | 4,5 | 4,2 | 4,6 | 4,8 | 4,5 | 4,4 |
| Puntuación Promedio | 3,1 | 4,1 | 3,9 | 4,6 | 4,0 | 3,6 |

Figura 43. Matriz de valoración software de Modelación BIM

Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

Con lo anterior se obtiene que, a pesar de que todos los programas evaluados tienen aspectos positivos para la Metodología BIM, los que obtienen la mejor calificación son BIM 360 para colaboración, Navisworks para valoración y Revit para modelado.

Ahora bien, dados los resultados anteriores, para determinar los softwares BIM que se adaptan de mejor manera a la empresa, hay que analizar aquellos que se tienen instalados y que han manejado con anterioridad. Para lo anterior, se realizó la consulta al encargado de mantenimiento de sistemas de la empresa B.A. Ingeniería, ing. Miguel Marengo, acerca de este tema, en donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- Revit: se tienen las versiones 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020, para todos los equipos de la empresa.
- Navisworks: versión 2017 y 2018 para dos equipos.
- Revizto.
- Sketchup Pro 2017
- BIM 360
- Bluebeam Revu

Además, aunque no son considerados dentro de la categoría BIM, la empresa cuenta con los siguientes programas:

- AutoCAD: versiones 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020, para todos los equipos de la empresa.

- Adobe Acrobat Pro Reader
- DWG Trueview
- ETABS
- SAFE
- SAP2000: versión desde 11 hasta 19
- Adapt Builder
- Paquete Office

Recomendación para la empresa

Los resultados anteriores, se da respaldo a que la empresa continúe con la utilización del software Revit de Autodesk. Además, se debe tomar en cuenta que dicho programa fue requerido en todos los BEP (BIM Execution Plan) resumidos con anterioridad.

En lo correspondiente a validación y colaboración BIM, los softwares mejor valorados coinciden en pertenecer a la empresa Autodesk, por lo que se recomienda a la empresa B.A. Ingeniería la implementación de la colección AEC (Architecture, Engineering, & Construction) disponible por parte de la compañía Autodesk.

Lo anterior debido a que, considerando el costo de la licencia anual del programa Revit de manera individual de \$2.310,00, esta colección representa una mejor alternativa económica y conlleva a mayores beneficios, ya que su costo anual es de \$2.825,00 y ofrece una cantidad de software, la cual se presenta en el Cuadro 3:

| Cuadro 3. Software disponibles en la colección AEC de Autodesk | | | |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Software | Precio individual anual | Características | ¿Se adapta a la empresa? |
| Revit | \$2.310,00 | Produce diseños y documentación de edificios coherentes, coordinados y completos basados en modelos. | Sí |
| Civil 3D | \$2.205,00 | Software de documentación y diseño para infraestructura civil | No |
| AutoCAD | \$1.610,00 | Software de diseño asistido por computadora (CAD) para crear dibujos precisos en 2D y 3D. | Sí |
| Infraworks | \$1.655,00 | Permite planificar y diseñar proyectos de infraestructura en el contexto del mundo real. | No |
| Navisworks Manage | \$2.175,00 | Software de revisión de modelos 3D. | Sí |
| ReCap Pro | \$310,00 | Software de captura de realidad y escaneo 3D para la creación inteligente de modelos. | No |
| Advance Steel | \$1.995,00 | Software de modelado 3D para detalles, diseño, fabricación y construcción de acero. | Sí |
| Insight | Solo disponible para suscriptores. | Software de análisis de rendimiento energético. | No |
| Revit Live | Solo disponible en AEC collection | Convierte los modelos de Revit en una experiencia inmersiva, ayudando a los arquitectos a comprender, explorar y compartir sus diseños. | No |
| Dynamo Studio | \$310,00 | Es un entorno de programación independiente que permite a los diseñadores crear lógica visual para explorar diseños conceptuales paramétricos y automatizar tareas. Es un software de diseño computacional BIM. | Sí |
| FormIt | Solo disponible en AEC collection | Permite esbozar, colaborar, analizar y compartir conceptos de diseño en etapas tempranas. | No |
| Vehicle Tracking | Solo disponible en AEC collection | Software de análisis de ruta de recorrido de vehículos. | No |
| Autodesk Rendering | Solo disponible para suscriptores de software | Utilizando la renderización en la nube, se puede aprovechar la ventaja de la potencia de computación virtualmente infinita para crear imágenes fotorrealistas y de alta resolución en una fracción de tiempo. | No |
| 3ds Max | \$1.545,00 | Produce renderizaciones de calidad cinematográfica a la visualización del diseño | No |
| Fabrication CadMEP | \$940,00 | Crea modelos MEP, genera estimaciones e impulsa la fabricación | No |
| Structural Bridge Design | Solo disponible en AEC collection | Software de análisis de puentes. Permite realizar carga integrada, análisis y verificación de códigos de puentes pequeños a medianos. | No |
| Robot Structural Analysis Professional | Solo disponible en AEC collection | Software de análisis estructural BIM para ingenieros. | Sí |
| Autodesk Drive | Solo disponible en AEC collection | Almacena, prevvisualiza y comparte de manera segura tus datos de diseño en 2D y 3D | Sí |

Fuente: (Autodesk Inc, 2019) Modificado por Molina, W.

Al realizar la sumatoria del costo que conlleva el adquirir los programas de la colección de manera individual, se obtiene un total de \$15.055,00 anual, mientras que como se explicó anteriormente, el costo total de la AEC Collection es de \$2.825,00, por lo que el porcentaje de ahorro es de 81 %. Ahora bien, hay que considerar que algunos de estos softwares no pueden ser adaptables a la empresa debido a que su utilidad se centra en disciplinas como la arquitectura o electromecánica. Esta distribución se muestra en la Figura 44:

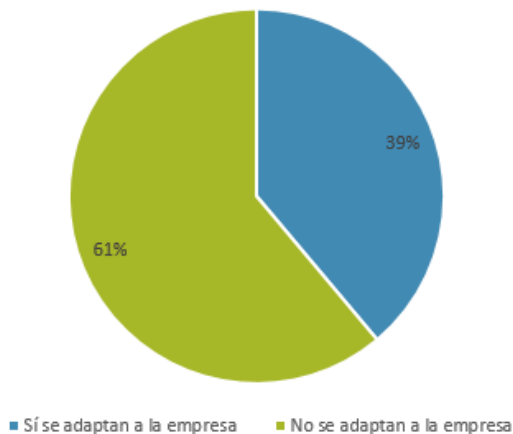


Figura 44. Distribución de softwares adaptables de la colección AEC para la empresa.
Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

Tomando en cuenta solo aquellos programas que pueden utilizarse para la ejecución de proyectos estructurales, se tendría un costo anual de \$8.400,00, lo que representa que al adquirir la colección hay un 66 % de ahorro.

Además, se obtiene que dentro del 39 % de programas observados en la Figura 44 que pueden adaptarse a B.A. Ingeniería, solo son conocidos por la empresa tres de ellos: Revit, AutoCAD y Navisworks, siendo el último utilizado únicamente cuando se trabaje bajo una metodología BIM. Estos programas representan apenas el 17 %, observado en la Figura 45, de los softwares que se encuentran dentro de la colección, teniendo un costo anual de \$6.095,00 para ellos, en donde de igual manera se presenta un ahorro de un 54 % al adquirirlos mediante la colección comparado con su precio individual anual.

Sin embargo, para aprovechar los recursos disponibles dentro de esta colección

debe implementarse el 22 % de los programas mostrados en la Figura 45 que son desconocidos actualmente por la empresa y que pueden utilizarse para el proceso de diseño estructural y que, además, permiten un flujo de trabajo BIM.

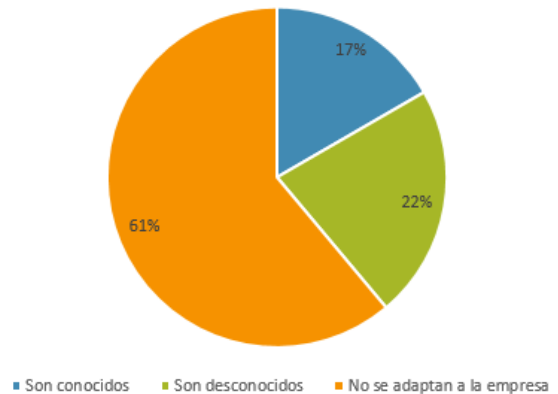


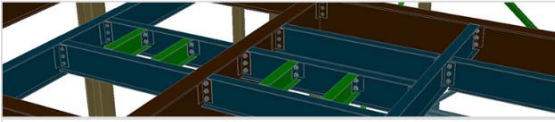
Figura 45. Distribución de software conocidos de la colección AEC para la empresa.
Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Excel.

Los beneficios más relevantes de la implementación de aquellos softwares que se encuentran dentro del 22 % de la Figura 45 de detallan a continuación:

Advance Steel:

- Permite importar modelos 3D para acelerar la fabricación de acero, lo anterior mediante el enlace bidireccional entre Advance Steel y Revit que permite colaborar en el mismo modelo 3D, ahorrando tiempo y minimizando los errores.
- Permite automatizar tareas repetitivas con un conjunto de herramientas de diseño inteligente. Puede utilizarse la extensión Dynamo, utilizar la biblioteca de conexiones de acero o las herramientas dedicadas para acelerar el diseño, entre otros.
- Permite adoptar un flujo de trabajo BIM para una mejor precisión y previsibilidad.
- Gestión del diseño de conexiones repetitivas de manera más fácil y eficiente.
- La modelación de escaleras y barandas se realiza más rápido.
- Permite la creación de elementos plegados de cualquier geometría.

- Permite acceder y transferir datos y propiedades de fabricación.
- Dibujos con mayor claridad y precisión.
- Controla y rastrea la documentación.
- Interoperabilidad con diversa cantidad de programas.

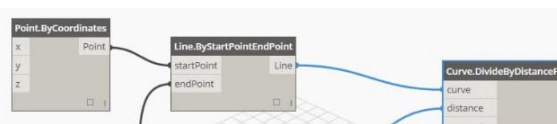


A ADVANCE STEEL

Figura 46. Vista previa de *Advance Steel*
Fuente: (Autodesk Inc, 2019)

Dynamo Studio:

- Permite explorar opciones de diseño más rápido al utilizar datos, lógica y análisis simple.
- Puede importar y exportar datos desde Excel, csv, formatos de imagen y dwg, entre otros. Lo anterior en tiempo real y con un flujo de trabajo simple.
- Visualización de problemas geométricos complejos con lógica gráfica para impulsar el comportamiento del modelo de diseño.
- No requiere experiencia en programación para escribir un código utilizando una interfaz de script simple y potente.
- Permite automatizar las tareas repetitivas para acelerar el proceso de diseño y mejorar la eficiencia del mismo.
- Visualización y análisis de proyectos con precisión de superficie y geometría sólida.
- Extender diseños de flujo de trabajo BIM interoperables para documentación, fabricación, simulación, coordinación y análisis.
- En la comunidad de código abierto, se puede compartir preguntas y obtener respuestas de otros usuarios.

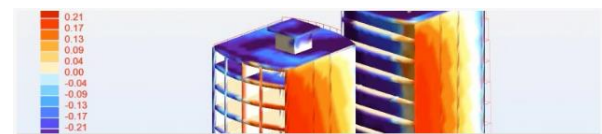


D DYNAMO STUDIO

Figura 47. Vista previa de *Dynamo Studio*
Fuente: (Autodesk Inc, 2019)

Robot Structural Analysis Professional:

- Permite intercambiar datos con Revit y otras herramientas de diseño, utilizando un flujo de trabajo BIM.
- Realiza simulación de carga de viento.
- Prueba el comportamiento de estructuras estáticas, modales y no lineales.
- Presenta los resultados de análisis estructural de manera gráfica.
- Permite la creación de una malla de elementos finitos de alta calidad para obtener resultados de análisis más precisos.
- Permite trabajar bajo estándares de diseño específicos del país.
- Tiene versatilidad de diseño.
- Se pueden crear estructuras paramétricas personalizadas, extrayendo los resultados directamente del software, ampliando las capacidades de análisis y verificación de código.



R ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL

Figura 48. Vista previa de *Robot Structural Analysis Professional*.
Fuente: (Autodesk Inc, 2019)

Autodesk Drive:

- Admite más de 60 tipos de archivos de Autodesk y de terceros para visualización. Además, en ciertos tipos de archivos se pueden realizar ediciones en los diseños y Drive administra las referencias de manera automática.
- Permite que los colaboradores en proyectos de CAD, CAM y BIM vean los modelos y dibujos directamente en sus navegadores, sin necesidad de complementos o descargas.
- Permite visualizar y organizar los archivos almacenados en Drive desde las aplicaciones de escritorio, descargándolos solo cuando se necesite. Esto permite preservar el almacenamiento local del equipo computacional.

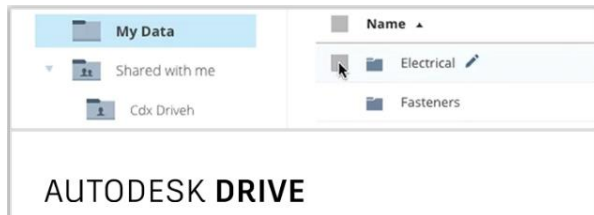


Figura 49. Vista previa de Autodesk Drive
Fuente: (Autodesk Inc, 2019)

Es importante considerar que el cambio más significativo en la empresa corresponde a la implementación del software Robot Analysis Structural Profesional de Autodesk, sustituyendo a ETABS perteneciente a CSI. Dado lo anterior, en el Cuadro 4 se muestra un pequeño resumen comparativo de estos softwares:

| Cuadro 4. Comparación entre Robot S.A.P y ETABS | | |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Software | Robot S.A.P | ETABS |
| Velocidad de elaboración de proyecto estructural | Más rápido, mayor cantidad de herramientas | Más lento, mayor costo del proyecto |
| Información disponible | Menor cantidad | Mayor cantidad, más utilizado |
| Diseño de cimentaciones | No requiere más herramientas | Necesita el software SAFE |
| Diseño de Losas | No requiere más herramientas | Necesita el software SAFE |
| Diseño por viento | Calcula los efectos dinámicos | No calcula los efectos dinámicos |
| Memoria de cálculo | Entrega graficas del acero en los elementos estructurales | No entrega graficas del acero en los elementos estructurales |
| Integración con AutoCAD o Revit | No Requiere un módulo para integrarse a los productos de Autodesk | Requiere un módulo para integrarse a los productos de Autodesk |

Fuente: (Briones & Álvarez, 2018) Modificado por Molina, W.

Por último, hay que contemplar si la implementación de estos software requiere de la adquisición de nuevo equipo computacional, por lo que se consultó al ing. Miguel Marengo acerca del estado de los equipos en la empresa actualmente, brindando como resultado la información de dos equipos los cuales representan la mayor y menor capacidad computacional, los cuales se muestran en el Cuadro 5:

| Cuadro 5. Equipos en la empresa | | |
|----------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| CPU | Equipo 1 | Equipo 2 |
| Procesador | Intel I5 8400 | Intel I7 870 |
| Frecuencia de Procesador | 2,80 GHz turbo 4,00 GHz | 2,93 GHz turbo 3,60 GHz |
| RAM | 16 GB/3200 MHz | 12 GB/1333 MHz |
| Disco Duro | Estado Sólido 480 GB | Mecánico 1TB |
| Gpn | Gtx 1650 4 GB GDDR5 | Radeon HD 5450 2GB DDR3 |

Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Word

Lo anterior afirma que los equipos computacionales tienen la suficiente capacidad para adaptarse en la empresa B.A. Ingeniería, respaldado mediante el Cuadro 6.

| Cuadro 6. Requisitos del sistema de programas recomendados | | | |
|-------------------------------------------------------------------|---------------|----------------|---------------------|
| Software | Advance Steel | Dynamo Studio | Robot S.A.P |
| Frecuencia de Procesador | 2,5–2,9 GHz | Intel i-Series | Compatible con SSE2 |
| RAM | 8 GB | 4 GB | 8 GB |
| Disco Duro | 9 GB | 1 GB | 5 GB |

Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Word

En el Cuadro 6, en donde se resumen los requerimientos principales para tres softwares recomendados de la colección AEC, no incluyendo Autodesk Drive, ya que este trabaja desde la nube. Se concluye que la empresa B.A. Ingeniería posee los recursos computacionales para su implementación.

Sistemas de clasificación BIM

En los cuestionarios realizados en relación con el primer objetivo del presente proyecto, se halló como resultado que el departamento de ingeniería desconoce los sistemas de clasificación BIM; sin embargo, mediante la observación de los procedimientos de trabajo de la empresa se encontró que para algunos proyectos se confecciona un documento de especificaciones técnicas. Este proceso se realiza únicamente cuando el cliente lo solicita y la empresa ha utilizado un sistema de clasificación BIM sin conocer acerca de él. Este sistema es MasterFormat y se utiliza como índice para el documento elaborado por B.A. Ingeniería.

Para estandarizar los sistemas de clasificación BIM en la empresa, se pretende que el sistema de clasificación adecuado se utilice para

la totalidad de los proyectos desde el aspecto de modelado de la información.

Se realizó una investigación acerca de los sistemas de clasificación BIM y se encontró que los más utilizados a nivel mundial son OmniClass, UniClass, UniFormat y MasterFormat, aunque no son los únicos existentes.

Seguidamente, se muestra la manera utilizada por cada sistema para clasificar la información, resumiendo sus tablas y estructuras, seguido del Cuadro 7 que resume sus principales características:

OmniClass:

Se basa en clasificación por códigos ordenados mediante tablas. Fue creado en Estados Unidos y tiene como objetivo combinar varios sistemas de clasificación para muchos temas basándose principalmente en la norma ISO 12006-2.

Este sistema de clasificación se conforma mediante tablas, mostradas en la Figura 50:

| <u>TABLE</u> | <u>STATUS</u> | <u>RELEASE DATE</u> |
|---------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------|
| <u>OmniClass™ EULA</u> | | 7/01/2019 |
| <u>OmniClass Introduction</u> | Version 2.1 | 2/22/2019 |
| <u>Table 11 - Construction Entities by Function</u> | Pre Consensus Approved Draft | 2/26/2013 |
| <u>Table 12 - Construction Entities by Form</u> | Pre Consensus Approved Draft | 10/30/2012 |
| <u>Table 13 - Spaces by Function</u> | National Standard | 5/16/2012 |
| <u>Table 14 - Spaces by Form</u> | Release | 3/28/2006 |
| <u>Table 21 - Elements (includes Designed Elements)</u> | National Standard | 5/16/2012 |
| <u>Table 22 - Work Results</u> | National Standard | 5/16/2012 |
| <u>Table 22 - Work Results</u> | Pre Consensus Approved Draft | 8/25/2013 |
| <u>Table 23 - Products</u> | National Standard | 5/16/2012 |
| <u>Table 31 - Phases</u> | Pre Consensus Approved Draft | 10/30/2012 |
| <u>Table 32 - Services</u> | National Standard | 5/16/2012 |
| <u>Table 33 - Disciplines</u> | Pre Consensus Approved Draft | 10/30/2012 |
| <u>Table 34 - Organizational Roles</u> | Pre Consensus Approved Draft | 10/30/2012 |
| <u>Table 35 - Tools</u> | Draft | 3/28/2006 |
| <u>Table 36 - Information</u> | National Standard | 5/16/2012 |
| <u>Table 41 - Materials</u> | Pre Consensus Approved Draft | 10/30/2012 |
| <u>Table 49 - Properties</u> | Pre Consensus Approved Draft | 10/30/2012 |

Figura 50. Sistema de Clasificación BIM OmniClass.
Fuente: (Construction Specifications Institute, 2019)

UniClass:

Este sistema fue creado en el Reino Unido en 1997. Se considera equivalente al sistema OmniClass, por lo que, de igual manera, su clasificación se realiza mediante tablas, pero estas se ordenan utilizando el alfabeto. Además, se basa en la norma ISO 12006-2 e ISO/PAS 12006-3 (antecesora de las normas ISO actuales)

Las tablas utilizadas por este sistema utilizan la siguiente nomenclatura:

Ac: Activities

Co: Complexes

EF: Elements / Functions

En: Entities

FI: Form of Information

PM: Project Management

Pr: Products

Ro: Roles

SL: Spaces / Locations

Ss: Systems

TE: Tools and Equipment

Zz: CAD

En la Figura 51 se muestra el formato utilizado por este sistema de clasificación.

| Code | Title | Activities |
|-------------|-------------------------------|---------------------|
| Ac | Activities | Complexes |
| Ac_05 | Project management activities | Elements/ functions |
| Ac_05_00 | Strategy stage activities | Entities |
| Ac_05_00_10 | Business case development | Form of information |
| Ac_05_00_80 | Strategic brief preparation | Project Management |
| Ac_05_00_82 | Strategic brief submission | Products |
| Ac_05_10 | Brief stage activities | Roles |
| Ac_05_10_15 | Cost estimate preparation | Spaces/ locations |
| | | Systems |
| | | Tools and Equipment |
| | | CAD |

Figura 51. Sistema de Clasificación BIM UniClass.

Fuente: (RIBA Enterprises Ltd, 2019)

UniFormat:

Fue creado por ASTM (American Society for Testing and Materials), CSI (Construction Specifications Institute) y CSC (Construction Specifications Canada), es utilizado para clasificación de especificaciones, estimación de

costos y análisis de gasto energético. Organiza las partes físicas de la estructura, agrupándolos mediante niveles. Funciona mediante una tabla dividida por las categorías mostradas en la Figura 52.

| | | | |
|----------|---------------------|----------|--------------------------------------------|
| A | SUBSTRUCTURE | E | EQUIPMENT AND FURNISHINGS |
| B | SHELL | F | SPECIAL CONSTRUCTION AND DEMOLITION |
| C | INTERIORS | G | BUILDING SITEWORK |
| D | SERVICES | Z | GENERAL |

Figura 52. Categorías del sistema UniFormat

Fuente: (The Constructions Specification Institute, 2010)

Estas categorías se dividen a su vez en distintos niveles, como se muestra en la Figura 53.

| | | |
|--------------------|-----------------------------|----------------|
| A | SUBSTRUCTURE | Level 1 |
| A10 | Foundations | Level 2 |
| A1010 | Standard Foundations | Level 3 |
| A1010.10 | Wall Foundations | Level 4 |
| A1010.10.CF | Continuous Footings | Level 5 |

Figura 53. Sistema de Clasificación BIM UniFormat
Fuente: (The Construction Specification Institute, 2010)

MasterFormat
Es utilizado principalmente en América del Norte y fue publicado en 1975 por CSI y CSC. Su sistema enumera los títulos y secciones para

ordenar la información sobre productos y actividades relacionadas con la construcción.

Se conforma de una tabla con divisiones de categorías utilizando una serie de 6 números y títulos, como se muestra en la Figura 54.

| | |
|-----------------|-------------------------------------------------|
| 00 00 00 | Procurement and Contracting Requirements |
| 00 01 01 | Project Title Page |
| 00 01 03 | Project Directory |
| 00 01 05 | Certifications Page |
| 00 01 07 | Seals Page |
| 00 01 10 | Table of Contents |
| 00 01 15 | List of Drawing Sheets |
| 00 01 20 | List of Schedules |
| 00 10 00 | Solicitation |
| 00 11 00 | Advertisements and Invitations |
| 00 11 13 | Advertisement for Bids |
| 00 11 15 | Advertisement for Prequalification of Bidders |
| 00 11 16 | Invitation to Bid |
| 00 11 19 | Request for Proposal |
| 00 11 53 | Request for Qualifications |
| 00 20 00 | Instructions for Procurement |
| 00 21 00 | Instructions |
| 00 21 13 | Instructions to Bidders |
| 00 21 16 | Instructions to Proposers |
| 00 22 00 | Supplementary Instructions |
| 00 22 13 | Supplementary Instructions to Bidders |
| 00 22 16 | Supplementary Instructions to Proposers |
| 00 23 00 | Procurement Definitions |

Figura 54. Sistema de Clasificación BIM MasterFormat
Fuente: (The Construction Specifications Institute & Construction Specifications Canada , 2016)

Cuadro 7. Comparación entre sistemas de clasificación

| Sistema de Clasificación | OmniClass | UniClass | UniFormat | MasterFormat |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Definición | Es un sistema que se basa en la clasificación por códigos ordenados utilizando tablas, agrupando todos los elementos ubicados en el proyecto según su función, forma, fases, u otro. | Se desarrolló en Reino Unido y es equivalente al OmniClass. Tiene como objetivo clasificar la información de un proyecto de una manera estructurada mediante tablas que contienen los códigos para la clasificación. | Este sistema es creado para la clasificación de las especificaciones, estimación de costos y análisis de gasto energético. Permite ordenar la información de la construcción, por medio de partes físicas denominadas sistemas y ensamblajes, los cuales son caracterizados según su función. | Este estándar ordena los datos asociados con los requisitos de construcción, productos y actividades. Lo realiza mediante enumeración de los títulos y los números de las secciones. |
| Referencias | ISO 12006-2, ISO 12006-3, MasterFormat, UniFormat, EPIC | ISO 12006-2, SfB, CAWS, EPIC, CESMM | ISO 12006-2, Juicio de profesionales | Práctica de la industria y desarrollo gradual |
| Propósito | Organizar y clasificar toda la información del producto para todos los elementos pertenecientes a la edificación durante el ciclo de vida del proyecto. | Organizar materiales, estructurar la información de los productos y del proyecto para todos los aspectos relacionados con el proceso de diseño y construcción. | Organizar la información de la construcción según sus partes físicas o elementos funcionales, facilitando el proceso de estimación de costos. | Organizar, mediante la denominada lista maestra, los resultados del proceso de construcción, requisitos, productos y actividades. Normalmente es utilizado para licitación y presupuesto. |
| Organización | Se conforma por 15 tablas que permiten clasificar los elementos por número y nombre. | Se conforma de 11 tablas que separan cada fase de la construcción, en donde cada tabla contiene categorías que se dividen utilizando una escala decimal de 6 dígitos | Se conforma de una tabla con designaciones alfanuméricas y títulos en 5 niveles. El nivel uno se conforma de 8 categorías que se separan según su función. | Se conforma de una tabla con divisiones de categorías utilizando una serie de 6 números y títulos. Se compone de niveles que permiten áreas más detalladas de resultados de trabajo. |

Fuente: (Afsari & Eastman, 2016). Modificado por Molina, W.

Sistema de clasificación BIM para la empresa

En la empresa B.A. Ingeniería puede aplicarse cualquiera de los sistemas de clasificación analizados; sin embargo, siguiendo las recomendaciones de la norma ISO 19650, en donde se especifica que debe utilizarse un sistema que esté de acuerdo con la norma ISO 12006-2, se decide que lo apropiado es utilizar el sistema OmniClass. Sin embargo, a pesar de que entre los sistemas analizados hay tres que cumplen con

esta referencia, OmniClass es más apropiado, ya que se basa en otros sistemas como MasterFormat, UniFormat y EPIC y es considerado el más completo, abarcando aspectos que otros sistemas no toman en cuenta.

Es importante considerar que, para utilizar este sistema de clasificación se debe tener en cuenta que tiene que descargarse un complemento gratuito, pues, a pesar de que este sistema se encuentra incluido en Revit por defecto, al crear familias, su versión está desactualizada.

