



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

HERRAMIENTAS PARA LA EJECUCIÓN DEL ROL DE REVISIÓN EN BIM SEGÚN EL ESTÁNDAR BIM PARA PROYECTOS PÚBLICOS

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

DIEGO SEBASTIÁN GUTIÉRREZ ALEGRÍA

PROFESOR GUÍA:
DAVID CAMPUSANO BROWN

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
RICARDO ROJAS PIZARRO
WILLIAM WRAGG LARCO

SANTIAGO DE CHILE
2022

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTER AL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
POR: **DIEGO SEBASTIÁN GUTIÉRREZ ALEGRÍA**
FECHA: 2022
PROF. GUÍA: DAVID CAMPUSANO BROWN

HERRAMIENTAS PARA LA EJECUCIÓN DEL ROL DE REVISIÓN EN BIM SEGÚN EL ESTÁNDAR BIM PARA PROYECTOS PÚBLICOS

En Chile y durante los últimos años, se han ido incorporando diferentes enfoques en los procesos de diseño, construcción y gestión en proyectos constructivos, con el propósito de combatir los estancados índices de productividad en la industria de la construcción a nivel nacional.

Uno de estos enfoques es BIM, definido recurrentemente como un conjunto de diferentes tecnologías, estándares, procesos, políticas y, sobre todo, metodologías que utiliza diferentes herramientas para la generación, revisión y visualización de modelos inteligentes, útiles como fuente confiable de información para la toma de decisiones en los proyectos de obras civiles o de edificación en que se utilicen. Esta metodología, en conjunto con otros enfoques, ha dado resultado en diferentes países desarrollados que han visto impulsados considerablemente estos estancados índices de productividad, por lo que actualmente se han ido implementando diferentes instancias para masificar su uso en Chile tanto en proyectos privados como en proyectos públicos.

Para potenciar los efectos de BIM, se requiere que los modelos elaborados cumplan con altos estándares de calidad, pues estos son pilar fundamental para los diferentes procesos que se realizan a lo largo del ciclo de vida de un proyecto constructivo. Para garantizar estos estándares de calidad, entra en juego el Rol de Revisión en BIM definido en el Estándar BIM para Proyectos Públicos. Este Rol, que deberá ser ejecutado por diferentes participantes de un proyecto, estará encargado de visualizar y verificar la información geométrica y no geométrica de los modelos desarrollados en BIM, según la etapa del ciclo de vida del proyecto, y será de carácter esencial para detectar cualquier incidencia o incongruencia en los modelos, en relación a la información mínima que se debe contener, a los requisitos del cliente y a la normativa vigente que se traduce a fin de cuentas en objetivos de uso en sus diferentes especialidades que deben cumplirse, y a incongruencias constructivas que se pudieran prever, con el propósito de evitar que modelos con bajos estándares de calidad sean utilizados en las diferentes actividades que utilicen BIM en sus procesos.

Este documento se interiorizará en dar un entendimiento inicial de BIM con foco en la revisión de modelos, para que el lector tenga un entendimiento completo de esta metodología bajo la óptica de un revisor. De la misma forma, se describirá el estado de BIM en Chile y se mencionarán ciertos aspectos importantes del Estándar BIM para Proyectos Públicos, con énfasis en el concepto de Rol de Revisión en BIM y a las Capacidades que este debe ejecutar. Luego, se desarrollarán diferentes ejemplos prácticos que debe saber ejecutar el Rol de Revisión en BIM, para finalmente abrir una discusión en relación a las herramientas utilizadas, a cómo los modelos van evolucionando a medida que son revisados y cómo esta metodología se ha ido desarrollado en proyectos de carácter público, entre otras conclusiones asociadas a las temáticas vistas a lo largo del texto.

Agradecimientos

Primero que todo, quiero agradecer a mi familia por todo el apoyo brindado a lo largo de mi carrera. En particular a mi mamá Milagros y mi papá Waldo por darme todas las herramientas para poder desarrollarme como profesional, pero también a mis hermanas Paula e Irma que han sido igual de importantes en mi vida.

También quiero agradecer a mis compañeros y compañeras de la Facultad, recordando lo tanto que nos apoyamos para poder sacar la carrera adelante. Espero que todos y todas nos desarrollemos como profesionales y nos encontremos más adelante en algún proyecto venidero.

Además, quiero agradecer a mi profesor guía David Campusano Brown quien fue el primer profesor en toda mi carrera en introducirme el concepto de BIM del cual se basa este Trabajo de Título, por toda la ayuda brindada a lo largo del desarrollo de este documento y por brindarme sus conocimientos y años de experiencia como ingeniero.

Finalmente, agradecer al profesor Ricardo Rojas que aceptó ser mi profesor co-guía, y por incentivar me, gracias a sus clases, a conocer más acerca de la metodología BIM. De la misma forma, agradecer al profesor William Wragg que aceptó ser parte de mi comisión de titulación, y por incentivar me, gracias a sus clases, a decidir irme al área de la construcción, que ha sido mi vocación desde muy joven.

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1 Introducción y Motivación	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo General	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3 Alcances y Metodología.....	3
1.3.1 Marco Teórico	3
1.3.2 Desarrollo de Ejemplos Prácticos.....	4
1.3.3 Análisis y Discusiones	4
1.3.4 Conclusiones.....	4
1.4 Resultados Esperados	4
2. Marco Teórico.....	6
2.1 El Concepto de Metodología BIM	6
2.1.1 Definiciones de BIM según distintas organizaciones	6
2.1.2 Aplicaciones de la Metodología	14
2.1.3 BIM y filosofía moderna de calidad.....	15
2.1.4 Open BIM y Formato IFC.	18
2.2 BIM en Chile.....	20
2.2.1 Evolución y desarrollo de la Metodología BIM en Chile	20
2.2.2 Iniciativas en Chile	22
2.2.3 Encuesta Nacional BIM.....	25
2.2.4 Softwares más utilizados en el país.....	27
2.3 El Estándar BIM para Proyectos Públicos.....	28
2.3.1 Contenidos Relevantes del Estándar.....	29
2.3.2 Roles BIM según el Estándar BIM para Proyectos Públicos	30
2.3.3 Matriz de Roles BIM	31
2.4 El Rol de Revisión en BIM.....	32
2.4.1. Definición del Rol de Revisión en BIM.....	32
2.4.2. Importancia del Rol de Revisión en BIM	32
2.4.3. Capacidades del Rol de Revisión en BIM.....	34
2.5. Ejecución de las capacidades del Rol de Revisión en BIM y herramientas asociadas a este rol	38
2.5.1 Comprender como capacidad del Rol de Revisión en BIM.	38
2.5.2. Aplicar, Utilizar, Validar y Desarrollar como capacidad del Rol de Revisión en BIM.	39
2.5.3. Herramientas para la ejecución de las capacidades.	39

2.5.4. Otras herramientas actualmente en desarrollo.....	40
3. Desarrollo de Ejemplos Prácticos	47
3.1 Herramientas a utilizar	47
3.1.1 Software a utilizar	47
3.1.2. Hardware a utilizar	50
3.2 Modelos a utilizar.....	51
3.3 Ejemplos prácticos para la ejecución de las capacidades del Rol de Revisión en BIM utilizando diferentes herramientas asociadas a este rol.....	56
3.3.1 Requisitos del Cliente y Normativa Vigente.....	56
3.3.2 Incongruencias Constructivas	75
3.3.3 SDI BIM y MEI.....	84
3.3.4 Otros Aspectos	94
4. Análisis y Discusiones.....	105
4.1. Comparación de herramientas para la ejecución de las Capacidades del Rol de Revisión en BIM..	105
4.1.1. Comparación de softwares	105
4.1.2. Comparación de hardware.....	106
4.2. El valor agregado otorgado por el Rol de Revisión en BIM y los grados de calidad de los Modelos BIM luego del proceso de revisión utilizando las herramientas analizadas.	106
4.2.1. Falencias Detectadas.....	106
4.2.2. El valor agregado y cómo mejoran la calidad de los modelos los procesos de revisión.....	111
4.3. Análisis Crítico en la utilización de BIM en proyectos constructivos en obras públicas.	113
5. Conclusiones.....	115
6. Bibliografía.....	118
Anexos	120
Anexo A.....	120
Anexo B.....	122
Anexo C.....	124
Anexo D	126

1. Introducción

1.1 Introducción y Motivación

Actualmente ya es de común conocimiento que la productividad de la industria de la construcción en Chile presenta un considerable atraso en comparación a otras industrias de diferente naturaleza, y que esta situación coarta el óptimo desarrollo y crecimiento del país debido al aporte que esta tiene, por su importante contribución al producto interno bruto y a la gran cantidad de empleos que genera, pero cuyas cifras de productividad asociadas no mejoran en el tiempo.

Este estancamiento se debe principalmente a la no adopción de las diferentes tecnologías de la información que se han ido desarrollando en el último tiempo, así como a los bajos índices de digitalización que esta industria presenta, y que influyen directamente a este no desarrollo de los niveles de productividad. Y es que son estas herramientas las que potencialmente podrían solucionar las principales problemáticas que impiden este desarrollo, asociadas (entre otras) a la alta fragmentación y poca eficiencia en el traspaso de información entre los diferentes participantes del ciclo de vida de un proyecto constructivo, así como de los rudimentarios métodos de gestión de la información que aún están presentes en esta industria.

Para contrarrestar esta tendencia, en los últimos años se han desarrollado iniciativas para la incorporación de la Metodología BIM a lo largo del ciclo de vida de los proyectos constructivos, una metodología que utiliza diferentes tecnologías de la información para la generación, revisión y visualización de modelos inteligentes, desarrollados en un ambiente compartido de datos y de manera colaborativa, mejorando sustancialmente este traspaso de información fragmentada así como los métodos de gestión de la información utilizados.

En Chile, dentro de estas iniciativas tenemos a Planbim, programa cuyo objetivo principal es el incremento de los niveles de productividad y sustentabilidad de la industria de la construcción en el país, esto mediante la implementación de la Metodología BIM en diferentes instituciones, trabajando en la definición de capacidades para establecer las competencias que cada actor debe adoptar en esta metodología, incentivando capacitaciones a la fuerza laboral, y estandarizando procesos y requerimientos, tal como se puede apreciar en el Estándar BIM para Proyectos Públicos publicado el año 2019 y actualizado el 2021.

Este Estándar define los distintos roles que deberán adoptar los diferentes actores que participarán en un proyecto constructivo, entre los cuales encontramos el Rol de Revisión en BIM, encargado de verificar la información de estos modelos inteligentes en base a los objetivos técnicos y normativos de un proyecto a lo largo de su ciclo de vida, aspecto esencial para que los modelos diseñados cumplan con los estándares de calidad esperables y a tono con las nuevas filosofías de calidad que la industria ha adoptado progresivamente durante las últimas décadas.

Estos altos estándares de calidad a los que aspiran estos modelos permitirán finalmente reducir los errores de diseño, lo que a su vez implicaría una menor cantidad de incidencias en las fases constructivas, y con ello, menores tiempos y costos de construcción.

Luego, para que el actor que cumpla con el Rol de Revisión en BIM pueda lograr estos objetivos, primero debe dominar las capacidades de este rol estipuladas y definidas en el Estándar BIM para Proyectos Públicos. Estas capacidades, tal como se verá a lo largo de este documento, están fuertemente vinculadas con el entendimiento de la Metodología BIM y con el uso de diferentes

softwares y hardware como herramientas para la extracción de información de los modelos inteligentes, por lo que el uso y aplicación de diferentes tecnologías de la información en estos procesos es de carácter vital para una revisión plenamente ejecutada.

Este trabajo dará este entendimiento básico de la Metodología BIM enfocado en las capacidades necesarias del Rol de Revisión en BIM, así como diferentes demostraciones para el uso de herramientas asociadas a softwares y hardware que el actor que cumpla con el Rol de Revisión en BIM deberá saber manejar. Lo anterior, tomando en consideración cuáles de estas herramientas son las que se han ido utilizando de forma regular en este país, y cuyo manejo forma parte estructural del uso de la metodología BIM en Chile.

Luego de ya tener un entendimiento considerable respecto al rol de Revisión en BIM. sus capacidades y cómo ejecutar estas capacidades, este trabajo terminará con un análisis de estas herramientas utilizadas, con el afán de saber cuáles de estas conviene utilizar para diferentes necesidades y situaciones a lo largo del ciclo de vida del proyecto constructivo. De la misma manera, se discutirá acerca del valor agregado que adquirirán los diferentes modelos BIM revisados y cómo se verán modificados sus grados de calidad, ejecutando de forma adecuada las capacidades según el Estándar al utilizar las diferentes herramientas analizadas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Profundizar el concepto de Rol de Revisión en BIM según el Estándar BIM para Proyectos Públicos, ilustrando la ejecución de las capacidades que el Rol de Revisión en BIM debe conocer; utilizando, comparando y analizando el efecto que tienen sobre los modelos, diferentes herramientas asociadas a la Metodología.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Internalizar el concepto de la Metodología BIM, así como su desarrollo y aplicabilidad en la industria nacional de la construcción.
- Conocer algunos de los conceptos presentes en el Estándar BIM para Proyectos Públicos, y en particular, los asociados al Rol de Revisión en BIM.
- Ejemplificar de manera práctica la ejecución de las capacidades del Rol de Revisión en BIM utilizando diferentes softwares y hardware.
- Comparar las diferentes herramientas utilizadas para la ejecución de las capacidades del Rol de Revisión en BIM.
- Estudiar cómo los modelos BIM se ven beneficiados a lo largo de todo el proceso de revisión utilizando diferentes herramientas.

1.3 Alcances y Metodología

1.3.1 Marco Teórico

El marco teórico contará con los siguientes contenidos. Notar que estos contenidos van de conceptos más amplios como Metodología BIM, a conceptos más acotados, como lo es el Rol de Revisión en BIM.

- El concepto de Metodología BIM.
 1. Definiciones de BIM según distintas organizaciones
 2. Aplicaciones de la metodología
 3. BIM y filosofía moderna de calidad
 4. Open BIM y Formato IFC

- BIM en Chile.
 1. Evolución y desarrollo de la Metodología BIM en Chile
 2. Iniciativas en Chile
 3. Encuesta Nacional BIM
 4. Softwares más utilizados en el país

- El Estándar BIM para Proyectos Públicos.
 1. Contenidos relevantes del Estándar
 2. Roles BIM según el Estándar BIM para Proyectos Públicos
 3. Matriz de Roles BIM

- El Rol de Revisión en BIM.
 1. Definición del Rol de Revisión en BIM
 2. Importancia del Rol de Revisión en BIM
 3. Capacidades del Rol de Revisión en BIM

- Ejecución de las capacidades del Rol de Revisión en BIM y herramientas asociadas a este rol.

1. Comprender como capacidad del Rol de Revisión en BIM
2. Aplicar, Utilizar, Validar y Desarrollar como capacidad del Rol de Revisión en BIM
3. Herramientas para la ejecución de las capacidades

1.3.2 Desarrollo de Ejemplos Prácticos

Se desarrollará de forma autónoma, con modelos creados por el autor del trabajo de título y con los manuales de uso de diferentes software y hardware.

- Herramientas a utilizar
- Modelos a utilizar
- Ejemplos prácticos (listado) para la ejecución de las capacidades del Rol de Revisión en BIM utilizando diferentes herramientas asociadas a este rol.

1.3.3 Análisis y Discusiones

Se desarrollará en base a lo expuesto en la parte de Marco Teórico y el Desarrollo de Ejemplos Prácticos.

- Comparación de herramientas para la ejecución de las capacidades del Rol de Revisión en BIM (Comparación de software y comparación de hardware).

El valor agregado otorgado por el Rol de Revisión en BIM y los grados de calidad de los modelos BIM luego del proceso de revisión utilizando las herramientas analizadas.

1.3.4 Conclusiones

Se desarrollará en base a lo expuesto en cada una de las 4 partes anteriores del Trabajo de Título: Introducción, Marco Teórico, Desarrollo de Ejemplos Prácticos y Análisis y Discusiones.

1.4 Resultados Esperados

El producto de este trabajo espera dar un entendimiento claro y práctico de lo que debe saber y de las actividades que debe ejecutar el actor del proyecto constructivo que asuma el Rol de Revisión en BIM según el Estándar BIM para Proyectos Públicos, esto en post de garantizar que los

diferentes modelos BIM que sean utilizados a lo largo del ciclo de vida del proyecto cumplan con los requisitos técnicos y normativos, y evitar problemas en etapas posteriores de este ciclo de vida que puedan disminuir la eficiencia de procesos constructivos y de operación en una obra civil o de edificación.

Además, se espera esclarecer las diferentes aplicaciones que tienen algunas de las herramientas para la ejecución del Rol de Revisión en BIM, sus diferencias, y la utilidad que estas poseen dependiendo de la capacidad que se quiera ejecutar y de la fase del proyecto constructivo en la que se esté.

De la misma forma, se espera dar a entender cómo los modelos se ven beneficiados a lo largo del proceso de revisión, el valor agregado que estos adoptan y los grados de calidad que estos puedan tener cuando se ejecutan las capacidades de manera correcta.

2. Marco Teórico

2.1 El Concepto de Metodología BIM

2.1.1 Definiciones de BIM según distintas organizaciones

Para comenzar con el Marco Teórico de este Trabajo de Título, parece imperativo conocer la definición formalmente establecida y universalmente aceptada del concepto de BIM, piedra angular para el desarrollo de este documento. Y aunque existen definiciones pertenecientes a normativas con reconocimiento internacional, como las normas ISO, no existe una única definición general, a excepción de las nociones básicas que se pueden inferir en base al significado directo de sus siglas: Building Information Modeling, o su traducción más recurrente: Modelado de Información de la Construcción.

De todos modos, aun cuando es un tanto confusa la inexistencia de esta definición universal formalmente establecida, existe una gran cantidad de definiciones provenientes de ciertas normas, iniciativas y organizaciones que, si bien son diferentes, siempre convergen a una zona común que está muy bien definida.

De esta forma, para dar un entendimiento inicial de lo que en realidad es BIM, en la tabla siguiente se tiene un listado con diferentes definiciones provenientes de fuentes considerablemente dispares entre sí: Una iniciativa nacional, una internacional, una definición normada y, finalmente, una elaborada por investigadores independientes. Luego, es necesario mencionar que estas definiciones a veces pueden resultar siendo muy extensas o con un mayor desarrollo a medida que se avanza en el texto fuente, por lo que sólo se tendrán las primeras ideas desarrolladas con el fin de únicamente representar la impresión que los autores de los textos hayan considerado vital como definición inicial.

Planbim

- Esta iniciativa, que impulsa la utilización de BIM en Chile, la define como un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que permiten diseñar, construir y operar una edificación o infraestructura de forma colaborativa en un espacio virtual.

BuildingSMART

- Esta asociación sin fines de lucro cuyo objetivo es fomentar la eficiencia en el sector de la construcción a través del uso de estándares abiertos de interoperabilidad sobre BIM, la define como una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes.

ISO 19650 - 1

- Esta norma internacional, titulada *Organización y digitalización de la información relativa a trabajos de edificación y de ingeniería civil, incluyendo BIM. Parte 1: Conceptos y principios* define BIM como el uso de una representación digital compartida de una obra civil o de edificación para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación, y formar una base confiable en la toma de decisiones.

BIM Dictionary

- Este diccionario, que forma parte de la iniciativa BIME y cuyo objetivo es establecer una fuente confiable y de común entendimiento de términos frecuentemente usados en la industria de la construcción, la define como un conjunto de tecnologías, procesos y políticas que permiten a múltiples participantes de un proyecto diseñar, construir y operar una obra civil o de edificación, de forma colaborativa y en un espacio virtual.

Ilustración 1: Definiciones de BIM según diferentes normas, documentos e iniciativas, nacionales e internacionales.

De los conceptos anteriores, podemos finalmente definir a grandes rasgos esta zona común de convergencia previamente mencionada. Luego, BIM dentro de esta zona poseerá las siguientes características, enlistadas para comprender al menos de forma general este concepto:

- Es un conjunto de diferentes tecnologías, estándares, procesos, políticas y, sobre todo, metodologías.
- Sirve para diseñar, construir, operar y gestionar un proyecto de infraestructura o edificación, por lo que se utiliza durante todo su ciclo de vida (etapas de diseño, análisis, documentación, fabricación, planificación, construcción, operación, mantenimiento, gestión y demolición de un activo constructivo).
- La información del proyecto constructivo es creada y manejada de manera colaborativa entre los diferentes actores participantes.
- La información creada es de carácter centralizada, utilizando un espacio virtual común, por lo que es posible acceder a esta para cualquier necesidad.
- Esta información centralizada es un modelo del proyecto de infraestructura o edificación.
- La información servirá como base confiable para la toma de decisiones en el diseño, construcción, operación y gestión del proyecto constructivo.

Es importante recalcar que, para efectos de este documento, la definición más poderosa será la de Planbim, plasmada en su documento más importante: El Estándar BIM para Proyectos Públicos, del cual se hablará más adelante. Aun así, es necesario tener en cuenta una concepción mucho más

amplia del significado de BIM, para lograr un mayor entendimiento de los conceptos que se presentarán en los siguientes capítulos.

Finalmente, y para dar por terminada las definiciones asociadas a BIM necesarias para poder entender este documento de manera completa, es importante explicar 3 conceptos claves mencionados previamente, y que serán de especial relevancia para las diferentes capacidades que el Rol de Revisión en BIM debe ejecutar (rol del que se también se hablará más adelante): Los conceptos de Modelo BIM, Espacio Virtual Común y Estándar.

Modelo BIM

Al entender lo que es teóricamente la metodología BIM y la relevancia que tiene esta información centralizada denominada modelo de proyecto o modelo BIM, es importante describir en qué consiste: Un modelo BIM es una representación digital tridimensional de información, tanto geométrica como no geométrica, asociada a una obra civil de infraestructura o de edificación. Esto quiere decir que, a diferencia de lo que se puede pensar, un modelo BIM no es un dibujo tridimensional estático de una de estas obras, sino que dicha representación visual es una consecuencia de la información modificable contenida en estos modelos ricos en datos.

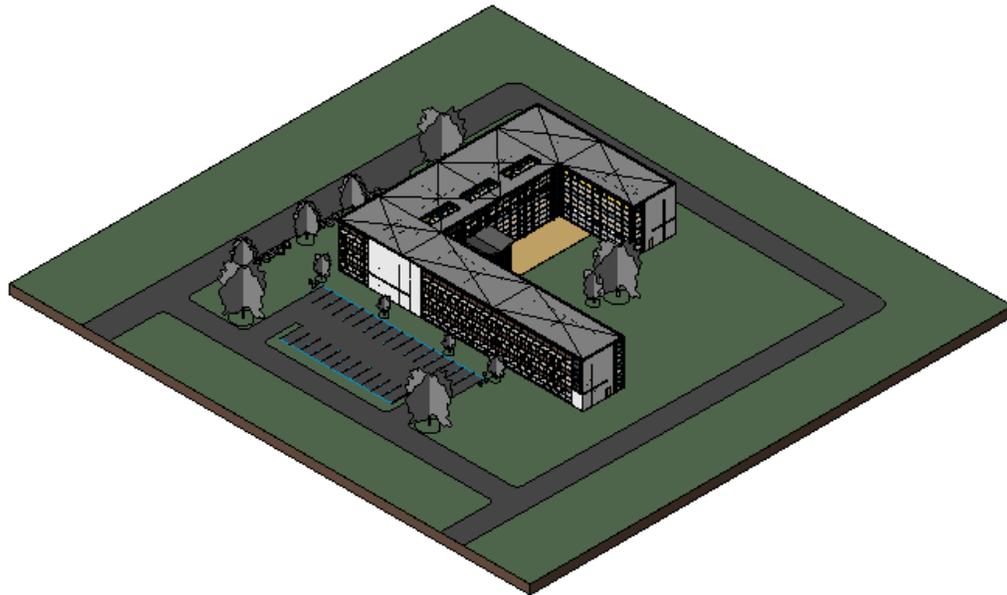


Ilustración 2: Modelo BIM arquitectónico de ejemplo provisto por Autodesk Revit, con topografía, elementos de vegetación y elementos civiles.

Estos datos o tipos de información contenida en los modelos BIM son añadidos de manera directa en las diferentes ‘entidades’ que conforman el modelo en su totalidad, y cuya característica principal es que son de carácter paramétricas, pues la información contenida en estos se añade en base a parámetros modificables, siendo estos de naturaleza independiente, definidos en base a fórmulas o dependientes de otros parámetros (parámetros de otras entidades inclusive). De esta

forma, una entidad estará completamente definida en base a estos parámetros, siendo estos últimos los responsables de que el modelo sea rico en información, sirviendo como una base de datos confiable para las diferentes decisiones que se deban tomar en el proceso de diseño, construcción, operación y gestión de un proyecto constructivo.

Es muy importante mencionar que, las entidades pueden agruparse en ‘familias’ (concepto adoptado por uno de los softwares de modelado más conocidos llamado Autodesk Revit, pero que de todas formas sirve para describir cuál es la lógica de estas estructuras jerárquicas), como lo son los elementos de vegetación, los muros, las losas, las columnas, las ventanas, las puertas, las tuberías, los elementos de mobiliario, etc., mientras que estas familias pueden subdividirse en ‘tipos de familias’, por ejemplo, las columnas de hormigón con diámetro de 30 cm, las columnas de hormigón con diámetro de 50 cm, etc. Así, cada entidad modelada estará asociada a un ‘tipo de familia’ y más globalmente a una ‘familia’ paramétrica.

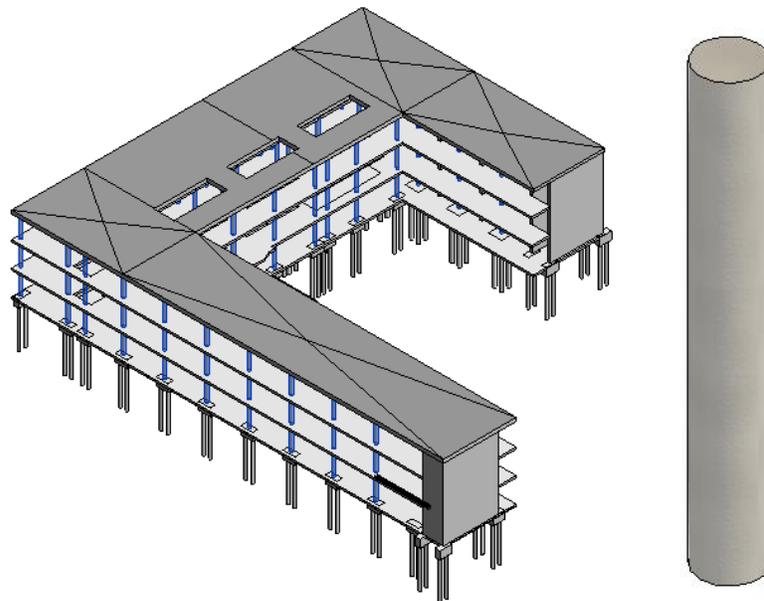


Ilustración 3: A la izquierda, modelo BIM estructural de ejemplo provisto por Autodesk Revit, con todas las entidades de la familia columnas seleccionadas. A la derecha, una de las columnas del modelo estructural.

Luego, como estas entidades son extremadamente ricas en datos, es imperativo que previo al inicio del proceso de modelado, se establezcan ciertos límites asociados a la cantidad de información que el modelador BIM inyectará a cada una de las entidades, en base a las necesidades que se quieran satisfacer a la hora de utilizar estos modelos inteligentes (Usos BIM). Un modelo estructural tendrá diferentes entidades, como columnas de diferente diámetro, vigas de diferente sección, losas de diferente espesor, fundaciones, cubiertas, escaleras, etc. Es decir, tendrá una gran cantidad de entidades pertenecientes a diferentes familias, y cada entidad tendrá una cantidad de información propia contenida, lo que podría implicar una cantidad considerable de recursos requeridos a la hora del proceso de modelado y de revisión de modelos.

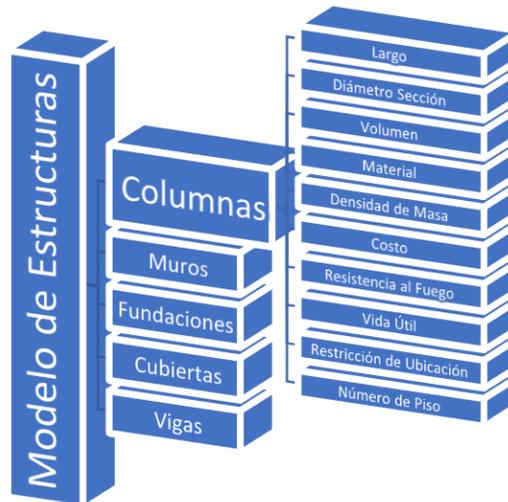


Ilustración 4: Ilustración de la información que pueden contener diferentes familias de entidades, en particular para el caso de las columnas.

En el diagrama anterior se muestran las diferentes familias que principalmente forman parte del modelo previamente mostrado: Columnas, Muros, Fundaciones, Cubiertas y Vigas. Así, también se pueden ver en el diagrama los diferentes parámetros que pueden incluirse sólo para la familia de las Columnas: Largo, Diámetro de Sección, Volumen, Material, Densidad de Masa, Costo, Resistencia al Fuego, Vida Útil, Restricción de Ubicación y Número de Piso. Además, y en adición a los parámetros previamente descritos, siempre pueden existir otros parámetros adicionales que formen parte de este tipo de familias, además de los sólo 10 parámetros descritos en el diagrama. En ciertos estándares, se tabulan más de 100 de estos, y sólo hablando de la familia de las columnas, por lo que la cantidad de información que pueden contener estos modelos en su totalidad puede ser gigantesca, sobre todo para proyectos constructivos con un alto grado de complejidad.

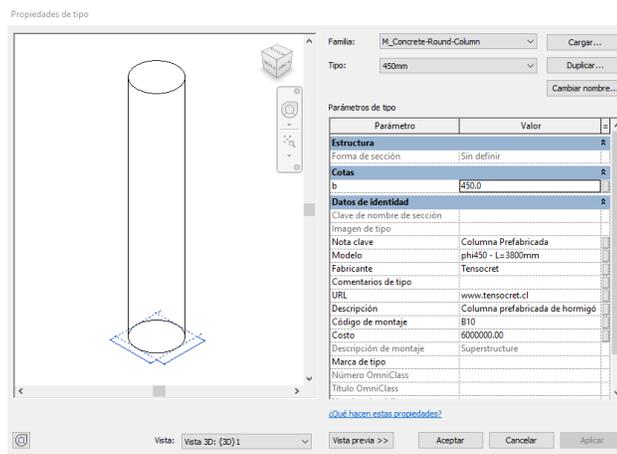


Ilustración 5: Ventana de propiedades/parámetros de una de las columnas del modelo. En ella se puede añadir los parámetros que definirán a esta entidad. Software usado: Autodesk Revit.

Por otro lado, a lo largo del ciclo de vida de un proyecto constructivo, se pueden generar diferentes tipos de modelo cuyas características son acorde a las necesidades de la etapa para la cual se elabora. Por ejemplo, para las etapas de prediseño se tienen los modelos de sitio y los modelos volumétricos, mientras que para las etapas de diseño se tienen los modelos de arquitectura, estructura y de especialidades. A su vez, para el proceso constructivo mismo pueden ser necesarios los modelos de coordinación y construcción, mientras que para la gestión y operación del activo constructivo pueden ser requeridos los modelos As-Built y los modelos de operación. Además, existen los modelos federados e integrados, que enlazan o unen los diferentes modelos mono-disciplinarios para mostrar un modelo completo con las diferentes especialidades contenidas al mismo tiempo.

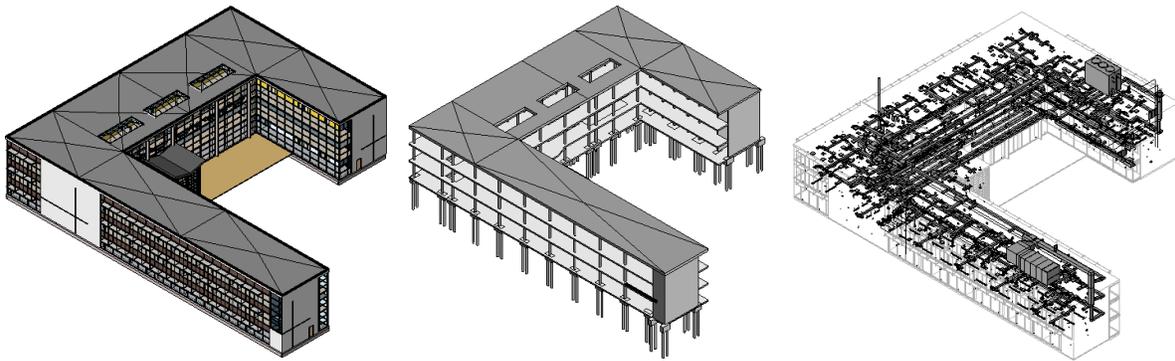


Ilustración 6: Ejemplos de diferentes modelos. De izquierda a derecha: Modelo de arquitectura, modelo de estructuras y modelo de especialidades (MEP).

Estos modelos BIM se utilizan, tal como se dijo anteriormente, para el diseño de las diferentes especialidades que formarán parte del activo constructivo, además de ser una fuente confiable de información para la construcción, operación y gestión de un proyecto de infraestructura o edificación. Esto quiere decir que los modelos servirán durante todo el ciclo de vida del proyecto constructivo, hasta la etapa de cierre / demolición de este.

Finalmente, los modelos son elaborados por modeladores BIM, utilizando diferentes softwares y hardware apropiados para su desarrollo. Estos usan las diferentes herramientas que provee el software de modelado, para generar el modelo en un espacio virtual común cuya información está presente de forma centralizada, disponible para ser extraída y modificada por los diferentes participantes de un proyecto de forma parcial o total. Estos modelos van siendo elaborados progresivamente según fechas estipuladas, aumentando el nivel de detalle de la información contenida de forma preestablecida a medida que avanza el proyecto.

Luego, como los modelos pueden tener cierto grado de complejidad, y debido a la gran cantidad de consideraciones que se deben tener en cuenta y que tienen relación, por ejemplo, a los requisitos estipulados por el cliente y especificaciones técnicas (EETT), a la normativa nacional, a incongruencias que se pueden generar a la hora del proceso constructivo, etc., existe la gran posibilidad de que algunos aspectos de los modelos no cumplan a cabalidad con cada una de las consideraciones previamente señaladas. De esta forma, es necesario un proceso de revisión exhaustivo que chequee los modelos para que estos sean entregados sin que generen ninguna eventualidad al momento de ser utilizados. Estos procesos de revisión serán descritos de manera detallada en el transcurso de este documento, siendo de especial relevancia para el desarrollo de

esta metodología y, en consecuencia, para el aumento en los niveles de productividad de los proyectos constructivos.

Espacio Virtual Común

De la misma forma, es importante entender a qué se refiere cuando se hable de espacio virtual común de datos, denominado generalmente como CDE. Un CDE (Common Data Environment. Ambiente Común de Datos o Entorno de Datos Compartidos), según información proveniente de BIM Dictionary, BuildingSMART y de la Norma ISO 19650-1, es una fuente de información acordada para cualquier proyecto o activo dado, en lo posible de carácter fiable, seguro y ágil, usado para recolectar, gestionar y entregar información asociada a modelos BIM, documentos o set de datos, etc. a los diferentes participantes / equipos de un proyecto constructivo para consultarlos, revisarlos, modificarlos, etc., teniendo cada uno de estos, diferentes grados de acceso definidos al inicio del proyecto.

Cuando se agrega información a estos CDE, estos archivos deben ser subidos una única vez para que, quienes tengan acceso a ellos en estos ambientes comunes, puedan obtenerlos de manera directa y ordenada, sin flujos de información adicionales e innecesarios que pudieran surgir (como duplicados), o con pérdidas de información a lo largo de estos flujos, y que a la larga no generan más que caídas de productividad en los equipos de trabajo.

Asimismo, un CDE consiste tanto en una solución CDE (tecnologías basadas en servidores o nubes que dan soporte a los flujos de trabajo CDE) como a un flujo de trabajo CDE, que organiza los flujos y la gestión de la información a lo largo de todo el ciclo de vida de un activo de manera estandarizada y a través de 4 estados de información. Esta estandarización permite definir si la información contenida en los CDE está en estado Trabajo en Curso, Compartido, Publicado o Archivado, teniendo cada uno de estos, diferentes características propias. Por ejemplo, para el caso de Publicado, la información ya está autorizada para ser utilizada por los diferentes participantes, pues todo el proceso de elaboración del modelo de carácter colaborativo ya fue realizado y aprobado, y este está completamente disponible como fuente de datos confiable para la extracción de diferentes tipos de información.