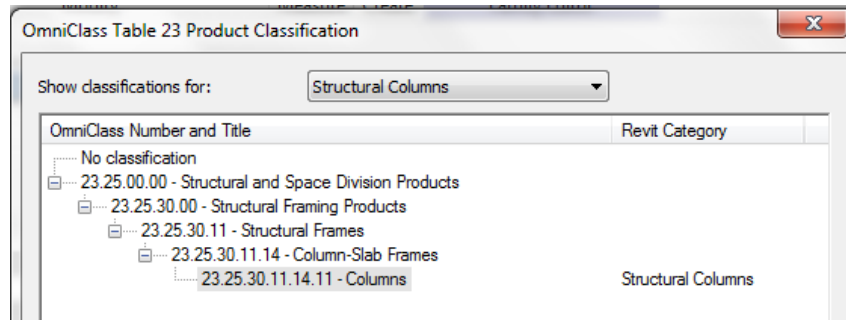


Figura 55. Tabla 23 OmniClass versión 2006 (desactualizada) incluida en Revit
Fuente: Elaboración propia mediante herramienta Recortes

La versión de OmniClass mostrada en la Figura 55 es del año 2006, estando su numeración

desactualizada, debido a cambios realizados en el año 2012, como se muestra en la Figura 56:

| | | | | |
|-------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------|
| 23-13 35 00 | Framing Products | | | |
| 23-13 35 11 | | Structural Frames | | |
| 23-13 35 11 11 | | | Beam Column Frames | |
| 23-13 35 11 13 | | | Column Slab Frames | |
| 23-13 35 11 13 11 | | | | Columns |
| 23-13 35 11 13 13 | | | | Beams |

Figura 56. Tabla 23 OmniClass versión 2012
Fuente: (Construction Specifications Institute, 2012)

Por lo tanto, para utilizar la versión actualizada del sistema de clasificación OmniClass, se debe instalar un complemento gratuito que permitirá utilizar el sistema de clasificación deseado.

Este complemento se mostrará en la pestaña Add-Ins, mostrada en la Figura 57, que contiene el software Revit y permitirá disponer de diversos sistemas de clasificación, facilitando su incorporación desde la fase de modelado

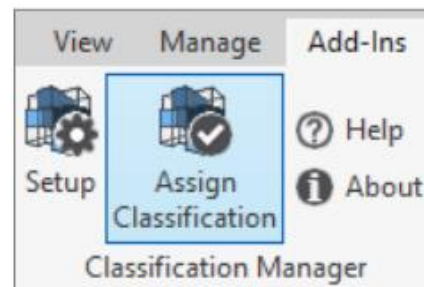


Figura 57. Complemento para asignar sistemas de clasificación en Revit
Fuente: (Autodesk Inc, s.f)

La Figura 58 muestra un ejemplo de la interfaz en la cual se puede elegir el sistema de clasificación

por emplear dentro del software Revit al momento de modelar los elementos estructurales.

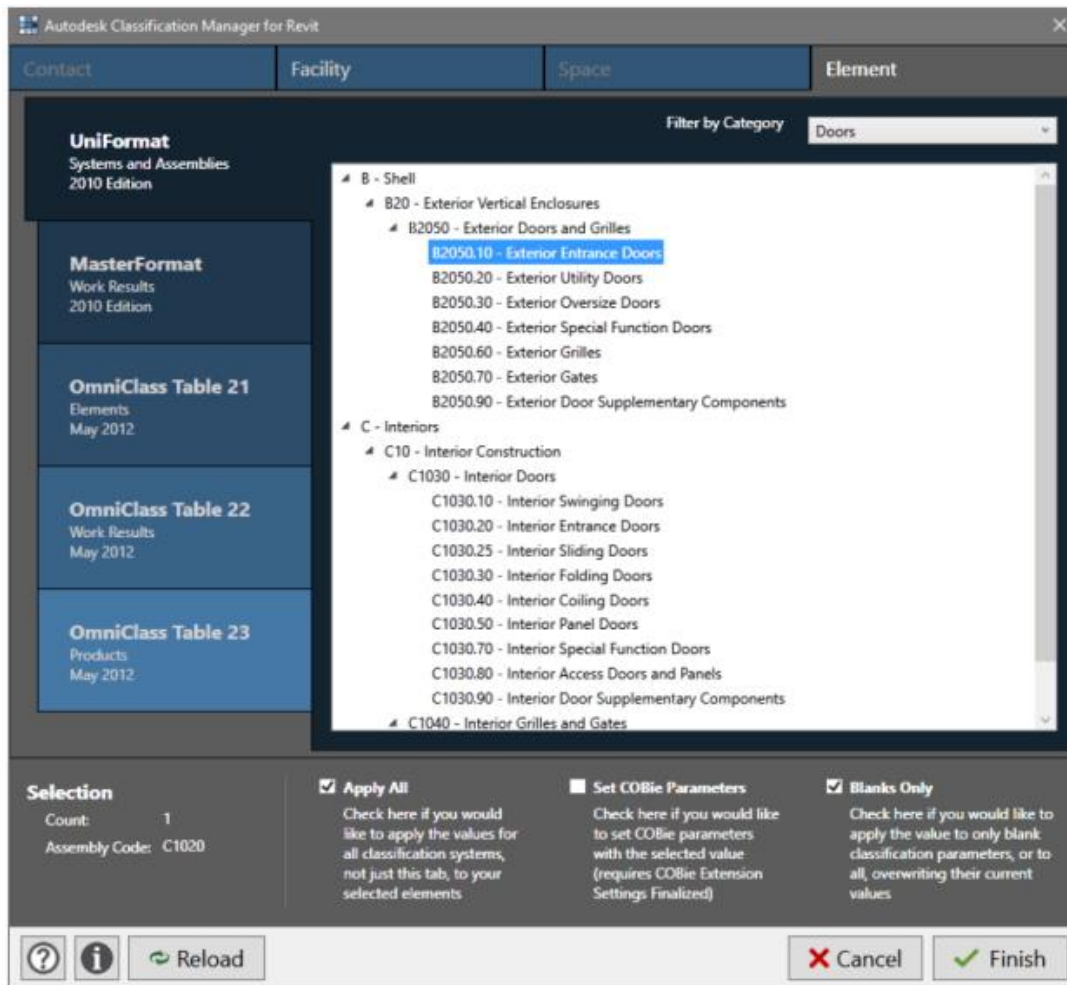


Figura 58. Ejemplo de Sistemas de clasificación incluidos en el complemento
Fuente: (Autodesk Inc, s.f)

Herramienta para la estandarización BIM

Como resultado final del presente proyecto, se elaboró un documento, el cual tiene como objetivo generar conocimiento en la empresa acerca de la metodología de trabajo BIM, en donde se definió un nuevo procedimiento para la elaboración de proyectos utilizando los conceptos de la norma de estandarización ISO 19650 (Partes 1 y 2).

Para la elaboración de este documento se realizó una investigación con diversas fuentes

bibliográficas que permitiera explicar los conceptos más importantes relacionados con BIM que la empresa debe conocer y se utilizó la norma ISO 19650 para plantear un nuevo flujo de trabajo para la totalidad de los proyectos utilizando BIM

A continuación, se presenta la portada en la Figura 59, el índice en la Figura 60 y un esquema en la Figura 61 que resume la nueva metodología recomendada, el documento completo se mostrará en el Apéndice 5. Además, el Cuadro 8 resume los principales resultados esperados en la empresa B.A. Ingeniería al seguir las recomendaciones planteadas en este proyecto.

Guía para la estandarización BIM



Elaborado por Wendy Melissa Molina Sanabria

Noviembre 2019

1

Figura 59. Portada de documento *Guía para la estandarización BIM*
Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Recortes

Índice

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Histórico de Revisiones..... | 3 |
| Objeto de la Guía..... | 3 |
| Alcance de la Guía..... | 3 |
| Parte 1: Definiciones..... | 4 |
| Building Information Modeling (BIM)..... | 4 |
| BIM en Costa Rica..... | 11 |
| Parte 2: Estandarización BIM..... | 13 |
| Gestión de la información (Según normas ISO 19650, parte 1 y 2)..... | 13 |
| Proceso de gestión de la información durante la fase de desarrollo de los activos (Según ISO 19650)..... | 18 |
| Metodología de trabajo BIM..... | 20 |
| Bibliografía..... | 30 |

Figura 60. Índice de documento Guía para la estandarización BIM

Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Recortes

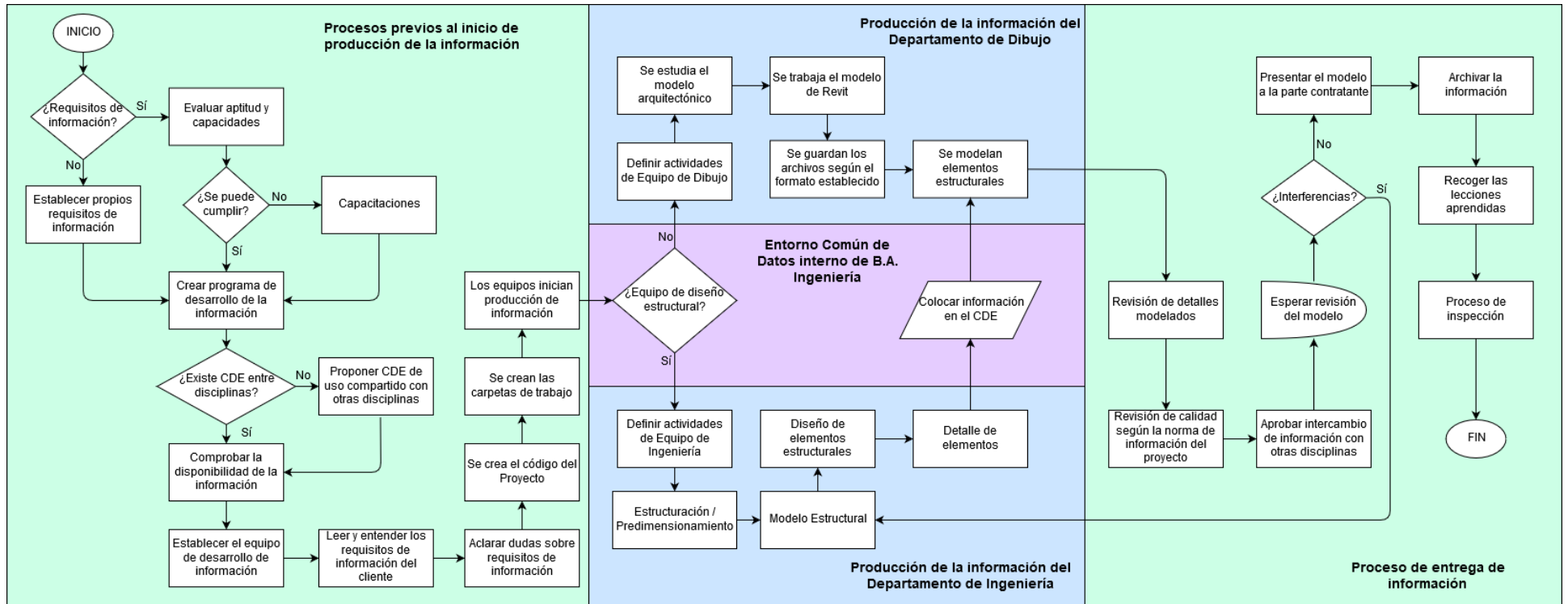


Figura 61. Diagrama de Procesos BIM para la empresa B.A. Ingeniería.

Fuente: Elaboración propia mediante herramienta draw.io

Cuadro 8. Resultados esperados de la estandarización planteada

| Aspecto | Situación actual de la empresa | Mejora esperada al implementar la Guía para la Estandarización BIM |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensión BIM | Hasta 3D | Se espera que la empresa siga trabajando hasta 3D; sin embargo, el modelo debe contener la información necesaria y correcta para que otras disciplinas puedan trabajar en una dimensión mayor si lo desean. |
| Nivel BIM | Nivel 1 y en algunos casos nivel 2. | Se espera que la empresa trabaje totalmente en un nivel 2 de BIM en donde exista una colaboración completa entre los agentes involucrados, para posteriormente, cuando exista estandarización a nivel nacional, llegar a una integración completa. |
| LOD | LOD 300 | La empresa conocerá los diferentes niveles de LOD que se han establecido para que se tenga la capacidad de cumplir con un modelado correcto cuando este se establezca como requisito de información. Además, mediante una capacitación adecuada se debe garantizar que los niveles de LOD sean modelados de la manera correcta. |
| Modelo BIM | Revit de Autodesk | Se espera que la empresa tome las recomendaciones expresadas acerca de capacitar a los miembros del departamento de dibujo, al hacerlo se mejorarán aspectos de modelado en Revit, aumentando la calidad y valor de sus modelos. Además, se espera que la empresa domine otros software para BIM como lo son Navisworks, BIM 360, Revizto u otros que puedan implementarse; además, de trabajar con el formato IFC cuando sea necesario. |
| Programas para diseño | ETABS, SAP 2000, SAFE | La incorporación del software Robot Structural Analysis Professional ayudaría a un flujo coordinado BIM entre los departamentos de ingeniería y dibujo. El cambio de programas requiere de una curva de aprendizaje que puede verse disminuido al efectuar las respectivas capacitaciones. |
| CDE | No está establecido, se utiliza si lo proporciona el cliente | La idea de establecer un CDE se incluirá para la totalidad de proyectos ejecutados por la empresa B.A. Ingeniería. Si alguna parte involucrada ofrece un CDE debe seguirse todo lo establecido por ese agente, de lo contrario la empresa deberá implementar una plataforma que permita el intercambio de información de manera estandarizada. Además, se agregó que la empresa debe contar con un CDE interno, el cual permita el intercambio adecuado entre los equipos de trabajo de ingeniería y dibujo de un mismo proyecto. |
| BEP | No está establecido, se utiliza si lo proporciona el cliente | Debe ser leído y comprendido por todos los participantes del proyecto dentro de B.A. Ingeniería, tanto del departamento de ingeniería como el de dibujo. Debe revisarse cada aspecto incluido y verificar que se tengan todos los recursos necesarios para su cumplimiento. En caso de que no existiese, B.A. Ingeniería puede plantear su propio BEP; sin embargo, se recomienda que previamente se asigne un equipo de trabajo BIM que pueda realizar la coordinación de la información entre las disciplinas involucradas, lo cual no se logrará a corto plazo. |
| Sistemas de Clasificación | MasterFormat, se utiliza si lo pide el cliente | Con las recomendaciones asignadas se pretende que la empresa cambie al sistema OmniClass y que este sistema se incluya en todos los proyectos desde el modelo de Revit. |

| Cuadro 8. Resultados esperados de la estandarización planteada | | |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aspecto | Situación actual de la empresa | Mejora esperada al implementar la Guía para la Estandarización BIM |
| Requisitos de Información | No está establecido, se utiliza si lo proporciona el cliente | La empresa B.A. Ingeniería debe proporcionar los requisitos de información que considere necesarios para establecer una buena coordinación y cooperación entre las disciplinas involucradas en la ejecución de los proyectos. Además, debe seguir todos los requisitos que otras empresas agreguen. |
| Colaboración entre disciplinas | No está establecido, se utiliza si lo proporciona el cliente | Se espera que la empresa promueva la colaboración entre diversas disciplinas en la totalidad de los proyectos, mejorando la comunicación y coordinación en beneficio del proyecto realizado en conjunto. |
| Colaboración entre equipo de ingeniería y dibujo | No está establecido | Este es uno de los aspectos más importantes que se espera mejoren con la Guía de estandarización BIM, ya que al efectuar una coordinación entre los departamentos pertenecientes a la empresa se espera que aumente la productividad y se disminuya los tiempos de elaboración de información de los proyectos, consiguiendo así un beneficio económico para la empresa. |

Fuente: Elaboración propia mediante Microsoft Word

Análisis de los resultados

Desarrollo de proyectos en la empresa

Diferencias al utilizar BIM

Al realizar la investigación de los procesos de desarrollo dentro de la empresa, se observa que cuando no existe BIM, los dibujantes realizan un modelo Revit que se entrega al cliente; sin embargo, no existe ninguna coordinación interdisciplinaria al realizar estos modelos, por lo que no se aprovecha la capacidad de esta herramienta para lo correspondiente a la colaboración y la detección temprana de interferencias.

Por otra parte, al recopilar la información cuando se utiliza BIM dentro de la empresa B.A. Ingeniería se puede observar que aún no se ha aplicado una metodología de trabajo con los procedimientos adecuados, ya que en lo que corresponde al departamento de ingeniería, solo los más experimentados han participado en proyectos BIM y no han involucrado a los más jóvenes.

Además, el procedimiento es establecido por la empresa que proporciona el Plan de Ejecución BIM, caracterizado por contar con un BIM Manager encargado de la coordinación entre las disciplinas. Por lo tanto, a nivel interno de la empresa B.A. Ingeniería, no se ha establecido una metodología de trabajo BIM, por lo que su participación en la colaboración multidisciplinaria y las herramientas utilizadas son establecidas por una empresa ajena a los procesos internos.

En cuanto al departamento de dibujo, se observó que son ellos quienes tienen la mayor responsabilidad en el éxito de la metodología, ya que se encargan en su totalidad de realizar los archivos de modelaje utilizando Revit, pero son estos quienes tienen el menor conocimiento sobre

el tema y no saben utilizar el programa de manera adecuada para explotar al máximo su capacidad, lo anterior quedó evidenciado en los cuestionarios efectuados.

Al realizar la comparación de los aspectos encontrados en los Planes de Ejecución BIM del Cuadro 2, se encontraron todos los aspectos con los que B.A. Ingeniería no cuenta y deben ser incluidos en la metodología planteada en este proyecto. Además, la forma de trabajo dentro de la oficina puede no ser la más eficiente, debido a que los departamentos de ingeniería y de dibujo no trabajan de manera unida durante la ejecución de los proyectos, por lo que este proyecto debe implementar una solución ante esta situación, ya que no se puede lograr una buena coordinación multidisciplinaria como lo es el BIM sin antes lograr trabajar de manera colaborativa a nivel interno de la empresa.

Cuestionarios al departamento de ingeniería

Dentro de los integrantes que pertenecen al departamento de ingeniería se encontraron las opiniones y el conocimiento más acertado acerca de la metodología BIM al aplicarse los cuestionarios. Para evaluar los comentarios emitidos por los ingenieros, se clasificaron según la cantidad de tiempo que tienen de laborar para la empresa. Lo anterior permitió determinar si el conocimiento acerca de la metodología de trabajo BIM y el uso del programa Revit de Autodesk están ligados con el tiempo que cuenta la persona de laborar en la empresa o si, por el contrario, este no es un factor que afecta el conocimiento y la percepción que ellos poseen.

Además, se debe mencionar que este cuestionario se aplicó a los 12 ingenieros que se dedican al diseño e inspección de los proyectos, sin tomar en cuenta al Gerente de Proyecto, ing. Bernardo Sauter, y la Directora de Proyecto, ing.

Laura Romero, ya que ellos se encargan de labores administrativas y de realizar visitas o reuniones con clientes por lo que no realizan labores de diseño estructural diariamente.

Se iniciará analizando el caso de los ingenieros que tienen menos de un año en la empresa B.A. Ingeniería, de los cuales uno de ellos afirmó que no ha tenido malas experiencias, debido a una mala coordinación con alguna disciplina involucrada dentro del proyecto, mientras que los otros dos si las han tenido, comentando que han sido con las disciplinas de arquitectura y electromecánica, o en general por cambios de última hora.

En lo que respecta al conocimiento acerca de la metodología BIM, solo uno de estos ingenieros reconoció no haber escuchado sobre ello, cabe destacar que dicho ingeniero es el que tiene menor tiempo de laborar para la empresa con solo dos meses y medio; sin embargo, es uno de los ingenieros de mayor edad y experiencia en lo que respecta a la ingeniería, por lo que al ser la metodología BIM un tema reciente en el país se puede justificar dicho desconocimiento.

Dentro de aquellos que sí han escuchado el término, uno de ellos comentó que lo ha escuchado, pero que no lo conoce a profundidad, no ha realizado proyectos BIM y, por lo tanto, no ha notado diferencias entre cuando es utilizado o no. Mientras que el otro mencionó que lo conoce al realizar proyectos en donde se encuentra un BIM Manager, que ha realizado tres proyectos utilizándolo, de los cuales dos fueron dentro de B.A. Ingeniería, y que la principal diferencia es “que hay mayor perspectiva de que elementos se deben modificar entre las disciplinas para evitar o minimizar errores en construcción”.

Sobre la pregunta acerca del software de modelado Revit, el ingeniero que posee el menor tiempo de laborar en la empresa y desconoce BIM, afirmó que califica su conocimiento como malo y no conoce si los programas utilizados para análisis estructural pueden ser reconocidos por Revit, mientras que los dos restantes consideran que su conocimiento en Revit es regular y saben que los programas de modelaje pueden ser reconocidos, aunque no han sido utilizados en la empresa. Sin embargo, todos consideran que es importante que como ingenieros tengan conocimientos en Revit. Además, ninguno de ellos conoce algún software para BIM aparte de Revit, acerca de los sistemas de clasificación BIM o de las normas de estandarización.

Los ingenieros que se encuentran dentro del rango entre uno y tres años todos coinciden en que han tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas con el proyecto y han escuchado acerca de la metodología BIM. De las cuatro personas que se encuentran dentro de este rango solo uno de ellos ha realizado algún proyecto con esta metodología de trabajo, pero de manera breve y opina que es “más organizado y cuenta con información actualizada”.

En lo correspondiente al conocimiento de estos ingenieros sobre el software Revit, uno opina que es regular y tres de ellos coinciden en que este es malo. Sin embargo, la totalidad de ingenieros que se encuentran dentro de este rango consideran que es importante adquirir conocimientos en el mismo, en donde dos de ellos opinan que esto permitiría coordinar o transferir información de mejor manera al departamento de dibujo, otro opina que es importante debido a que los proyectos irán migrando hacia BIM y el último que es importante para visualizar y extraer la información.

En la pregunta acerca del conocimiento de software para BIM aparte de Revit, dos admitieron no conocer, mientras que los dos restantes mencionaron un software cada uno solamente. Además, solo uno de estos ingenieros no conoce si los programas usuales de análisis estructural pueden ser reconocidos por Revit, de los tres restantes uno de ellos comentó que sí son reconocidos, pero que en la oficina no han sido utilizados. Otro comentó que la interfaz de intercambio es limitada y suele dar errores y el último aportó un comentario muy importante que demuestra su conocimiento acerca de este tema, en donde afirma que “existen complementos para exportar geometrías de modelos de CSI a Revit por medio de archivos IFC. Sin embargo, los modelos resultantes deben ser purgados y requieren de mucho trabajo para ser un producto final. La articulación no es fluida, sin programación adicional de rutinas está lejos de ser efectivo”. Por último, de los cuatro ingenieros que se encuentran dentro del rango de uno y tres años en la empresa B.A. Ingeniería, ninguno conoce acerca de los sistemas de clasificación BIM o las normas de estandarización existentes.

Ahora, analizando el caso del rango que ingenieros que tienen entre cuatro y seis años para laborar en la empresa, se tiene solo un ingeniero para este caso. Él indica que sí ha tenido malas

experiencias por falta de coordinación, donde muchas veces es por cambios del propietario o cuando el coordinador BIM no es bueno. También, ha escuchado sobre BIM y ha participado en seis proyectos utilizando esta metodología, agregando que con BIM los proyectos son más ordenados y se tiene un mejor control.

Su conocimiento en Revit lo califica como regular y considera que como ingeniero si debe tenerlos ya que es la tendencia actual. También, conoce sobre software para BIM mencionando aquellos que conoce y también comentó que el programa ETABS puede ser exportado a Revit. Además, fue el único ingeniero en conocer acerca de los sistemas de clasificación BIM y las normas de estandarización, pero mencionó tener poco conocimiento para ambos casos.

En la última categoría de los ingenieros, que tienen entre siete y nueve años, se encuentran cuatro ingenieros, los cuales poseen la mayor experiencia de trabajo dentro de la empresa ya que se incorporaron cuando esta inició o tenía pocos años de existir. Para este caso, todos coinciden en haber tenido alguna mala experiencia por falta de coordinación con otras disciplinas y aportaron sus comentarios relacionados con este tema.

Además, todos los integrantes de esta categoría han escuchado sobre la metodología y han realizado proyectos utilizándolo. En cuanto a las opiniones expresadas, acerca de las diferencias encontradas al trabajar utilizando BIM se encontraron opiniones positivas donde se menciona que, al existir un encargado de observación de choques, se previenen situaciones que pueden afectar la construcción y al realizar proyectos sin este proceso se vuelve menos eficiente.

También, se menciona que tiende a haber mayor coordinación, pero que no ha logrado implementarse al 100 % en las empresas. Sin embargo, hay que destacar que dos de estos ingenieros no han notado diferencias significativas o positivas al realizar proyectos ya que han experimentado mala coordinación del BIM Manager, al no efectuar su trabajo con el tiempo suficiente.

Sobre el tema del software Revit, tres de ellos consideran que su conocimiento es malo, mientras que el ingeniero restante opina que es regular. Acerca de la pregunta sobre si consideran que es importante que los ingenieros tengan conocimientos en Revit, cuatro de ellos consideran

que sí, mientras que otro opina que no es necesario tener un amplio conocimiento, pero sí lo básico para visualizar el proyecto. Además, solo uno de ellos conoce otro software para BIM, en este caso Revizto.

En cuanto a la pregunta en la que se desea comprobar si los ingenieros conocen si los programas utilizados para el análisis estructural en la empresa pueden ser reconocidos por Revit, uno de ellos desconoce sobre el tema, otros dos ingenieros comentaron que *“les parecía que sí”*, mientras solo uno de ellos opinó acerca de las extensiones existentes para realizar ese proceso, calificándolo como poco eficiente. Por último, ningún ingeniero ha escuchado sobre los sistemas de clasificación BIM o las normas de estandarización existentes.

Estos resultados permitieron conocer que los miembros más jóvenes del departamento de ingeniería no han sido involucrados en su totalidad en la ejecución de proyectos BIM, mientras que aquellos que tienen mayor tiempo, a pesar de que sí han trabajado y algunos han externado comentarios positivos acerca de BIM, no han logrado mostrar un conocimiento adecuado acerca de todo lo correspondiente a la metodología BIM.

Es importante que los ingenieros conozcan más sobre Revit u otro software que permita lograr una mejor coordinación con el departamento de dibujo, al interactuar con el modelo y no utilizarlo únicamente para visualización. Además, los resultados arrojan un desconocimiento total en lo correspondiente a sistemas de clasificación BIM y los estándares internacionales BIM, por lo que la herramienta efectuada en este proyecto será de utilidad para aclarar estos aspectos y crear una metodología de trabajo BIM para la empresa B.A. Ingeniería.

Cuestionarios al departamento de dibujo

Dentro de los integrantes que pertenecen al departamento de dibujo se encontraron diversas opiniones, las cuales por lo que, similar a como se realizó con el departamento de ingeniería, se analizarán dividiendo al personal según la cantidad de tiempo que tiene trabajando en la empresa B.A. Ingeniería.

Este departamento está conformado por 22 personas, incluyendo al Jefe de Dibujo y a los

Coordinadores de Dibujo, ya que ellos tienen toda la responsabilidad en la elaboración de los modelos, por lo que el cuestionario se aplicó para la totalidad del departamento.

Se iniciará con aquellos que estén dentro del rango de personas que tienen menos de un año de trabajar para la empresa. Entre ellos, solo hay uno que nunca ha escuchado el término BIM y, por consiguiente, no ha realizado proyectos utilizando esta metodología ni puede aportar comentarios acerca de las diferencias que pueden existir entre las metodologías.

Además, dentro de ese grupo de personas hay dos que afirman haber escuchado acerca de BIM, pero no han realizado proyectos utilizándolo, pero a pesar de mencionar que han escuchado BIM no brindaron ninguna definición de esta, por lo que no permite comprobar el nivel de conocimiento o las ideas que tienen sobre BIM.