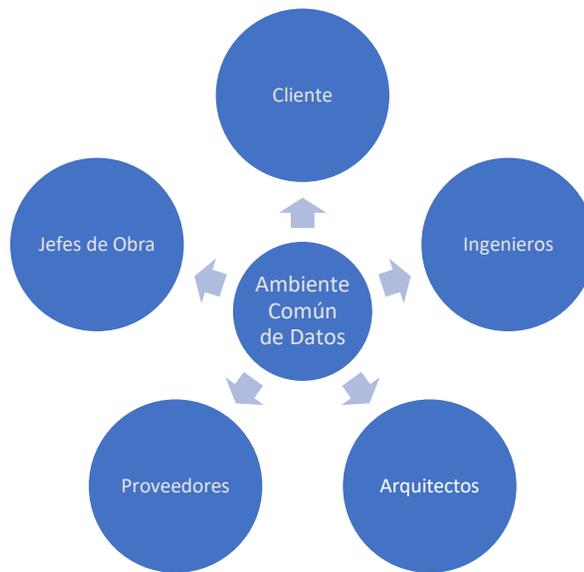


Ilustración 7: La información creada en este ambiente por los diferentes participantes podrá ser obtenida directamente sin intermediarios, lo que agilizará los flujos de información, y con ello, aumentará la productividad de los equipos de trabajo.

Finalmente, es importante no confundir estos espacios virtuales comunes de datos con los ambientes de trabajo colaborativo que se utilizan para los procesos de modelado, para que la generación de información en estos procesos se ejecute de manera coordinada entre los diferentes modeladores, revisores y coordinadores del proyecto. Estos últimos son vitales para el desarrollo de un proyecto utilizando BIM, pero se aleja del concepto que estamos describiendo y de los procesos de revisión de modelos descritos en este documento, por lo que no se interiorizará en ellos.

Estándar

El Estándar BIM para Proyectos Públicos, documento del que se hablará en detalle más adelante, menciona que la ISO (International Organization for Standardization) define un estándar como un ‘documento establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que entrega, para usos comunes y repetidos, reglas y directrices o características para actividades o sus resultados, ayudando a la obtención de un grado óptimo de ordenamiento en un contexto dado’.

Dicho esto, es muy importante recordar que, cuando se habla de BIM, no sólo hablamos de las tecnologías utilizadas, como los softwares o el hardware requerido tanto para elaborar la información contenida en los modelos como para extraerla, o los servidores que son utilizados para el almacenamiento de esta información, sino que también debemos considerar que se tienen procesos, políticas y metodologías establecidas, y estas generalmente deben ser basadas en estándares.

La razón por la que se basan en estándares es simplemente para que todos los participantes de un proyecto constructivo tengan un lenguaje común estandarizado para el intercambio de información, con la seguridad de que este sea conocido por todos, y así facilitar los flujos de información entre

estos participantes. Además, esto toma especial relevancia cuando hablamos de proyectos públicos, pues el Estado tendrá la posibilidad de establecer requerimientos que ya serán conocidos por las diferentes empresas que quieran, por ejemplo, participar en diferentes licitaciones, y no sólo actuales, sino que también futuras al mantener al Estándar como un referente a lo largo del tiempo.

Optimizar los flujos de información es clave, y la estandarización de los procesos, políticas y metodologías es de carácter esencial para que esto ocurra. Al lograr esto, se dará un paso más allá en esta búsqueda permanente por aumentar los estancados índices de productividad presentes durante las últimas décadas en la industria de la construcción a nivel nacional.

2.1.2 Aplicaciones de la Metodología

Tal como se ha dicho en los párrafos anteriores, un modelo BIM con gran cantidad de información contenida y de carácter centralizada, puede ser utilizado para ejecutar diferentes usos a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto constructivo, útiles para la toma de decisiones no tan sólo en el diseño de un proyecto, sino que también para la construcción, operación y gestión de este.

Es posible enlistar una gran cantidad de usos, para cada una de las etapas del ciclo de vida de un proyecto constructivo como, por ejemplo:

- En etapas de prediseño: Plasmar requisitos, necesidades y objetivos del cliente asociados a áreas y volúmenes requeridos en el activo constructivo, áreas por uso y programa de espacios, emplazamiento y zonificación, definición clara de condiciones existentes, estudio y evaluación de alternativas, estimación inicial de costos, etc.
- En etapas de diseño: Diseño y revisión de especialidades (como arquitectura, estructuras, climatización, electricidad, etc.), superposición de los modelos y coordinación entre las diferentes especialidades, cubicaciones, definición de presupuestos, simulaciones de iluminancia y análisis energéticos, análisis estructural, validación normativa, etc.
- En etapas de construcción: Organización de los procesos de construcción en base a fases constructivas (presupuestos definitivos y cronogramas de obra, no sólo asociados a la obra misma sino también a otras, como estructuras temporales), control de estados de avance y presupuestos, codificación para el ensamble de elementos, visualización de los modelos para planificar procesos de instalación y coordinación de equipos de trabajo.
- En etapas de gestión y operación: Visualización de modelos As-Built para procesos de mantenimiento o reparación del activo constructivo, trazabilidad de proveedores, costos, gestión de activos, planificación y gestión de emergencias, etc.

Luego, tal como se ve en el listado anterior que sólo recopila algunos de los usos BIM ejecutables en un proyecto constructivo, la cantidad de usos es extensa, y para poder ejecutarlos cabalmente se requiere una cantidad de información considerable. Por eso, y tal como se dijo anteriormente, preliminarmente se deben acordar y estipular claramente los usos que serán ejecutados, para limitar la información contenida en los modelos sólo para los usos definidos (que no serán todos en la

mayoría de los casos), con el propósito de no agotar recursos de manera innecesaria en los procesos de modelado, así como también en los procesos de revisión.

Finalmente, cada uno de estos usos requiere que la información contenida en los modelos sea de carácter fidedigna, pues información mal definida o con errores sólo generarán análisis sesgados con datos erróneos o imprecisos, que a la larga podrían ser utilizados en procesos claves, no sólo en etapas de diseño, sino que en etapas de construcción y operación de un activo constructivo.

Revisar estos modelos es de carácter esencial para que esto no ocurra, pues una de las características más importantes de la información generada utilizando BIM, es que esta actuará como base confiable para la toma de decisiones a lo largo de todo el proyecto, pieza clave para que no se vea reducida la productividad en los diferentes procesos que se ejecutan a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto de infraestructura o edificación.

2.1.3 BIM y filosofía moderna de calidad

Según la norma internacional ISO 9000:2015, se define el concepto de calidad como el grado en el que un conjunto de características inherentes de un objeto cumple con los requisitos.

Como ya es claro a estas alturas del texto, un modelo BIM posee una gran cantidad de información contenida, y esta es añadida de manera progresiva en base a requisitos previamente establecidos por algún cliente o a las EETT definidas en un proyecto. En fases de diseño, se pueden tener requisitos de espacios, de materialidad, etc. Además, se deben considerar aspectos normativos obligatorios que pueden ir más allá de ciertos requisitos establecidos explícitamente por el cliente. En esa misma línea, también se tienen requisitos asociados a la cantidad de información contenida en los modelos, dependiendo de la fase de entrega en la que se esté y al tipo de información contenida, dependiendo de los usos que se le dé a los modelos y a la cantidad de recursos que se quieren destinar para las etapas de modelado. Finalmente, es importante verificar aspectos asociados a las congruencias constructivas de un proyecto, por ejemplo, que no existan interferencias entre las diferentes especialidades, que la secuencia constructiva de las diferentes entidades tenga lógica, etc.

Como es importante el cumplimiento de los requisitos para tener un grado de calidad excelente, son necesarios constantes procesos de auto revisión por parte de los modeladores de cada una de las especialidades involucradas en el proyecto, pero también por parte de otros participantes que se dediquen íntegramente a los procesos de revisión de los modelos, por lo que también se tendrán revisores para diferentes especialidades. Estos participantes revisores pueden ser de carácter interno, externo (cliente o algún representante) o ambos, y serán clave para obtener modelos de alta calidad que podrán ser utilizados en las diferentes etapas del ciclo de vida de un proyecto.



Ilustración 8: Un alto grado de calidad en los Modelos BIM se asegura cuando se tienen los procesos de revisión pertinentes, tanto de manera interna como externa.

Según recomendaciones de BuildingSMART, la periodicidad de los controles asociados al aseguramiento de la calidad dependerá de la naturaleza del participante en cuestión. Se deberían tener continuos procesos de auto revisión por parte de los modeladores BIM y de quienes ejecuten única y exclusivamente el Rol de Revisión en BIM de manera interna, mientras que, para revisores externos asociados al aseguramiento de calidad del cliente, estos controles se deberían realizar en fechas específicas, estipuladas y definidas previamente en el cronograma de trabajo.

Es imperativo recalcar que la satisfacción del cliente y el cumplimiento de requisitos no es un capricho para hacer los procesos de modelado más complicados o aumentar los costos en tales procesos, y los modelos BIM con un alto grado de calidad tampoco serán el objetivo final, sino que serán el medio para la obtención de beneficios que serán aún mayores que los costos destinados para estos procesos de revisión. Por ejemplo, serán esenciales para la reducción de errores de diseño y posteriores modificaciones que se deban ejecutar en etapas más avanzadas del proyecto, lo que implicaría una menor cantidad de incidencias en fases constructivas. Además, estos modelos optimizarán los diseños resultantes, facilitarán el proceso de construcción, reducirán tiempos y costos de construcción, y garantizarán como resultado final, la existencia de una obra civil o de edificación que cumpla con los estándares esperados. Es estrictamente necesario que todo lo anterior se deba cumplir para lograr mejorar los índices de productividad de un proyecto constructivo a lo largo de todo su ciclo de vida.

En adición a lo anterior, hay que tener en permanente consideración que los costos de los cambios en un proyecto siempre serán menores en etapas tempranas de este, e irán creciendo a medida que avanzamos. Por ejemplo, no existe una gran pérdida de recursos si rediseñamos algunos espacios de una obra de edificación si esto se hace en un software de modelado. En ese caso, se perderán horas de trabajo relacionada a estos procesos, pero nada más que eso. Por el contrario, si ya estamos en pleno proceso constructivo, los costos podrían subir si es que parte de estos espacios ya fueron construidos en los procesos de construcción de obra gruesa, y podrían subir aún más si se está en la etapa de obra fina y terminaciones. Luego, siempre será mejor empujar estas decisiones a etapas más tempranas para la reducción de costos asociado a cambios. Asimismo, la capacidad de influencia para estos cambios será muy alta en etapas tempranas debido a lo ya señalado. Será muy fácil modificar ciertos aspectos si los cambios sólo se remiten a un software de modelado, pero serán muy difíciles de ejecutar a mitad del proceso constructivo.

Una de las figuras que aparece en la Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK), muestra cómo van evolucionando los costos de los cambios y la influencia de los interesados en estos cambios a medida que avanza el tiempo del proyecto, y cómo ambas variables se desarrollan de manera opuesta.

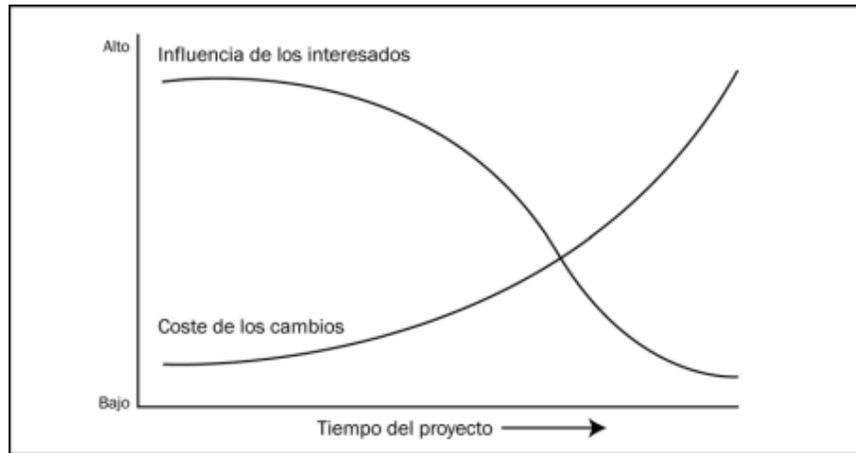


Ilustración 9: Ilustración del PMBOK 3ra Edición. Evolución de los costos de los cambios y la influencia de los interesados mientras avanza el tiempo del proyecto.

Lo anterior va de la mano con las filosofías modernas de calidad que actualmente dominan la industria de la construcción. El aseguramiento de la calidad de los modelos permitirá, de manera preventiva, producir calidad previniendo potenciales errores, y no detectándolos y corrigiéndolos al final del proceso de modelado, previa entrega al cliente. Al mismo tiempo, estos modelos con altos grados de calidad nos permitirán prevenir la ocurrencia de incidencias en etapas constructivas, así como también en las fases de gestión y operación al tener un diseño que satisfaga las necesidades del activo constructivo más allá de una vez terminado el proceso de construcción. Es necesario empujar estas correcciones a etapas tempranas del proyecto, para evitar ciertas eventualidades en etapas más avanzadas que nos produzcan costos, retrasos y, a grandes rasgos, una baja en nuestros índices de productividad.

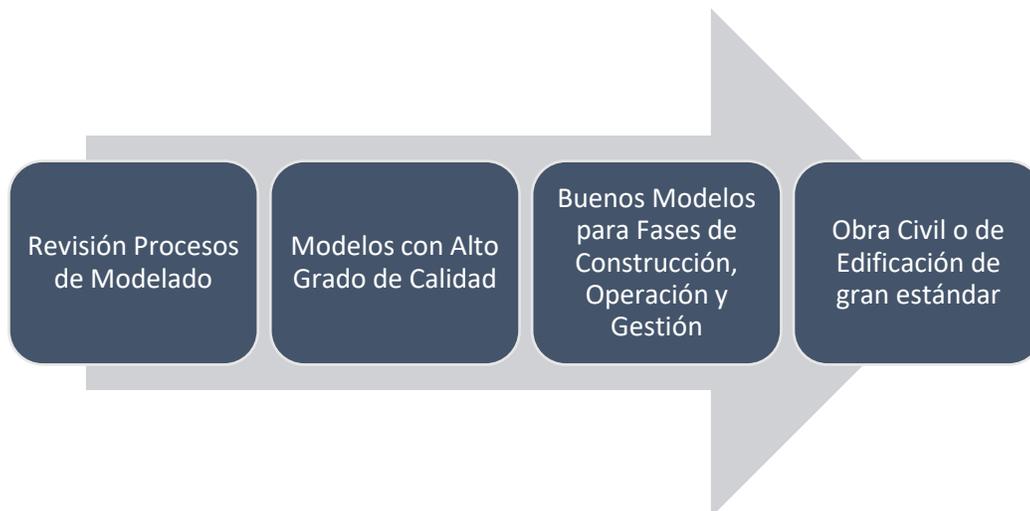


Ilustración 10: Una buena revisión de modelos generará modelos con alto grado de calidad. Estos modelos serán usados en la fase de construcción, operación y gestión, mejorando los procesos asociados a estas fases para, finalmente, generar una obra civil o de edificación de gran estándar.

Finalmente, las diferentes herramientas para la revisión de modelos BIM, tendrán la cualidad de ejecutar estos procesos de manera mucho más rápida en comparación a métodos más tradicionales que durante las últimas décadas han dominado la industria. De todas maneras, estas herramientas son bastantes y se requiere un entendimiento mínimo para poder garantizar que dichas revisiones logren parcialmente como resultado final el aseguramiento de la calidad de los modelos. Asimismo, no sólo hacen falta estos métodos de chequeo o análisis que deba ejecutar quien revise los modelos para asegurar la calidad de estos, pues es sólo un complemento a otros procesos asociados al aseguramiento de la calidad, y que no se tocarán en este documento al ser parte de otra materia.

2.1.4 Open BIM y Formato IFC.

Como ya se ha mencionado a lo largo de este documento, en un proyecto constructivo que aplica BIM en sus procesos, se tienen diferentes participantes que utilizan los Modelos BIM para añadir o extraer información. Estos modelos generados en diferentes softwares (llamados modelos de formato nativo) pueden no ser muy útiles si alguno de los participantes que quiera hacer uso de alguno de los modelos BIM no posee las licencias para poder utilizar el software en particular en el que fueron creados dichos modelos.

En particular, esta problemática no ocurre en la interna de alguna firma de arquitectura o ingeniería en el que todos los participantes utilizan el mismo proveedor de software, pero si ocurre cuando otros participantes, como el mandante, requiere extraer información de los modelos o verificar el cumplimiento de la normativa o los requisitos establecidos, si este utiliza un proveedor diferente.

De la misma forma, también se ha mencionado que BIM se utiliza para todo el ciclo de vida de un proyecto, y existe la posibilidad de que se trabaje con diferentes proveedores de software, sobre todo cuando este ciclo de vida es extenso, pudiendo llegar a durar décadas desde las etapas de diseño hasta las etapas de gestión. De esta forma, la obligatoriedad de trabajar con un proveedor único implica cierta inflexibilidad a la hora de utilizar los modelos para las diferentes fases de un proyecto.

Con el propósito de solucionar esta problemática, la asociación sin fines de lucro BuildingSMART ha impulsado la iniciativa OpenBIM, para incentivar el uso de formato de datos que permitan el intercambio de información de modelos BIM, sin pérdidas y con la opción de ser utilizable sin importar el proveedor de software con el que se trabaje (flujos de trabajo abiertos). Esto último define lo que es el formato IFC (Industry Foundation Classes), un tipo de formato de modelos BIM que permite la interoperabilidad de los modelos para que estos puedan ser utilizados por los diferentes participantes de un proyecto, sin importar las herramientas que cada uno maneje (y que podrían variar, dependiendo de las licencias de software que cada participante tenga disponible, así como también del conocimiento que cada participante tenga en un software en particular).



Ilustración 11: Logo de OpenBIM de BuildingSMART. El enfoque Open BIM es fuertemente impulsado por dicha asociación sin fines de lucro.

Luego, los diferentes softwares tienen la posibilidad de exportar e importar la información de un Modelo BIM desde un archivo de formato nativo a un formato IFC y viceversa, para que este último pueda ser utilizado por el resto de los participantes del proyecto constructivo, sin importar la herramienta de software utilizada. Por ello, es importante que quien ejecute las capacidades del Rol de Revisión en BIM revise tanto el modelo de formato nativo como el modelo en formato interoperable IFC, pues este último tendrá especial relevancia cuando sea utilizado por el resto de los participantes que no utilicen el formato nativo del modelo BIM compartido.