Por último, las restantes tres personas que poseen menos de un año de trabajar en la empresa B.A. Ingeniería comentaron que han realizado entre dos y tres proyectos utilizando la metodología BIM; sin embargo, el jefe de dibujo comentó que a las personas que tienen esa cantidad de tiempo para laborar en la empresa no se les da ningún proyecto BIM desde cero, su participación sería limitada a realizar detalles pequeños para el proyecto, por lo que es probable que estas personas no hayan trabajado BIM en su totalidad, o bien lo conocieran en algún trabajo anterior antes de ingresar a B.A. Ingeniería.

En lo que respecta a las diferencias mencionadas entre los proyectos realizados utilizando la metodología BIM y los que no, no aportaron ideas claras o concisas, por lo que se puede suponer que no han tenido la oportunidad de participar completamente en lo que corresponde a la elaboración de proyectos BIM. Los comentarios fueron “más rápido a la hora de coordinar cambios con otras disciplinas”, “las herramientas son las mismas, tal vez puede ser el tamaño del proyecto en que puede variar la cantidad de trabajo” y “Revit permite tener tablas que complementan datos importantes del proyecto como áreas, costos y hasta presupuesto”. Como puede observarse, estos miembros del departamento de dibujo no tienen clara la definición de BIM y no pueden aportar comentarios acertados acerca de las diferencias que pueden observarse al aplicar estas metodologías, a diferencia del departamento de ingeniería, inclusive uno afirmó que no existen diferencias

porque las herramientas son las mismas, refiriéndose a que en la empresa B.A. Ingeniería trabajan utilizando siempre el programa Revit y otro se refirió a características del programa y no en la de la metodología de trabajo.

En cuanto a lo correspondiente a su nivel de conocimiento en Revit, dos personas piensan que es regular, mientras que seis afirman que son buenos. Además, todos coinciden en que sabían utilizar el programa Revit antes de ingresar a la empresa, algunos tenían conocimientos básicos que han mejorado en el tiempo que tienen de estar en B.A. Ingeniería, uno de ellos comentó que los adquirió mediante capacitaciones recibidas en trabajos anteriores y otro pagó un curso que le permitió aprender sobre este software.

Los miembros del departamento de dibujo que tienen menos de un año para trabajar en la empresa coinciden en que consideran que hay aspectos que les falta aprender y que ninguno sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300. Además, ninguno conoce acerca de otro software para BIM, solo una persona comentó conocer uno pero que no recordaba su nombre, por lo que no se puede comprobar si en realizar ese software es BIM o no. Por último, la mayoría comentó que no sabe utilizar software de colaboración en la nube BIM, solo uno afirmó saber utilizar BIM 360, pero no realizó ningún comentario sobre lo que sabe realizar en dicho programa.

En lo que corresponde a las personas que poseen entre uno y tres años de trabajar en la empresa B.A. Ingeniería, se recolectó información que comprueba que dos de ellos nunca han escuchado acerca de la metodología BIM, luego, tres de ellos reconocieron sí haber escuchado sobre BIM, pero no haber realizado trabajos utilizando dicha metodología, de los cuales dos realizaron comentarios acerca de las diferencias que han escuchado sobre estos proyectos en donde uno dijo “que son más difíciles y lentos al realizarlos en la nube” y otro considera “que el orden en que se realizan es la clave para la eficacia a la hora de realizar un proyecto”.

Las personas restantes de esta categoría afirmaron haber realizado proyectos BIM, pero uno de ellos no mostró seguridad en su respuesta, y dado a la cantidad de tiempo que posee para laborar en la empresa, no se puede asegurar ni negar que en realidad haya tenido alguna participación en este tipo de proyectos, aunque sea mínima.

Ahora bien, se llegaría a pensar que al tener entre uno y tres años para laborar en la empresa B.A. Ingeniería se tendría un conocimiento más amplio de lo que es BIM y los proyectos que han trabajado mediante esta metodología, pero se comprueba que esto no es así. Debido a que del departamento solo tres de ellos realizaron comentarios sobre lo que saben del término BIM, uno más afirmó saber que es BIM por voluntad propia, pero no brindó ninguna definición. Además, los comentarios brindados sobre las diferencias de los proyectos BIM de los que no, no son muy amplias y se encuentran tanto pensamientos positivos como orden, coordinación, evitar pérdidas, pero otros afirmaron que por el contrario “que no hay orden”, “no es confiable” o que “la diferencia es poca”.

Dentro de las personas que tienen entre uno y tres años de trabajar en la empresa, hay cuatro personas que no sabían utilizar Revit antes de ingresar, mientras que siete de ellos sí tenían conocimientos en este programa. Asimismo, solo uno considera que no hay aspectos que necesite aprender de este programa, mientras que los demás comentaron todo aquello que consideran les falta aprender o les gustaría mejorar.

En cuanto a su conocimiento en los niveles de desarrollo, se encontraron resultados de ocho personas no manejan niveles más altos de modelaje, o bien ni siquiera habían escuchado el término LOD 300 y de los tres restantes, a pesar de que afirmaron saber modelar con mayores niveles de desarrollo, en sus comentarios se percibe una falta de conocimiento del tema, ya que no especifican que otros niveles saben manejar.

Asimismo, al preguntar sobre el conocimiento acerca del software, solo dos personas demostraron conocer de estos, ya que fueron mencionados, los restantes siete no conocen ningún otro software para BIM aparte de Revit. Además, al preguntar sobre el conocimiento de los softwares de colaboración en la nube siete personas dijeron conocerlas; sin embargo, no especifican de manera clara los conocimientos que poseen o dicen que conocen muy poco sobre ellos.

Para el caso de los miembros del departamento de dibujo que poseen entre cuatro y seis años de laborar para la empresa, todos han escuchado acerca de BIM, de los cuales las definiciones aportadas no están mal en su totalidad, por lo que se confirma que tienen un mayor conocimiento del tema. Sin embargo, uno

de ellos considera que los dibujos y planos en 2D trabajan bajo la metodología BIM, cuando esto no es así. También, ese mismo dibujante piensa que todos los proyectos hechos por B.A. Ingeniería son BIM.

Entre las diferencias aportadas sobre los proyectos trabajados con BIM y los que no, coinciden en que los que han trabajado con BIM son más eficientes y con menos errores debido a la coordinación en tiempo real. Además, dentro de las cuatro personas que están dentro de ese rango solo uno confirmó que conocía Revit antes de ingresar a la empresa pero que su conocimiento era muy poco; mientras que los tres restantes lo aprendieron después de ingresar. Todos coinciden en que hay aspectos que les falta aprender de Revit.

Con respecto a la pregunta en la que se medía su conocimiento en los niveles de desarrollo o mayores a LOD 300, no quedó claro si realmente sabían o no acerca de este tema, ya que dos de ellos solo afirmaron saber modelar con LOD 300, incluso comentando que ese es el nivel de desarrollo trabajado normalmente en B.A. Ingeniería, cuando esa no era la finalidad de la pregunta, ya que esta decía de manera clara que sí sabían un nivel mayor a LOD 300 como lo es LOD 350, LOD 500 u otro, pero ningún miembro demostró conocimiento sobre este tema.

Dos de las personas incluidas en este rango no conocen ningún otro software para BIM aparte de Revit, mientras que los dos restantes sí conocen software para BIM, donde uno inclusive mencionó el paquete BIM que ofrece la empresa Autodesk. Además, la totalidad de los miembros del rango entre cuatro y seis años han utilizado software de colaboración en la nube, mencionando todos aquellos que han tenido que utilizar en la empresa.

Dentro del rango de siete y nueve años se encuentra que solo hay una persona, y es quien tiene la idea más clara y acertada del significado de la metodología de trabajo BIM. Esta persona agregó que ha realizado 5 proyectos utilizando BIM y ha notado diferencias en reducción de tiempos de entrega, cuantificación de materiales y reducción de costos. Además, no sabía utilizar Revit antes de ingresar a la empresa, considera que hay muchos aspectos que les falta aprender del software y que sí sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300.

En lo que respecta a la pregunta donde se indaga en si conoce otro software para BIM aparte

de Revit, este contestó que no, lo que demuestra que no sabe cuáles software son BIM, ya que en la pregunta posterior afirma saber utilizar software de colaboración en la nube. Además, se conoce que la empresa ha utilizado software para BIM como Navisworks, Revizto, entre otros, por lo que esta persona ha utilizado otros softwares BIM, sin darse cuenta de que lo está haciendo.

Con los resultados anteriores, se puede establecer que el departamento de ingeniería tiene conocimientos y percepciones más acertadas acerca de lo que es la metodología de trabajo BIM con respecto al departamento de dibujo; sin embargo, no poseen un concepto claro o concreto. Además, en el departamento de dibujo existe mayor desconocimiento o confusión acerca de este tema, sin importar el tiempo de laborar para la empresa, e incluso algunos piensan que siempre están trabajando con BIM. Este resultado indica que es necesario definir de manera clara lo que significa trabajar con BIM y las implicaciones que se tiene al trabajarlo, tanto para el departamento de dibujo como para el de ingeniería.

También, se logró comprobar que, a pesar de que la mayor parte del departamento de dibujo posee conocimientos en Revit considerados buenos, hay muchos aspectos que les falta aprender o mejorar. Lo anterior es de suma importancia para la correcta ejecución de proyectos BIM, ya que al no modelar de la manera correcta puede influir en errores de cuantificación de materiales u otro aspecto considerable en la coordinación con otras disciplinas, como lo es el nivel de desarrollo (LOD).

El hecho de que la mayor parte del departamento de dibujo no sepa o no conozca acerca de niveles de desarrollo puede causar problemas al trabajar con la metodología BIM, por lo que es una necesidad del departamento conocer conceptos importantes como este para saber enfrentar los proyectos en el futuro. De igual manera, es importante que el departamento de dibujo tenga conocimientos acerca de otros software que complementan la metodología de trabajo BIM, por lo que en la herramienta que se plantea crear en el presente proyecto se deben incluir recomendaciones de capacitación, para que todos estos aspectos importantes sean cubiertos y lograr así un correcto funcionamiento de la metodología BIM.

Para lo que corresponde al departamento de dibujo, es importante que ellos aumenten su

conocimiento en Revit para aumentar el valor de los modelos creados y lograr una mejor coordinación interdisciplinaria. Además, los resultados arrojan un desconocimiento importante relacionado con los aspectos más relevantes sobre BIM, por lo que se espera que con la herramienta creada se logre que los miembros de este departamento logren comprender de mejor manera todo lo relacionado con BIM.

Software para BIM

Base de datos

Al realizar la investigación acerca de los softwares BIM disponibles en el mercado, se encontró que existe una variedad muy amplia de programas y diversas aplicaciones que se le dan a los mismos. Las empresas que dominan el mercado BIM son Autodesk, Graphisoft y Nemetschek, ya que han desarrollado todo un conjunto de software dedicados a mejorar los procesos del BIM; sin embargo, no son las únicas desarrolladoras que son conocidas en este ámbito, ya que empresas como Bentley Systems, Trimble, Building Smart, Vizerra, entre otras han desarrollado software bastante utilizados por ingenieros y arquitectos alrededor del mundo.

Al realizar la base de datos, se logró esclarecer las principales características e información general de cada uno de los softwares seleccionados, comprendiendo que no existe uno que sea mejor que el otro, solo poseen diversas particularidades que se adaptan de mejor o peor manera según las necesidades del proyecto por ejecutar. Asimismo, se adjuntó información relacionada con los costos del producto, modalidades de pago, requisitos del sistema y contactos de la empresa, como el teléfono o el correo electrónico. Lo anterior se agregó considerando el caso en que los lectores se interesen en adquirir alguno de estos productos.

Ahora bien, los softwares más recurridos dentro de la metodología BIM son aquellos que se usan para la modelación y dentro de ese aspecto los más utilizados son Revit de Autodesk, ArchiCAD de Graphisoft, Allplan de Nemetschek y AECOsim de Bentley Systems. Dentro de la categoría de modelación dentro de la base de datos se incluyó Vectorworks que también pertenecen a la compañía Nemetschek y Sketchup

de Trimble, ya que ambos son utilizados popularmente para el modelado en 3D.

Para lo correspondiente a la categoría de colaboración BIM, se incluyó BIM 360 de Autodesk, BIMx de Graphisoft y Trimble Connect de Trimble, y para la categoría de validación BIM se consideró BIM Track de Building Smart, Navisworks de Autodesk y Revizto de Vizerra.

Matrices de valoración

Para obtener un resultado acerca de cuáles softwares se consideran los más adecuados para ejecutar la metodología BIM, se realizaron matrices de valoración utilizando una escala numérica de 1 a 5 y un formato de color que permite visualizar según su tonalidad las calificaciones asignadas.

Iniciando con la categoría de software para Colaboración BIM, el programa BIM 360 fue que obtuvo la mejor calificación con un 4,5, seguido de Trimble Connect con 4,1 y, por último, BIMx con 3,4. Esto puede observarse en la Figura 41.

Para el caso del programa BIM 360 se encontró que su mayor debilidad es el sistema de soporte, pues solo cuenta con capacitación, mientras que Trimble Connect y BIMx poseen una mayor variedad en este aspecto. Por otra parte, la diferencia en popularidad del producto BIM 360 comparado con los softwares restantes es significativa, contando que este posee una cantidad bastante amplia de calificaciones y opiniones de usuarios, totalmente lo contrario que para Trimble Connect y BIMx, en donde para esta situación sus resultados son bajos y similares entre sí. Además, BIM 360 obtuvo las mejores calificaciones en la mayor parte de los aspectos calificados, por lo que se considera que para el tema de la colaboración es el más adecuado para utilizar.

Para ampliar los resultados acerca de los softwares BIM existentes, se mostrará también los resultados de Santamaría y Hernández (2017) en su libro *Salto al BIM*, en donde participaron un gran número de profesionales experimentados en temas de software para BIM en España. Sin embargo, ninguno de los programas dentro de la categoría Colaboración BIM de este proyecto fue incluido en su estudio

En la categoría de Validación BIM, mostrada en la Figura 42, el programa Navisworks

obtuvo la mejor calificación, siendo este de 4,5. Los aspectos mejor calificados fueron popularidad, integraciones, sistema de soporte, y requisitos del sistema. Además, en la opción de puntuación en la web fue el puntaje más alto de su categoría.

Por otro lado, Santamaría y Hernández (2017) realizaron el siguiente esquema de valoración para el software Navisworks:



Figura 62. Valoración del software para BIM Navisworks.

Fuente: (Santamaría & Hernández, 2017)

Como se puede observar, su calificación fue baja, obteniendo un 2,74 de puntaje; sin embargo, la fiabilidad de este resultado se califica como 2/3, ya que solo contó con la opinión de cinco expertos cuya experiencia promedio es de 3,5 años. Sus aspectos negativos se centran en modelado 3D complejo, software editable y comunidad de usuarios. Lamentablemente, este software fue el único de la categoría denominada en este proyecto como Validación BIM que fue incluido en su estudio, por lo que no se puede realizar una comparación de este resultado con los programas BIM Track y Revizto, lo que a su vez implica su poca utilización en España.

Al observar la evaluación aplicada del programa Navisworks se logra ampliar el resultado obtenido en la matriz de la Figura 42, pues las consideraciones del libro *Salto al BIM* se enfocan

en la percepción de los expertos BIM en temas de la funcionalidad del producto, tema que no se abarcó en la base de datos.

Por otra parte, las calificaciones obtenidas para BIM Track y Revizto no se consideran negativas, teniendo un 4,1 y 3,6, respectivamente. Para el caso de BIM Track, su calificación más baja fue en el aspecto de generalidades del producto y para Revizto fueron el sistema de soporte y los requisitos del sistema.

Por último, en la categoría de Modelación BIM se obtuvo que el programa Sketchup es el software más económico; sin embargo, no se encuentra al mismo nivel competitivo que los demás software incluidos en la base de datos, ya que su modelación en 3D no tiene la interoperabilidad necesaria. Aunque la empresa Trimble está en busca de encaminar este software hacia el BIM permitiendo la importación de archivos IFC y la incorporación de algunos plugins BIM, aún no se encuentra en el nivel necesario para competir con las grandes compañías.

La calificación obtenida en la matriz de valoración, mostrada en la Figura 43, para este software fue de 4,0, siendo el sistema de soporte su aspecto peor calificado; además, este software no se incluye en el estudio realizado en el libro *Salto al BIM*, por lo que en términos de funcionalidad no puede ser comparado con el resto de software de modelación incluidos en la base de datos.

En lo que respecta a Vectorworks, se observa que este programa es de dibujo CAD, pero que cuenta con características BIM, que permite realizar un proyecto compartido; sin embargo, su enfoque se centra principalmente en la disciplina de arquitectura, por lo que el aspecto multidisciplinar no es abarcado en este software, reflejado lo anterior en el aspecto de integraciones de la Figura 43. Además, Santamaría y Hernández (2017) realizaron el siguiente esquema de valoración para el software Vectorworks:

Vectorworks 2,95/5

* Valoraciones: 3

*Exp. media: 10 años

*Fiabilidad valoración: 2/3

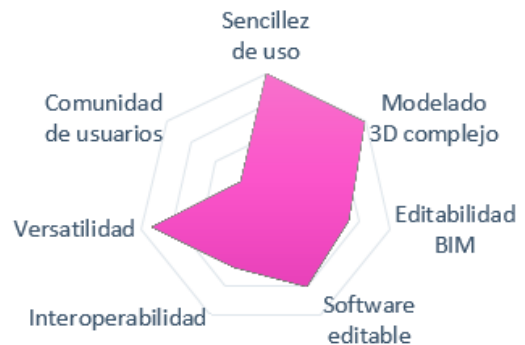


Figura 63. Valoración del software para BIM Vectorworks

Fuente: (Santamaría & Hernández, 2017)

La Figura 63 muestra que los aspectos mejor calificados de este software fueron sencillez de uso, modelado 3D complejo y versatilidad, y entre los aspectos con menor puntuación están la interoperabilidad y comunidad de usuarios. Para realizar dicha valoración, se contó con la participación de tres usuarios que poseen una experiencia media de 10 años, lo que resulta una fiabilidad de 2/3. Lo anterior permite visualizar que en la matriz de valoración de la Figura 43 se obtuvo un puntaje de 3,6, posicionándolo en el quinto puesto y además su funcionalidad, según los resultados de *Salto al BIM*, es aceptable.

Para lo correspondiente al software de modelado AECOsim, el costo de su licencia es elevado, con la ventaja de que es más económico a largo plazo debido a que la modalidad de pago es única. En cuanto a temas de interoperabilidad no es el más adecuado. La calificación otorgada para este software fue de 3,1 posicionándolo en la última posición de la matriz de la Figura 43. De igual manera, Santamaría y Hernández (2017) realizaron su evaluación para este software, mostrado a continuación:

Aecosim

3,43/5

* Valoraciones: 2
 *Exp. media: 3 años
 *Fiabilidad valoración: 1/3



Figura 64. Valoración del software para BIM AECOSim
 Fuente: (Santamaría & Hernández, 2017)

La Figura 64 muestra que el aspecto mejor calificado del software AECOSim es la versatilidad, seguido por la interoperabilidad y el modelado 3D complejo. No obstante, su valoración en sencillez de uso es la peor calificada. Para esta evaluación, participaron dos personas con una experiencia media de 3 años, resultando una fiabilidad de 1/3.

Otro de los softwares contemplados en la base de datos es Allplan, el cual posee una serie de características positivas para lo correspondiente a la modelación BIM, pero en temas de interoperabilidad no se iguala a sus competidores. La puntuación otorgada según la matriz de valoración fue de 4,1, posicionándolo en el segundo lugar. La valoración realizada por Santamaría y Hernández (2017) dio los siguientes resultados:

Allplan

1,95/5

* Valoraciones: 18
 *Exp. media: 5,5 años
 *Fiabilidad valoración: 3/3



Figura 65. Valoración del software para BIM Allplan
 Fuente: (Santamaría & Hernández, 2017)

Según la evaluación realizada por Santamaría y Hernández (2017), el software Allplan es quien mostró la calificación más baja entre los softwares valorados en este proyecto, teniendo un aporte de 18 valoraciones con una experiencia media de 5,5 años, lo que respalda la fiabilidad de los resultados.

Ahora bien, al realizar la investigación acerca de los softwares más utilizados, se encuentra de manera recurrente que los que llevan la delantera dentro del mercado BIM son ArchiCAD y Revit. Por lo anterior, existen diversas opiniones acerca de cuál de estos programas es el mejor para modelación. Al realizar la base de datos, se concluyó que las diferencias entre estos software son mínimas, en donde ambos poseen buenas características de manera general. Pero ArchiCAD se posiciona en la posición 4 al obtener una calificación de 3,9, esto debido a la información de pago que no es posible cuantificar sin obtener una cotización personalizada; mientras que Revit lidera la primera posición con una calificación de 4,6. Santamaría y Hernández

(2017) recaudaron la siguiente información para estos programas:

Archicad 3,43/5

* Valoraciones: 26
*Exp. media: 4,8 años
*Fiabilidad valoración: 3/3

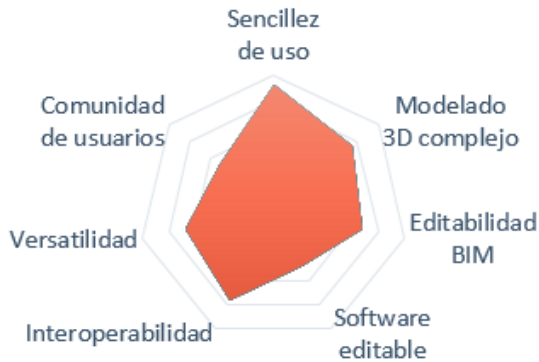


Figura 66. Valoración del software para BIM ArchiCAD

Fuente: (Santamaría & Hernández, 2017)

La Figura 66 muestra los resultados de la valoración efectuada en el libro *Salto al BIM* para el programa ArchiCAD, en donde se contó con 26 valoraciones, siendo este el segundo software con mayor participación de opiniones, lo que lo convierte en un resultado bastante fiable. Se puede observar que su mejor atributo es la sencillez de uso y los más bajos son la comunidad de usuarios y el software editable.

Para el software Revit se obtuvo la mayor cantidad de valoraciones con un total de 83, comprobando que este es el software de modelación más utilizado en España. La mayoría de los aspectos fueron calificados de manera positiva, siendo la sencillez de uso el aspecto más bajo:

Revit 3,81/5

* Valoraciones: 83
*Exp. media: 4,5 años
*Fiabilidad valoración: 3/3

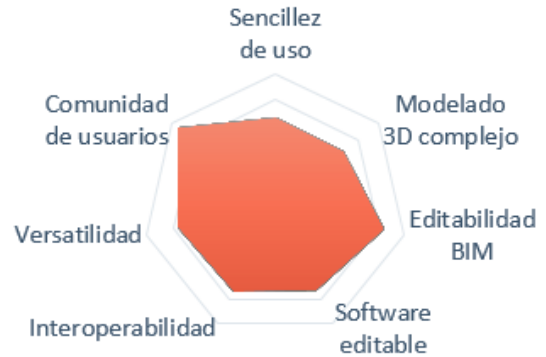


Figura 67. Valoración del software para BIM Revit

Fuente: (Santamaría & Hernández, 2017)

Al realizar la matriz de valoración y al ver los resultados obtenidos por Santamaría y Hernández (2017), se comprueba que Revit es el software de modelación más utilizado y por ende el más adecuado para llevar a cabo la elaboración de proyectos utilizando la metodología BIM.

Por último, se adjunta la Figura 68 que muestra el resumen de los resultados del libro *Salto al BIM* para los que se considera son los softwares más utilizados:

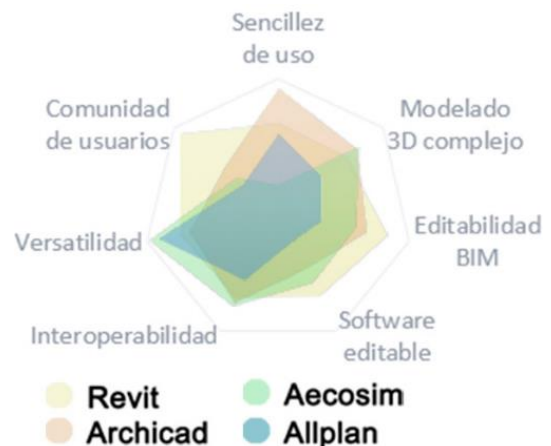


Figura 68. Comparación Software para BIM

Fuente: (Santamaría & Hernández, 2017)

Recomendación para la empresa

Para el caso de la empresa B.A. Ingeniería, se recomienda que continúe utilizando el software Revit, lo anterior dado a que en la evaluación realizada fue el programa que obtuvo el mayor puntaje dentro de la categoría de modelación BIM. Además, el programa Revit tiene una serie de razones por la que es considerado como la mejor herramienta BIM. Romagnoli (2016) refiere que Revit es el software para BIM más utilizado en todo el mundo, “ya que se obtiene los mejores resultados en cuanto a sus posibilidades de diseño, desempeño, rapidez y trabajabilidad”; detallando 10 razones que lo respaldan:

1. Flujo de trabajo: cuenta con el flujo de trabajo mejor diseñado y más potente, lo que le permite compatibilidad con una serie de programas que benefician todo el ciclo de diseño de un proyecto, involucrando a todo el equipo de trabajo.
2. Ciclo del proyecto: permite trabajar en el proyecto desde etapas tempranas, permitiendo la toma de decisiones cuando es más sencillo y económico de realizar. Luego, permite crear la documentación de construcción y disminuye problemas de coordinación, enriqueciendo el ciclo del proyecto y asegurando que cada cambio se actualizará en toda la información.
3. Asociación bidireccional: permite modificar el diseño directamente desde cualquier gráfico o tabla correspondiente al elemento. Esto facilita y simplifica la modificación de los proyectos.
4. Materiales físicos: Revit cuenta con una biblioteca de materiales que poseen propiedades físicas, permitiendo realizar cálculos complejos, en donde se puede conocer incluso las cargas y pesos propios de los elementos estructurales.
5. Entorno intuitivo: posee una interfaz intuitiva y fácil de manejar, permitiendo además la personalización de esta. Al pertenecer a Autodesk, su interfaz asemeja al resto de sus aplicaciones por lo que al utilizarlos no se notará diferencia significativa.
6. Parametrización: Revit es abierto al usuario y permite agregar propiedades a todos los elementos y personalizar el software muy fácilmente, sin necesidad de saber programar algún código.

7. Dynamo: permite crear secuencias paramétricas complejas y automatizar tareas sin necesitar nociones de programación y en una interoperatividad absoluta con Revit.
8. Tablas de cómputos y presupuestos: al solicitarle al programa ciertos datos de los elementos se generará una tabla de cómputos con un listado de aquellos que cumplen esas condiciones. Permite crear fácilmente cómputos métricos de cantidades o volúmenes de materiales que en otros sistemas de trabajo llevaría semanas calcularlos.
9. Renderizado: logra dar realismo y buena calidad de imagen a los proyectos elaborados. Lo anterior gracias a motores especializados incorporados.
10. Conectividad: Revit se conecta con las principales herramientas de diseño y servicios de Autodesk, logrando además una forma de trabajo colaborativa e integrada con equipos profesionales. Permite vinculaciones con AutoCAD, tanto en 2D como 3D, con Robot Structural Analysis Professional, para diseño, cálculo y dimensionado estructural, con Navisworks, para el control o gestión de proyectos, entre otros. Además, cuenta con formato IFC, el cual permite la conectividad con otras aplicaciones BIM.

Considerando que los programas mejor valorados en este proyecto de graduación pertenecen a la empresa Autodesk, se aconseja adquirir la colección AEC (Architecture, Engineering, Construction), en donde además de incluir el software Revit, se incluye AutoCAD y Navisworks, software ya conocidos con anterioridad en la empresa. Lo anterior permitirá a la empresa adquirir las licencias de estos productos a un precio menor que al comprar cada una de ellas de manera separada. Además, la colección AEC de Autodesk ofrece una serie de programas que permiten efectuar un flujo de trabajo BIM en los proyectos de construcción e infraestructura.

Al adquirir esta colección de la casa Autodesk se obtienen beneficios correspondientes al uso y disposición de las licencias, actualizaciones de los productos y del soporte técnico brindado por Autodesk.

Ahora bien, para aprovechar los programas incluidos en este colección, se

recomienda utilizar también los que funcionen para los aspectos relacionados a la rama estructural y; por lo tanto, el cambio más significativo al adquirir esta colección será por parte del departamento de ingeniería, ya que la recomendación para mejorar el entorno BIM dentro de la empresa y mejorar la comunicación y transferencia de archivos entre departamentos se recomienda implementar el uso del software Robot Structural Analysis Professional.

Esta herramienta sustituiría el uso de los programas de la compañía CSI (Computers & Structures, inc), como lo son SAP 2000, ETABS y SAFE, lo cual implica la existencia de una curva de aprendizaje por parte de los ingenieros. Sin embargo, la implementación del software Robot es ideal para el flujo de trabajo colaborativo y la interoperabilidad con productos de Autodesk, además de contar con características que lo convierten en un software confiable para el cálculo de estructuras, como lo son:

- Análisis por el método de elementos finitos
- Diseño de losas y muros de concreto reforzado
- Modelización de geometría compleja
- Wind Load Simulation
- Análisis no lineal
- Análisis dinámico

Autodesk Robot Structural Analysis professional es un programa de análisis y diseño estructural, basado en la tecnología MEF (mallado de elementos finitos) lo que lo hace muy poderoso y preciso para el análisis estructural, maneja gran variedad de tipos de análisis lineales y no lineales, esto permite analizar de forma rigurosa el comportamiento no lineal de una estructura, también es posible el uso de múltiples idiomas, unidades y códigos de diseño específicos (Murcio, 2013).

Este programa permite la transferencia de información del modelo de manera muy sencilla con Revit. Al tener el modelo en el software Revit, se debe seleccionar la herramienta “enlace con Robot Structural Analysis”, esto permite trabajar el modelo desde el software Robot, realizando así todo el análisis estructural necesario para el posterior diseño. Además, el programa Revit tiene la opción de actualizar el modelo a partir del archivo en Robot, en donde se seleccionan los

elementos que se deseen enlazar al modelo de Revit. Al realizar este proceso, se muestra un reporte con las actualizaciones que se realizaron, junto con advertencias o errores que puedan surgir en el traslado de información, volviéndolo una herramienta confiable.

Ahora bien, como segunda alternativa, considerando que la empresa rechace la implementación de un nuevo software para análisis estructural, se aconseja utilizar el plugin CSiXRevit, el cual permite el intercambio de información entre los programas SAP2000, ETABS, SAFE y Autodesk Revit Structure, mejorando así la colaboración entre departamentos de la empresa. Sin embargo, este complemento tiene un costo adicional, el cual solo se obtiene mediante cotizaciones, y solo es compatible para una versión de Revit a utilizar, problemas que no existen al implementar Robot Structural Analysis Professional.

Sistemas de clasificación BIM

La metodología BIM tiene como objetivo transportar la información desde la fase de diseño hasta la fase de ocupación de la edificación, por lo que al utilizar los sistemas de clasificación se mantiene un orden y confianza de la información que se produce por los equipos de diseño.

La aplicación de algún sistema de clasificación es importante para la metodología BIM, ya que permite convertir datos en información práctica; es decir, los elementos modelados adoptan una identidad que facilita la gestión de los modelos al clasificarlos, según un criterio establecido.

La empresa, al momento de realizar sus modelaciones, trabaja utilizando familias. Esto lo hace de esta manera para cuantificar materiales mediante la herramienta “Schedule”, lo que arroja como resultado una significativa cantidad de números y cifras en varios renglones de información, lo que dificulta el análisis de cada uno de ellos. Por lo tanto, el incluir un sistema de clasificación BIM permitirá obtener dicha información de manera ordenada según sea el material por cuantificar.

Se decidió que el sistema de clasificación adecuado para la empresa es el OmniClass, ya

que la norma ISO 19650 indica como recomendación que el sistema de clasificación utilizado siga lo establecido en la norma ISO 12006-2 y el sistema OmniClass es considerado el más completo de los sistemas de clasificación y su principal referencia fue la norma mencionada.

Para poder utilizar este sistema de clasificación en su versión actualizada, se debe instalar un complemento gratuito, por lo que es una opción accesible para cualquier empresa que trabaje utilizando el programa Revit.

Este complemento tiene, además, otros sistemas de clasificación populares como UniFormat y MasterFormat, lo que permite la alternativa de utilizar otro sistema de clasificación si existiese el caso de que alguna empresa involucrada trabaje utilizando otro sistema, lo que le da la oportunidad a B.A. Ingeniería de adaptarse a los procesos de otras disciplinas, mejorando la colaboración en la producción de la información.

El sistema de clasificación OmniClass se puede usar para muchas aplicaciones, como archivar materiales físicos u organizar información del proyecto, pero su aplicación principal es proporcionar una estructura de clasificación para bases de datos electrónicas y software, enriqueciendo la información utilizada en esos recursos. (Construction Specifications Institute, 2019)

El OmniClass es un sistema adecuado para implementar en la empresa B.A. Ingeniería, principalmente por su facilidad de aplicación, ya que el programa Revit solo necesita un complemento gratuito para asignar un número de clasificación según el elemento que se esté creando, en donde los dibujantes deben encargarse de llevar a cabo esta labor de manera correcta.

Herramienta para la estandarización BIM

Para la elaboración de una herramienta para la estandarización BIM, se tomaron en cuenta varios aspectos que se han desarrollado a lo largo de este proyecto, comenzando con los resultados obtenidos del cuestionario realizado, en donde se evidenció que los miembros de la empresa B.A. Ingeniería tienen poco conocimiento acerca de la

metodología BIM. Además, se pretende que, utilizando los principios establecidos en la norma internacional ISO 19650 acerca de la gestión de la información al utilizar BIM, se logre emplear una metodología de trabajo en la empresa mejorar el flujo de trabajo, coordinación y colaboración (tanto interna como externa) en los procesos de elaboración de proyectos.

Elaboración de la Guía

Inicialmente, se dejó claro a la empresa que el documento desarrollado debe recibir modificaciones según se establezca una guía a nivel nacional en el ámbito BIM. Para cumplir con este aspecto, al inicio de la guía se realizó un cuadro con el título “Histórico de Revisiones”, el cual tiene como objetivo que los cambios efectuados sean registrados en él, indicando la fecha en la que se realizó, la persona responsable de llevarlo a cabo y el motivo por el cual se efectuó la modificación.

La primera parte del documento “Guía para la estandarización BIM” se enfoca en las principales definiciones que los miembros de la empresa B.A. Ingeniería deben conocer acerca de la metodología BIM, comenzando con el significado de Building Information Modeling, en donde se especifica que la creación del modelo 3D es utilizado para facilitar el proceso de coordinación, simulación y visualización del proyecto, pero que las mejoras se lograrán mediante una correcta gestión de la información. Se incluyeron, además, una serie de características que posee BIM para dejar en claro los beneficios que una aplicación correcta puede generar.

Posteriormente, al definir el modelo BIM, se dejó claro que su definición no es el mismo significado de la metodología BIM. Además, se mencionaron los softwares de modelación más utilizados. Lo anterior con el fin de que los miembros de la empresa comprendan que al utilizar Revit no implica que trabajen bajo la metodología BIM.

Una vez aclarados los puntos anteriores, se definieron otros términos que se consideran importantes para conocer BIM o que pueden ser incluidos en futuros planes de ejecución por lo que deben ser comprendidos en su totalidad. Se describió el formato IFC, en donde se especifican sus características y funciones. Esto permitirá que

la empresa sepa cómo actuar si en futuros proyectos existen agentes involucrados que utilicen programas computacionales de modelación distintos a Revit.

Al definir las dimensiones del BIM, se logró que la empresa comprendiera que BIM no se limita al 3D, sino que según se aumente la calidad de la información se puede obtener mayores beneficios. Además, se agregó la definición de los niveles de BIM para que la empresa conozca su posición actual en el tema BIM y el camino que le falta recorrer para alcanzar el Open BIM.

El entorno común de datos (CDE) es uno de los aspectos más importantes para el funcionamiento adecuado de la metodología de trabajo BIM, por lo que es indispensable que la empresa conozca este concepto y que lo adapte de manera inmediata a los procesos de creación de información.

El nivel de desarrollo fue uno de los conceptos consultados mediante el cuestionario realizado en los resultados del primer objetivo de este documento, y en donde se demostró que ninguno de los dibujantes conoce acerca de ello, exceptuado el jefe del departamento de dibujo. Es importante que la empresa maneje este tema, debido a que modelar con niveles de LOD específicos pueden mostrarse en los planes de ejecución BIM en los que la empresa se verá involucrada. Además, el hecho de saber modelar niveles de LOD altos le genera un beneficio económico a la empresa al aumentar el valor de sus modelos.

Los sistemas de clasificación BIM son un aspecto importante en el desarrollo del presente proyecto de graduación. De igual manera, en los cuestionarios realizados se comprobó que los ingenieros desconocen por completo este tema. Por lo tanto, en el documento se definió este aspecto y su importancia para el desarrollo de información. Además, se mostró el formato de clasificación utilizado por los sistemas OmniClass, UniClass, UniFormat y MasterFormat.

Para finalizar la primera sección de la herramienta, se incorporó información acerca de la realidad BIM en Costa Rica, esto con el fin de que los miembros de la empresa conozcan las iniciativas que se han creado para buscar una mejora continua en este tema. Además, se incluyó la iniciativa de estandarización BIM para la construcción y mantenimiento de obras públicas por parte del gobierno de la república, por lo que es importante que la empresa B.A. Ingeniería

conozca acerca de este tema para que pueda participar en este tipo de proyectos.

La segunda parte de este documento se enfatizó en todo lo correspondiente a la norma de estandarización ISO 19650, debido a que esta normativa es la más actual relacionada con el BIM.

Esta norma internacional para BIM permite a la empresa conocer las principales definiciones y procesos a seguir para conseguir una gestión eficaz de la información, considerando siempre la cooperación y colaboración durante las fases de desarrollo.

La publicación de ISO 19650 crea una oportunidad para organismos internacionales que colaboran en proyectos para minimizar las actividades ineficientes y aumentar la previsibilidad del coste y la duración, a través de un enfoque común para la gestión de la información. Para aquellos que trabajan localmente, supone una oportunidad de demostrar alineación con las mejores prácticas reconocidas de la industria a la vez que se construye resiliencia y diferenciación. (The British Standards Institution, 2019)

ISO 19650 fue creada tomando como referencia a las normas británicas PAS 1192, las cuales generaron beneficios en los países en los que fueron adoptados, y buscan influenciar a todos los profesionales dentro del entorno de la construcción.

Las normas ISO tienen como objetivo principal ordenar y otorgar una orientación a las empresas en sus distintos ámbitos, generando beneficios como aumentar niveles de calidad, satisfacer las necesidades de los clientes, aumentar los niveles de productividad, proporcionar ventajas competitivas y llevar a una mejora continua los procesos de las compañías.

La alta competencia internacional acentuada por los procesos globalizadores de la economía y el mercado y el poder e importancia que ha ido tomando la figura y la opinión de los consumidores, ha propiciado que dichas normas, pese a su carácter voluntario, hayan ido ganando un gran reconocimiento y aceptación internacional. (ISOTools, 2015)

Dadas las razones anteriores, se decidió basar la propuesta de estandarización BIM en la empresa B.A. Ingeniería, utilizando las normas internacionales ISO 19650, aunque a la fecha de

ejecución del presente proyecto solo han sido publicadas las primeras dos partes (1. Conceptos y principios, 2. Fase de producción de los activos) fueron suficientes para adaptarse a los procesos de ejecución de proyectos de la empresa.

Estandarización BIM en la empresa

La correcta gestión de la información se realiza mediante el trabajo en conjunto de una parte contratante, una parte contratada principal y varias partes contratadas, en donde cada uno tiene un rol específico durante el proceso de desarrollo de información, formando un equipo de trabajo colaborativo.

En Costa Rica, las metodologías de trabajo BIM no se han estandarizado, por lo que existen iniciativas aisladas de algunas empresas que desean su implementación; sin embargo, los procesos de desarrollo de la información se establecerán en los planes de ejecución BIM respectivos de cada proyecto. Dado lo anterior, la empresa B.A. Ingeniería debe adaptarse a los procesos descritos por dichas empresas, agregando sus propios requisitos de información.

En la “Guía para la estandarización BIM”, se incluyeron todos los aspectos relacionados para que la empresa B.A. Ingeniería pueda trabajar mediante BIM para la totalidad de sus proyectos considerando sus condiciones actuales, tanto de personal como equipo.

Para disminuir los problemas de coordinación que quedaron evidenciados mediante los cuestionarios realizados en el primer objetivo de este proyecto se planteó que B.A. Ingeniería, se incorporaron requisitos de información ante las diversas disciplinas involucradas, en donde se recomendó agregar como mínimo los siguientes aspectos:

- Formato de los archivos creados durante el proceso de producción de la información (incluyendo nomenclatura utilizada para cada archivo).
- Método de colocación de archivos en el entorno común de datos.
- Medio de comunicación oficial para aspectos relacionados con el proyecto (correo, teléfono de oficina, celular, u otro).

- Personas asignadas para la comunicación y gestión de la información del proyecto.
- Tiempos establecidos para la entrega de información.
- Reuniones establecidas para coordinación entre disciplinas.
- Procedimiento por seguir si existen modificaciones durante la elaboración de la información:
 - Manera adecuada de comunicar las notificaciones de los cambios.
 - Afectaciones en tiempos de entregas según la modificación efectuada.
 - Cambios en la oferta económica según la modificación efectuada.

Además, se incluyeron aspectos de BIM que pueden ser incorporados por la empresa para mejorar sus flujos de información interna, ya que la colaboración es la parte más importante para llevar a cabo BIM con éxito y una de las deficiencias encontradas en la empresa fue la falta de coordinación y colaboración entre departamentos, por lo que se hizo reflexionar a la empresa acerca de la importancia de mejorar este aspecto antes de intentar la colaboración BIM entre otras empresas involucradas en los proyectos constructivos.

Para lograr la detección de incongruencias entre los modelos de información y la verificación de todos los requisitos sean realizados de manera adecuada, se requiere la creación de un departamento BIM en la empresa. Esta opción no es posible realizarla a corto plazo debido a que la empresa no cuenta con personal idóneo para cumplir con estas funciones, por lo que la capacitación implica una inversión económica importante. Sin embargo, se espera que al seguir el procedimiento de trabajo BIM recomendado, incluido en la “Guía para la Estandarización BIM” que se muestra de manera esquemática en la Figura 61, se mejoren los flujos de trabajo y colaboración interdisciplinaria a corto plazo, para así más adelante, incorporar un departamento BIM en la empresa.

Para visualizar los resultados esperados en la empresa B.A. Ingeniería al implementar la herramienta realizada y las recomendaciones otorgadas, se presenta el Cuadro 8, en donde se muestran los aspectos por cambiar o realizar en los procesos de elaboración de información.

Conclusiones

- Al evaluar la empresa, se encontró que el departamento de ingeniería y dibujo trabajan de manera separada la ejecución de los proyectos, lo que provoca falta de coordinación y por lo tanto afecta la productividad a nivel interno.
- La metodología de trabajo dentro de la empresa cuando hay BIM no presenta diferencias significativas a cuando no hay BIM.
- Al elaborar proyectos utilizando BIM, B.A. Ingeniería debe adaptarse a las condiciones impuestas por la empresa que proporcione un BIM Execution Plan (BEP). Esto implica que no tiene una participación en la toma de decisiones para lo correspondiente a la gestión de la información.
- B.A. Ingeniería no cuenta con un BIM Manager para encargarse de la coordinación interdisciplinaria, lo que dificulta la aplicación de la detección de interferencias por cuenta propia.
- La empresa no cuenta con formatos para documentación ni colaboración, por lo que se obstaculiza la coordinación interdisciplinaria.
- El 92 % del departamento de ingeniería y el 82 % de dibujo afirmaron tener malas experiencias por falta de coordinación.
- El 92 % de los ingenieros ha escuchado acerca de BIM y tiene ideas acertadas sobre su definición, mientras que el 86 % de los dibujantes afirmó conocer acerca de BIM; sin embargo, no aportaron una definición correcta.
- Solo los miembros con mayor cantidad de años laborales han trabajado los proyectos BIM en los que ha participado B.A. Ingeniería, excluyendo a los colaboradores de menor tiempo de laborar para la empresa.
- En el departamento de dibujo hay quienes creían que siempre utilizaban BIM ya que se trabaja utilizando el software Revit, lo cual se corrigió mediante la Guía creada.
- Los dibujantes deben aprender más acerca del software Revit y de colaboración en la nube para lograr coordinar de mejor manera los proyectos BIM.
- Los ingenieros de B.A. Ingeniería desconocían los sistemas de clasificación y los estándares internacionales BIM, lo que se corrigió mediante este proyecto.
- Existe una variedad de herramientas BIM muy amplia a nivel mundial que pueden ser aprovechados para mejorar los flujos de trabajo colaborativo BIM, los cuales eran desconocidos por la empresa.
- Los softwares BIM más utilizados a nivel mundial para modelación son Revit, ArchiCAD, Allplan y AECOsim, según la investigación efectuada en este proyecto.
- Revit, BIM 360 y Navisworks son considerados los software más adecuados para modelación, colaboración y validación BIM, respectivamente, para la empresa B.A. Ingeniería. Lo anterior acorde a la evaluación realizada en el desarrollo del segundo objetivo de este proyecto.
- La empresa Autodesk se posiciona como líder en la venta e implementación de productos BIM en Latinoamérica, por lo que se opta recomendar software de esta compañía.
- En términos económicos, se recomienda adquirir la colección AEC de Autodesk, cuya licencia tiene un costo anual de \$2.825,00.
- El adquirir las herramientas de Autodesk proporciona una serie de beneficios con las que no cuentan las empresas

- competidoras, principalmente la variedad de opciones para recibir soporte técnico.
- Para mejorar la coordinación a nivel interno de la empresa se debe adaptar el programa Robot Structural Analysis Professional, o en su defecto el plugin CSiXRevit.
 - La empresa cuenta con los recursos computacionales apropiados para la implementación de los programas recomendados.
 - Los sistemas de clasificación BIM más utilizados a nivel mundial son OmniClass, UniClass, UniFormat y MasterFormat, según la investigación efectuada.
 - En el programa Revit de Autodesk se incluyen los sistemas de clasificación OmniClass y UniFormat por defecto, en donde el primero se encuentra en una versión desactualizada.
 - Mediante un complemento gratuito que se adapta al software Revit se pueden utilizar varios sistemas de clasificación como UniClass y MasterFormat.
 - La ISO 19650 establece que los proyectos deben contar con sistemas de clasificación BIM, por lo que la empresa debe incorporarlo a sus procesos.
 - El sistema OmniClass se basa en las recomendaciones de la ISO 12006-2, por lo que es apropiada su utilización en la empresa. Además, es considerado el sistema de clasificación más completo, ya que abarca aspectos que otros sistemas no contienen.
 - Al implementar un sistema de clasificación BIM se logrará ordenar de manera adecuada los elementos existentes en el proyecto, permitiendo un flujo de información más efectivo.
 - La “Guía para la Estandarización BIM” permitió a la empresa comprender todas las definiciones importantes relacionadas con el BIM.
 - Se requiere que la empresa capacite a sus dibujantes para que estos sean modeladores BIM ya que, al realizar modelos de manera apropiada, se les facilitará a otras empresas involucradas desarrollar dimensiones mayores al 3D.
 - Al aplicar de manera correcta las recomendaciones realizadas en la “Guía para la estandarización BIM”, B.A. Ingeniería trabajará hasta el nivel 2 de BIM.
 - La empresa necesita saber modelar en niveles mayores al LOD 300 para aumentar el valor de los modelos.
 - Al aplicar la “Guía para la estandarización BIM”, B.A. Ingeniería contará con un Entorno Común de Datos (CDE) para todos los proyectos, en el cual participarán otras empresas involucradas.
 - Como alternativa de mejora de los flujos de información dentro de la empresa se planteó utilizar un CDE adicional para que los departamentos de ingeniería y dibujo puedan trabajar de manera colaborativa.
 - La ISO 19650 no habla de cómo generar los archivos, sino de la manera colaborativa de producir y gestionar la información, por lo que fue aplicado de esta manera en la Guía.
 - Los procesos de colaboración de información implican el conocimiento del formato IFC, por lo que se incluyó en la Guía.
 - Según la ISO 19650, los planes de ejecución BIM deben ser realizadas por la parte contratante, aspecto que no se cumple actualmente en el país.
 - Para continuar los procesos BIM actuales del país, todos los miembros del equipo de trabajo deben comprender los aspectos incluidos en los BIM Execution Plan (BEP) que sean proporcionados.
 - Si no existe BIM Execution Plan, la empresa puede proponer uno; sin embargo, para lograr aplicar un BEP propio necesitará de la implementación de un departamento de BIM.
 - La empresa B.A. Ingeniería planteará sus propios requisitos de información para la totalidad de los proyectos.
 - La aplicación de la Guía mejorará la comunicación y coordinación entre los departamentos de la empresa.
 - Costa Rica necesita crear normativas para la estandarización BIM, los cuales deben incorporarse a los procesos de las empresas involucradas en proyectos constructivos, incluyendo a B.A. Ingeniería.

Recomendaciones

- Evaluar el conocimiento de personas que hayan utilizado diversos software para el uso BIM para compararlos con los resultados de la investigación de este proyecto.
- Ampliar la base de datos de este proyecto, incluyendo categorías que quedaron fuera del mismo.
- Realizar proyectos utilizando el programa BIM Robot Structural Analysis Professional y comparar los resultados con los proyectos realizados mediante SAP 2000 o ETABS.
- Investigar sobre las demás normas ISO existentes en el tema BIM para aumentar el conocimiento acerca de la estandarización que puede aplicarse a las empresas y disciplinas involucradas en el ámbito de la construcción.

Apéndices

Este capítulo cuenta con cinco apéndices, los cuales muestran la información producida o recolectada en el proceso de elaboración del presente proyecto.

Apéndice 1: Cuestionarios aplicados al departamento de ingeniería.

Apéndice 2: Cuestionarios aplicados al departamento de dibujo.

Apéndice 3: Firmas que respaldan aplicación de los cuestionarios.

Apéndice 4: Base de Datos software para BIM.

Apéndice 5: Guía para la Estandarización BIM.

Apéndice 1: Cuestionarios aplicados al departamento de ingeniería.

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de ingeniería de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?
5 meses
2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente.
Por el momento no se ha presentado malas experiencias
3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente. (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)
Sí, he tenido la experiencia de trabajar en un proyecto donde se ha utilizado la metodología BIM y se interactúa con un BIM manager
4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?
Sí 3
5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente
Sí la principal es que hay una mayor perspectiva de que elementos ~~en~~ ~~los~~ se deben modificar en las disciplinas para evitar ~~errores~~ o minimizar errores en construcciones
6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?
() Muy bueno () Bueno (X) Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Considera que como ingeniero debe tener conocimientos en Revit? Comente

Sí, ya que el mercado está migrando al ~~us~~ a un mayor uso de revit.

8. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No

9. ¿Conoce si programas como ETABS, SAP 2000, SAFE, ADAPT son reconocidos por Revit? Comente

ETABS tiene un complemento que en teoría permite exportar el modelo estructural a revit, no lo he usado aún.

10. ¿Tiene conocimiento acerca de los sistemas de clasificación BIM? Comente

No

11. ¿Conoce acerca de normas de estandarización BIM? Comente

No

Fin del cuestionario



Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de ingeniería de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?

10 meses

2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente.

Sí, generalmente por cambios de última hora

3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente. (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)

Sí, pero no lo conozco a profundidad.

4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?

NO

5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente

NO

6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?

() Muy bueno () Bueno Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Considera que como ingeniero debe tener conocimientos en Revit? Comente

Sí. Es importante conocer ya que Revit y las metodologías BIM son el futuro de la industria.

8. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No

9. ¿Conoce si programas como ETABS, SAP 2000, SAFE, ADAPT son reconocidos por Revit? Comente

Si son reconocidos por medio de un plugin

10. ¿Tiene conocimiento acerca de los sistemas de clasificación BIM? Comente

No

11. ¿Conoce acerca de normas de estandarización BIM? Comente

No

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de ingeniería de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?

2 meses y medio

2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente.

Arquitectura: A veces la estructura propuestas por los arquitectos me es la más recomendable estructural y genera ~~muchos~~ problemas a la hora de hacer propuestas estructurales.

Electromecánica: Ubicación de Tanques y plantas de tratamiento en un proyecto

3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente. (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)

No: No lo he escuchado

4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?

5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente

6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?

() Muy bueno () Bueno () Regular Malo () Muy malo

7. ¿Considera que como ingeniero debe tener conocimientos en Revit? Comente

Debido a la utilización del programa por parte de la Arquitectura es recomendable tener un poco de conocimiento.

8. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

NO

9. ¿Conoce si programas como ETABS, SAP 2000, SAFE, ADAPT son reconocidos por Revit? Comente

No sé

10. ¿Tiene conocimiento acerca de los sistemas de clasificación BIM? Comente

NO

11. ¿Conoce acerca de normas de estandarización BIM? Comente

NO

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de ingeniería de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?

19 meses

2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente.

Constantemente, muchos de los atrasos en los proyectos se debe a falta de coordinación interdisciplinaria y esto muchas veces conlleva a realizar el mismo trabajo 2 o más veces y que el proceso no sea eficiente

3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente. (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)

Lo he escuchado, entiendo que es una plataforma que permite coordinar de una manera más eficiente las labores de las distintas disciplinas involucradas en un proyecto de construcción. Sin embargo, no conozco como funciona y cuales son sus principales atributos

4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?

Sí, estuve involucrado brevemente en un proyecto con esta metodología

5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente

Es más organizada y se cuenta con información actualizada en el momento que se realiza algún cambio. Al menos esa fue mi percepción.

6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?

() Muy bueno () Bueno () Regular Malo () Muy malo

7. ¿Considera que como ingeniero debe tener conocimientos en Revit? Comente

Considero que sí, como ingeniero uno debería conocer el funcionamiento interno de este software. Quizás ayudaría a una mejor transferencia de información al dibujante, puesto que se tendría una mejor noción de como trabajan ellos. Adicionalmente ayudaría al proceso de diseño, ya que se tendría un conocimiento ideal de la información contenida en los modelos arquitectónicos.

8. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No, no conozco.

9. ¿Conoce si programas como ETABS, SAP 2000, SAFE, ADAPT son reconocidos por Revit? Comente

Son reconocidos, pero al menos en esta oficina no se ha profundizado en esta herramienta y su potencial.