Ilustración 12: Los diferentes softwares de modelado BIM tienen la opción de exportar sus archivos al formato interoperable IFC. De la misma forma, se pueden importar archivos con formato IFC en los softwares nativos.

En adición a lo anterior, es importante mencionar que, aparte de impulsar flujos de trabajo con independencia en los proveedores de software BIM, OpenBIM también incluye estándares para que los diferentes participantes de un proyecto hablen un lenguaje común para poder optimizar y agilizar los múltiples flujos de información presentes en un proyecto constructivo, siendo estos estándares de carácter fundamental para poder leer de mejor manera la información provista por los modelos de formato IFC.

Para los proyectos públicos en particular, la necesidad de formatos interoperables como IFC son de carácter vital pues el Estado trabajará con diferentes empresas que utilizan una amplia gama de softwares, teniendo que manejar una gran variedad de formatos nativos. Por ello, el formato IFC es imprescindible para que el Estado pueda tener una fuente de datos confiable con un lenguaje común entre las diferentes empresas que participen en las diferentes licitaciones públicas en desarrollo.

Además, para el Estado, es importante no imponer que las empresas que participan en las diferentes licitaciones públicas utilicen cierto software en particular, en post de la transparencia y probidad, no utilizando la influencia de una organización política como el Estado en el mercado de proveedores de softwares o hardware. Esto además fomenta la libre competencia y el aumento de los proveedores asociados a las diferentes tecnologías BIM.

Finalmente, y tal como se dijo anteriormente, la interoperabilidad es clave cuando se trabaja a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto constructivo, y esto toma especial relevancia para

proyectos en el que el mandante es el Estado, pues estos activos son gestionados a largo plazo, y es muy probable que posteriormente se tengan reposiciones, remodelaciones o ampliaciones del activo constructivo, por lo que el uso de un modelo con formato interoperable es vital para mantener intacta la información, y para que esta pueda ser extraída en cualquier momento, independiente del software utilizado. Esto mejorará la accesibilidad, usabilidad y gestión de la información digital de los activos constructivos, tal como es mencionado por BuildingSMART en su definición oficial de OpenBIM.

2.2 BIM en Chile

2.2.1 Evolución y desarrollo de la Metodología BIM en Chile

A comienzos de este siglo, el concepto de metodología BIM en Chile era algo conocido por muy pocas personas en la industria de la ingeniería y la construcción. De hecho, empezó a ser enseñada en las universidades no debido a cierta obligatoriedad en mallas curriculares de esa época, sino que por iniciativa propia de profesionales que habían tenido la posibilidad de trabajar con tales tecnologías y metodologías en ciertos proyectos en particular. Por ejemplo, en el año 2001, la Universidad de Chile dictó un curso optativo llamado ‘Gráfica Computacional’ en donde utilizaban la herramienta ArchiCAD, un software de modelado desarrollado por la empresa húngara Graphisoft, y que continuó siendo utilizado en talleres de diseño arquitectónico en adición a otras herramientas de otras empresas proveedoras. De todas formas, los inicios de la aplicación de BIM para la ingeniería civil y la construcción demoraron un poco más, aunque actualmente esta sea enseñada por la mayoría de las universidades a nivel nacional.

Ya con cierta masa crítica de profesionales capacitados, una década después ya se utilizaba BIM en diferentes proyectos del sector privado, aunque este tipo de forma de trabajo no era una constante en la industria. Los profesionales comenzaron a usar BIM, pero sólo en ciertas empresas y no era un comportamiento que, a grandes rasgos, pudiera cambiar los pobres niveles de productividad que a esas alturas presentaba la industria de la construcción (para el año 2010 la industria de la construcción no había presentado aumentos en sus índices de productividad con respecto al año 2000 mientras que el resto de las industrias en promedio había aumentado dicha productividad en un 20%).

Luego, en adición al estancamiento a los índices de productividad de la industria de la construcción en comparación con otras industrias, fue posible observar cómo en países industrializados (países pertenecientes a la Unión Europea, Japón, etc.), que tenían el mismo problema de Chile asociado a este estancamiento, lograban aumentar los índices de productividad de manera considerable y constante (los Países Bajos incluso lograron que la productividad de la industria de la construcción superara al promedio del resto de sus industrias, algo que pocos países alrededor del mundo han logrado). Estos países estaban introduciendo una serie de políticas en la industria con el propósito de solucionar dicha problemática, enfocándose en diferentes aspectos como la construcción industrializada, la implementación de Lean Construction y la Metodología BIM. En ese sentido, la solución ya habría sido encontrada y sólo faltaría implementarla a nivel local.

Productividad Laboral industria de la construcción

Valor agregado en la industria por hora trabajada (base 100), Chile 2000 – 2018 (M USD/Hr)

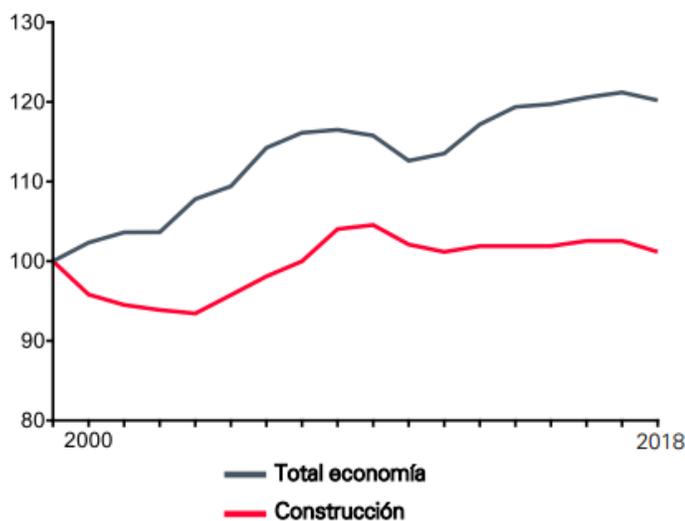


Ilustración 13: Evolución de los índices de productividad laboral en la industria de la construcción. Se aprecia cómo la productividad en la industria de la construcción se ha mantenido estática durante los últimos 20 años en comparación a otras industrias que forman parte de la economía nacional.

Para el año 2013, se realiza la primera Encuesta BIM¹ realizada por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, y en esta se refleja lo evidente. Los niveles de adopción de BIM en diferentes usuarios asociados a la arquitectura, ingeniería y construcción eran bajísimos. Un 61% de los profesionales de estas 3 industrias no eran usuarios de BIM, y este porcentaje aumentaba de forma considerable cuando se trataba de la industria de la construcción en general, llegando a un 70%.

Entonces, se tenía una hoja de ruta para solucionar el problema de la productividad emulando el caso de los países industrializados mencionados anteriormente, pero los niveles de adopción se mantenían bajos. Luego, con un bajo capital humano era muy difícil implementar dicha metodología para revertir los números rojos que la industria de la construcción presentaba.

Para poder solucionar esto, se crearon diferentes iniciativas que involucraban tanto el mundo privado, público y académico. En 2015 se creó BIM Forum Chile (por la Corporación del Desarrollo Tecnológico CDT de la Cámara Chilena de la Construcción CChC), en 2016 se lanzó el programa Construye 2025 (impulsado por Corfo), que entre sus hitos está la creación de la iniciativa Planbim en ese mismo año, que entre sus metas destaca la utilización de BIM para la operación de proyectos de edificación e infraestructura pública desde 2020 y para proyectos privados para el 2025. Esta misma iniciativa fue el responsable principal de la creación del Estándar BIM para Proyectos Públicos en el año 2019 y actualizado el 2021, documento del que se hablará más adelante en más detalle.

¹ Para información más detallada de la Encuesta Nacional BIM, visitar su [página oficial](#)

Actualmente, diferentes iniciativas están siendo llevadas a cabo, la academia en tanto ha desarrollado diferentes planes para enseñar esta metodología tanto a nivel de pregrado como postgrado, mientras empresas privadas también ofrecen diferentes alternativas de capacitación tecnológica para que los profesionales de diferentes industrias puedan manejar de mejor manera las herramientas necesarias para poder utilizar esta metodología.

Si bien los índices de productividad en la industria de la construcción aún no despegan como sí ha ocurrido en otros países, los cimientos ya están contruidos para que en los próximos años se vea un cambio significativo en estas cifras desfavorables, que actualmente son una deuda pendiente en la industria de la construcción nacional.

2.2.2 Iniciativas en Chile

En función a lo señalado anteriormente, se interiorizará en 3 iniciativas a nivel nacional que se han desarrollado, para impulsar los niveles de productividad en la industria de la construcción en Chile. Estas son: Construye 2025, BIM Forum Chile y Plan BIM:

Iniciativa: Construye 2025



Ilustración 14: Logo de la iniciativa Construye 2025, que a la larga dará paso a otras iniciativas como Planbim.

Descripción: Programa impulsado por Corfo que busca transformar al sector de la construcción desde diferentes ópticas, incluyendo el mejoramiento de sus bajos índices de productividad.

Trabaja en iniciativas de largo plazo actuando como referente estratégico para articular tanto a sectores públicos y privados, así como también a la academia. Busca que la industria de la construcción en el país esté comprometida con el desarrollo de Chile utilizando como pilares la innovación, la implementación de nuevas tecnologías y el fortalecimiento del capital humano, además de lograr que esta sea competitiva a nivel global y ser líder en la región.

Dentro de los hitos de este programa, está el lanzamiento de la iniciativa Planbim que, de hecho, fue una de las primeras acciones ejecutadas por Construye 2025 a lo largo del año 2016, con el propósito de consolidar los ejes asociados a la construcción industrializada y transformación digital que componen su estrategia.

Actualmente Construye 2025 sigue publicando documentos, organizando instancias de difusión (tanto para profesionales en particular, entes privados y públicos), actuando como consultor en diferentes áreas asociadas a su visión y creando nuevas iniciativas. Todo en base a una hoja de ruta establecida y que se ha ido actualizando a lo largo de los últimos años acorde a como ha ido evolucionando de la misma forma la industria de la construcción en nuestro país.



Ilustración 15: Logo de la instancia técnica BIM Forum Chile

Descripción: Es una instancia técnica y permanente, que convoca a los principales profesionales e instituciones relacionadas a BIM en nuestro país. Entre otros actores relevantes invitados a participar de BIM Forum Chile, destacan mandantes públicos y privados, entidades académicas, oficinas de arquitectura, empresas coordinadoras de proyectos, integradores tecnológicos, oficinas de ingeniería, empresas de especialidades, empresas de suministros, empresas contratistas y oficinas de inspección técnica. Se 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, mediante una instancia abierta y convocante, agrupando a las empresas y profesionales que puedan aportar sus conocimientos y experiencias al mejoramiento de las técnicas relacionadas a BIM.

Los objetivos específicos de esta instancia son, entre otros:

- Proponer e incentivar buenas prácticas reconocidas para el desarrollo de proyectos con el uso de BIM en todo su ciclo de vida.
- Promover investigación, recopilar/seleccionar conocimientos e información técnica relativa a BIM en Chile.
- Generar instancias de encuentro, difusión y transferencia tecnológica relacionadas a BIM.
- Promover alianzas y articulaciones entre entidades nacionales e internacionales, favoreciendo iniciativas BIM que tengan impacto sectorial.
- Aportar en la formación de capacidades, competencias y habilidades relativas a BIM.



Ilustración 16: Logo de la iniciativa Planbim

Descripción: Es una iniciativa del Estado de Chile a 10 años, que nació en 2016 por Corfo y el programa Construye 2025. El Plan tiene como objetivo incrementar la productividad y sustentabilidad – social, económica y ambiental – de la industria de la construcción mediante la incorporación de procesos, metodologías de trabajo y tecnologías de información y comunicaciones que promuevan su modernización a lo largo de todo el ciclo de vida de los proyectos. Sus metas principales son 3:

- La implementación de la metodología BIM para el desarrollo y operación de proyectos de edificación e infraestructura pública desde el 2020, y también la incorporación de BIM en proyectos privados al 2025.
- La estandarización de BIM a nivel nacional mediante la creación del Estándar BIM para Proyectos Públicos.
- Definir una matriz de roles y capacidades BIM para que se integren en las mallas académicas de universidades y centros de formación. También ha impulsado, junto con el MINEDUC y otras instituciones públicas y privadas, la incorporación de BIM en los liceos de Enseñanza Media Técnico Profesional.

Por otro lado, los objetivos específicos de la iniciativa:

- Mejorar la calidad y eficiencia de los proyectos en todo el ciclo de vida
- Reducir costos, plazos e ineficiencias en todo el ciclo de vida
- Aumentar la trazabilidad y transparencia de la información de proyectos
- Aumentar la productividad y competitividad de la industria de la construcción (foco principal de este documento).

Finalmente, será de considerable importancia tener presentes tanto las metas principales como los objetivos específicos de la iniciativa Planbim que, a fin de cuentas, fue quien desarrolló el Estándar BIM para Proyectos Públicos al que hace alusión este trabajo.

Conocer qué es lo que se espera al aplicar la metodología BIM en proyectos constructivos según lo estipulado por Planbim, es un piso mínimo que se debe tener siempre presente y que será esencial a la hora de cumplir con algunos de los roles BIM en las diferentes fases de uno de estos proyectos.

2.2.3 Encuesta Nacional BIM

Desde el año 2013 y de manera trienal, se ha estado realizado periódicamente en Chile la Encuesta Nacional BIM², con el propósito de tener una noción global a nivel país de BIM en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción, y cómo esta se ha ido desarrollando a lo largo de los últimos años.

Esta encuesta es realizada por investigadores del Departamento de Arquitectura de la Universidad de Chile en colaboración con otras instituciones. La última de ellas, realizada el 2019, se realizó de manera online y recibió un total de 1729 respuestas durante un periodo de 12 días. Esta última encuesta muestra cifras reveladoras en relación a los niveles de adopción, usos BIM, uso de estándares y beneficios percibidos en usuarios BIM (entre otros aspectos importantes que no se detallarán en este documento).

Respecto a los Niveles de Adopción, actualmente se está experimentando un crecimiento considerable de ingenieros estructurales que utilizan BIM en sus actividades. Si bien el 2016 un 57% se declaraba usuario de la metodología, en la encuesta del 2019 este número se elevó a un 71%. Lo mismo pasa con los profesionales constructores, pues si bien el 2016 los niveles de adopción de BIM llegaban al 39% en 2016, para 2019 este número subía 16 puntos llegando a un total de 55%.

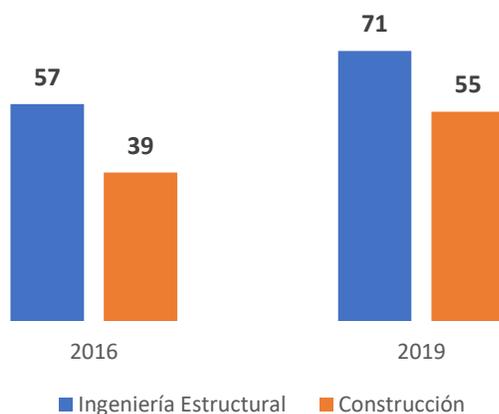


Ilustración 17: Evolución de los niveles de adopción de BIM en la ingeniería estructural y la construcción entre los años 2016 y 2019, según Encuesta Nacional BIM 2019.

Incluso considerando lo importante de esta alza, se espera que para 2022 se mantenga dicha tendencia, incluso pudiendo ser aún más considerable debido a que la Pandemia de Covid19 en general ha contribuido a favor de una transformación digital forzada, al obligar a arquitectos, ingenieros civiles y constructores a trabajar mucho más con herramientas digitales de manera

² Para información más detallada de la Encuesta Nacional BIM, visitar su [página oficial](#)

coordinada y colaborativa. Aun así, esta es una hipótesis que sólo podrá ser comprobada al momento de publicarse los resultados de la nueva Encuesta Nacional BIM a lo largo del año 2022.

Ahora, si bien los niveles de adopción tanto para ingenieros y constructores tienen cifras importantes, otros tipos de profesionales como los arquitectos tienen niveles de adopción de usuario mucho más considerables, llegando al 78%. Lo anterior se explica debido a que BIM se ha ido implementando en la arquitectura de manera más prematura que otras industrias como la ingeniería y la construcción, tal como se mencionó anteriormente, incluso siendo enseñada en universidades de manera más temprana. A medida que diferentes centros educacionales impulsen más la enseñanza de BIM para ingenieros y constructores, la brecha seguirá reduciéndose, tal como se ha visto durante los últimos años.

Además, si bien es importante saber cuáles son los niveles de adopción de BIM para diferentes profesionales, es de igual importancia saber para qué se está utilizando BIM en los proyectos constructivos (Usos BIM).

En resumidas cuentas, entre los usos BIM más utilizados en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción, según la Encuesta Nacional BIM 2019, se encuentran:

- La visualización durante el diseño en un 80% la mayoría de las veces
- La elaboración de planos generales en un 73% la mayoría de las veces
- La elaboración de planos de detalles en un 64% la mayoría de las veces
- La coordinación de disciplinas en un 59% la mayoría de las veces.

De esta forma, se deja en segundo plano, aunque siendo igualmente utilizados de forma considerable, los usos asociados al levantamiento de condiciones existentes, a los procesos de cubicación, presupuestos y documentación as built.

Respecto con lo anterior, es importante mencionar que los usos de visualización durante el diseño y coordinación de disciplinas son claves para que el diseño plasmado en el modelo no tenga errores, y así obtener entregables de buena calidad, como los planos generales y de detalle para un óptimo proceso constructivo. Es por ello, que se le dará importante énfasis a estos usos a medida que se desarrolle este documento.

Otro aspecto importante, y que toma cierta relevancia pues el nombre de este mismo documento lo menciona, es el Uso de Estándares.

Según la Encuesta BIM del 2019, un impresionante 46% de usuarios no utiliza estándares BIM para sus proyectos. Para los ingenieros estructurales en particular se tiene el mismo porcentaje, mientras que en constructores esto se acrecienta a un 58%, peor aún si a lo anterior le agregamos que un 28% de usuarios y de no usuarios declara no conocer el Estándar BIM para Proyectos Públicos. Lo mencionado anteriormente es de carácter muy grave considerando que el propósito de esta clase de documentos es, finalmente, estandarizar procesos y hacer más fluidos los flujos de información, algo de carácter vital para aumentar los índices de productividad en la industria. En ese sentido, existe una deuda que se está intentando corregir con diferentes procesos de difusión actualmente en desarrollo.

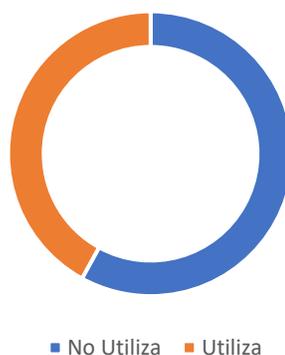


Ilustración 18: Utilización de estándares en la industria de la construcción, según Encuesta Nacional BIM 2019.

Por último, respecto a los Beneficios Percibidos en Usuarios BIM, un 88% considera entre beneficio medio a muy alto su percepción respecto a la reducción de errores en documentos, mientras que un 84% lo hace para la reducción de conflictos de construcción.

Luego, respecto a los usuarios que ya han estado utilizando BIM de forma sistemática, se tiene que sus mayores beneficios están relacionados con la reducción de errores en documentos, que finalmente se traducen en errores y discrepancias en el proceso constructivo, motivo principal para la realización de este documento en post de incentivar la reducción de estos errores.

2.2.4 Softwares más utilizados en el país

Además de los niveles de adopción, los usos BIM, el uso y conocimiento de estándares y los beneficios percibidos en usuarios BIM para profesionales de la arquitectura, ingeniería y construcción, la Encuesta BIM también nos dice cuáles son las herramientas BIM (en particular, softwares) más utilizados a nivel nacional.

Entre estas herramientas, destacan las herramientas de Autodesk (Autodesk Revit, Autodesk Navisworks y Autodesk BIM 360) dejando en segundo lugar a herramientas como ArchiCAD y BIMx de Graphisoft. Además, remarcamos en el listado al software BIM Collab Zoom, un programa de revisión y validación de modelos BIM altamente impulsando por Planbim en sus medios de difusión.

En la gráfica a continuación, se resume en un listado los porcentajes de adopción de algunos de los programas más utilizados según la Encuesta.

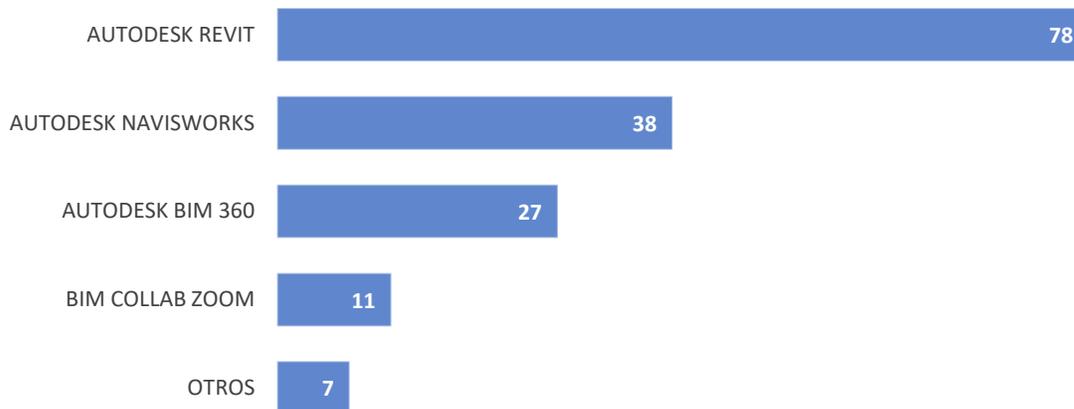


Ilustración 19: Porcentaje de usuarios que utilizan las herramientas BIM mencionadas, según Encuesta Nacional BIM 2019.

De esta manera, es posible focalizar este trabajo a los softwares previamente mencionados, al ser parte del listado de softwares más utilizados en el país. Si bien la revisión de modelos se hace tanto para modelos BIM con software nativo e IFC, es importante conocer la aplicabilidad de los softwares más utilizados en Chile a modo de ejemplo.

2.3 El Estándar BIM para Proyectos Públicos

El Estándar BIM para Proyectos Públicos es un documento elaborado por Planbim con el propósito de actuar como un referente consistente y transversal de los requerimientos BIM. De esta forma, cuando instituciones públicas exijan BIM en diferentes proyectos, estos requerimientos se realicen de manera estandarizada y conocida por todos los actores involucrados, al utilizar este Estándar como referente.

Finalmente, como estos requerimientos serán estandarizados y conocidos por todos, independiente de quien sea el solicitante, las empresas que trabajen con instituciones públicas ya sabrán de antemano como actuar, acelerando la implementación de BIM dentro de su organización y facilitando su participación en proyectos de carácter público.



Ilustración 20: Portada del Estándar BIM para Proyectos Públicos.

2.3.1 Contenidos Relevantes del Estándar

El Estándar BIM para Proyectos Públicos consta de 5 capítulos principales, sin considerar Anexos, tabulados a continuación:

- 1- **Introducción al Estándar:** Explica el contexto de la industria de la construcción en Chile, lo que es BIM, lo que es Planbim, y el por qué es necesaria la elaboración del estándar.
- 2- **Objetivos y alcance del Estándar:** Aquí se tabulan los objetivos del estándar, sus alcances y ámbitos de acción, así como su alineación con otros estándares internacionales que fueron tomados en consideración para la elaboración del estándar.
- 3- **Términos y definiciones:** En este capítulo aparece un listado de definiciones para aclarar cierta terminología que aparecerá en los siguientes capítulos del estándar, con el propósito de mejorar la comprensión del texto y consolidar conceptos.
- 4- **Flujos de Información BIM:** Aquí se explican ciertas propiedades asociadas al flujo de información entre participantes del proyecto (incorporación de BIM, interoperabilidad y

trabajo colaborativo), las formas de estandarización de documentos para un flujo de información apropiado (Manual Básico de Entrega de Información y Solicitud de Información BIM) y el Plan de Ejecución BIM.

- 5- Componentes de la Solicitud de Información y del Plan de Ejecución BIM: En este capítulo, nos adentramos a conocer los objetivos de la utilización BIM, cuáles son sus entregables, los tipos de modelos que existen, los usos BIM, tipos y niveles de información, etc. Todas propiedades que deben ser conocidas para crear y responder a una solicitud de información BIM. Estos dos últimos capítulos son de carácter esencial, pues el Rol de Revisión en BIM (que se detallará más adelante) debe verificar, entre otros requerimientos, que se cumpla con la solicitud de información BIM en los modelos.

Si bien los primeros tres capítulos son clave para contextualizarnos en la realidad nacional asociada a la industria de la construcción, a entender los objetivos y alcances del estándar, y para comprender ciertos conceptos que son esenciales para poder implementar esta metodología, es importante recalcar que los dos últimos capítulos serán de especial importancia en este trabajo, pues el Rol de Revisión en BIM (que se detallará más adelante) debe verificar, entre otros requerimientos, que se cumpla con la solicitud de información BIM en los modelos, y son estos dos últimos capítulos de carácter imprescindible para poder ejecutar dicha labor de manera satisfactoria.

De todas maneras, no se interiorizará en los contenidos mismos del Estándar, y sólo se mencionarán cuando estos sean estrictamente necesarios. La información del Estándar BIM para Proyectos Públicos está publicada y su descarga es gratuita, por lo que es recomendable tener el documento a mano mientras se lee este texto.

2.3.2 Roles BIM según el Estándar BIM para Proyectos Públicos

Según el capítulo 3 de términos y definiciones, un Rol BIM es la función que se ejerce en alguna etapa del desarrollo y operación de un proyecto de edificación o infraestructura, en base a capacidades BIM que se suman a las capacidades no referidas a BIM.

Esta definición se expande a un espectro mucho más amplio en uno de los anexos del Estándar, pues aparte de los 5 capítulos presentes en este documento, se tienen diferentes anexos, como el Anexo II Matriz de Roles BIM, clave para el desarrollo de este trabajo.

En este anexo se explica claramente en qué consiste un Rol BIM y la importancia de la definición de Roles BIM para establecer diferentes capacidades que los diferentes actores de un proyecto en el que se ejecuta BIM debe conocer.

Es muy importante mencionar que un Rol BIM no es un cargo adicional ni define una disciplina nueva. Actores sí pueden ejercer más de un rol, así como un rol puede ser ejercido por varios actores. Asimismo, los roles definen capacidades BIM que se suman a las competencias asociadas al actor, por lo que se reafirma que un Rol BIM no es un cargo, sino que capacidades extras que un profesional deben añadir a sus labores previa implementación de la metodología.

El Estándar BIM para Proyectos Públicos define 5 roles:

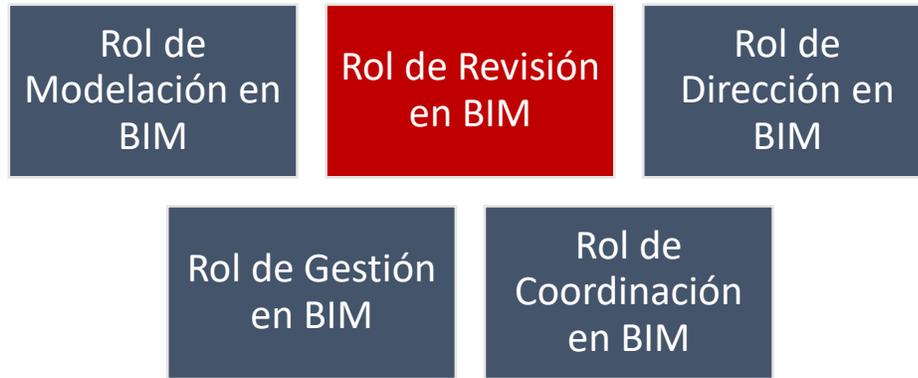


Ilustración 21: Listado de los diferentes roles definidos por el Estándar BIM para Proyectos Públicos.

Luego, este trabajo se enfocará en el Rol de Revisión en BIM que se explicará con más detalle en las siguientes páginas de este documento.

2.3.3 Matriz de Roles BIM

Al final del Anexo II previamente mencionado, se encuentra la Matriz de Roles BIM cuya importancia es considerable al tratarse de una matriz que define cada una de las capacidades que deben dominar cada uno de los Roles BIM definidos por el Estándar.

Para ello, dicha matriz se debe utilizar apropiadamente, tal como se explicará en el ejemplo a continuación:

Ejemplo de uso de la Matriz de Roles BIM: En la imagen a continuación, se muestran las capacidades 13 y 14 de la Matriz de Roles BIM asociada a la Temática D.

Temáticas	Capacidades BIM	 Dirección en BIM	 Revisión en BIM	 Modelación en BIM	 Coordinación en BIM	 Gestión en BIM
D Estrategia de comunicación de acuerdo a la Solicitud de Información BIM (SDI BIM) y el Plan de Ejecución BIM (PEB), para coordinar el trabajo colaborativo.	13 Un sistema de trabajo colaborativo entre los actores de un proyecto, en base a protocolos de comunicación y seguridad, consulta, control, revisión, validación y retroalimentación de la información.	Validar / Comunicar / Fomentar	Aplicar / Validar	Aplicar	Aplicar / Validar	Planificar / Implementar
	14 El flujo de información definido por medio de la Solicitud de Información BIM (SDI BIM) y el Plan de Ejecución BIM (PEB).	Comprender	Validar	Aplicar	Aplicar	Desarrollar / Implementar

Ilustración 22: Fragmento de la Matriz de Roles BIM, donde se definen las Capacidades 13 y 14 para los diferentes Roles BIM.

Luego, las capacidades BIM 13 y 14 del Rol de Revisión en BIM deberán ser definidas utilizando el verbo asociado a la columna del Rol de Revisión en BIM y que cruza con la fila de la capacidad correspondiente. De esta forma, las capacidades serán:

- Aplicar y Validar un sistema de trabajo colaborativo entre los actores de un proyecto, en base a protocolos de comunicación y seguridad, consulta, control, revisión, validación y retroalimentación de la información.
- Validar el flujo de información definido por medio de la Solicitud de Información BIM (SDI BIM) y el Plan de Ejecución BIM (PEB).

Lo anterior se hace para cada una de las 42 capacidades del Rol de Revisión en BIM según el Estándar BIM para Proyectos Públicos y según el rol al cual se quieran conocer estas capacidades.

2.4 El Rol de Revisión en BIM

2.4.1. Definición del Rol de Revisión en BIM

Según el Estándar BIM para Proyectos Públicos (Anexo II) se define el Rol de Revisión en BIM en base a dos variables: Las acciones que debe ejecutar y la experiencia o conocimiento previo que debe poseer el actor que ejerza dicho rol:

- Las acciones que debe tomar este rol según el Estándar BIM para Proyectos Públicos son las siguientes: Visualizar y verificar la información (geometría y datos) de los modelos desarrollados en BIM, según la etapa del ciclo de vida del proyecto (idea, diseño, construcción y operación).
- La experiencia o conocimiento previo que debe tomar este rol según el Estándar BIM para Proyectos Públicos es la siguiente: Conocimiento sobre los objetivos técnicos y normativos del tipo de proyecto, especialidad y etapa a revisar. Competencias en alguna de las siguientes responsabilidades: fiscalización, validación, auditoría, control, desarrollo y/o ejecución en base a la información obtenida de un proyecto.

De todas formas, la definición anterior es una definición muy compacta en relación a todo lo que significa ejecutar el Rol de Revisión en BIM en algún proyecto. A continuación, se explicará la importancia de este rol cuáles son sus objetivos principales y cuáles serán las responsabilidades y las capacidades que este rol debe ejecutar para un buen desempeño asegurando la calidad de los Modelos BIM.

2.4.2. Importancia del Rol de Revisión en BIM

Tal como dice una de las publicaciones de la iniciativa BuildingSMART, a los colaboradores de un proyecto se les piden diferentes modelos en particular, pero desgraciadamente, el trabajo en BIM en distintas disciplinas no es holístico y da lugar a problemas de coordinación y / o colisiones cuando combinamos o federamos estos modelos en el proyecto.

Luego, de lo anterior, es bastante común que entre disciplinas existan ciertas descoordinaciones, o que existan ciertas falencias en el mismo modelo en relación a colisiones que podrían existir con otras especialidades debido a una no tan fluida comunicación. Lo anterior es sólo una de las incidencias que pueden existir en un proyecto y, como ya se ha hecho mención anteriormente, el rol de revisión verifica además el cumplimiento de las EETT, el cumplimiento de la información que debía ser entregada según lo estipulado en la Solicitud de Información BIM, requisitos del cliente e incongruencias constructivas. Por ello, como las labores de un revisor de modelos BIM se centran en validar los modelos para la coordinación, verificación de requerimientos y detección de colisiones, se tiene relevante importancia para que, cuando se comience con el proceso constructivo, este tenga un modelo bien elaborado que no de pie a rediseños en etapas avanzadas del proyecto que pudieran generar costos excesivos.

En resumen, el Rol de Revisión en BIM deberá revisar los modelos en base a 4 ópticas:

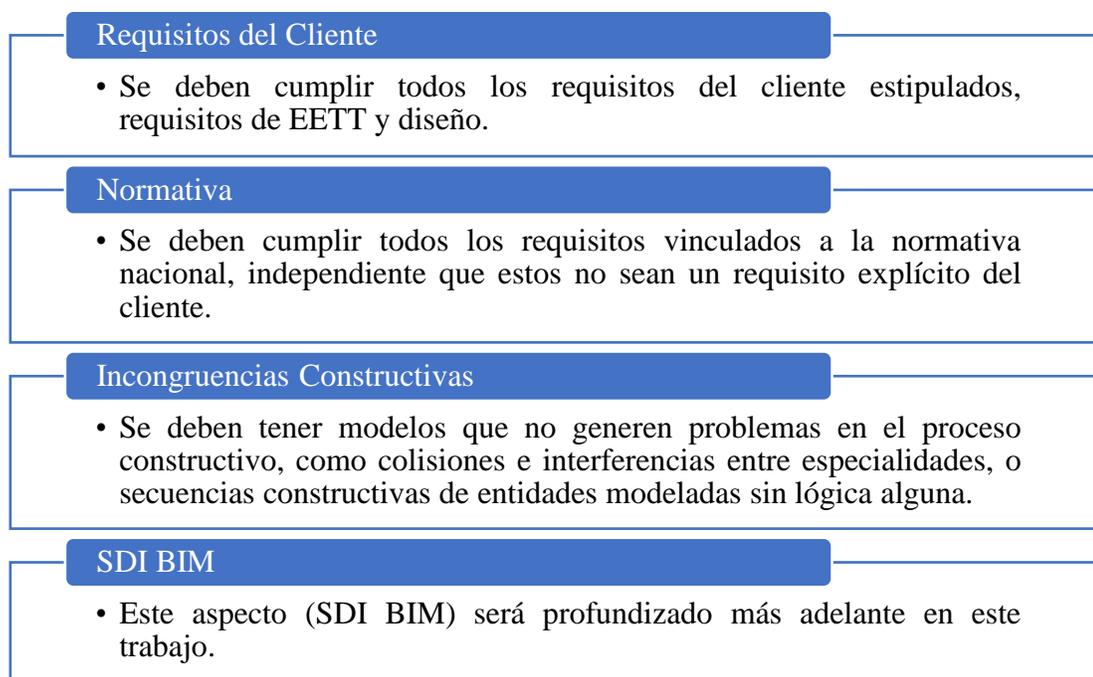


Ilustración 23: Los 4 aspectos a revisar por el Rol de Revisión en BIM.

Finalmente, hay que considerar que, según lo descrito en el documento Estudio de Licitaciones Públicas con BIM en Chile, publicado en abril de 2022 por Corfo, la evolución con respecto a la solicitud de participantes que deben ejecutar el Rol de Revisión en BIM en diferentes licitaciones utilizando BIM ha repuntado de manera importante durante los últimos años.

En el año 2018, sólo un 8% de las licitaciones públicas con BIM solicitaban el Rol de Revisión en BIM en sus procesos, un número muy menor considerando otros roles como el Rol de Coordinación en BIM con un 90% y el Rol de Modelación en BIM con un 77%.

Ya en el 2019, este número llegó a un 17%, mientras que en 2020 un 71% de las licitaciones con BIM durante ese año solicitó el Rol de Revisión en BIM, aumentando en sólo 2 años un

considerable 63% y consolidándose como el segundo rol más requerido de los cinco roles definidos en la Matriz de Roles BIM presentes en el Estándar BIM para Proyectos Públicos. Así, la importancia para la correcta ejecución de este rol es claramente alta, siendo hoy por hoy casi imprescindible para correctos procesos de diseño, construcción, gestión y operación de un proyecto constructivo.