10. ¿Tiene conocimiento acerca de los sistemas de clasificación BIM? Comente

No tengo conocimiento alguno

11. ¿Conoce acerca de normas de estandarización BIM? Comente

No conozco del tema

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de ingeniería de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?
2 años y 2 meses
2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente.
Sí, cambios en arquitectura, falta de coordinación y tiempos de entrega con demás consultores (EA, paisajismo etc).
En especial cambios en diseño arquitectónico.
3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente. (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)
Sí, he escuchado el término. BIM es una metodología para la coordinación, documentación y ejecución de proyectos de construcción, que permite comunicación rápida, concisa, y precisa de elementos importantes para el proyecto.
4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?
Cero que no.
5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente
No lo sé.
6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?
() Muy bueno () Bueno () Regular (X) Malo () Muy malo

7. ¿Considera que como ingeniero debe tener conocimientos en Revit? Comente

Me parece que sí, los software BIM son herramientas poderosas que deben ser aprovechadas, además cada vez más proyectos van a ir migrando hacia la metodología BIM.

8. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No conozco. ¡BricsCAD?

9. ¿Conoce si programas como ETABS, SAP 2000, SAFE, ADAPT son reconocidos por Revit? Comente

Existen complementos para exportar geometrias de modelos de CSI a revit por medio de archivos IFC. Sin embargo los modelos resultantes deben ser purgados y reequien de modo trabajo para ser un producto final. La articulación no es fluida, sin

10. ¿Tiene conocimiento acerca de los sistemas de clasificación BIM? Comente

NO los tengo.

programación adicional de retinas está lejos de ser efectivo.

11. ¿Conoce acerca de normas de estandarización BIM? Comente

No conozco, sé que tiene que existir y me parece importante estandarizar procedimientos para establecer flujos de trabajo eficientes y modelos útiles para todos los involucrados y al final para el cliente.

Fin del cuestionario

y compatibles.

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de ingeniería de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?

Un año y cinco meses

2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente.

Sí, bastantes, pasa mucho que se avanza con el diseño de los proyectores y cuando se está en una etapa avanzada suelen chocar con otras disciplinas que "nadie" nota y lo cual provoca discusiones y atrasos en los diseños.

3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente. (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)

Sí, pero muy poco. A lo que entiendo es una forma de coordinación multidisciplinaria que permite llevar proyectos de forma integral.

4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?

Creo que no.

5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente

No estoy segura si he estado involucrada en proyectos BIM.

6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?

() Muy bueno () Bueno () Regular Malo () Muy malo

7. ¿Considera que como ingeniero debe tener conocimientos en Revit? Comente

Sí, no solo ayuda a visualizar la configuración de un proyecto sino, que nos permite coordinar mejor con el departamento de dibujo y otras disciplinas.

8. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

Revizto creo que tiene una función similar

9. ¿Conoce si programas como ETABS, SAP 2000, SAFE, ADAPT son reconocidos por Revit? Comente

No sé.

10. ¿Tiene conocimiento acerca de los sistemas de clasificación BIM? Comente

No

11. ¿Conoce acerca de normas de estandarización BIM? Comente

No

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de ingeniería de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?
2 años, 3 meses
2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente.
Podría decirse que sí, usualmente con las disciplinas eléctrica y mecánica, donde no hay tanta coordinación cercana, como sí la hay con arquitectura.
3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente. (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)
Sí, básicamente tengo entendido que busca integrar toda la información de diseño y construcción de un proyecto para ser manejado con un grado de confianza las características del mismo (costos, alcance, plazo, recursos, etc)
4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?
La mayoría de proyectos se modelan en Revit, no necesariamente son BIM.
5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente
Hoy sí, hay mucha más claridad en la información, y los proyectos se diseñan con mayor detalle.
6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?
() Muy bueno () Bueno (X) Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Considera que como ingeniero debe tener conocimientos en Revit? Comente

Sí, principalmente para visualizar y extraer información.

8. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No

9. ¿Conoce si programas como ETABS, SAP 2000, SAFE, ADAPT son reconocidos por Revit? Comente

Sí, aunque la interfaz de intercambio de información es limitada y suele dar errores.

10. ¿Tiene conocimiento acerca de los sistemas de clasificación BIM? Comente

No tengo.

11. ¿Conoce acerca de normas de estandarización BIM? Comente

No.

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de ingeniería de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?
5 años
2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente.
Si, muchas veces por cambios del propietario una vez entregados los proyectos. También cuando el coordinador no es muy bueno
3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente. (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)
Si; En proyectos en donde la constructora tiene un Bim manager
4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?
Sí, 6 proyectos.
5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente
Si con Bim los proyectos son más ordenados, se tiene un mejor control
6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?
() Muy bueno () Bueno Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Considera que como ingeniero debe tener conocimientos en Revit? Comente

Si se debe porque siento que es la tendencia actual

8. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

Si Revit
Bim 360

9. ¿Conoce si programas como ETABS, SAP 2000, SAFE, ADAPT son reconocidos por Revit? Comente

El ETABS se puede exportar a Revit.

10. ¿Tiene conocimiento acerca de los sistemas de clasificación BIM? Comente

~~No~~ Si pero tengo poco conocimiento

11. ¿Conoce acerca de normas de estandarización BIM? Comente

He escuchado algo pero no tengo mucho conocimiento

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de ingeniería de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?
9 años
2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente.
Si, normalmente se dan interferencias entre disciplinas que generan atrasos y cambios en el diseño
3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente. (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)
Si, lo he escuchado, se refiere al proceso de modelado y coordinación multidisciplinario en Revit
4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?
Si, aproximadamente 3
5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente
Tiende a haber una ~~mejor~~ mejor coordinación sin embargo no se ha logrado implementar 100% efectivo por parte de las empresas
6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?
() Muy bueno () Bueno () Regular (x) Malo () Muy malo

7. ¿Considera que como ingeniero debe tener conocimientos en Revit? Comente

Si, es importante ya que es un programa mas potente para cotización de planas, coordinación multidisciplinaria evaluación de costos.

8. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

NO

9. ¿Conoce si programas como ETABS, SAP 2000, SAFE, ADAPT son reconocidos por Revit? Comente

Me parece que los programas de CSI tiene la plataforma adaptada para interactuar con revit.

10. ¿Tiene conocimiento acerca de los sistemas de clasificación BIM? Comente

NO

11. ¿Conoce acerca de normas de estandarización BIM? Comente

NO

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de ingeniería de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?

8 años

2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente.

Ha pasado que al no existir coordinación entre disciplinas se han generado extras al presupuesto del proyecto y además provoca que se tenga que correr para buscar soluciones en etapas donde se encuentra la ruta crítica en ese momento.

3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente. (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)

Sí. Lo que se es que es un proceso donde se sobrepone todos los modelos de las diferentes disciplinas y se logran apreciar los conflictos que hay entre uno y otro.

4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?

Sí, 2

5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente

En realidad no porque no hacen el trabajo de superposición de modelos con tiempo entonces los problemas siguen apareciendo cuando ya se está construyendo la parte en cuestión

6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?

() Muy bueno () Bueno () Regular (X) Malo () Muy malo

7. ¿Considera que como ingeniero debe tener conocimientos en Revit? Comente

No creo que sea muy necesario tener un amplio conocimiento del programa pero si lo básico para poder visualizar el proyecto

8. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No

9. ¿Conoce si programas como ETABS, SAP 2000, SAFE, ADAPT son reconocidos por Revit? Comente

No lo sé.

10. ¿Tiene conocimiento acerca de los sistemas de clasificación BIM? Comente

No

11. ¿Conoce acerca de normas de estandarización BIM? Comente

No.

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de ingeniería de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?

7 años

2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente.

Si he tenido malas experiencias. En varias ocasiones se han tenido que repetir varios trabajos por no coordinar de manera adecuada, por ejemplo tamaños de ductos de elevadores mal coordinados.

3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente. (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)

Si. Es una metodología para integrar a todas las disciplinas involucradas, la idea es ir observando en un modelo las afectaciones que se generan entre las disciplinas para ir resolviéndolo de una manera más eficiente.

4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?

Sí, Proyectos como A402, Eco

5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente

Si se nota diferencia. Al existir encargados que van observando choques, se pueden prevenir muchas situaciones que producirían afectar la construcción. Cuando no han existido estos procesos se vuelve menos eficiente y se tiene que repetir varias veces los mismos procesos.

6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?

() Muy bueno () Bueno (X) Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Considera que como ingeniero debe tener conocimientos en Revit? Comente

Si, es importante ~~en~~ conocer y manejar de manera adecuada la herramienta para lograr utilizar todas las ventajas que ofrece.

8. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

Si, Revisto es otro programa que también ayuda a los procesos BIM

9. ¿Conoce si programas como ETABS, SAP 2000, SAFE, ADAPT son reconocidos por Revit? Comente

Me parece que el Etabs permite importar los modelos al Revit

10. ¿Tiene conocimiento acerca de los sistemas de clasificación BIM? Comente

No tengo conocimiento

11. ¿Conoce acerca de normas de estandarización BIM? Comente

No conozco las normas.

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de ingeniería de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?

7 años

2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente.

Si, dudas de diámetros importante atravesando vigas y elementos de borde
rediseños de grandes áreas de entripiso durante la obra por "enmascarar" cotas.

3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente. (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)

Si, aunque la definición no es del todo clara. En varios proyectos he trabajado con "BIM Manager" que normalmente se ha dedicado a la ~~coordinación~~ revisar y señalar incongruencias en los modelos entre disciplinas.

4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?

Si, 4 proyectos.

5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente

Poca diferencia. Usualmente el "BIM Manager" corre por cuenta de constructor por lo que la coordinación no se da con el tiempo suficiente.

6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?

() Muy bueno () Bueno () Regular Malo () Muy malo

7. ¿Considera que como ingeniero debe tener conocimientos en Revit? Comente

Si. Actualmente el modelo Revit solo lo utilizamos como referencia y para visualizar mejor el proyecto.

8. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No

9. ¿Conoce si programas como ETABS, SAP 2000, SAFE, ADAPT son reconocidos por Revit? Comente

En los programas mencionados existen "extensiones" que permiten compartir la información, pero en caso de actualizar modelos de análisis debido a cambios, el proceso es poco eficiente.

10. ¿Tiene conocimiento acerca de los sistemas de clasificación BIM? Comente

No

11. ¿Conoce acerca de normas de estandarización BIM? Comente

No

Fin del cuestionario

Apéndice 2: Cuestionarios aplicados al departamento de dibujo.

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de dibujo de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?

9 meses

2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente

Sinceramente ~~No~~ Si, principalmente con la parte arquitectónica por cambios innecesarios o cambios a última hora

3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Si, comente (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)

No

4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?

5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente

6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?

() Muy bueno () Bueno (x) Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Sabía utilizar el software Revit antes de ingresar a la empresa? Comente

Conocía el programa pero de manera superficial, más que todo sabía la parte arquitectónica

8. ¿Hay aspectos que considera le faltan aprender de Revit? Si su respuesta es Sí, ¿Cuáles? Comente

Sí, modulada avanzada y detallada

9. ¿Sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300? Comente

Se modelar a un nivel de LOD 300 pero desconocía por completo que existen niveles para el modelaje 3D

10. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

Conozco de otros programas pero no recuerdo el nombre del programa

11. ¿Sabe utilizar software de colaboración en la nube BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de dibujo de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?

4 meses

2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente

Por el momento ninguna

3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)

Si hace varios años creo por el año 2011 por ex tiempo muy pocas empresas lo utilizaban

4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?

Si 3 proyectos

5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente

En realidad no. Las herramientas son las mismas tal vez. Puede ser el tamaño del proyecto en que puede usarse la cantidad de trabajo

6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?

() Muy bueno (X) Bueno () Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Sabía utilizar el software Revit antes de ingresar a la empresa? Comente

Si pero con conocimientos basicos. Aquí en la empresa se fortalecen las habilidades

8. ¿Hay aspectos que considera le faltan aprender de Revit? Si su respuesta es Sí, ¿Cuáles? Comente

Si. Cuantificar materiales, areas etc.
Modelar elementos curvos con inclinaciones

9. ¿Sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300? Comente

No

10. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

Ninguno

11. ¿Sabe utilizar software de colaboración en la nube BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

~~Si~~ ~~Autodesk~~ No

Fin del cuestionario

Questionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de dibujo de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?

1 mes

2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente

Sí, casi siempre es inevitable

3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)

Sí, existen gran variedad de cursos en el mercado.

4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?

No

5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente

Sí, he visto proyectos y escuchado el como se maneja

6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?

() Muy bueno () Bueno (x) Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Sabía utilizar el software Revit antes de ingresar a la empresa? Comente

Sí, aprendí cuando estude en el colegio y en los trabajos

8. ¿Hay aspectos que considera le faltan aprender de Revit? Si su respuesta es Sí, ¿Cuáles? Comente

Sí, gran mayoría como la documentación

9. ¿Sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300? Comente

NO

10. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

NO

11. ¿Sabe utilizar software de colaboración en la nube BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

NO

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de dibujo de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?

3 MESES

2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente

NO

3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)

SI LO HE ESCUCHADO, PERO EN REALIDAD NO HE
INDAGADO DEMASIADO

4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?

NO

5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente

NO SE

6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?

() Muy bueno (X) Bueno () Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Sabía utilizar el software Revit antes de ingresar a la empresa? Comente

SI, CON CAPACITACIONES EN MI ANTERIOR TRABAJO

8. ¿Hay aspectos que considera le faltan aprender de Revit? Si su respuesta es Sí, ¿Cuáles? Comente

EN MI CASO SI, PORQUE HASTA AHORA NO SE ME HA PRESENTADO LA OPORTUNIDAD DE DESARROLLAR UN PROYECTO

9. ¿Sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300? Comente

NO

10. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

NO

11. ¿Sabe utilizar software de colaboración en la nube BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

NO

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de dibujo de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?
_____ *1 mes*
2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente

No

3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)

Sí, es de gran utilidad, ya que permiten un proyecto más completo con una modalidad un poco realista.

4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?
Sí, 2
5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente

Sí, ya que por ejemplo Revit permite tener tablas que complementen datos importantes del proyecto como áreas, costos... y hasta presupuesto.

6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?
() Muy bueno (X) Bueno () Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Sabía utilizar el software Revit antes de ingresar a la empresa? Comente

Sí, debido a que tuve un curso básico-intermedio.

8. ¿Hay aspectos que considera le faltan aprender de Revit? Si su respuesta es Sí, ¿Cuáles? Comente

Sí, lo considero importante la parte de tablas, debido a que siento que es un área muy amplia, y no necesita de excel para llevar dicho proyecto.

9. ¿Sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300? Comente

No

10. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No

11. ¿Sabe utilizar software de colaboración en la nube BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

Sí, BIM 360.

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de dibujo de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?

2 meses.

2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente

Atrasos debido a falta de definición final de diseño por parte de arquitectura.

3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)

Sí, lo he trabajado incluso.

4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?

Sí, 2.

5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente

Sí, es más rápido a la hora de coordinar cambios con otras disciplinas.

6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?

() Muy bueno (X) Bueno () Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Sabía utilizar el software Revit antes de ingresar a la empresa? Comente

Si.

8. ¿Hay aspectos que considera le faltan aprender de Revit? Si su respuesta es Sí, ¿Cuáles? Comente

Si, optimizar el tema de familias y herramientas para agilizar calidades de dibujo.

9. ¿Sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300? Comente

No se.

10. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No.

11. ¿Sabe utilizar software de colaboración en la nube BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No se.

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de dibujo de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?

1 año

2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente

Por falta de información.

3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)

Sí, es para tratar de modelar en tiempo real y gestionar datos para una mejor coordinación y evitar tanto trabajo en lo convencional.

4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?

No

5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente

No se

6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?

() Muy bueno (X) Bueno () Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Sabía utilizar el software Revit antes de ingresar a la empresa? Comente

Sí, me enseñaron en la empresa antes de que me llegara

8. ¿Hay aspectos que considera le faltan aprender de Revit? Si su respuesta es Sí, ¿Cuáles? Comente

sí, en modelado y coordinación de información.

9. ¿Sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300? Comente

No.

10. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No

11. ¿Sabe utilizar software de colaboración en la nube BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No.

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de dibujo de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?

1 año y medio

2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente

→ Arquitectura

3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)

No

4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?

Sí, todos

5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente

Sí

6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?

() Muy bueno (+) Bueno () Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Sabía utilizar el software Revit antes de ingresar a la empresa? Comente

No

8. ¿Hay aspectos que considera le faltan aprender de Revit? Si su respuesta es Sí, ¿Cuáles? Comente

Sí, familias, parámetros

9. ¿Sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300? Comente

No sé

10. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No

11. ¿Sabe utilizar software de colaboración en la nube BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de dibujo de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?

3 años y 6 meses

2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente

Es complicado ya que se supone que debemos coordinar los cambios con otras disciplinas, el problema es que a veces enviamos cambios "por debajo de la mesa" haciendo que nosotros como dibujantes debamos revisar por completo el proyecto ya que hacen cambios y no lo reflejan en una lista.
El problema es que no avisar cuando hacen cambios, solo envían el modelo y uno tiene que revisar todo.

3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)

4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?

5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente

6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?

() Muy bueno () Bueno () Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Sabía utilizar el software Revit antes de ingresar a la empresa? Comente

Aprendí lo básico en el colegio técnico, pero al ingresar a la empresa nos dieron una capacitación más a fondo.

8. ¿Hay aspectos que considera le faltan aprender de Revit? Si su respuesta es Sí, ¿Cuáles? Comente

Sí, Me gustaría aprender más a trabajar masas y como crear familias y detail components.

9. ¿Sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300? Comente

Sí, se trabaja un modelo con un buen nivel de desarrollo.

10. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No

11. ¿Sabe utilizar software de colaboración en la nube BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de dibujo de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?

1 año y 2 meses

2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente

Usualmente con arquitectura ya que solicitan cambios y antes de publicar cambios ya han modificado más cosas (se debería tener un orden de cambios y cantidad)

3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)

Sí, para mí es el proceso de todo el modelado de una estructura en su paso a paso y cada proceso, incluida la información y su detallado

4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?

NO

5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente

Pienso y considero que el orden en que se realizan, es clave para la eficacia a la hora de realizar un proyecto

6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?

() Muy bueno () Bueno () Regular (X) Malo () Muy malo

7. ¿Sabía utilizar el software Revit antes de ingresar a la empresa? Comente

Si, pero de manera muy basica ya que donde laboraba, trabajaban proyectos hidroelectricos, colicos y de esa linea; muy diferente a IA

8. ¿Hay aspectos que considera le faltan aprender de Revit? Si su respuesta es Sí, ¿Cuáles? Comente

Si, el modelado de acero lo se y lo conozco y lo he trabajado pero aun me cuesta trabajarlo

9. ¿Sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300? Comente

NO sabia ya que no se que significa LOD 300

10. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

NO

11. ¿Sabe utilizar software de colaboración en la nube BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

Si (lo basico) REVIT BIM 360
Manager BIM

Fin del cuestionario

Questionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de dibujo de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?

2 años y 7 meses

2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente

Con arquitectura por la forma en que trabajan los modelos y que dan problemas al cargarlos en estructural

3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)

Si lo he escuchado y entiendo que se refiere como a la coordinación de las diferentes disciplinas

4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?

No

5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente

Si, que son mas difícil y lentos al realizarlos en la nube

6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?

() Muy bueno () Bueno (X) Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Sabía utilizar el software Revit antes de ingresar a la empresa? Comente

Habia recibido un curso de Revit electromecanico pero no poseia conocimiento estructural

8. ¿Hay aspectos que considera le faltan aprender de Revit? Si su respuesta es Sí, ¿Cuáles? Comente

Si, como la creacion de familias o componentes de detalle o la parametrizacion de estos

9. ¿Sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300? Comente

No he escuchado el termino LOD 300

10. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No

11. ¿Sabe utilizar software de colaboración en la nube BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de dibujo de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?
año y 9 meses
2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente
Si, tienden a cambiar todo sin previo aviso y con tiempos muy cortos.
3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)
~~Si, es una forma de documentación para las disciplinas de construcción, arquitectura~~
Si, es una forma de documentación para las disciplinas de construcción, arquitectura
4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?
Si, todos los que se trabajan en BA.
5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente
Si, no hay un orden y no es muy confiable.
6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?
() Muy bueno (X) Bueno () Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Sabía utilizar el software Revit antes de ingresar a la empresa? Comente

Si, lo mínimo

8. ¿Hay aspectos que considera le faltan aprender de Revit? Si su respuesta es Sí, ¿Cuáles? Comente

Si, familias, parametros, coordinación.

9. ¿Sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300? Comente

No

10. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No.

11. ¿Sabe utilizar software de colaboración en la nube BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

Creadas cosas, no todas.

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de dibujo de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?
3 años
2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente
si tenido problemas con Arquitectura a veces por mala coordinación por parte de ellos, incluso han realizado cambios en el momento de la entrega.
3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)
Si, Sistema de modelado incluso se detalla de una manera muy fina el modelo para su debida informacion el termino BIM se enfoca en el modelado casi total de los proyectos
4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?
Si, 2 Proyectos
5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente
Si se realiza con mas orden incluso con mas coordinacion, así evitando los errores posibles a la hora de la entrega de los proyectos
6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?
() Muy bueno Bueno () Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Sabía utilizar el software Revit antes de ingresar a la empresa? Comente

No, todo lo que se del revit actualmente lo aprendi acu.

8. ¿Hay aspectos que considera le faltan aprender de Revit? Si su respuesta es Sí, ¿Cuáles? Comente

Si, El programa revit tiene muchas aplicaciones y se puede realizar gran variedad de cosas, pero en realidad seria

- Tablas
- Dinamo
- Presentaciones
- Parametros

9. ¿Sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300? Comente

No tengo conocimiento de LOD 300

10. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No Conosco

11. ¿Sabe utilizar software de colaboración en la nube BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

Si serian Autodesk BIM 360

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de dibujo de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?

3 años

2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente

Sí, no se informa de cambios completos, falta de revisión a tiempo por Arqui, cambios a destiempo.

3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)

Sí, pero es difícil de entender.

4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?

Sí, cero

5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente

No.

6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?

() Muy bueno Bueno () Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Sabía utilizar el software Revit antes de ingresar a la empresa? Comente

No completamente.

8. ¿Hay aspectos que considera le faltan aprender de Revit? Si su respuesta es Sí, ¿Cuáles? Comente

Sí, pero aspectos relacionados a programación, parámetros, tablas resumen o info ingeniería, presentación de proyectos.

9. ¿Sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300? Comente

NI idea.

10. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No.

11. ¿Sabe utilizar software de colaboración en la nube BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

Muy poco.

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de dibujo de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?

Tres años y medio.

2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente

Si claro, es muy común que exista la falta de coordinación, mas que todo con arquitectura, hacen cambios y no se nos notifican o hablan en reunion de hacer cambios y nunca se ven reflejado en modelo, hay falta de honestidad porque se nos dice que el modelo estructural no esta bien y son cambios que acaban de hacer

3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)

Si he escuchado el termino, pero no tengo muy clara su función, tengo entendido que es alguien que esta pendiente de lo que hacen todas las disciplinas, y se trabaja mas en la nube, pero más afondo no sé.

4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?

Si, por ahora solo uno que estamos empezando.

5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente

Hasta el momento, la diferencia es un poco a la hora de empezar el proyecto, la organización de archivos es en la nube, hay que estar revisando arquitectura y los modelos de estructura hay que estarlos publicando para que las demas disciplinas lo vean.

6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?

() Muy bueno Bueno () Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Sabía utilizar el software Revit antes de ingresar a la empresa? Comente

No, acá en la empresa había una persona encargada de enseñarnos a los nuevos.

8. ¿Hay aspectos que considera le faltan aprender de Revit? Si su respuesta es Sí, ¿Cuáles? Comente

Si claro, mas que todo no tengo conocimiento a la hora de modelar masas

9. ¿Sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300? Comente

Solamente básico.

10. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No, no se de algún otro.

11. ¿Sabe utilizar software de colaboración en la nube BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

Un poco, sé como se empieza un proyecto, como subir el archivo a la nube para empezar a trabajarlo y la publicación de archivos.

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Meliisa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de dibujo de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?

Año, siete meses

2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente

La experiencia en coordinación se encuentra en puntos, no sólo la empresa sino el país. Aquellos que conocen de BIM les van ayudando a los demás por necesidad de hacer el proyecto pero el seguimiento a las nuevas tendencias tecnológicas queda a medias

3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)

Sí, inicialmente por voluntad propia y avance profesional, luego por mi trabajo

4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?

Sí, promedio 10 proyectos

5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente

Claramente, un proyecto bim se evita tanta pérdida constructiva, incluso desde el modelaje ya se solucionan temas de constructividad.

6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?

() Muy bueno Bueno () Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Sabía utilizar el software Revit antes de ingresar a la empresa? Comente

Si, en mis estudios el modelar es indispensable, se visualiza más el diseño y se hace tangible

8. ¿Hay aspectos que considera le faltan aprender de Revit? Si su respuesta es Sí, ¿Cuáles? Comente

Todos la tecnología no para, y la vinculación con otros programas de coordinación, modelado son más cada día. No es solo aprender Revit, el BIM es toda una gama de programas

9. ¿Sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300? Comente

Se por trabajo que es LOD 300 a nivel de sistema de calidad pero no he desarrollado el conocimiento en ese sector.

10. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

Naviswork, Revizto, Tekla, BIM 360, Revit etc.

11. ¿Sabe utilizar software de colaboración en la nube BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

BIM 360, hemos tocado alrededor de 3 proyectos solo en mi tiempo en la empresa.

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de dibujo de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?

2 años y medio

2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente

Sí

3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)

Sí

4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?

SÍ, exactamente no recuerdo cuantos, han sido varios

5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente

Sí, son mejor coordinados.

6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?

() Muy bueno Bueno () Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Sabía utilizar el software Revit antes de ingresar a la empresa? Comente

Si, En otras empresas lo he utilizado

8. ¿Hay aspectos que considera le faltan aprender de Revit? Si su respuesta es Si, ¿Cuáles? Comente

NO

9. ¿Sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300? Comente

SI

10. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Si ¿Cuáles? Comente

SI, archicad, vectorworks,

11. ¿Sabe utilizar software de colaboración en la nube BIM? Si su respuesta es Si ¿Cuáles? Comente

Si

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de dibujo de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?
4 años y 5 meses
2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente
Si claro, llevar la coordinación de un proyecto es muy delicado y las mayorías de consultorías ya sea por falta de tiempo de entregas el proyecto llega a volverse tedioso y es cuando se empieza a tener una mala coordinación que conlleva a muchos errores.
3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)
Si, Es un sistema que se trabaja en la nube o tiempo real
4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?
Si, 3 proyectos
5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente
Si hay una gran diferencia mas que todo a la hora de coordinar otras disciplinas es muchísimo mas eficiente ya que se esta trabajando practicamente a tiempo real
6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?
() Muy bueno Bueno () Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Sabía utilizar el software Revit antes de ingresar a la empresa? Comente

No, Aprendí a utilizar Revit en BA Ingeniería por un curso que me dieron aquí y luego el resto de conocimiento lo adquirí investigando en internet.

8. ¿Hay aspectos que considera le faltan aprender de Revit? Si su respuesta es Sí, ¿Cuáles? Comente

Sí, más que todo en la parte de configuraciones para coordinación, parámetros de familias.

9. ¿Sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300? Comente

Sí, podría llegar a modelar un LOD 300, pero podría perfeccionarlo mucho más

10. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No

11. ¿Sabe utilizar software de colaboración en la nube BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

Sí, el BIM 360 Team, ~~Manager~~, Document Management.

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de dibujo de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?

5 años

2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente

Como todo siempre hay complicaciones que se presenta en el momento, pero experiencias malas no e tenido, siempre hay proyectos complicados y algunos clientes dificiles de tratar pero se a solucionado de la mejor manera.

3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)

Si es un termino, mas que todo es destinado a modelar.

4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?

Si, 2.

5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente

Si claro debido a que BIM es un poco mas detallado y en ocasiones se trabaja en tiempo real.

6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?

Muy bueno Bueno Regular Malo Muy malo

7. ¿Sabía utilizar el software Revit antes de ingresar a la empresa? Comente

No, lo aprendí dentro de la empresa y fue algo interesante ya que me obligue aprenderlo en 3 días debido a una entrega de proyecto

8. ¿Hay aspectos que considera le faltan aprender de Revit? Si su respuesta es Sí, ¿Cuáles? Comente

Sí como la elaboración de familias con parámetros, y me gustaría aprender un poco sobre el lado de arquitectura

9. ¿Sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300? Comente

Sí debido que tratamos de cada día se perfecciona mejor el modelado.

10. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No

11. ¿Sabe utilizar software de colaboración en la nube BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

Sí, BIM 360 Document Management, BIM 360 Team, se utiliza como subir un archivo, descargarlo, consumir, mas que todo lo básico.

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de dibujo de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?
4 años y 8 meses
2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente
Si. Generalmente no se cuenta con un BIM Manager para el proyecto, por lo que la coordinación entre disciplinas se vuelve complicada.
3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)
Si. Es un sistema de recolección y organización de la información de un proyecto que sirve tanto para el antes de un proyecto, así como durante el proceso de construcción e inclusive para una vez finalizado el mismo.
4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?
Si. No tengo el dato exacto
5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente
Si. Generalmente son proyectos con un menor número de etapas en coordinación pero que requieren de más cuidado a la hora de trabajar.
6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?
() Muy bueno () Bueno (X) Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Sabía utilizar el software Revit antes de ingresar a la empresa? Comente

Si pero mi conocimiento era poco.

En el colegio me enseñaron un poco y pague un curso por aparte.

8. ¿Hay aspectos que considera le faltan aprender de Revit? Si su respuesta es Sí, ¿Cuáles? Comente

Si por supuesto. Sobre todo en aspectos de creación de paramétricos y utilización de aspectos complementarios al modelo 3D y documentación. Por ejemplo tablas dinámicas o paramétricos para documentación.

9. ¿Sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300? Comente

Si. Para ciertos proyectos se pide un nivel de detallado mayor sin embargo no es algo que practique diariamente.

10. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

~~NO~~ Si. Conozco de la existencia del paquete sin embargo solo he utilizado Revit.

11. ¿Sabe utilizar software de colaboración en la nube BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

Si. A360, BIM 360, mi conocimiento es básico.

Fin del cuestionario

Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de dibujo de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?
Años 6 meses
2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente
Sí, la información enviada no siempre coincide a lo que se quería en reuniones, entonces genera tiempo perdido
3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)
Sí, Es el sistema de modelar en 3D con información precisa y necesaria para la construcción.
4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?
Sí, más de 5 proyectos
5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente
Sí, en realidad los dibujos 2D y planos 2D siempre se los trabajaba con la metodología BIM, sin saberlo
6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?
() Muy bueno () Bueno Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Sabía utilizar el software Revit antes de ingresar a la empresa? Comente

No, lo aprendí aquí por que en el colegio no me enseñaban a usar Revit.

8. ¿Hay aspectos que considera le faltan aprender de Revit? Si su respuesta es Sí, ¿Cuáles? Comente

Sí, me faltan modelar, aprender todas sus herramientas y programas que trabajan con Revit

9. ¿Sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300? Comente

Sí, es lo que trabajamos normalmente

10. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

Sí, pero no los he usado, Robot, Archicad,

11. ¿Sabe utilizar software de colaboración en la nube BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

Sí, A360, subir modelos, descargarlos, subir láminas

Fin del cuestionario



Cuestionario

El presente cuestionario tiene como finalidad la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería" realizado por la estudiante Wendy Melissa Molina Sanabria como parte del curso CO-5057 Proyecto de Graduación del programa de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica. Los resultados serán útiles para comprobar el conocimiento actual y la percepción que poseen los miembros del departamento de dibujo de la empresa B.A. Ingeniería sobre la metodología de trabajo BIM y el software de modelación colaborativa Autodesk Revit. Las respuestas de este cuestionario son anónimas. Debe responder cada pregunta de manera clara y con la mayor sinceridad posible.

Inicio del cuestionario

1. ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar en la empresa?
9 años
2. ¿Ha tenido malas experiencias por falta de coordinación con otras disciplinas involucradas (arquitectura, electromecánica u otro)? Comente

Si, el problema radica en que Arquitectura nunca congela proyecto y está en constante cambio esto genera incongruencias y errores

3. ¿Ha escuchado el término BIM (Building Information Modeling)? Si su respuesta es Sí, comente (Si la respuesta es No pase a la pregunta 6)

Si
Generalmente el término BIM muchas ocasiones es mal empleado, me parece más por falta de inducción y saber que realmente es el significado que no es solo modelar también conlleva a documentar y trabajar de forma colaborativa

4. ¿Ha realizado proyectos con la metodología BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuántos?
Si 5

5. ¿Ha notado diferencias entre los proyectos que utilizan la metodología BIM y los que no? Comente
Claro se reduce el tiempo de entrega se hacen cuantificación de materiales y también reduce costos tanto en desarrollo de proyectos como a nivel constructivo si se realiza de forma correcta

6. ¿Cómo califica su conocimiento actual en Revit?
() Muy bueno () Bueno Regular () Malo () Muy malo

7. ¿Sabía utilizar el software Revit antes de ingresar a la empresa? Comente

No

8. ¿Hay aspectos que considera le faltan aprender de Revit? Si su respuesta es Sí, ¿Cuáles? Comente

Sí

- Son muchos me gustaria estar en cursos y capacitaciones que brinden el Cfa y otras entidades involucradas al software

9. ¿Sabe modelar con un nivel de desarrollo mayor a LOD 300? Comente

Sí

10. ¿Conoce algún software BIM aparte de Revit? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

No

11. ¿Sabe utilizar software de colaboración en la nube BIM? Si su respuesta es Sí ¿Cuáles? Comente

Sí

AECO

Bim Collaboration

Bim Document management

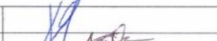



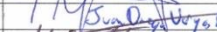
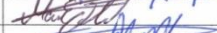


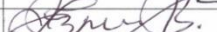
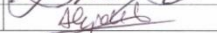


Fin del cuestionario

Apéndice 3: Firmas que respaldan aplicación de los cuestionarios

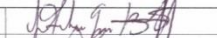

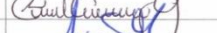




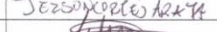

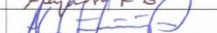






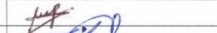

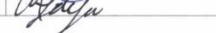



Hoja de firmas:

El objetivo de este documento es recoger la firma de los participantes del cuestionario para la recolección de datos de investigación para el proyecto "Metodología para estandarización de procedimientos BIM en la empresa B.A. Ingeniería", de manera que se tenga constancia de las personas que han participado.



Departamento de Ingeniería

| | |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Ing. Keylor Sandí. |  |
| Ing. Diego Cruz. |  |
| Ing. Ernesto Pineda. |  |
| Ing. Alejandro Umaña. |  |
| Ing. Manuel Ugarte. |  |
| Ing. Juan Diego Vargas. |  |
| Ing. Marco Flores. |  |
| Ing. Fabio Acuña. |  |
| Ing. Jorge Hernández. |  |
| Ing. Diego Suárez. |  |
| Ing. Javier Brenes. |  |
| Ing. Alejandro Garro. |  |



Departamento de Dibujo

| | |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Jose Segura. |  |
| Adrián Soto. |  |
| Noelia Quesada. |  |
| Javier A. Solís. |  |
| Andrey Navarro. |  |
| Alexandro Navarro. |  |
| Anthony Navarro. |  |
| David Vargas. |  |
| Jeison Cortés. |  |
| Silvia Quesada. |  |
| Alejandro Rodríguez. |  |
| Alberto Jiménez. |  |
| Jorge Corrales. |  |
| Karina Chacón. |  |
| Fiorella Murillo. |  |
| Cristina Padilla. |  |
| Raquel Aguilar. |  |
| Gina Gamboa. |  |
| Byron Calderón. |  |
| María Paula Castro. |  |
| Eduardo Torres. |  |
| Fernanda León. |  |





Apéndice 4: Base de Datos Software para BIM.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|---|----------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Software | Logo | Uso principal | Empresa desarrolladora | Costo | Modalidades de pago | Características | Integraciones | Soporte disponible | Información General |
| 1 | BIM 360 |  | Colaboración BIM | Autodesk | El precio de BIM 360 comienza en \$35 por mes por usuario. (Se requiere suscripción anual para documentos, compilar, coordinar y planificar. Descuentos por volumen disponibles). Se debe contactar con el proveedor para obtener un presupuesto personalizado. También cuenta con versión gratuita y prueba gratis. | Mensualidad, Suscripción anual, Basado en cotizaciones, Gratuito | Operaciones de calidad y seguridad, revisiones de diseño, asignación de trabajo y seguimiento, control de proyecto, estado del proyecto en tiempo real, informes y análisis, documentación, visibilidad total del proyecto, repositorio único de proyectos, gestión de problemas, seguridad en la construcción, cambiar visualización, coordinación de entregable, colaboración de diseño, coordinación multidisciplinaria, RFI y presentaciones, trabajo controlado compartido, gestión de la calidad, control de documentos, coordinación BIM | Posee al menos 85 integraciones que permiten conectar datos y flujos de trabajo con BIM 360 | Capacitación | Es un producto de software que brinda a los equipos de proyecto las herramientas para coordinarse mejor, comunicarse de manera efectiva y resolver problemas rápidamente |
| 2 | BIMx |  | Colaboración BIM | Graphisoft | BIMx gratuito, BIMx PRO: \$49.99 | Gratuito, Pago único | BIMx Hyper-model, visor de documentación 2D super rápido, modo volar y caminar, reconocimiento de gravedad y egreso, hipervinculos 2D y 3D, acceso a cualquier información BIM relacionada con los componentes del edificio, corte 3D en tiempo real, traza dibujos 2D en 3D, modo fotorrealista, modo estéreo 3D, soporte en Google Cloud Print, controles con los dedos, opción para acceder a un elemento Hyper model desde fuera de la aplicación, comentarios de ubicación durante la navegación, compatibilidad con Google Cardboard VR en teléfonos, mida en dibujos 2D o directamente en un modelo BIM, modo presentación | ArchiCAD, BIM Cloud de Graphisoft | Correo electrónico, teléfono, capacitación | Aplicación móvil para explorar y comunicar proyectos de modelado de información de construcción BIM en dispositivos portátiles |
| 3 | | | | | | | | | | |




| | A | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T |
|---|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Software | Información General | Teléfono de la empresa/producto | Correo electrónico de la empresa/producto | Sistemas operativos | Requisito para Procesador | Requisito Memoria RAM | Requisito Disco Duro | Requisito Tarjeta Gráfica | Requisito Monitor | Enlace | Vídeo del producto |
| 1 | BIM 360 | Es un producto de software que brinda a los equipos de proyecto las herramientas para coordinarse mejor, comunicarse de manera efectiva y resolver problemas rápidamente | (844) 227 4754 | No hay información disponible | Windows (escritorio), iOS (móvil) y Android OS (móvil) | No requerido | No requerido | No requerido | No requerido | No requerido | https://www.autodesk.com/bim-360/ | https://www.youtube.com/watch?v=U20tcIM4gBk&feature=youtu.be |
| 2 | BIMx | Aplicación móvil para explorar y comunicar proyectos de modelado de información de construcción BIM en dispositivos portátiles | +36 1 437 3000 | info@graphisoft.com | Windows 10, macOS 10.13 High Sierra, macOS 10.12 Sierra | Procesador de 64 bits con dos o más núcleos | Se recomiendan 4 GB o más, para modelos complejos y detallados se pueden requerir 8 GB o más | Se requiere 1 GB de espacio libre en disco para la instalación, se requieren 2 GB o más por proyecto activo | Se recomienda una tarjeta gráfica compatible con OpenGL 2.1 con una memoria integrada de 1024 MB o más | Resolución de 1440 x 900 o superior | https://www.graphisoft.com/bimx/ | https://www.youtube.com/watch?v=95k-yNcbHLg&feature=youtu.be |
| 3 | | | | | | | | | | | | |

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|---|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Software | Logo | Uso principal | Empresa desarrolladora | Costo | Modalidades de pago | Características | Integraciones | Soporte disponible | Información General |
| 1 | | | | | | | | | | |
| 4 | Trimble Connect |  | Colaboración BIM | Trimble | Versión Gratuita, Versión Business: \$10 por mes o \$100 por año; o bien, se debe contactar con el proveedor para obtener un presupuesto personalizado. | Gratuito, mensualidad, Suscripción anual y basado en cotizaciones | Marcado 3D, alinear modelos, comenta las tareas pendientes, combina y visualiza modelos seleccionados, cambia el color de algunos objetos, controla la visibilidad de todo el modelo, crea un proyecto, define informes personalizados, crea y administra carpetas, crea y administra publicaciones, intercambio de tareas con BCF 1.0, exportar informes, explorador de archivos, administra permisos y notificaciones, filtrado de objetos modelo, administrar usuarios y grupos, guardar vistas, ejecutar comprobación de choque, ver / comentar enfrentamientos, almacenamiento local fuera de línea temporal | Field Layout, Autodesk, Prolog, Tekla Structures, SketchUp, Vico Office, Penmap for Android | Correo electrónico, Soporte vital, capacitación, solicitudes en sistema | Poderosa herramienta de colaboración para profesionales de Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC) que incluye arquitectos, ingenieros, subcontratistas, contratos generales y propietarios de proyectos |
| 5 | AECOsim Building Designer |  | Modelado BIM | Bentley Systems | Licencia única: \$5633 | Pago único | Dibujo 2D, Modelado 3D, Modelado de diseño, Gestión de documentos | ProStructures, ProjectWise | Correo electrónico, Capacitación | Software de diseño de edificios multidisciplinarios que permite a los usuarios crear, analizar, documentar y visualizar estructuras de diversos tamaños, formas y complejidades. |


| | A | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T |
|---|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Software | Información General | Teléfono de la empresa/producto | Correo electrónico de la empresa/producto | Sistemas operativos | Requisito para Procesador | Requisito Memoria RAM | Requisito Disco Duro | Requisito Tarjeta Gráfica | Requisito Monitor | Enlace | Vídeo del producto |
| 1 | Trimble Connect | Poderosa herramienta de colaboración para profesionales de Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC) que incluye arquitectos, ingenieros, subcontratistas, contratos generales y propietarios de proyectos | +358 30 661 10 | connect-sales@trimble.com | Windows de 64 bits, android, iPhone, iPad, Mac, Basado en la wb, windows mobile | Procesador Quad-core mobile | 4 GB RAM (mínimo), 8 GB RAM (recomendado) | 10 GB de espacio libre en disco | Mínimo DX 10 integrado, Discrete GPU (Nvidia, AMD), mínimo 1 GB de memoria recomendado | Gráficos integrados con aceleración de hardware HD y asignación dinámica de memoria de video o tarjeta gráfica dedicada. Soporte OpenGL | https://connect.trimble.com/ | https://www.youtube.com/watch?v=m4bYABbwcbA&feature=youtu.be |
| 4 | AECOSim Building Designer | Software de diseño de edificios multidisciplinares que permite a los usuarios crear, analizar, documentar y visualizar estructuras de diversos tamaños, formas y complejidades. | +36 1 437 3000 | mail@graphisoft.hu | Windows 10, 8, 1, 7 de 64 bits | Intel o AMD, a 1,0 GHz o superior. No es compatible con una CPU que no admita SSE2 | 16 GB de RAM (mínimo), 32 GB de RAM (recomendado) | 24 GB de espacio libre en disco | Tarjeta gráfica de 24 bits o superior. Se recomienda 1 GB de RAM de video o superior. | Resolución de pantalla 1024 x 768 o superior | https://www.bentley.com/es/products/product-line/building-design-software/openbuildings-designer | https://www.youtube.com/watch?v=qlDee3hy8Sc&feature=youtu.be |
| 5 | | | | | | | | | | | | |

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|---|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Software | Logo | Uso principal | Empresa desarrolladora | Costo | Modalidades de pago | Características | Integraciones | Soporte disponible | Información General |
| 1 | Allplan |  | Modelado BIM | Nemetschek | La información de costos no es publicada. Se debe contactar con el proveedor para obtener un presupuesto personalizado. | Basado en cotizaciones | La representación correcta para cada pantalla, Libertad de diseño, Diseño asistido por BIM, Modelado 3D sin compromiso, Visualización al más alto nivel, Precisión hasta los dibujos de trabajo, Etiquetado correcto y coherente de objetos dentro de secciones y vistas, Interfaz de usuario intuitiva, Facilitar el trabajo basado en tareas y roles, Cuantificación confiable, Intercambio de datos sin problemas, Gestión eficiente de la información, Colaboración simplificada y optimizada | Allplan Bimplus, Allplan Share, Maxon CineRender, Siemens Parasolid | Correo electrónico, Teléfono, Soporte en línea, Capacitación, Solicitudes en sistema | Solución de modelado de información de construcción universal, definitiva y precisa que ayuda a los arquitectos a crear y manipular modelos de construcción 3D con flexibilidad, generar dibujos de diseño con el más alto nivel de precisión, visualizar proyectos BIM de manera más realista, intercambiar datos confiables y colaborar sin problemas con sus socios de planificación. |
| 6 | ArchICAD |  | Modelado BIM | Graphisoft | La información de costos no es publicada. Se debe contactar con el proveedor para obtener un presupuesto personalizado. Se puede optar por prueba gratis. | Basado en cotizaciones | Diseño de la fachada, Navegación 2D más rápida y fluida, Perfiles paramétricos personalizados, Propiedades basadas en expresiones, Mejoras de productividad y flujo de trabajo | Navisworks, Autocad, Revit, Allplan Engineering, Tekla BIMsight | Correo electrónico, Teléfono | Plataforma BIM líder en la industria para urbanistas, diseñadores de interiores, diseñadores y arquitectos. |
| 7 | Revit |  | Modelado BIM | Autodesk | Mensual: \$290, un año: \$2310, tres años: \$6235. Se puede optar por prueba gratis. | Mensualidad, Suscripción anual | Componentes paramétricos, Trabajo compartido, Programación, Interoperabilidad e IFC, Complementos, Anotación, Dynamo para Revit, Parámetros globales, Diseño arquitectónico, Ingeniería Estructural y Fabricación, MEP Ingeniería y Fabricación, Construcción | Revit es extensible a través de APIs, complementos y aplicaciones que se pueden encontrar en Autodesk App Store | Correo electrónico, teléfono, soporte vital, capacitación, solicitudes en sistema | Software BIM multidisciplinar con conjuntos de herramientas para diseño arquitectónico, MEP e ingeniería estructural, así como construcción. |
| 8 | SketchUp |  | Modelado BIM | Trimble | Licencia única: \$695 de la versión Pro | Pago único, modalidad gratuita | Efectos de iluminación, Texturas, Gestor de capa, Animaciones, Modelos 3D, Modelos 2D | SimLab, Trimble | Soporte vital | Software CAD intuitivo que sobresale en la creación y edición de conceptos 2D y 3D |
| 9 | | | | | | | | | | |

| | A | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T |
|---|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Software | Información General | Teléfono de la empresa/producto | Correo electrónico de la empresa/producto | Sistemas operativos | Requisito para Procesador | Requisito Memoria RAM | Requisito Disco Duro | Requisito Tarjeta Gráfica | Requisito Monitor | Enlace | Vídeo del producto |
| 6 | Allplan | Solución de modelado de información de construcción universal, definitiva y precisa que ayuda a los arquitectos a crear y manipular modelos de construcción 3D con flexibilidad, generar dibujos de diseño con el más alto nivel de precisión, visualizar proyectos BIM de manera más realista, intercambiar datos confiables y colaborar sin problemas con sus socios de planificación. | +1 (610) 429 9800 | info.de@allplan.com | Windows 10 de 64 bits, Windows® 8.1 de 64 bits, Windows 7 de 64 bits | Procesador Intel Core i5, i7 o i9 o compatible | 4 GB de RAM (mínimo), 16 GB de RAM (recomendado) | 10 GB de espacio libre en disco | Tarjeta gráfica compatible con OpenGL 4.2, (mínimo), Tarjeta gráfica compatible con OpenGL 4.2 (recomendado) | Resolución de pantalla 2560 x 1600 | https://www.allplan.com/en/ | https://www.youtube.com/watch?v=CxpkYUixiRg&feature=youtu.be |
| 7 | ArchicAD | Plataforma BIM líder en la industria para urbanistas, diseñadores de interiores, diseñadores y arquitectos. | +36 1 437 3000 | mail@graphisoft.hu | Windows 10 de 64 bits: Enterprise y Pro, MacOS 10.13 High Sierra, MacOS 10.12 Sierra | Procesador de 64-bit con cuatro o más núcleos (recomendado) o dos núcleos (mínimo) | 8 GB de RAM (mínimo), 16 GB de RAM (recomendado) | 16 GB de espacio libre en disco | Tarjeta gráficas compatibles con OpenGL 3.2 | Resolución de pantalla de 1440 x 900 o superior, Mínimo una resolución de 1366 x 768 | https://www.graphisoft.com/archicad/ | https://www.youtube.com/watch?v=X0cEDbioHDI&feature=youtu.be |
| 8 | Revit | Software BIM multidisciplinar con conjuntos de herramientas para diseño arquitectónico, MEP e ingeniería estructural, así como construcción. | +1 844 726 1539 | customercare.abc@autodesk.com | Windows 10 de 64 bits: Enterprise y Pro | Procesador Intel, Xeon o i-Series de uno o varios núcleos, o AMD equivalente, con tecnología SSE2. | 8 GB de RAM (mínimo), 16 GB de RAM (para modelos complejos) | 30 GB de espacio libre en disco | Tarjeta gráfica compatible con DirectX 11 y Shader Model 3 | Resolución de pantalla 1280 x 1024 con color verdadero | https://www.autodesk.com/products/revit/overview | https://www.youtube.com/watch?v=fiUr9B2yKiI&feature=youtu.be |
| 9 | SketchUP | Software CAD intuitivo que sobresale en la creación y edición de conceptos 2D y 3D | No hay información disponible | No hay información disponible | Windows 10, 8, 7 de 64 bits, MacOS 10.12, 10.13, 10.14 | 1 GHz de procesador | 4 GB de RAM | 500MB de espacio libre en disco duro o SSD | Una tarjeta gráfica 3D con un mínimo de 512MB de memoria dedicada compatible con OpenGL versión 3.0 o superior | No requerido | https://www.sketchup.com/es/try-sketchup | https://www.youtube.com/watch?v=YGdLwE4Ue-c&feature=youtu.be |

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|----|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Software | Logo | Uso principal | Empresa desarrolladora | Costo | Modalidades de pago | Características | Integraciones | Soporte disponible | Información General |
| 1 | Vectorworks |  | Modelado BIM | Nemetschek | Licencia única: \$2945 | Pago único | Modelado 2D y 3D, Modelado BIM, scripting gráfico, subdivisión de modelado de superficie, herramientas de dibujo y anotación, horarios y documentos de construcción, proyecto compartido, importación y exportación de archivos | No hay información disponible | Correo electrónico, Teléfono, Capacitación | Software de arquitectura integral desarrollado con BIM |
| 10 | BIM Track |  | Validación BIM | Building Smart | Plan estándar: \$6.95 por mes, Plan de empresa: basado en presupuesto | Mensualidad, Basado en cotizaciones | Comunicaciones, espacio de trabajo del proyecto, Integraciones de software, análisis, informes, sistema de notificaciones, emitir métricas, manejo de problemas básicos, tablero de instrumentos del proyecto, herramientas de navegación avanzadas, herramientas de medida, vista guardada, federar archivos IFC en línea, navegación por habitación | Revit, Navisworks, Tekla Structure, Solibri | Teléfono, Soporte Vital, Capacitación | Solución de colaboración basada en la nube que capacita a los profesionales de AEC (gerentes de proyectos de construcción, ingenieros y arquitectos) con innovadores flujos de trabajo de coordinación BIM |
| 11 | Navisworks |  | Validación BIM | Autodesk | Mensual: \$270, un año: \$2175, tres años: \$5875 | Mensualidad, Suscripción anual | Recortes de sección resaltados, detección de choques multiproceso, lector de archivos IFC, lector de archivos DGN, Integración de BIM 360 Glue, vistas compartidas de BIM 360, coordinación BIM, revisión de modelo, modelo de simulación y análisis, visualización de proyectos, cuantificación | Puede integrarse con BIM 360 Glue | Correo electrónico, teléfono, soporte vital, capacitación, solicitudes en sistema | Software de revisión y gestión de proyectos para profesionales y equipos de AEC |
| 12 | | | | | | | | | | |

| | A | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T |
|----|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Software | Información General | Teléfono de la empresa/producto | Correo electrónico de la empresa/producto | Sistemas operativos | Requisito para Procesador | Requisito Memoria RAM | Requisito Disco Duro | Requisito Tarjeta Gráfica | Requisito Monitor | Enlace | Vídeo del producto |
| 10 | Vectorworks | Software de arquitectura integral desarrollado con BIM | +1 888 646 4223 | sales@vectorworks.net | Windows 10, 8.1, 8, 7 de 64 bits, macOS 10.14, 10.13, 10.12, MacOS X 10.11, 10.10 | Intel Core i5 de 64 bits (o equivalente AMD) o mejor | 4GB o más | 10GB de espacio libre en disco | Tarjeta gráfica compatible con OpenGL 2.1 con 1 GB de VRAM o más | Resolución de pantalla 1440 x 900 o superior | https://www.vectorworks.net/en | https://www.youtube.com/watch?v=O0pHS2w4xQw&feature=youtu.be |
| 11 | BIM Track | Solución de colaboración basada en la nube que capacita a los profesionales de AEC (gerentes de proyectos de construcción, ingenieros y arquitectos) con innovadores flujos de trabajo de coordinación BIM | +1 844 246 6631 | No hay información disponible | Windows 8.1, Windows 10, MacOS X 10.9, Android 6.0 | 3.2GHz (pequeño proyecto), 3.5GHz (proyecto mediano), 4.0GHz (gran proyecto) | 8 GB (pequeño proyecto), 16 GB (proyecto mediano), 32 GB (gran proyecto) | SSD PCI-e | 2 GB (pequeño proyecto), 4 GB (proyecto mediano), 8 GB (gran proyecto) | Resolución de 1920 x 1080 | https://bimtrack.com/es | https://www.youtube.com/watch?v=YExRMGQ9Mi8&feature=youtu.be |
| 12 | Navisworks | Software de revisión y gestión de proyectos para profesionales y equipos de AEC | +1 844 634 0246 | customercare.abc@autodesk.com | Windows 10, 8.1, 8, 7 de 64 bits | Procesador Intel, Pentium 4 o AMD 3.0 GHz (o superior) con tecnología SSE2. | 2 GB de RAM (mínimo) | 15 GB de espacio libre en disco | Tarjeta gráfica compatible con Direct3D 9 Y OpenGL con Shader Model 2 (mínimo) | Pantalla VGA de 1280 x 800 con color verdadero | https://www.autodesk.com/products/navisworks/overview | https://www.youtube.com/watch?v=Y3_8IMU1ifQ&feature=youtu.be |

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|----|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Software | Logo | Uso principal | Empresa desarrolladora | Costo | Modalidades de pago | Características | Integraciones | Soporte disponible | Información General |
| 13 | Revizto |  | Validación BIM | Vizerra | Paquete 1: \$5000 por año, Paquete 2: \$8000 por año, Paquete 3: \$12000 por año | Basado en cotizaciones | Sincronización y uso compartido en la nube, exportación 2D, fusionar modelos, control de revisión, programador de exportaciones, exportar a .exe o para MAC, hojas 2D, objetos, puntos de vista/cortes de sección, mapa 2D, compartir cámara, soporte VR, código de color, gobernante, modo de boceto, colaboración, notificaciones instantáneas, complementos, uso sin conexión, rastreador de problemas, informes de problemas, archivos adjuntos, filtrado avanzado, herramienta de marcado | Revit, Navisworks, Autocad, Civil 3D, Sketch Up, ArchiCAD, Rhinoceros, FBX, IFC, BCF, PDF, DWF | Correo electrónico, Teléfono | Software de seguimiento de problemas en tiempo real para Arquitectura, Ingeniería y Construcción con un enfoque en colaboración y coordinación de proyectos BIM |

| | A | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T |
|----|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Software | Información General | Teléfono de la empresa/producto | Correo electrónico de la empresa/producto | Sistemas operativos | Requisito para Procesador | Requisito Memoria RAM | Requisito Disco Duro | Requisito Tarjeta Gráfica | Requisito Monitor | Enlace | Vídeo del producto |
| 13 | Revizto | Software de seguimiento de problemas en tiempo real para Arquitectura, Ingeniería y Construcción con un enfoque en colaboración y coordinación de proyectos BIM | +1 619 501 1755 | sales@revizto.com | Windows, Mac, Basado en la Web | No hay información disponible | No hay información disponible | No hay información disponible | NVIDIA GTX 1080 | No hay información disponible | https://revizto.com/es/download | https://www.youtube.com/watch?v=y27s9Gwh490&feature=youtu.be |

Apéndice 5: Guía para la Estandarización BIM.