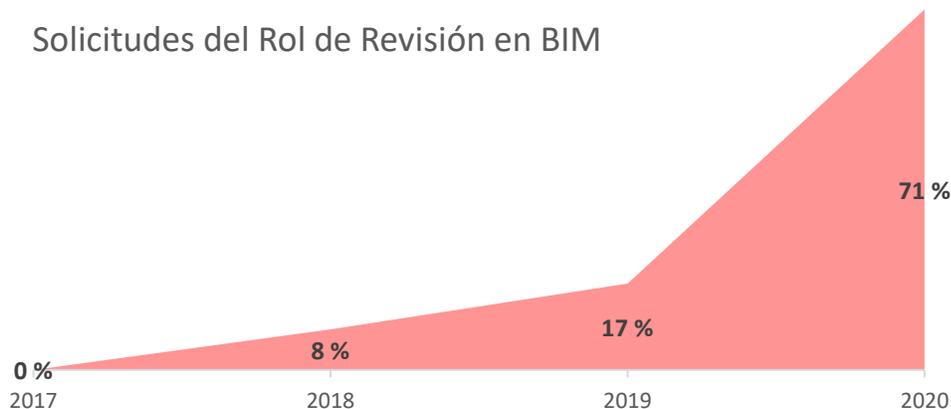


Ilustración 24: Evolución de las solicitudes del Rol de Revisión en BIM en las licitaciones públicas utilizando BIM, según el Estudio de Licitaciones Públicas con BIM en Chile publicado por Corfo.

2.4.3. Capacidades del Rol de Revisión en BIM

Utilizando la Matriz de Roles BIM para el Rol de Revisión en BIM (ver 2.2.4 Matriz de Roles BIM), podemos conocer cada una de las capacidades que debe ejecutar este rol, y que serán analizadas en profundidad más adelante en este trabajo.

El participante del proyecto que se encargue de ejecutar el Rol de Revisión en BIM deberá tener los conocimientos requeridos para ejecutar cada una de las capacidades tabuladas en el listado a continuación, utilizando las diferentes herramientas disponibles en el mercado, tanto asociada al software utilizado como el hardware necesario.

A lo largo de las siguientes páginas del documento, se mostrarán diferentes aplicaciones utilizando algunas de las herramientas (las más utilizadas a nivel nacional) para ejecutar estas capacidades. Es importante mencionar que estas son sólo una mirada superficial para que el lector entienda cuáles son las aplicaciones y cómo asociarlas a las fases de diseño, construcción, gestión y operación de un proyecto constructivo, pero no es una guía para aprender a utilizar algún software en particular, pues esos conocimientos se adquieren en centros de capacitación especializados, y se escogen en base a la herramienta en particular que la persona finalmente quiere aprender a utilizar.

Capacidad 1	<ul style="list-style-type: none"> •Comprender las características y déficit del modelo productivo tradicional de la industria de la construcción actual a nivel nacional e internacional versus el modelo productivo BIM.
Capacidad 2	<ul style="list-style-type: none"> •Comprender los pilares fundamentales de la metodología BIM relacionados con: estrategia, procesos y estándares, tecnologías y capital humano.
Capacidad 3	<ul style="list-style-type: none"> •Comprender las oportunidades en productividad, competitividad, sustentabilidad e innovación que conlleva la implementación de la metodología BIM.
Capacidad 4	<ul style="list-style-type: none"> •Comprender BIM como una metodología de trabajo colaborativo a lo largo de todo el ciclo de vida, considerando desde un inicio los requerimientos de operación y mantenimiento de un proyecto.
Capacidad 5	<ul style="list-style-type: none"> •Comprender los beneficios que brinda BIM en términos de ahorro de costos, tiempo y mayor productividad, considerando las limitantes y riesgos que implica su implementación.
Capacidad 8	<ul style="list-style-type: none"> •Comprender los Roles BIM y su caracterización de capacidades y responsabilidades, que deben ser integradas al capital humano de una organización.
Capacidad 13	<ul style="list-style-type: none"> •Aplicar y Validar un sistema de trabajo colaborativo entre los actores de un proyecto, en base a protocolos de comunicación y seguridad, consulta, control, revisión, validación y retroalimentación de la información.
Capacidad 14	<ul style="list-style-type: none"> •Validar el flujo de información definido por medio de la Solicitud de Información BIM (SDI BIM) y el Plan de Ejecución BIM (PEB).
Capacidad 15	<ul style="list-style-type: none"> •Aplicar y Validar el marco normativo para el desarrollo de proyectos en BIM
Capacidad 16	<ul style="list-style-type: none"> •Aplicar el marco contractual entre los agentes participantes en el proyecto desarrollado en BIM, en relación a la fase del ciclo de vida

Capacidad 17	<ul style="list-style-type: none"> •Aplicar los estándares e instrumentos preestablecidos para la industria o desarrollados de forma interna, para el trabajo colaborativo y multidisciplinar.
Capacidad 18	<ul style="list-style-type: none"> •Utilizar y Validar la representación de la información geométrica de un proyecto en BIM mediante: planimetrías, visualizaciones 3D, renders, animaciones, etc.
Capacidad 19	<ul style="list-style-type: none"> •Utilizar y Validar la representación de la información no geométrica de un proyecto en BIM mediante: reportes, planillas, tablas, etiquetas, cuadros de datos, etc.
Capacidad 20	<ul style="list-style-type: none"> •Utilizar los diferentes formatos e interfaces de visualización de la información de un proyecto por medio de dispositivos móviles.
Capacidad 21	<ul style="list-style-type: none"> •Comprender la exportación e importación de plantillas y datos de proyectos en distintos formatos como: Excel, DWG, DWF, etc.
Capacidad 22	<ul style="list-style-type: none"> •Utilizar y Validar la información geométrica de un modelo BIM, según Tipo de Información (TDI), Nivel de Información (NDI) y Entregables BIM que se requieran en cada etapa y según cada especialidad (topografía, arquitectura, MEP, estructura, etc.)
Capacidad 23	<ul style="list-style-type: none"> •Utilizar y Validar la información no geométrica de un modelo BIM, según Tipo de Información (TDI), Nivel de Información (NDI) y Entregables BIM que se requieran en cada etapa y según cada especialidad (topografía, arquitectura, MEP, estructura, etc.)
Capacidad 24	<ul style="list-style-type: none"> •Comprender las entidades preconfiguradas BIM que facilitan la estandarización e interoperabilidad de los proyectos.
Capacidad 25	<ul style="list-style-type: none"> •Utilizar la personalización de la interfaz del software BIM, por medio de configuraciones predeterminadas y plantillas.
Capacidad 26	<ul style="list-style-type: none"> •Utilizar la automatización de tareas y funciones en los softwares BIM utilizados.

Capacidad 27

- Utilizar la exportación e importación de información entre sistemas BIM interoperables.

Capacidad 28

- Utilizar los sistemas/plataformas de gestión de la comunicación e intercambio de información (Entorno de Datos Compartidos o CDE por sus siglas en inglés).

Capacidad 29

- Validar la coordinación de los diferentes modelos BIM de un proyecto para evitar y/o detectar posibles incidencias, colisiones o conflictos.

Capacidad 30

- Validar y Desarrollar los informes sobre coordinación, interferencias y colisiones detectadas y/o posibles soluciones.

Capacidad 32

- Aplicar y Validar la estimación de los tiempos de un proyecto utilizando herramientas BIM de planificación, organización, programación y control de obras para la construcción.

Capacidad 33

- Aplicar y Validar la estimación de los costos de un proyecto utilizando herramientas BIM para incrementar la precisión presupuestaria por medio de: cuadro de precios, evaluación de costos, verificación de contratos, mediciones y cubicaciones para la construcción.

Capacidad 34

- Validar el análisis sustentable y rendimiento energético para la optimización del proyecto por medio de herramientas BIM.

Capacidad 35

- Validar la información necesaria para monitorear el comportamiento y mantenimiento de un activo.

Capacidad 36

- Validar la información as-built necesaria para la gestión, mantenimiento y explotación de un activo.

Capacidad 37

- Validar los datos para calcular, seguir y reportar indicadores de uso, tiempo y costos para la operación del activo.

Capacidad 38	<ul style="list-style-type: none"> • Validar la actualización de entidades, datos y procesos en los modelos BIM, ej: piezas, equipamientos y sistemas, registrando su historial que permite trazabilidad.
Capacidad 39	<ul style="list-style-type: none"> • Validar el seguimiento y monitoreo de datos de manera planificada y periódica para una adecuada operación y control logístico del activo.
Capacidad 40	<ul style="list-style-type: none"> • Validar la información para la estrategia de consumo y ahorros durante el ciclo de vida, plan de mantenimiento técnico y optimización.
Capacidad 41	<ul style="list-style-type: none"> • Validar la información para la planificación de desastres y preparación ante la posibilidad de evacuación u otras emergencias.
Capacidad 42	<ul style="list-style-type: none"> • Comprender la actualización permanente del capital humano de la organización respecto de avances tecnológicos en la industria.

Ilustración 25: Listado con las 35 capacidades que debe ejecutar el participante que ejecute el Rol de Revisión en BIM según el Estándar BIM para Proyectos Públicos.

2.5. Ejecución de las capacidades del Rol de Revisión en BIM y herramientas asociadas a este rol

2.5.1 Comprender como capacidad del Rol de Revisión en BIM.

Es importante entender que cada una de las capacidades que deben ser ejecutadas por cada uno de los Roles BIM, la precede un verbo que indica cómo debe ser ejecutada dicha capacidad. Para el Rol de Revisión en BIM, se tienen los verbos: Comprender, Aplicar, Validar, Utilizar y Desarrollar. Así, tal como se vio páginas antes, la capacidad número 13 del Rol de Revisión en BIM no sólo será ‘Aplicar un sistema de trabajo colaborativo entre los actores de un proyecto, en base a protocolos de comunicación y seguridad, consulta, control, revisión, validación y retroalimentación de la información’ sino que al mismo tiempo hay que Validar estos sistemas de trabajo (pues esa capacidad es precedida por los dos verbos al mismo tiempo).

Ahora, como este documento se enfoca en herramientas para la ejecución del Rol de Revisión en BIM, no se desarrollarán ejemplos cuyas capacidades sean precedidas por el verbo ‘Comprender’, pues esta está asociada más a conocimientos teóricos que debe tener el participante del proyecto que ejecute el Rol de Revisión en BIM, que a herramientas que se deban utilizar para poder cumplir con este rol a cabalidad.

2.5.2. Aplicar, Utilizar, Validar y Desarrollar como capacidad del Rol de Revisión en BIM.

Por otro lado, los verbos aplicar, utilizar, validar y desarrollar si implican y requieren el uso de diferentes herramientas al ir más allá que un mero conocimiento teórico. En este caso, es de carácter necesario la utilización de los modelos BIM y de diferentes herramientas de apoyo ofrecidas en el mercado (tanto hardware como software) para cumplir a cabalidad con estas capacidades.

En las páginas siguientes, se desarrollarán diferentes ejemplos prácticos para dar un entendimiento inicial de las diferentes herramientas que pueden ser utilizadas para desarrollar las capacidades que debe ejecutar el Rol de Revisión en BIM según el Estándar. Estas estarán más enfocadas en las temáticas de diseño, programación, coordinación y planificación, pues han sido las temáticas más desarrolladas asociadas a BIM en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción. De la misma forma, se dará prioridad a las capacidades ejecutables en herramientas que estén en el mercado, obviando las capacidades asociadas a conocer ciertos términos técnicos que no requieren de conocimientos de BIM o herramientas para entenderlos.

2.5.3. Herramientas para la ejecución de las capacidades.

Existen diferentes herramientas que ofrece el mercado para ejecutar las diferentes Capacidades que el Rol de Revisión en BIM debe conocer. Entre ellas encontramos softwares de modelado como Autodesk Revit, Allplan, Archicad, Tekla, entre otros. De la misma forma, existen softwares de revisión como Autodesk Navisworks, Solibri Model Checker o BIM Collab ZOOM que, a diferencia de las herramientas anteriores que se enfocan en formato nativo, este último se enfoca en formatos interoperables IFC.

Además, se tienen otras herramientas para visualizar modelos, como Autodesk Drive, Fusion 360, BIM 360, Autodesk A360, entre otros. Siendo estos últimos manipulables tanto en base a programas de escritorio como también con navegadores web.

Por otro lado, el Rol de Revisión en BIM no solamente se debe enfocar en la utilización de softwares para ejecutar las capacidades, sino que también debe utilizar otras tecnologías asociadas a hardware para poder desarrollar de manera correcta su rol. Esto quiere decir, que no solamente se debe utilizar un computador personal o de escritorio para la ejecución de las capacidades, sino que también se puede dar uso de otros dispositivos como los dispositivos móviles (teléfonos inteligentes o tabletas), así como a lentes de realidad virtual para poder visualizar los modelos en base a vistas estereoscópicas.

Finamente, como el conocer la descripción de las especificaciones técnicas del hardware requerido en complemento con el software utilizado no tiene que ver con este rol, sino que con el Rol de Gestión en BIM, no se interiorizará en estos aspectos técnicos. De la misma forma, como sólo se dará enfoque en las herramientas más utilizadas según la Encuesta Nacional BIM 2019 (y algunas adicionales elegidas por el autor de este texto), sólo se hará una descripción superficial de estas en el siguiente capítulo.

2.5.4. Otras herramientas actualmente en desarrollo.

PARPro (Plataforma Automatizada de Revisión de Proyectos)

En adición a las herramientas previamente descritas y que ya están sumamente posicionadas en el mercado, últimamente se han ido desarrollando otras herramientas asociadas tanto a la automatización de los procesos de revisión de modelos BIM como a la posibilidad de desarrollar e implementar reglas de revisión propias para los diferentes requerimientos particulares de cada proyecto, sin la necesidad de requerir softwares específicos de ciertos proveedores presentes en el mercado.

Para la automatización de procesos de revisión de modelos BIM, esto toma especial relevancia para los proyectos públicos a nivel nacional. Lo anterior, pues frecuentemente el Estado representado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo convoca a diferentes empresas privadas desarrolladoras de proyectos para que diseñen proyectos constructivos, teniendo que recibir una gran cantidad de propuestas con cantidades considerables de información contenidas en estas, y que deben ser revisadas de manera exhaustiva por los revisores del Ministerio. En particular, para proyectos DS-19 del Subsidio de Integración Social y Territorial, el Ministerio hace entre 1 y 2 llamados anualmente, más ciertos llamados especiales, y en el cual se recibe un sinnúmero de información proveniente de propuestas de estos desarrolladores que deben ser revisadas por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo en cortos periodos de tiempo.



Ilustración 26: Logo del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, impulsores en el desarrollo de la herramienta PARPro

Cuando no se utiliza BIM, esta información que llega en papel al Ministerio debe ser revisada de manera manual, y esto toma mucho tiempo. Además, existe una mayor probabilidad de que existan errores humanos debido a la necesidad irrestricta de ejecutar y completar trabajos con plazos extremadamente acotados para la cantidad de información a analizar. De la misma forma, actualmente se maneja información con bajos niveles de trazabilidad y poca estructuración de los datos, lo que dificulta la gestión de la información en los diferentes proyectos, además de que esta no está integrada entre los diferentes sistemas que pertenecen al Ministerio, generando bajos índices de productividad tanto en los procesos de revisión, como también en la gestión de la información y aprobación de permisos de construcción. De la misma forma, una tardía detección de incidencias en estos procesos de revisión genera impactos negativos tanto en el costo de los cambios del proyecto como a los plazos de entrega. En general, los procesos son anticuados,

desactualizados y poco eficientes, consumiendo una gran cantidad de recursos traducidos en horas hombre, por lo que se hace extremadamente necesaria la utilización de BIM en esta clase de situaciones.

Luego, para ciertos proyectos piloto luego de la reciente implementación de BIM en el Ministerio de Vivienda y Urbanismo dentro de su plan de transformación digital (Ciudad Parque Bicentenario y Villa Panamericana son algunos de los proyectos desarrollados utilizando BIM), sí se han logrado reducir estos tiempos de revisión utilizando BIM. Lamentablemente, esta implementación aún está siendo desarrollada, y son muy pocos los revisores con conocimientos avanzados capaces de utilizar BIM para estos procesos de revisión. Además, como la cantidad de revisores en el Ministerio es elevada, se hace muy difícil la capacitación del personal debido a restricciones presupuestarias. Estas restricciones además no permiten la adquisición de los diferentes softwares de revisión disponibles en el mercado para cada uno de los revisores del Minvu, por lo que el uso de BIM en estos procesos de revisión en base a estas condiciones no resulta viable.

Para combatir el problema anterior, Planbim en conjunto con la División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional del Ministerio de Vivienda y Urbanismo conceptualizan la herramienta PARPro (Plataforma Automatizada de Revisión de Proyectos), siendo esta desarrollada por la empresa ganadora de la licitación, VelocITI en conjunto con Bwise BIM, y que se enfoca en la automatización de procesos de revisión de proyectos de viviendas públicas en Chile (en particular para viviendas del DS-19), en particular en la revisión de modelos interoperables IFC asociados a estos proyectos, utilizando estos modelos con el propósito de potenciar los beneficios de la interoperabilidad en el desarrollo de proyectos BIM y el uso de estándares para estructurar la información, como el Estándar BIM para Proyectos Públicos y otras normas ISO internacionales como la ISO 19650. Esto último servirá para hacer las revisiones más eficientes, intuitivas de ejecutar y con un mayor grado de transparencia. Además, no se requerirá de la compra de software de otros proveedores para cada uno de los revisores y se tendrá información integrada a todos los sistemas que se gestionan y manejan en el Ministerio.

La particularidad de PARPro, es que aparte de ejecutar procesos de revisión automatizadas a estos modelos BIM, no requiere que el usuario de esta plataforma tenga ciertos conocimientos avanzados en BIM, esto pues PARPro funciona gracias a una interfaz intuitiva. El proceso de revisión utilizando esta herramienta comienza al ingresar o cargar los modelos IFC recibidos por los privados desarrolladores a la plataforma para que esta la guarde y almacene en una base de datos con un ID único, dándole trazabilidad a la información. Luego, esta información es procesada gracias a un analizador, extrayéndola de manera estructurada, para que no tan sólo sea utilizada en los procesos de revisión, sino que también para que sea usada en otras plataformas que forman parte del Minvu, situación que actualmente no sucede debido a la nula integración de la información proveniente de estos procesos de revisión con otros sistemas pertenecientes a este ministerio. Finalmente, esta información es validada por un validador en base a reglas preestablecidas o configuradas según los requerimientos propios de cada proyecto, para comprobar su cumplimiento, y si este no es el caso, notificar a los desarrolladores del modelo que realicen las correcciones respectivas, todo esto gracias a un informe final que devuelve la herramienta en formato PDF que resume las diferentes incidencias detectadas.