Índice

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Histórico de Revisiones..... | 3 |
| Objeto de la Guía..... | 3 |
| Alcance de la Guía | 3 |
| Parte 1: Definiciones..... | 4 |
| Building Information Modeling (BIM)..... | 4 |
| BIM en Costa Rica | 11 |
| Parte 2: Estandarización BIM..... | 13 |
| Gestión de la información (Según normas ISO 19650, parte 1 y 2) | 13 |
| Proceso de gestión de la información durante la fase de desarrollo de los activos (Según ISO 19650)..... | 18 |
| Metodología de trabajo BIM..... | 20 |
| Bibliografía | 30 |

Histórico de Revisiones

| Versión | Fecha | Responsable | Motivo de la modificación |
|---------|-----------|-------------|---------------------------|
| 1.0 | 6/11/2019 | Jose Segura | Primera versión aprobada |

Objeto de la Guía

El objeto de esta guía es proporcionar conocimiento acerca de la gestión de la información utilizando la metodología de trabajo BIM, el cual puede ser utilizado por la empresa B.A. Ingeniería para mejorar sus flujos de trabajo colaborativo. Además, se muestran recomendaciones que permiten mejorar aspectos de coordinación a nivel interno de la empresa para influir en la productividad de elaboración de información.

Alcance de la Guía

Para el desarrollo del presente documento se tomó en cuenta lo siguiente:

- Definiciones básicas de conceptos BIM.
- Realidad nacional acerca de BIM a la fecha de creación del documento.
- Normas ISO 19650-1 e ISO 19650-2 relativas a la gestión de la información al utilizar BIM (utilizando la versión oficial, en español, de las Normas Europeas EN ISO 19650-1 y EN ISO 19650-2, que adoptan las normas internacionales).

Parte 1: Definiciones

Building Information Modeling (BIM)

“Conocido en español como Modelado de Información para la Construcción, refiere a la creación de un modelo computacional que contiene información la cual puede ser extraída para ser analizada, y de esta manera mejora la toma de decisiones en el proceso de diseño”

(Rodríguez, 2017).

La generación de datos se crea mediante un modelo 3D que es utilizado para facilitar el proceso de coordinación, simulación y visualización del proyecto. Además, mejora los aspectos de planificación, diseño, construcción y administración de los edificios, mediante una adecuada **gestión de la información** de los activos del proyecto. Su objetivo principal es la disminución de la pérdida de tiempo, recursos de diseño y construcción.

Características de BIM

| | | | |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| BIM permite la representación digital del producto de construcción | BIM incide en todas las fases del proyecto | BIM mejora la calidad de proyectos | BIM reduce actividades que no traen beneficios |
| BIM mejora la estimación y cumplimiento de plazos y costes | BIM permite la pre-construcción de una estructura | BIM contiene la información ordenada y coherente | BIM facilita la interoperabilidad en tiempo real |
| BIM ha permitido importantes ahorros | BIM ayuda a coordinar la información de un proyecto | BIM interesa a todas las disciplinas involucradas | BIM requiere compromiso de todos los agentes que lo utilizan |

Modelo BIM

El modelo BIM es elaborado utilizando un software especializado para la metodología BIM, contiene toda la información de manera estructurada, permitiendo la extracción de información que se desee.

El Modelo BIM es un prototipo virtual que reproduce digitalmente lo que se pretende construir o explotar en la realidad. Es una base de datos orientada a objetos que representan tridimensionalmente elementos constructivos. Estos elementos contienen información relativa a la construcción y permite su visualización interactiva, lo cual facilita la comunicación entre los agentes a la vez que contribuye a centralizar el conocimiento que estos tienen sobre lo que se está proyectando, construyendo o explotando. (Gosalves et al., 2016)

Autodesk Revit es el software BIM más utilizado a nivel Latinoamericano; sin embargo, se debe tener claro que no es el único existente para lo correspondiente a modelación. Entre los programas más conocidos se encuentran los siguientes:



Figura 1. Ejemplos de software para modelado BIM

Fuente: (Briones, s.f)

Industry Foundation Classes (IFC)

El IFC es un formato establecido que permite el intercambio de datos de un modelo informativo sin causar la pérdida o algún tipo de distorsión de la información. Este es un formato abierto, neutro y no pertenece a ningún productor de software, ya que fue creado para facilitar la interoperabilidad entre varios usuarios. Esto permite la importación de proyectos de manera directa entre los programas de modelado BIM.



Dimensiones del BIM

- 3D** • Modelo orientado a objetos que representa la información geométrica del proyecto, facilitando la visualización, coordinación y cálculo de cantidades.
- 4D** • Se agrega el tiempo, permitiendo simular las diferentes fases de construcción y diseñar el cronograma de actividades constructivas.
- 5D** • Incluye el control de costos y estimación de gastos del proyecto. Se relaciona de manera directa con la mejora en la rentabilidad del proyecto.
- 6D** • Permite conocer el comportamiento energético del edificio antes del comienzo de la construcción. Es la manera de validar la sostenibilidad del edificio.
- 7D** • Gestiona el ciclo de vida del proyecto y sus servicios. Da el control logístico y operacional, optimizando procesos como inspecciones, reparaciones, mantenimiento, entre otros.



Figura 2. Dimensiones BIM

Fuente: (activatie, 2017)

Niveles de BIM



- **Nivel 0 (Baja Colaboración / No BIM):** No existe la colaboración. Sólo se trabaja con CAD en 2D. El flujo de información se realiza mediante papel, grabados electrónicos o ambos.
- **Nivel 1 (Colaboración parcial / 2D-3D):** Utiliza una mezcla entre información en 3D y 2D. El 3D se utiliza para el trabajo de concepto y el 2D (CAD) para la elaboración de documentación. El intercambio de información se realiza utilizando un Entorno Común de Datos (CDE); sin embargo, no hay colaboración entre las disciplinas, cada una publica y mantiene sus propios datos.
- **Nivel 2 (Colaboración Completa / 4D-5D):** Se realiza un trabajo colaborativo en donde las partes involucradas utilizan sus propios modelos 3D. La información se comparte mediante un formato de archivos común que permite la combinación de datos para lograr los controles de coordinación.
- **Nivel 3 (Integración Completa / Open BIM / 6D-7D):** Es el trabajo integrado entre todas las disciplinas involucradas en la ejecución del proyecto. Lo anterior mediante un único modelo compartido, ubicado en el entorno común de datos.

Common Data Environment (CDE)

Un Common Data Environment o Entorno Común de Datos es el espacio asignado para lograr el intercambio de información y almacenamiento de los datos creados, de manera

organizada y segura, durante el proceso de diseño y construcción de un proyecto. La información puede gestionarse por todos los participantes mediante derechos de acceso específicos. El CDE incluye datos creados utilizando los modelos BIM, planos y documentos.



Figura 3. Comparación entre forma tradicional de compartir información y CDE.

Fuente: (Vallejos, 2018)

Level of Development (LOD)

Level of Development o Nivel de Desarrollo, este término fue acuñado por la AIA (American Institute of Architects), con la finalidad de poder indicar el Grado o escala de desarrollo de un proyecto desde el punto de vista de Modelado e Información en calidad como en cantidad. (García, 2019)

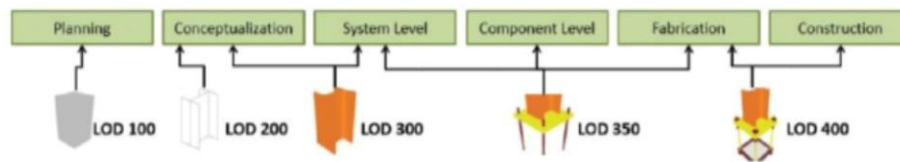


Figura 4. Progresión LOD con relación a diferentes etapas de diseño

Fuente: (Solnosky, 2018)

Tabla 1. Descripción de los niveles de LOD

| Nomenclatura | Nivel de información | Descripción |
|----------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| LOD 100 | Simbólico | No son representaciones geométricas. Muestra la existencia del componente, pero no su forma, tamaño o ubicación exacta. |
| LOD 200 | Conceptual | Son representaciones geométricas. Se representa al elemento dentro del modelo con cantidad, forma, ubicación y orientación aproximada. |
| LOD 300 | Genérico | Se representa al elemento dentro del modelo con cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación específica, permitiendo la medición directa desde el modelo. |
| LOD 350 | Específico | Se representa al elemento dentro del modelo con cantidad, dimensiones, forma, ubicación y orientación específica, permitiendo la medición directa desde el modelo. Se modelan las partes necesarias para la coordinación entre los elementos, incluyendo soportes y conexiones. |
| LOD 400 | Construcción o fabricación | Se representa al elemento dentro del modelo con cantidad, forma, ubicación y orientación específica, permitiendo la medición directa desde el modelo. Un elemento LOD 400 se modela con suficiente detalle y precisión para la construcción "in situ". |
| LOD 500 | "As Built" | El elemento del modelo es una representación de campo que está verificada en términos de tamaño, forma, ubicación y orientación. Se realiza una vez que se ha construido el proyecto, muestra las modificaciones realizadas en la construcción y que han cambiado con respecto al modelo. |

Fuente: (BuildingSMART Spanish Chapter, 2019)

BIM Execution Plan (BEP)

El BIM Execution Plan o Plan de Ejecución BIM es un documento que contiene todos los aspectos de la planificación previa al inicio de un proyecto utilizando la metodología de trabajo

BIM. Es utilizado para que todas las partes involucradas tengan un conocimiento adecuado de lo que se realizará en el proceso, como se llevará a cabo y los recursos que serán utilizados.

Sistemas de clasificación BIM

Un modelo BIM contiene una cantidad amplia de elementos, lo que dificulta la capacidad de identificar cada uno de ellos para ser utilizados para algún uso u objetivo específico dentro del proyecto constructivo. Los sistemas de clasificación BIM se crearon para organizar la información de cada elemento según su funcionalidad de manera que pueda ser interpretado por cualquier usuario de manera correcta, mediante un lenguaje común, para una gestión correcta de los activos.

Los sistemas de clasificación BIM más utilizados son los siguientes:

Table 11 – Construction Entities by Function
Table 12 – Construction Entities by Form
Table 13 – Spaces by Function
Table 14 – Spaces by Form
Table 21 – Elements
Table 22 – Work Results
Table 23 – Products
Table 31 – Phases
Table 32 – Services
Table 33 – Disciplines
Table 34 – Organizational Roles
Table 35 – Tools
Table 36 – Materials
Table 41 – Materials
Table 49 – Properties

OmniClass

A Substructure (Level 1)
A10 Foundations (Level 2)
A1010 Standard Foundations (Level 3)
A1010.10 Wall Foundations (Level 4)
A1010.10.CF Continuous Footings (Level 5)
B Shell (Level 1)
C Interiors (Level 1)
D Services (Level 1)
E Equipment and Furnishings (Level 1)
F Special Construction and Demolition (Level 1)
G Building Structure (Level 1)
Z General (Level 1)

UniFormat

Co – Complexes
Co_20 – Administrative, commercial and protective service complexes
Co_20_10 – Legislative complexes
Co_20_10_60 – Governmental complexes
En – Entities
Ac – Activities
SL – Spaces / Locations
EF – Elements / Functions
Ss – Systems
Pr – Products
TE – Tools and Equipment
PM – Project Management
Zz – CAD
FI – Form of Information

UniClass

00 00 00 Procurement and Contracting Requirements
00 01 01 Project Title Page
00 01 03 Project Directory
00 01 05 Certifications Page
00 01 07 Scale Page
00 01 10 Table of Contents
00 01 15 List of Drawing Sheets
00 01 20 List of Schedules
00 10 00 Solicitation
00 11 00 Advertisements and invitations
00 11 13 Advertisement for Sale
00 11 15 Advertisement for Prequalification of Bidders
00 11 18 Invitation to Bid
00 11 19 Request for Proposal
00 11 53 Request for Qualifications
00 20 00 Instructions for Procurement
00 21 00 Instructions
00 22 00 Supplementary Instructions
00 22 13 Supplementary Instructions to Bidders
00 22 16 Supplementary Instructions to Processors
00 23 00 Procurement Definitions

MasterFormat

BIM en Costa Rica

En Costa Rica se está promoviendo el uso de la metodología BIM en nuevas construcciones a nivel de empresas públicas y privadas. Se creó el BIM Forum Costa Rica, siendo el primer paso hacia la estandarización. Además, se pretende establecer un uso obligatorio para los proyectos públicos, mediante el Plan Nacional BIM.

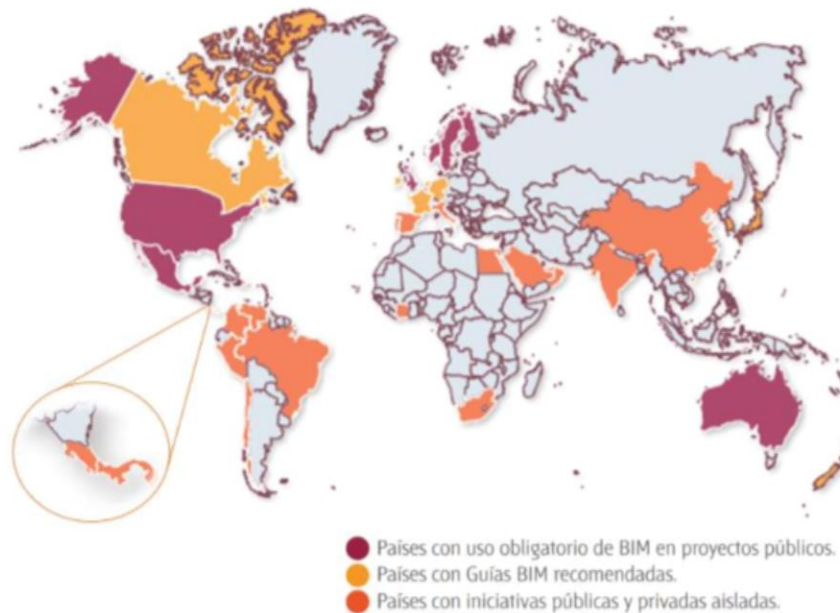


Figura 5. BIM en el mundo

Fuente: (Asociación Española de Normalización y Certificación, s.f)

BIM Forum Costa Rica

BIM Forum Costa Rica es un Comité técnico, que convoca a los principales profesionales e instituciones privadas y públicas relacionadas a Building Information Modeling (BIM) en nuestro país. Dicha instancia busca canalizar las inquietudes técnicas, el conocimiento

y la información relacionados a BIM, constituyéndose también en una instancia de desarrollo, difusión y buenas prácticas para el desarrollo tecnológico en el sector construcción. (Construcción 4.0, s.f)



Figura 6. BIM Forum Costa Rica Logo

Fuente: (Construcción 4.0, s.f)

Plan Nacional BIM

En el Congreso BIM Costa Rica 2019, realizado el jueves 13 y viernes 14 de junio de 2019, se presentó una iniciativa gubernamental planteada por la Primera Dama de la República, la arquitecta Claudia Dobles Camargo, en donde busca que la metodología BIM sea un estándar para la construcción y mantenimiento de las obras públicas, incluyéndolo como requisitos para las licitaciones públicas.

En marzo se conformó la Comisión Nacional de Implementación del Plan BIM integrada por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Acueductos y Alcantarillados, Caja Costarricense del Seguro Social, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones y Presidencia, en donde la casa del plan es el Ministerio de Planificación y Política Económica (MIDEPLAN) y desde abril ya trabaja un funcionario dedicado a la coordinación de esfuerzos y acciones de este plan. (Cámara Costarricense de la Construcción, 2019)

Parte 2: Estandarización BIM

Gestión de la información (Según normas ISO 19650, parte 1 y 2)

La serie de normas ISO 19650 establecen los conceptos y principios recomendados para los procesos de negocio en el sector de la construcción, siendo un apoyo para la gestión y producción de la información durante el ciclo de vida de los activos construidos cuando se utiliza Building Information Modeling (BIM). Estas normas afectan a todos los agentes que intervienen en el desarrollo de un proyecto, denominados como parte contratante, parte contratada principal y partes contratadas. Las normas se diseñaron para permitir que una parte contratante establezca sus requisitos de información durante la fase de desarrollo de los activos y proporcione el entorno empresarial y de colaboración adecuado dentro del cual las partes contratadas puedan producir información de manera efectiva y eficiente.

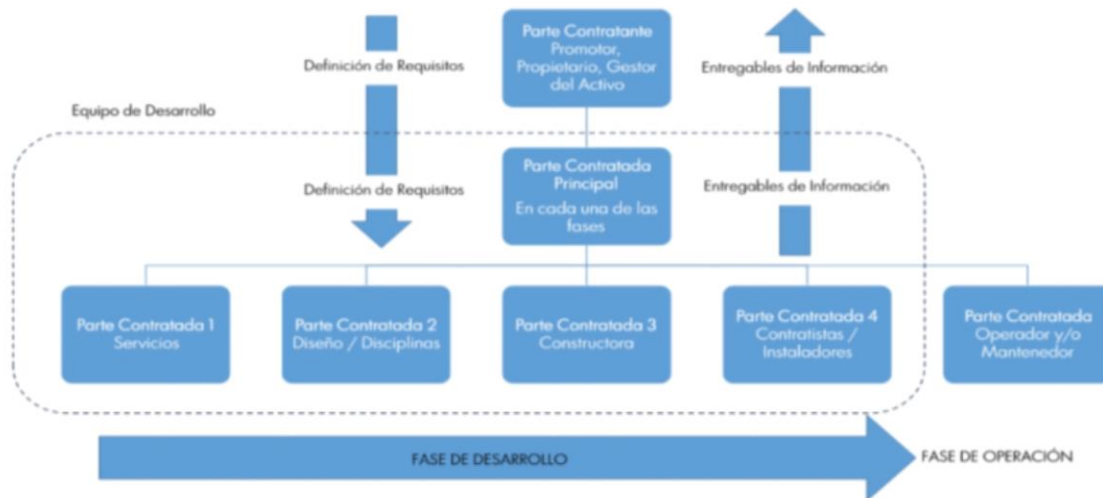


Figura 7. Relación entre los diferentes agentes

Fuente: (BuildingSMART Spanish Chapter, 2019)

La colaboración entre los participantes involucrados en proyectos de construcción y en la gestión de activos es esencial para el desarrollo y operación eficiente de los activos. El verdadero trabajo colaborativo requiere comprensión, confianza mutua y un nivel mayor de estandarización. Una aplicación adecuada de la norma ISO 19650 da como resultados:

- Definición clara de la información que necesita el cliente.
- Cantidad y calidad de información suficiente para satisfacer las necesidades del cliente.
- Transferencias eficientes y efectivas de información.

Definición de los requisitos y modelos de información resultantes

La parte contratante debe presentar los requisitos que requiere, con respecto a los activos del proyecto, a las organizaciones involucradas que necesitan conocerlo para definir su trabajo. Las partes contratadas, como B.A. Ingeniería, pueden agregar sus propios requisitos de información a los que reciben.

Ciclo de desarrollo de la información

La definición y desarrollo de la información de proyectos y activos sigue los siguientes principios generales:

La información es necesaria para la toma de decisiones durante todo el ciclo de vida del activo.

La información se especifica de forma progresiva a partir de conjuntos definidos por la parte contratante.

Los requisitos deberían transmitirse al agente más relevante o al que se puede proporcionar con mayor facilidad.

El intercambio de información implica compartir y coordinar la información a través de un CDE.

Para la toma de decisiones a lo largo del ciclo de vida de la información se utilizan los modelos de información del activo (AIM) y del proyecto (PIM). El papel principal de la empresa B.A. Ingeniería dentro del ciclo de vida de la gestión de la información se inicia en el punto A y termina en el punto C, según lo presentado en la Figura 8.



Legenda

- A Inicio de la fase de desarrollo - transferencia de información relevante del AIM al PIM
- B desarrollo progresivo del modelo de diseño inicial en el modelo de construcción virtual (véase 3.3.10, nota 1)
- C Fin de la fase de desarrollo - transferencia de información relevante del PIM al AIM

Figura 8. Ciclo de vida de gestión de información genérica de proyectos y activos

Fuente: (Asociación Española de Normalización, 2019)

La parte contratante debe definir la información que proporcionará durante el ciclo de vida de los activos. Los requisitos de información relevantes se transmitirán a cada parte contratada como parte del proceso de contratación, quienes deben revisarla y dar una respuesta. Dicha respuesta es gestionada y se realiza en la planificación de las actividades de desarrollo del proyecto. Incluyendo ciclos de retroalimentación que permiten revisar los entregables de información.

Planificación del desarrollo de información

La planificación y desarrollo de la información es responsabilidad de cada parte contratada. Los programas de desarrollo de la información se deben formular en respuesta a los requisitos de información establecidos por la parte contratante. B.A. Ingeniería debe cuestionarse los siguientes aspectos:

- ¿Cómo se cumplirá con los requisitos definidos?
- ¿Cuándo se entregará la información?
- ¿Cómo se coordinará la información?
- ¿Qué información se va a desarrollar?
- ¿Quiénes son los responsables de desarrollar la información?
- ¿Quién es el destinatario de la información?

Además, se recomienda añadir un calendario de desarrollo de la información, en donde se establezca el programa de entrega de los activos a corto y mediano plazo, y una matriz de responsabilidades.

Gestión de la producción colaborativa de la información

Se debe implementar una solución de CDE con un flujo de trabajo que permita el acceso a la información de todos los que la requieran. La solución CDE y flujo de trabajo permiten el desarrollo de un modelo de información federado; es decir, que agrupa los modelos de información de las diferentes partes contratadas, equipos de desarrollo o equipos de trabajo.

Los problemas en el modelo deben evitarse **durante la producción de información** y no después de la entrega. Además, debe establecerse el nivel de información necesaria y la calidad de la información que se situará en el Entorno Común de Datos.

Solución de Entorno Común de Datos (CDE) y Flujo de Trabajo

La recomendación para la gestión de la información mediante BIM implica la utilización de un CDE y un flujo de trabajo. Además, se recomienda que la información se distribuya según su estado, en donde la norma ISO 19650 propone los siguientes:

- **Trabajo en curso:** Es utilizado para almacenar la información que se está desarrollando por el equipo de trabajo. No deben ser visibles o accesibles por otros equipos de trabajo.
- **Compartido:** Permite el desarrollo colaborativo del modelo de información dentro de un equipo de desarrollo.
- **Publicado:** Es la información que ha sido autorizada para su uso.
- **Archivado:** Se utiliza para mantener un registro de todos los contenedores de información que se han compartido y publicado durante el proceso de gestión de la información, así como para seguir un seguimiento de su desarrollo. Es lo que anteriormente estaba en el estado “publicado”.

Proceso de gestión de la información durante la fase de desarrollo de los activos (Según ISO 19650)



Figura 9. Gestión de la información durante la fase de desarrollo del activo según ISO 19650-2

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta el alcance de la empresa B.A. Ingeniería dentro de cada uno de los procesos de gestión de la información. Si se desea conocer a detalle los criterios de cada proceso se debe consultar la sección 5 de la norma ISO 19650-2:2018.

1. Evaluación de necesidades

La evaluación de necesidades debe ser realizada por la parte contratante, por lo que la empresa B.A. Ingeniería no forma parte de este proceso. Si la parte contratante no establece sus necesidades en cuanto a la información, la empresa B.A. Ingeniería puede plantear propias y presentarlas en su oferta.

2. Petición de ofertas

La petición de ofertas es realizada por la parte contratante e incluye todos los aspectos relacionados con los requisitos de información que deben cumplir las partes contratadas para

satisfacer las necesidades planteadas por el cliente. B.A. Ingeniería debe analizar los requisitos establecidos en la licitación y verificar que tenga la capacidad de cumplir con cada uno de ellos.

3. Presentación de ofertas

Una vez que la parte contratante ha establecido sus necesidades y ha plasmado sus requisitos de información mediante una licitación, B.A. Ingeniería debe realizar la presentación de su oferta. Además, debe llevar a cabo una evaluación de su aptitud y capacidad de proporcionar información conforme a los requisitos de intercambio de información y el Plan de Ejecución BIM.

4. Contratación

Para el proceso de contratación, B.A. Ingeniería debe tener las capacidades para cumplir con los requisitos de información y el Plan de Ejecución BIM del proyecto; además, debe tener claro las responsabilidades del equipo de desarrollo, creando su programa de desarrollo de información y completando los documentos de contratación necesarios.

5. Movilización

La movilización de recursos refiere al proceso de supervisión de documentos, controlar intercambios de información, controlar el CDE, y todos los aspectos relacionados con la coordinación de la información dentro del equipo de trabajo. B.A. Ingeniería no participa de manera directa en la movilización, pero debe acatar todas las instrucciones o recomendaciones emitidas por las personas responsables de llevar a cabo esta función.

6. Producción colaborativa de la información

Al iniciar el proceso de producción de la información, B.A. Ingeniería debe comprobar que tenga acceso a toda la información de referencia y a los recursos compartidos que se ubiquen

dentro del entorno común de datos, de lo contrario debe informar de manera inmediata a la parte contratada principal. Además, debe producir la información según se haya acordado en los procesos anteriores.

7. Entrega del modelo de información

B.A. Ingeniería debe entregar el modelo de información que realizó durante el proceso de producción de la información, en donde la parte contratada principal es quien tiene la responsabilidad de la revisión del modelo y de los procedimientos de producción de información. Si la información falla en algún punto el modelo es rechazado y se ordenaría a B.A. Ingeniería modificar la información.

8. Fin de la fase de desarrollo

Este apartado es responsabilidad de la parte contratante, en donde una vez que se ha entregado toda la información coordinada, esta es archivada en el entorno común de datos. Tanto la parte contratante como B.A. Ingeniería debe tener una retroalimentación sobre los procesos durante la fase de desarrollo de la información del proyecto para así obtener una mejora continua en cada proyecto realizado.

Metodología de trabajo BIM

La correcta gestión de la información se realiza mediante el trabajo en conjunto de una parte contratante, una parte contratada principal y varias partes contratadas, en donde cada uno tiene un rol específico durante el proceso de desarrollo de información, formando un equipo de trabajo colaborativo.

En Costa Rica, las metodologías de trabajo BIM no se han estandarizado, por lo que existen iniciativas aisladas de algunas empresas que desean su implementación; sin embargo, los

procesos de desarrollo de la información se establecerán en los planes de ejecución BIM respectivos de cada proyecto. Dado lo anterior, la empresa B.A. Ingeniería debe adaptarse a los procesos descritos por dichas empresas, agregando sus propios requisitos de información si lo considera necesario.

Situación actual BIM de B.A. Ingeniería

B.A. Ingeniería trabaja hasta la dimensión 3D y se encuentra en el nivel 1 de BIM realizando sólo una colaboración parcial de la información. En algunos casos ha llegado a nivel 2, cuando las demás partes involucradas utilizan sus propios modelos y se permite una combinación de datos, normalmente esto sucede cuando se trabaja con una empresa que presenta su propio BEP y se encarga de la gestión de la información. Además, el LOD trabajado en la empresa es LOD 300, si se desea un nivel mayor, el modelo aumenta su valor, por lo que es necesario que los dibujantes se capaciten para que puedan llegar a ese nivel de detalle sin complicaciones.

Modelo BIM

La empresa B.A. Ingeniería ha trabajado utilizando el programa Revit de Autodesk, por lo que se considera correcto continuar realizando los modelos mediante ese software; sin embargo, se deben contemplar las siguientes recomendaciones para mejorar el flujo de trabajo:

- Se necesita capacitar a los dibujantes para que estos puedan aprovechar al máximo las características de modelaje de este programa.
- Se requiere ampliar los conocimientos en otros programas que complementan la gestión de la información; por ejemplo, Navisworks, Revizto, BIM 360, u otro que se considere necesario.

- Manejar archivos con formato IFC para que estos puedan ser utilizados por cualquier software BIM sin pérdida de información.
- Considerar opciones de software BIM para el departamento de ingeniería, como el AEC Collection de Autodesk en donde hay herramientas que pueden ser aprovechadas para diseño estructural y que a su vez permiten una coordinación en tiempo real con el departamento de dibujo.

Common Data Environment (CDE)

El entorno común de datos se establece normalmente en el Plan de Ejecución BIM del proyecto, por lo que B.A. Ingeniería debe asegurar de que tenga el acceso correspondiente y el conocimiento de la herramienta utilizada para este fin. Si no se planificó ningún CDE para el proyecto, B.A. Ingeniería puede proponer el uso de alguna herramienta para establecer un medio de comunicación oficial entre las disciplinas involucradas.

Como parte de la adopción de conceptos BIM para mejora de los procesos internos de B.A. Ingeniería se recomienda establecer un CDE para el intercambio de información entre el departamento de ingeniería y dibujo, mediante una ubicación denominada “Compartido”. Lo anterior siguiendo las recomendaciones de la norma ISO 19650 en donde se propone que la información se ordene según su estado (Trabajo en Curso, Compartido, Publicado y Archivado). Para lograr compartir la información pueden utilizarse herramientas como One Drive, Dropbox, BIM 360, el servidor interno de la empresa u otro.

BIM Execution Plan (BEP)

Al iniciar un proyecto BIM debe existir un Plan de Ejecución BIM, el cuál debe ser leído y comprendido por todos los participantes del proyecto dentro de B.A. Ingeniería, tanto del

departamento de ingeniería como el de dibujo. Debe revisarse cada aspecto incluido y verificar que se tengan todos los recursos necesarios para su cumplimiento.

B.A. Ingeniería puede plantear su propio BEP si lo considera necesario; sin embargo, se recomienda que previamente se asigne un equipo de trabajo BIM que pueda realizar la coordinación de la información entre las disciplinas involucradas.

Sistemas de clasificación BIM

La norma ISO 19650 recomienda utilizar un sistema de clasificación que esté de acuerdo con lo definido en la norma ISO 12006-2, por lo que los sistemas que cumplen con este parámetro son OmniClass y UniClass. El sistema recomendado para la empresa B.A. Ingeniería es OmniClass, ya que es considerado como el sistema más completo, desarrollando las áreas que no fueron abarcadas por otros sistemas.

Para utilizar este sistema de clasificación se debe instalar un complemento gratuito para el programa Revit en donde se encuentran varios sistemas de clasificación, asignando el que se desee utilizar. Para la descarga se debe utilizar el siguiente enlace:

<https://www.biminteroperabilitytools.com/classificationmanager.php>, en donde se encuentran los sistemas UniFormat, MasterFormat y OmniClass en sus versiones actualizadas.

Hay que considerar que el programa Revit por defecto contiene el sistema de clasificación OmniClass y este se agrega de manera automática al crear una nueva familia; sin embargo, dicho sistema se encuentra en su versión 2006 y en la última actualización, realizada en el 2012, se realizaron cambios, por lo que la tabla 23 incluida Revit no contiene la misma numeración de elementos asignados en la última versión.

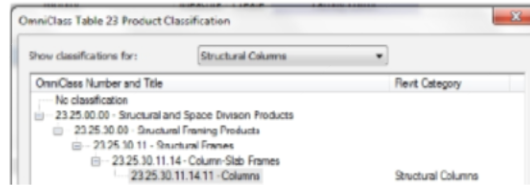


Figura 10. Tabla 23 OmniClass versión 2006 incluida en Revit

Fuente: Elaboración propia mediante Autodesk Revit.

| OmniClass Number and Title | Revit Category |
|----------------------------|--------------------|
| 23-13 35 00 | Framing Products |
| 23-13 35 11 | Structural Frames |
| 23-13 35 11 11 | Beam Column Frames |
| 23-13 35 11 13 | Column Slab Frames |
| 23-13 35 11 13 11 | Columns |
| 23-13 35 11 13 13 | Beams |

Figura 11. Tabla 23 OmniClass versión 2012

Fuente: (Construction Specifications Institute, 2012)

Si alguna de las empresas involucradas en el proceso de gestión de la información utiliza otro sistema de clasificación incluido en el complemento puede ser utilizado por la empresa B.A. Ingeniería para no generar conflicto entre la información del proyecto.

Producción de la información de B.A. Ingeniería

Al iniciar un nuevo proyecto dentro de la empresa lo primero que debe verificarse es la existencia de requisitos de información de la parte contratante, estos requisitos se pueden definir mediante un proceso de licitación o de manera informal mediante un documento, usualmente el BIM Execution Plan, que plasme las necesidades del cliente y los requisitos de coordinación necesaria para un buen desempeño en la transferencia de información. Al existir estos requisitos, B.A. Ingeniería debe realizar una evaluación de su aptitud y capacidades, en donde se incluyan al menos los siguientes factores:

- Compromiso de cumplir los requisitos.

- Capacidad de trabajo colaborativo.
- Experiencia en Tecnologías de Información.
- Número de personas con experiencia.

Si se encuentran aspectos en los que la empresa no tiene suficiente experiencia o la capacidad de cumplir de manera adecuada se debe optar por capacitaciones que permitan a los miembros de la empresa obtener las aptitudes y capacidades necesarias para llevar a cabo la producción de la información de la manera correcta.

Por otra parte, si la empresa contratante no establece requisitos de información B.A. Ingeniería puede presentar propios. Lo anterior puede efectuarse mediante un documento que se entrega a la parte contratante y a las diferentes disciplinas que se encuentran involucradas en la elaboración de información que será utilizada para la construcción de una edificación. Dentro de los aspectos que pueden incluirse aspectos como:

- Formato de los archivos creados durante el proceso de producción de la información (incluyendo nomenclatura utilizada para cada archivo).
- Método de colocación de archivos en el entorno común de datos.
- Medio de comunicación oficial para aspectos relacionados al proyecto (correo, teléfono de oficina, celular, u otro).
- Personas asignadas para la comunicación y gestión de la información del proyecto.
- Tiempos establecidos para la entrega de información.
- Reuniones establecidas para coordinación entre disciplinas.

- Procedimiento por seguir si existen modificaciones durante la elaboración de la información:
 - Manera adecuada de comunicar las notificaciones de los cambios
 - Afectaciones en tiempos de entregas según la modificación efectuada
 - Cambios en la oferta económica según la modificación efectuada

Estos requerimientos pueden incluirse inclusive si la parte contratante presenta sus requisitos de información, si B.A. Ingeniería los considera necesarios para una mejor gestión de la información. Una vez que se han definido los requisitos de información para el proyecto, se debe crear un programa de desarrollo de la información, en donde se establezcan los hitos de entrega de información del proyecto, las responsabilidades del equipo de trabajo, los plazos que el equipo de trabajo necesita para producir la información u otros aspectos que se consideren necesarios.

Una vez que se ha aclarado todos los requisitos de información se debe verificar que exista un entorno común de datos, el cual es uno de los aspectos importantes para la metodología de trabajo BIM. Si la empresa contratante no dispone de un CDE que sea el medio oficial de almacenamiento de información del proyecto, B.A. Ingeniería debe proponer alguna plataforma de trabajo para lograr cumplir con este aspecto. Luego de definir un CDE para el intercambio de información dentro de la empresa se debe verificar que se tenga acceso a toda la información que será usada como referencia para el inicio de producción de información.

Se debe establecer el equipo de desarrollo de información del proyecto, el cual a su vez se divide en dos equipos de trabajo: equipo de ingeniería y equipo de dibujo. Cada uno debe tener claro cual persona estará desarrollando que información. Además, todos los miembros del equipo

de desarrollo de información deben leer y entender todos los requisitos de información solicitados por el cliente y la información de referencia del proyecto, en donde todas las dudas deben ser aclaradas antes de iniciar la producción de la información.

Cuando las dudas sean resueltas y se tengan todos los recursos necesarios para dar inicio a la producción de información, se asigna el código del proyecto y se crean las carpetas de trabajo de cada equipo. Cada equipo comienza el desarrollo de la información, siguiendo el programa de desarrollo de la información, el cual debería guardarse en una carpeta denominada “Trabajo en Curso”, dividiéndose en subcarpetas adecuadas según el equipo de desarrollo.

Luego de que cada equipo de trabajo ha desarrollado su información de manera individual, se debe tener un CDE interno de B.A. Ingeniería que permita el intercambio de información de manera adecuada, se recomienda que se asigne una carpeta con el código del proyecto y dentro las subcarpetas denominadas “Compartido” y “Publicado”, en donde la primera se colocarán los detalles de los elementos diseñados por el equipo de ingeniería para que el equipo de dibujo pueda modelarlos y a su vez el equipo de dibujo pueda colocar el modelo terminado y permita que, en conjunto, se realice la revisión de los detalles modelados y de la calidad de la información, según los requisitos planteados al inicio del proyecto. Una vez realizados estos procesos se aprueba el intercambio de información con otras disciplinas, colocando en el CDE del proyecto (compartido con otras empresas involucradas) la información necesaria, realizando una copia en la carpeta “Publicado” del CDE de la empresa (compartido entre equipo de ingeniería y dibujo), en donde queda respaldo de la información que se ha compartido con otras disciplinas.

Al realizar lo anterior, se espera a que la empresa encargada de la coordinación entre las disciplinas revise el modelo y verifique que no existan interferencias entre los distintos modelos creados. Si existe alguna interferencia que afecta el diseño estructural debe ser resuelto antes de presentar el modelo a la parte contratante.

Cuando toda la información sea aprobada por la parte contratante se debe archivar la información del proyecto y todo el equipo de desarrollo debe recoger las lecciones aprendidas de todo el proceso de producción de la información para así tener una retroalimentación en busca de la mejora continua.

Por último, una vez que la información generada comience a ser utilizada en la construcción de la edificación se deben realizar las inspecciones respectivas donde se verifique que la información elaborada en planos sea llevada a cabo de la manera adecuada.

Lo ideal es que no existan modificaciones durante el proceso de elaboración de la información; sin embargo, es de esperar que siempre existan cambios. Lo que se busca al utilizar BIM es que estos cambios se realicen antes del inicio de la construcción, ya que la información se encuentra clara y visible para todas las partes involucradas. B.A. Ingeniería debe dejar en claro las condiciones en las que aceptará los cambios realizados y si estos tendrán repercusiones estructurales o económicas importantes.

Para esquematizar los procesos descritos anteriormente, se presenta el siguiente diagrama que muestra de manera simplificada los procesos que deben seguirse en la empresa para la mejora en el flujo de trabajo utilizando conceptos BIM.

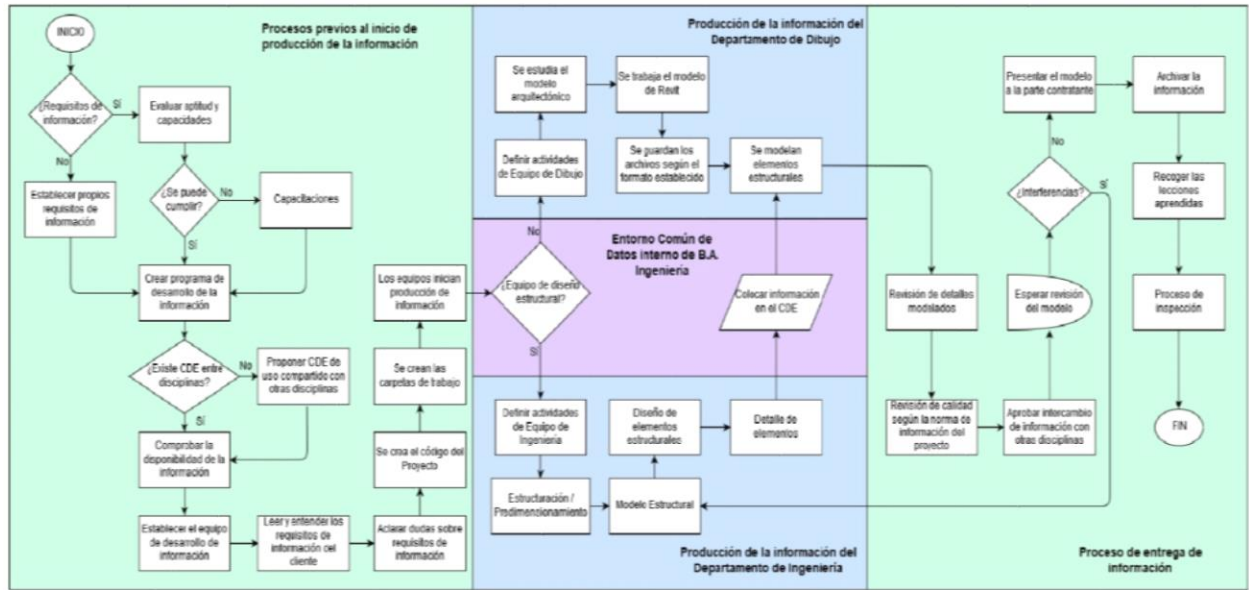


Figura 12. Diagrama de Procesos BIM para la empresa B.A. Ingeniería

Fuente: Elaboración propia

Bibliografía

- activatie. (2017). *Guía de dimensiones BIM / Guía sobre Seguridad y Salud en el trabajo con nanomateriales*. Recuperado el 29 de agosto de 2019, de activatie.org:
<https://www.activatie.org/noticia?168>
- Asociación Española de Normalización. (2019). *Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modeling). Gestión de la información al utilizar BIM Parte 1: Conceptos y principios (ISO 19650-1:2018)*. Madrid, España.
- Asociación Española de Normalización. (2019). *Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modeling). Gestión de la información al utilizar BIM Parte 2: Fase de Desarrollo de los Activos (ISO 19650-2:2018)*. Madrid, España.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (s.f). *Estándares en apoyo del BIM*. Recuperado el 2 de setiembre de 2019, de UNE Normalización Española:
https://www.en.une.org/normalizacion_documentos/informe-bim.pdf
- Autodesk. (2019). *Classification Systems and Their Use in Autodesk Revit: Managing the "I" in BIM*. Recuperado el 17 de setiembre de 2019, de
<http://www.biminteroperabilitytools.com/classificationmanager.php>
- Briones, C. (s.f). *Metodologías y Tecnologías para una Construcción Colaborativa*. Recuperado el 29 de agosto de 2019, de Planbim:
<https://www.mop.cl/papel/descargables/Sesion6Intro.pdf>

- BuildingSMART Spanish Chapter. (2019). Gestión de la información BIM. *Guía BIM para Propietarios y Gestores de Activos*, 87-88. Recuperado el 30 de agosto de 2019, de https://issuu.com/buildingsmart_spain/docs/2019_guia_bim_para_propietarios_y_g
- BuildingSMART Spanish Chapter. (2019). *Introducción a la serie EN-ISO 19650 Partes 1 y 2*. Recuperado el 16 de setiembre de 2019, de <https://www.buildingsmart.es/observatorio-bim/estudios/en-iso-19650/>
- Cámara Costarricense de la Construcción. (julio de 2019). BIM para Obras Públicas. *Revista Construcción*, 14. Recuperado el 2 de setiembre de 2019, de https://issuu.com/camaraconstruccioncr/docs/revista_construcci_n_231
- Construcción 4.0. (s.f). *BIM Forum Costa Rica*. Recuperado el 2 de setiembre de 2019, de CONSTRUCCIÓN, INNOVACIÓN 4.0: <http://construccion40.com/>
- Construction Specifications Institute. (2012). *OmniClass: Table 23 – Products*. Recuperado el 18 de setiembre de 2012, de <https://www.csiresources.org/standards/omniclass>
- García, M. (2019). *LOD NIVEL DE DESARROLLO*. Recuperado el 2 de setiembre de 2019, de editeca: <https://editeca.com/lod-nivel-de-desarrollo/>
- Gosalves, J., Murad, M., Cerdán, A., Fuentes, B., Hayas, R., López, J., & Zuñeda, P. P. (2016). *BIM en 8 puntos*. Recuperado el 26 de agosto de 2019, de es.BIM: [https://www.esbim.es uploads > 2017/01 > Documento_difusion_BIM](https://www.esbim.es/uploads/2017/01/Documento_difusion_BIM)
- Rodríguez, J. L. (2017). *EJEMPLO DE PROYECTO 0 BIM EN LA INGENIERÍA ESTRUCTURAL*. Recuperado el 26 de agosto de 2019, de

<https://www.bimcommunity.com/resources/load/384/ejemplo-de-proyecto-o-bim-en-la-ingenieria-estructural>

Solnosky, R. (2018). *Opportunities for BIM to Enhance Structural Engineering Curricula*.

ASCE. Obtenido de ascelibrary.org

Vallejos, J. (2018). *BIM needs more than the Common Data Environment (CDE)*. Recuperado el 30 de agosto de 2019, de BIMCommunity:

<https://www.bimcommunity.com/news/load/762/bim-needs-more-than-the-common-data-environment-cde>

Referencias

- Afsari, K., & Eastman, C. (2016). *A Comparison of Construction Classification Systems Used for Classifying Building Product Models*. Associated Schools of Construction.
- Asociación Española de Normalización. (2019). *Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modeling). Gestión de la información al utilizar BIM Parte 1: Conceptos y principios (ISO 19650-1:2018)*. Madrid, España.
- Asociación Española de Normalización. (2019). *Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modeling). Gestión de la información al utilizar BIM Parte 2: Fase de desarrollo de los activos (ISO 19650-2:2018)*. Madrid, España.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (s.f). *Estándares en apoyo del BIM*. Recuperado el 2 de setiembre de 2019, de UNE Normalización Española: https://www.en.une.org/normalizacion_documento/informe-bim.pdf
- Autodesk Inc. (2019). *Integrated BIM tools for building design, civil infrastructure, and construction*. Recuperado el 19 de agosto de 2019, de Autodesk: <https://www.autodesk.com/collections/architecture-engineering-construction/overview>
- Autodesk Inc. (s.f). *Classification Systems and Their Use in Autodesk Revit: Managing the "I" in BIM*. Recuperado el 21 de agosto de 2019, de Autodesk: <https://www.biminteroperabilitytools.com/classificationmanager.php>
- B.A. Ingeniería. (s.f.). *Nuestro equipo*. Recuperado el 25 de setiembre de 2019, de <http://baingenieria.net/baingenieria/nuestro-equipo/>
- BIM Forum Chile. (2017). *Guía Inicial para Implementar BIM en las Organizaciones*. Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT.
- Briones, C. (s.f). *Metodologías y Tecnologías para una Construcción Colaborativa*. Recuperado el 29 de agosto de 2019, de Planbim: <https://www.mop.cl/papel/descargables/Sesion6Intro.pdf>
- Briones, P., & Álvarez, J. (2018). *Comparación del Modelamiento, Análisis y Diseño Estructural en Concreto Armado utilizando los Software Etabs y Robot Structural Analysis, para un Edificio de cinco niveles (cuatro pisos y un semisótano)*. Tesis (Licenciatura), Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú.
- BuildingSMART Spanish Chapter. (2019). Gestión de la información BIM. *Guía BIM para Propietarios y Gestores de Activos*, 87-88. Recuperado el 30 de agosto de 2019, de https://issuu.com/buildingsmart_spain/docs/2019_guia_bim_para_propietarios_y_g
- BuildingSMART Spanish Chapter. (2019). *Introducción a la serie EN-ISO 19650 Partes 1 y 2*. Recuperado el 16 de setiembre de 2019, de <https://www.buildingsmart.es/observatorio-bim/estudios/en-iso-19650/>
- Cámara Costarricense de la Construcción. (julio de 2019). BIM para Obras Públicas. *Revista Construcción*, 14. Recuperado el 2 de setiembre de 2019, de https://issuu.com/camaraconstruccioncr/docs/revista_construcci_n_231
- Capterra Inc. (2019). *Programas BIM*. Recuperado el 16 de agosto de 2019, de Capterra: <https://www.capterra.es/directory/31000/bim/software>

- Consejo Superior de Colegios Arquitectos de España. (2016). *BIM EN 8 PUNTOS. Todo lo que necesitas conocer sobre BIM.* es.BIM.
- Construcción 4.0. (s.f). *BIM Forum Costa Rica.* Recuperado el 2 de setiembre de 2019, de CONSTRUCCIÓN, INNOVACIÓN 4.0: <http://construccion40.com/>
- Construction Specifications Institute. (2012). *OmniClass: Table 23 – Products.* Recuperado el 18 de setiembre de 2012, de <https://www.csiresources.org/standards/omniclass>
- Construction Specifications Institute. (2019). *OmniClass.* Recuperado el 24 de setiembre de 2019, de CSI: <https://www.csiresources.org/standards/omniclass>
- FinancesOnline. (2019). *Best 20 Building Information Modeling (BIM) Software in 2019.* Recuperado el 16 de agosto de 2019, de FinancesOnline: <https://financesonline.com/building-information-modeling/>
- G2.com, Inc. (2019). *Compare Building Design and Building Information Modeling (BIM) Software.* Recuperado el 16 de agosto de 2019, de G2: <https://www.g2.com/categories/building-design-and-building-information-modeling-bim>
- García, M. (2019). *LOD NIVEL DE DESARROLLO.* Recuperado el 2 de setiembre de 2019, de editeca: <https://editeca.com/lod-nivel-de-desarrollo/>
- Gosalves, J., Murad, M., Cerdán, A., Fuentes, B., Hayas, R., López, J., & Zuñeda, P. P. (2016). *BIM en 8 puntos.* Recuperado el 26 de agosto de 2019, de es.BIM: [https://www.esbim.es › uploads › 2017/01 › Documento_difusion_BIM](https://www.esbim.es/uploads/2017/01/Documento_difusion_BIM)
- inmoley. (2019). *NOVEDADES ISO EN EL BIM EN LA EDIFICACIÓN. ISO 19650.* Recuperado el 1 de octubre de 2019, de [inmoley.com: https://www.inmoley.com/NOTICIAS/1912345/2019-1-inmobiliario-urbanismo-vivienda/01-19-inmobiliario-023-20.html](https://www.inmoley.com/NOTICIAS/1912345/2019-1-inmobiliario-urbanismo-vivienda/01-19-inmobiliario-023-20.html)
- ISOTools. (2015). *¿Qué son las normas ISO y cuál es su finalidad?* Recuperado el 2 de octubre de 2019, de ISOTools: <https://www.isotools.org/2015/03/19/que-son-las-normas-iso-y-cual-es-su-finalidad/>
- Jansen Building Systems. (s.f). *Planning: BIM models of Jansen Steel Systems.* Recuperado el 30 de setiembre de 2019, de Jansen Group: <https://www.jansen.com/en/building-systems-profile-systems-steel/services-steel-systems/planning-bim-steel-systems.html>
- Murcio, M. (2013). *Análisis y diseño estructural utilizando modelo BIM.* Tesis, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Presidencia del Consejo de Ministros. (s.f). *Estándares BIM.* (S. d. Digital, Editor, & C. C. Perú, Productor) Recuperado el 1 de octubre de 2019, de GEOIDEP: <https://www.geoidep.gob.pe/bim/estandares-bim>
- RIBA Enterprises Ltd. (2019). *Uniclass 2015.* Recuperado el 19 de agosto de 2019, de NBS: <https://www.thenbs.com/our-tools/uniclass-2015>
- Rodríguez, F. (2017). *Aplicación de la filosofía BIM en la administración y registro de la información del proyecto de construcción Escazú Village.* Informe Proyecto Final de Graduación, Escuela de Ingeniería en Construcción, Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- Rodríguez, J. (2017). *EJEMPLO DE PROYECTO O BIM EN LA INGENIERÍA ESTRUCTURAL.* Recuperado el 26 de agosto de 2019, de <https://www.bimcommunity.com/resource/load/384/ejemplo-de-proyecto-o-bim-en-la-ingenieria-estructural>
- Romagnoli, M. (2016). *10 Importantes Razones que convierten a Revit en el programa BIM obligatorio.* Recuperado el 21 de agosto de 2019, de CAPSOFT: <https://www.capsoft.com.bo/single-post/2016/04/18/10-Importantes-Razones-que-convierten-a-Revit-en-el-programa-BIM-obligatorio>
- Santamaría, L., & Hernández, J. (2017). *Salto al BIM* (Primera ed.). Madrid, España: JHGuadalupe Editores.
- Solnosky, R. (2018). *Opportunities for BIM to Enhance Structural Engineering Curricula.* ASCE. Obtenido de ascelibrary.org

- The British Standards Institution. (2019). *Introducción a la nueva norma internacional de BIM, ISO 19650*. Recuperado el 2 de octubre de 2019, de bsigroup:
<https://www.bsigroup.com/globalassets/localfiles/es-es/normas/bim/bsi-bim-iso-19650-brochure-final-es.pdf>
- The Construction Specifications Institute & Construction Specifications Canada . (2016). *MasterFormat: Numbers & Titles*. Recuperado el 19 de agosto de 2019, de edmca:
<https://www.edmca.com/media/35207/masterformat-2016.pdf>
- The Construction Specification Institute. (2010). *UniFormat: A Uniform Classification of Construction Systems and Assemblies*. Recuperado el 19 de agosto de 2019, de CSI:
https://graphisoft.akamaized.net/cdn/ftp/techsupport/downloads/interoperability/UniFormat_2010m.pdf
- Vallejos, J. (2018). *BIM needs more than the Common Data Environment (CDE)*. Recuperado el 30 de agosto de 2019, de BIMCommunity:
<https://www.bimcommunity.com/news/load/762/bim-needs-more-than-the-common-data-environment-cde>