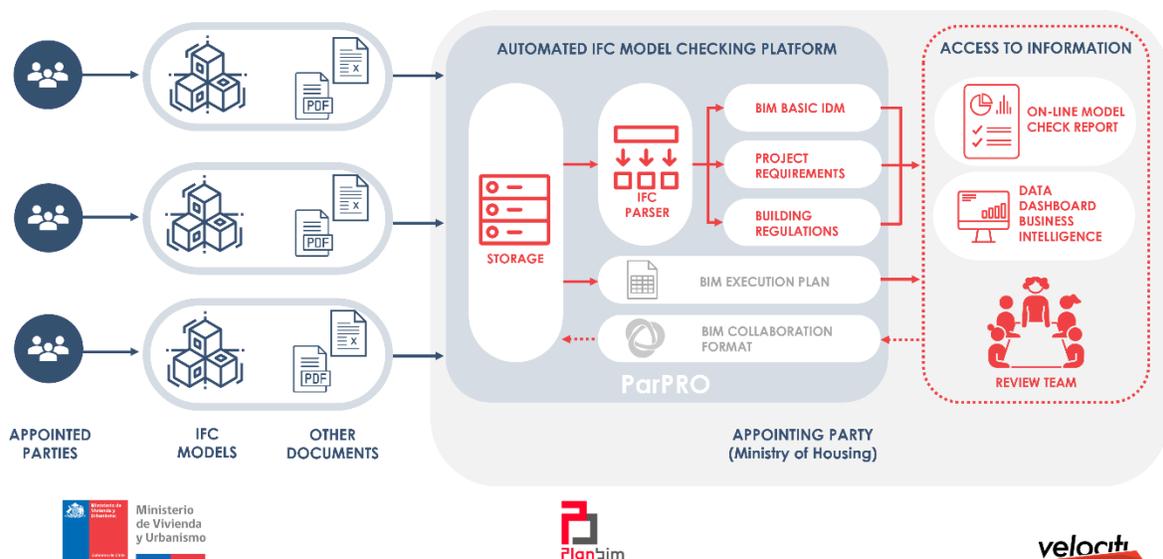


Ilustración 27: Flujo de trabajo de PARPro. Los modelos IFC en adición a otros documentos provenientes de diferentes desarrolladores son cargados a la plataforma, esta los almacena, procesa y revisa en base a diferentes requerimientos y reglas, para obtener un informe final reportando la validez del modelo.

Estas reglas de revisión se basan en los 12 pasos presentes en el Manual de Entrega de Información Básica MEI (como por ejemplo, asegúrese de utilizar una denominación uniforme y coherente para los modelos por disciplina dentro del proyecto), a 12 reglas asociadas a lo estipulado en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción OGUC (como por ejemplo, a normativas asociadas al uso de suelo, altura máxima, constructibilidad, etc.), y a 58 requisitos específicos para proyectos DS-19 (como por ejemplo, que todas las habitaciones del modelo de arquitectura cuenten con luz natural). Finalmente, todos estos requerimientos deben estar presentes en la Solicitud de Información BIM SDI BIM previo inicio del desarrollo del modelo, para que el desarrollador tenga la información suficiente asociada a los requerimientos mínimos necesarios para la entrega del modelo interoperable.

El proceso anterior se ejecuta automáticamente, y el revisor sólo estará encargado de cargar los modelos, activar las reglas de revisión que se requieran y obtener el informe final para la validación del modelo IFC o la notificación de incidencias para que estas sean corregidas debidamente para que el proyecto sea aprobado. Esto implica que no se requerirán conocimientos avanzados en BIM para hacer correr la plataforma, por lo que se soluciona el aspecto de la poca capacitación en BIM de los actuales revisores pertenecientes al Ministerio.

De todas formas, para el desarrollo de PARPro, también se requiere capital humano que efectivamente debe tener conocimientos avanzados en BIM, pues no tan sólo se requerirá un revisor que ejecute los procesos automatizados de la herramienta que pueden ser utilizados por no conocedores de la metodología, sino que además se deben realizar reglas nuevas para ciertos proyectos en particular que lo requieran, y estas deben ser elaboradas por personal que sí posee conocimientos avanzados en BIM. Además, el plan a futuro es que esta herramienta no sólo sea utilizada para proyectos del DS-19 sino que también abarque una mayor clase de proyectos más allá de los proyectos asociados al área de vivienda, como lo son los proyectos de espacio público, pavimentos, etc.

De todas formas, se ha dejado claro que esta herramienta será una de muchas más que estarán en desarrollo por parte del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Además, se destaca que los procesos de capacitación en el capital humano del Ministerio continuará de manera constante en base a su estrategia de transformación digital, por lo que la idea es que a futuro, todos los revisores BIM que forman del Ministerio, tengan conocimientos avanzados de BIM para que estos sean aplicados en sus procesos de revisión y aprobación de permisos de construcción, consolidando los índices de productividad más allá de los procesos de diseño, construcción y gestión a cargo de las empresas privadas desarrolladoras. Finalmente, según lo dispuesto por la página oficial de BuildingSMART y Planbim, las pruebas piloto han mostrado una reducción en los tiempos de revisión de proyectos utilizando la herramienta PARPro en un 75%, demostrando de manera concreta que los procesos de revisión automatizadas son el siguiente paso para estas búsquedas en los índices de productividad en la industria de la construcción a nivel nacional.

IFC.js

Por otra parte, tenemos la herramienta IFC.js, que se trata de una iniciativa Open Source que data del 2021 y que consiste en una biblioteca de código pre escrito en JavaScript creada de forma colaborativa, para cargar, mostrar y editar modelos BIM con formato interoperable IFC en el navegador y otras plataformas (tanto en computadores como en teléfonos inteligentes), así como también para utilizarla como base estructural en el desarrollo de otras herramientas BIM que se requieran.



IFC.js

Ilustración 28: Logo de la iniciativa IFC.js

Esta iniciativa, fue creada para combatir la reducida oferta de softwares BIM que existen en el mercado y el alto poder de negociación que los proveedores de software poseen, y que implican altos costos para adquirir licencias y un pobre desarrollo de las herramientas presentes en los softwares en cada una de sus actualizaciones, provocando que los usuarios que necesitan de nuevas funcionalidades BIM en sus proyectos, no puedan desarrollarlos debidamente.

Lamentablemente, empresas que no poseen recursos considerablemente altos, no tienen la capacidad técnica y económica para poder costearse el desarrollo de softwares BIM a modo de

independizarse de los grandes proveedores y sus elevados costos, y tener cierto manejo de herramientas en base a las necesidades propias de la empresa y sus proyectos en particular. El desarrollo de software BIM es complicado, sobre todo cuando se tienen modelos con formato IFC que de por sí poseen grandes cantidades de información estructurada. La necesidad de leer y extraer esta información de manera rápida y eficiente por estos softwares requiere de recursos elevados que, no todos los usuarios de BIM o empresas que no tengan grandes equipos de desarrolladores, poseen.

De esta forma, y considerando esta problemática, aparece IFC.js como solución principal con el propósito de que cualquier persona o empresa sea cual sea su tamaño, pueda crear un software BIM de alta calidad sólo teniendo conocimientos básicos de desarrollo web en HTML, CSS y JavaScript. Para ello, se creó una biblioteca con código abierto pre escrito en JavaScript que puede ser utilizada como base estructural para el desarrollo de herramientas BIM. La idea principal de la iniciativa es no desarrollar softwares creados desde cero como lo hacen otras empresas focalizadas en esta industria y que están más posicionadas en el mercado, sino que el uso de esta biblioteca permitirá desarrollar aplicaciones de manera más sencilla utilizando estos repositorios de código de libre acceso. Como actualmente no existe una cantidad decente de información y documentación disponible que ayuden con estos procesos, pues estos requieren miles de líneas de código, el trabajo colaborativo para la creación de esta biblioteca parece de carácter imperativo.

La biblioteca posee una gran cantidad de funcionalidades que han sido desarrolladas tanto por los impulsores de esta iniciativa como por colaboradores programadores que comparten sus códigos para quien quiera utilizarlos en el desarrollo de sus herramientas. Para motivar a las comunidades con el desarrollo de esta biblioteca, la iniciativa ofrece recompensas con el fin de desarrollar, mantener, gestionar y organizar esta biblioteca de código, además de dar solución a diferentes errores detectados dentro de esta. Finalmente, la iniciativa da ciertas regalías a las empresas o desarrolladores particulares que más aportan en el desarrollo de esta biblioteca, como por ejemplo dando acceso anticipado a nuevas funcionalidades o dejándolos participar en la construcción de la hoja de ruta de IFC.js.

Este trabajo colaborativo se traduce esencialmente en una unificación de fuerzas para poder desarrollar una plataforma potente, con una biblioteca llena de funcionalidades que sea capaz de competir con softwares más consolidados en la industria. Actualmente, los softwares de empresas más consolidadas poseen herramientas poderosas con una alta gama de funcionalidades, lo que hace dificultoso a empresas en solitario desarrollar herramientas que se le equiparen, mas no si este desarrollo se hace de manera colaborativa por diferentes desarrolladores particulares y empresas que trabajen en conjunto. La oferta técnica potencialmente podría ser igualada gracias al código abierto disponible en esta biblioteca elaborada de manera colaborativa, y que será de carácter esencial para el desarrollo de softwares Open Source capaces de lograr las mismas funcionalidades e ir mucho más allá que las herramientas que actualmente ofrece el mercado. De todas formas, quienes utilicen los códigos de la biblioteca de IFC.js también son libres de desarrollar sus propias herramientas con funcionalidades que pueden ir más allá de las ya disponibles en la biblioteca de la iniciativa descrita, y que pueden apuntar a satisfacer las necesidades propias de la empresa en cuestión o de algún proyecto en particular que se esté gestionando, dando la libertad de compartir este nuevo código de manera total o parcial, voluntariamente.

Entre algunas de las funcionalidades actualmente en desarrollo y ya disponibles en la biblioteca, aparte de la visualización de modelos, está la generación de planimetrías (tanto en planta, secciones y cortes, alzados, etc.), visualización de tablas de datos con los parámetros geométricos y no geométricos de las diferentes entidades, exportación a Excel, selección en base a reglas, creación

de CDEs utilizando plataformas como Google Drive, la posibilidad de trabajo colaborativo en tiempo real en un mismo modelo con diferentes participantes dentro de un navegador web e incluso la capacidad de poder editar y escribir nueva información en estos modelos con formato IFC.

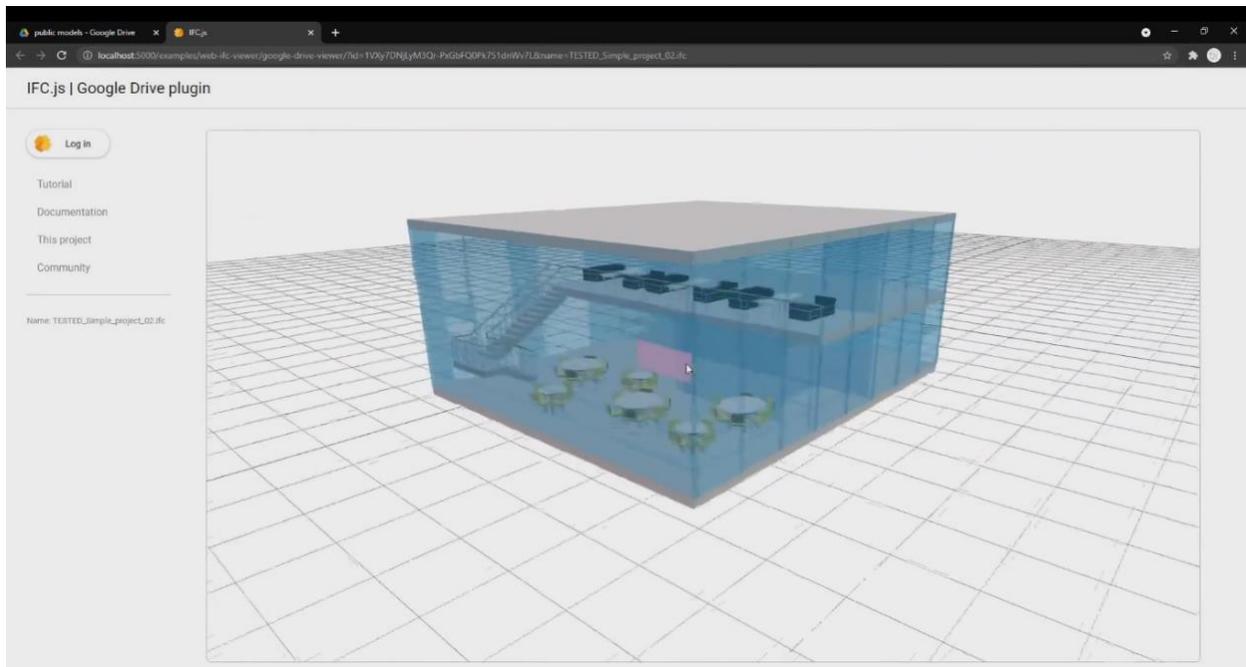


Ilustración 29: Demostración del uso de IFC.js para crear un CDE utilizando Google Drive.

Los códigos de la iniciativa IFC.js pueden ser implementados, tal como se dijo previamente, en navegadores web, pero también en aplicaciones de escritorio, aplicaciones móviles, etc., siendo las velocidades en navegador web incluso tan rápidas como las aplicaciones nativas de escritorio. De la misma forma, la visualización de modelos utilizando dispositivos móviles es también muy eficiente, pudiendo abrir archivos BIM de gran tamaño (sobre 100 MB) en pocos segundos.

Actualmente, son muy pocas las empresas que manejan el mercado de softwares BIM, y eso a coartado en cierta medida su desarrollo a nivel nacional. La descentralización y libre competencia de estas herramientas es clave y de especial relevancia para potenciar los estancados índices de productividad de la industria de la construcción a nivel nacional.

En particular para el Rol de Revisión en BIM, esta iniciativa en desarrollo podría ser muy útil para poder revisar modelos BIM en formato IFC interoperable en navegadores web y dispositivos móviles, sin necesidad de un software BIM de revisión en particular o hardware potente que requiera ciertas especificaciones para hacer correr las reglas de revisión de modelos BIM, reglas que podrían ser adaptadas según las necesidades propias de cada proyecto, gracias a la posibilidad de modificar el código de la herramienta. Además, la biblioteca de IFC.js estará disponible de manera gratuita para siempre, lo que hace aún más atractiva su implementación. Por otro lado, el hecho de no tener revisores de algún Ministerio utilizando herramientas de un proveedor en particular, fomenta la probidad y transparencia en estos procesos, al no utilizar la influencia de una organización política como el Estado en el mercado de proveedores de softwares o hardware, tal como fue mencionado páginas atrás.

Finalmente, es importante mencionar que la página oficial de IFC.js posee un demo online que permite a sus usuarios cargar cualquier modelo BIM con la restricción de que este sea en un formato interoperable IFC, sin la necesidad de poseer algún conocimiento en desarrollo de software o programación, sólo con el propósito de demostrar la potencia y la rapidez de esta herramienta.

🎮 IFC.js is a JavaScript library to load, display and edit IFC models in the browser. Try the [live demo](#) with your IFC model and discover the power of IFC.js.

Ilustración 30: Extracto del texto dentro de la plataforma IFC.js que invita a probar el demo gratuito y de libre acceso.

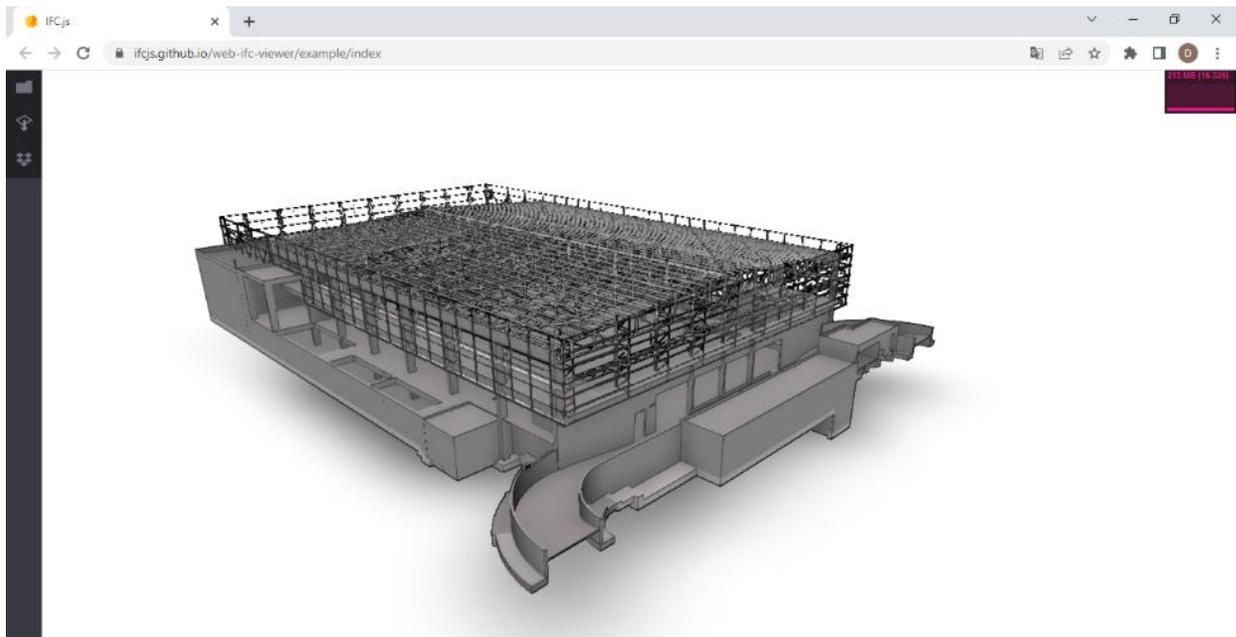


Ilustración 31: Modelo de Estructuras del Centro Deportivo, visualizado en el demo de IFC.js disponible en su página oficial.

3. Desarrollo de Ejemplos Prácticos

3.1 Herramientas a utilizar

3.1.1 Software a utilizar

A lo largo de los ejemplos prácticos a desarrollar, se utilizarán los siguientes softwares enlistados en la siguiente tabla:

Tabla 1: Herramientas de software a utilizar en los ejemplos prácticos.

Herramienta	Descripción
	<p>Software BIM que permite el modelado 3D de una estructura de forma colaborativa y paramétrica, es decir, que es posible definir los elementos que componen el modelo 3D con diferentes parámetros tanto geométricos como no geométricos, y que agrupa todas las disciplinas de arquitectura, ingeniería y construcción. Este programa permite la generación de planos con diferentes visualizaciones que van actualizándose en tiempo real a medida que se desarrolla el modelo, así como la posibilidad de situar elementos de anotación (como ejes o cotas), calcular cubicaciones, cronogramas, renderizaciones, entre otras funciones.</p> <p>Porcentaje de usuarios que usan el software según la Encuesta Nacional BIM 2019: 78%</p> <p>Precio: US\$ 2545 al año.</p>
	<p>Software BIM que permite la coordinación y revisión de BIM para modelos de diferentes especialidades, combinándolos en un único modelo unificado, e identificado conflictos y problemas de interferencias antes de que estos sean un problema en el proceso constructivo. Además, permite crear y controlar programaciones y costos mediante simulaciones 4D y 5D, calcula cubicaciones, crea renderizaciones,</p>

	<p>permite situar elementos de anotación, así como de tener a disposición diferentes herramientas de medición para revisar el modelo de forma apropiada.</p> <p>Porcentaje de usuarios que usan el software según la Encuesta Nacional BIM 2019: 78%</p> <p>Precio: US\$ 970 al año</p>
	<p>Es un visualizador online de modelos BIM (formatos RVT, DXF, IFC, etc.) al que podemos acceder mediante un enlace de invitación. El flujo de trabajo es sencillo. El modelador puede subir un modelo a la plataforma de Autodesk Viewer y al terminar dicho proceso se puede obtener un link. Al acceder a este link (que puede ser compartido a cualquier persona mediante cualquier medio) se puede tener acceso completo al modelo para su visualización en cualquier dispositivo (computador de escritorio, personal, tableta o smartpone). Además, se tiene la opción adicional a quien visualiza el modelo, de añadir elementos de anotación y dibujo luego de procesos de revisión, para que el modelador posteriormente pueda hacer los cambios recomendados por quien visualiza el modelo.</p> <p>Porcentaje de usuarios que usan el software según la Encuesta Nacional BIM 2019: No hay datos (aunque se usa mucho con Autodesk Revit).</p> <p>Precio: Gratuito</p>
	<p>Es un visualizador y software de revisión y validación de Modelos IFC interoperables. En este se puede extraer información geométrica y no geométrica de los modelos tanto de manera manual como automatizada en base a sus vistas inteligentes que genera ciertas configuraciones de visualización en base a reglas (análogo a los filtros y visualización de gráficos de Autodesk Revit). Además, tiene la opción de</p>

	<p>desarrollar análisis de colisiones entre diferentes especialidades, así como a generar reportes para que otros participantes puedan identificar las incidencias detectadas.</p> <p>Porcentaje de usuarios que usan el software según la Encuesta Nacional BIM 2019: 11%</p> <p>Precio: Gratuito para algunas opciones. Con las opciones desbloqueadas: 720 euros al año.</p>
 	<p>Ambas herramientas son plataformas que pueden ser utilizadas tanto en software como directamente en el navegador, y que pueden almacenar diferentes tipos de archivos en diferentes carpetas, como archivos de modelos en Revit, Navisworks o archivos IFC e incluso archivos en formato DWG (AutoCAD), aunque también es posible la incorporación de archivos que van más allá de un modelo, como archivos de Microsoft Office, PDF, archivos de imágenes, video, etc.</p> <p>Estas herramientas pueden, además, actuar como un visualizador de los modelos que sean contenidos en sus carpetas de almacenamiento, incluso con la posibilidad de revisarlos y elaborar elementos de revisión para poder comunicar incidencias y errores al responsable de corregirlos.</p> <p>Porcentaje de usuarios que usan el software según la Encuesta Nacional BIM 2019: Sin Datos. Para Autodesk BIM 360: 27%.</p> <p>Precio: Para Fusion 360 \$465.735 al año a partir del 2022 (pesos chilenos).</p>

3.1.2. Hardware a utilizar

A lo largo de los ejemplos prácticos, se utilizará el siguiente hardware:



Computador Personal

- Modelo HP
- Se utilizará para: Autodesk Revit, Autodesk Navisworks y BIM Collab Zoom



Teléfono Inteligente

- Modelo Moto G8 Power
- Se utilizará para: Autodesk Viewer, BIM 360



Lentes de Realidad Virtual

- Modelo VR Box
- Se utilizará para: Vistas estereoscópicas renderizadas desde Autodesk Revit

Ilustración 32: Herramientas de hardware a utilizar en los ejemplos prácticos.

3.2 Modelos a utilizar

Tabla 2: Modelo BIM a utilizar en ejemplos prácticos: Pasarela Peatonal

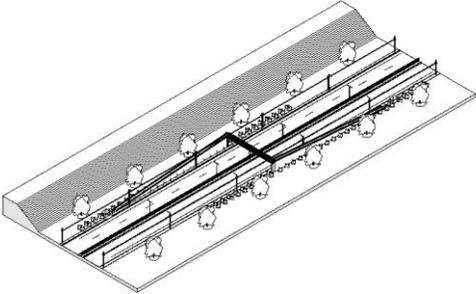
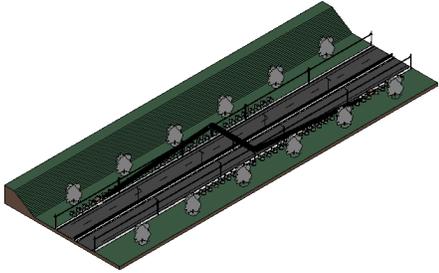
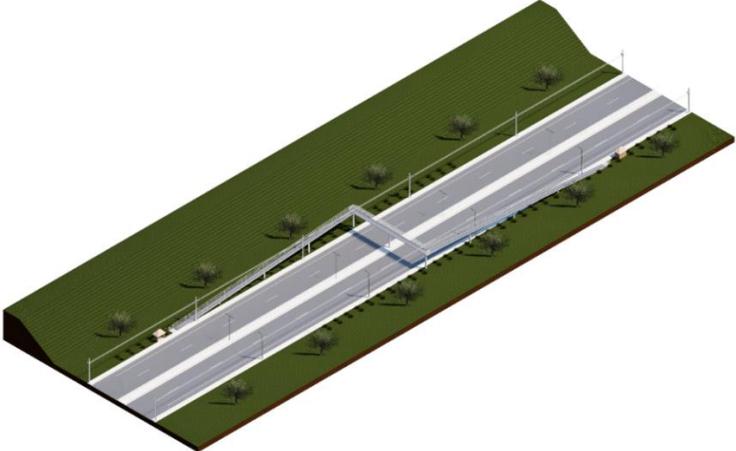
Nombre del Modelo BIM: Pasarela Peatonal – Desarrollada en Autodesk Revit	
Descripción del modelo: Modelo de Pasarela Peatonal - Modelo con topografía, elementos de vegetación, losas, vigas, pilares, fundaciones, barandas, enrejados, y otros componentes como cableados, postes de luz, paraderos, barreras de seguridad vial, etc.	
Representación Visual del Modelo BIM de Arquitectura de la Pasarela Peatonal	
	
Representación Visual Renderizada del Modelo BIM de Arquitectura de la Pasarela Peatonal	
	

Tabla 3: Modelo BIM a utilizar en ejemplos prácticos: Centro de Salud.

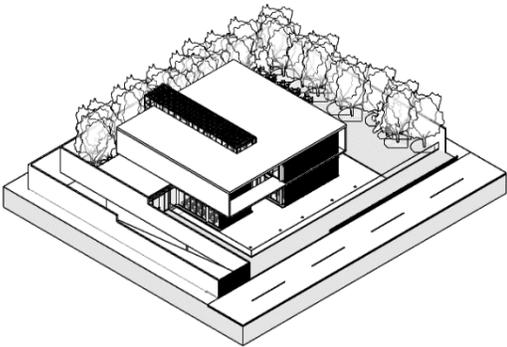
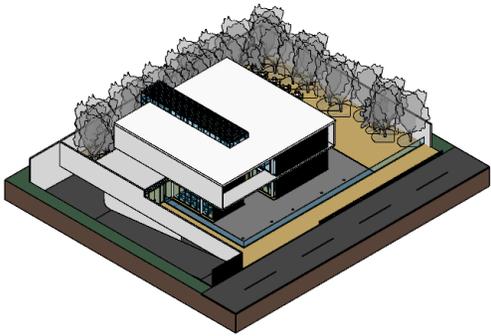
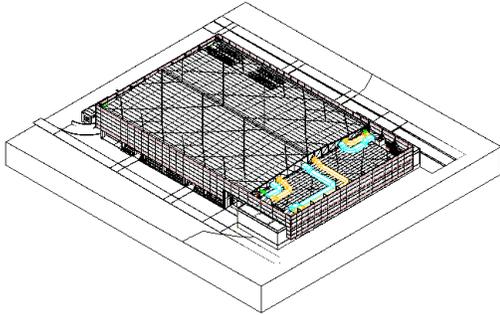
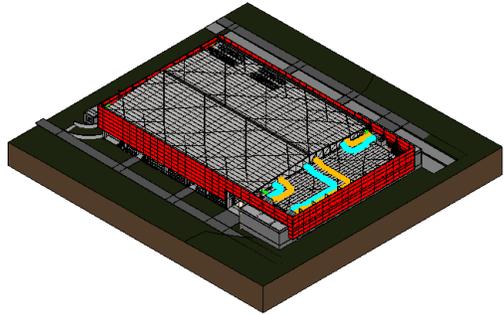
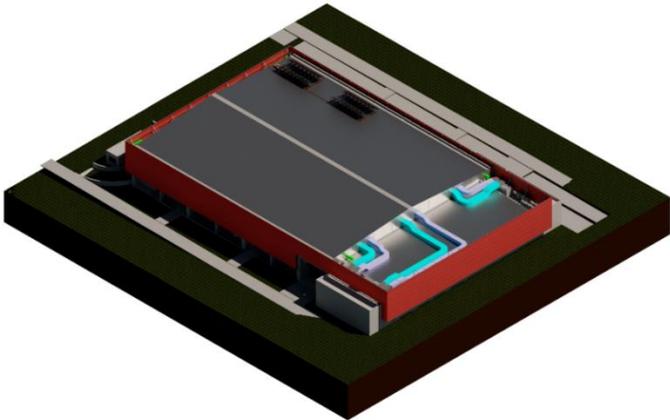
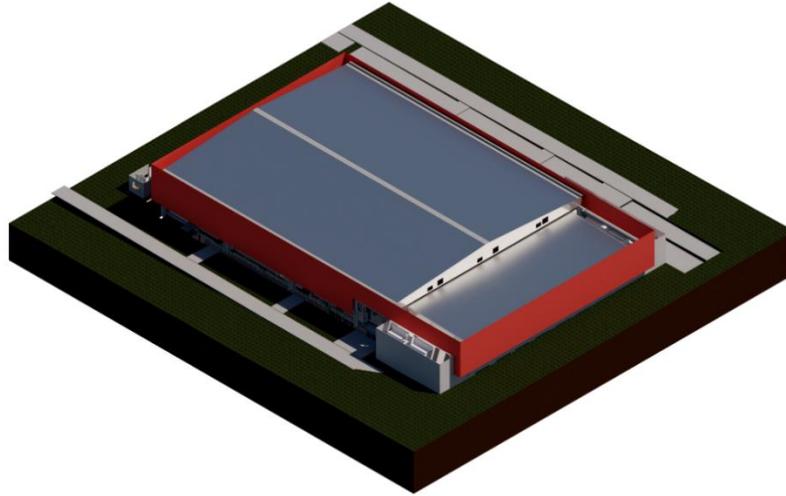
<p>Nombre del Modelo BIM: Centro de Salud – Desarrollada en Autodesk Revit</p>	
<p>Descripción del modelo: Modelo de Centro de Salud - Modelo con topografía, elementos de vegetación, losas, muros, pilares, fundaciones, barandas, muros cortina, enrejados, y otros componentes como mobiliario, instalaciones eléctricas (iluminación de interiores), escaleras, caja de ascensores, y elementos arquitectónicos como ventanas, puertas, etc.</p>	
<p>Representación Visual del Modelo BIM de Arquitectura del Centro de Salud</p>	
	
<p>Representación Visual Renderizada del Modelo BIM de Arquitectura del Centro de Salud</p>	
	

Tabla 4: Modelo BIM a utilizar en ejemplos prácticos: Centro Deportivo.

<p>Nombre del Modelo BIM: Centro Deportivo – Desarrollada en Autodesk Revit</p>	
<p>Descripción del modelo: Modelo de Centro Deportivo – Este modelo consta de diferentes especialidades que serán utilizadas en los diferentes Ejemplos Prácticos enlistados en las siguientes páginas. Entre las especialidades se tienen los siguientes modelos: Modelo BIM de Arquitectura, de Estructuras, de Climatización y de Electricidad.</p>	
<p>Representación Visual del Modelo BIM Federado del Centro Deportivo + Topografía</p>	
	
<p>Representación Visual Renderizada del Modelo BIM Federado del Centro Deportivo + Topografía</p>	
	

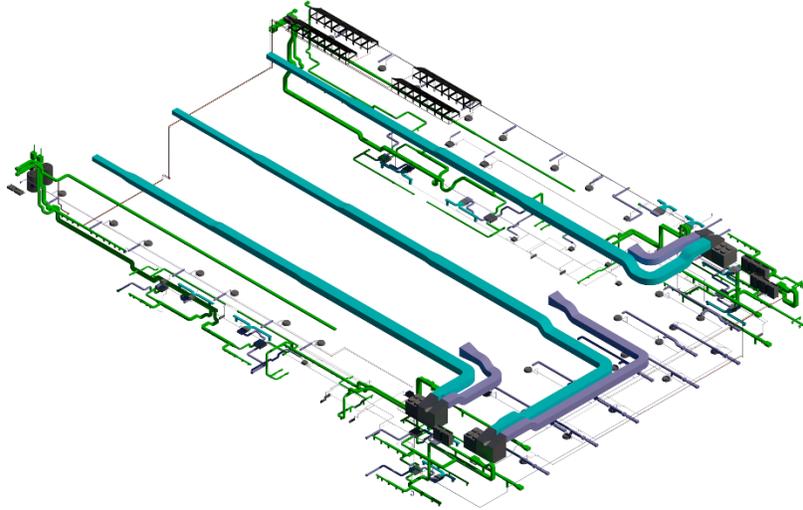
Representación Visual Renderizada del Modelo BIM de Arquitectura del Centro Deportivo + Topografía



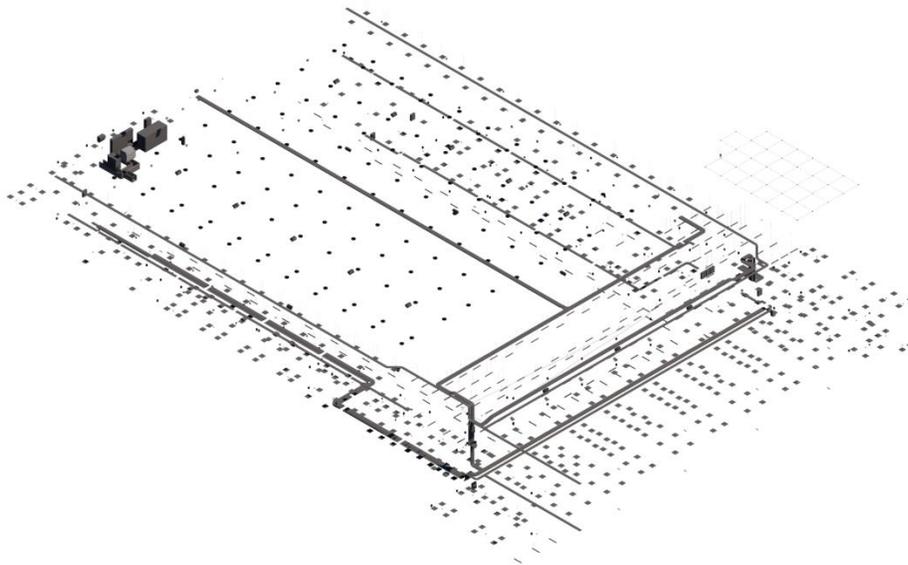
Representación Visual Renderizada del Modelo BIM de Estructuras del Centro Deportivo



Representación Visual Renderizada del Modelo BIM de Climatización del Centro Deportivo



Representación Visual Renderizada del Modelo BIM de Electricidad del Centro Deportivo



3.3 Ejemplos prácticos para la ejecución de las capacidades del Rol de Revisión en BIM utilizando diferentes herramientas asociadas a este rol

Como ya se ha clarificado anteriormente, el propósito de ejecutar las diferentes capacidades de Rol de Revisión en BIM según el Estándar BIM para Proyectos Públicos, es mejorar los grados de calidad de un Modelo BIM en base a diferentes aspectos. Para este documento en particular, se definieron 4 aspectos principales: Revisión del cumplimiento de los requisitos del cliente, revisión del cumplimiento de la normativa vigente, revisión de posibles incongruencias constructivas, y revisión del cumplimiento de las SDI BIM.

Para el desarrollo de los ejemplos prácticos, estos serán separados y catalogados en estos diferentes aspectos, para plasmar de manera más clara qué implica la revisión de cada uno de ellos. Finalmente, los aspectos asociados a los requisitos del cliente y la normativa vigente se unificarán en uno sólo, pues las capacidades que deben ser ejecutadas para el cumplimiento de ambos aspectos es similar.

3.3.1 Requisitos del Cliente y Normativa Vigente

En general, para los Modelos BIM revisados:

- Se deben cumplir todos los requisitos del cliente estipulados, requisitos de EETT y diseño.
- Se deben cumplir todos los requisitos vinculados a la normativa nacional, independiente que estos no sean un requisito explícito del cliente.

Ejemplo Capacidad 18: Utilizar/Validar la representación de la información geométrica de un proyecto en BIM mediante: planimetrías, visualizaciones 3D, renders, animaciones, etc.

Es claro que, para verificar de manera visual el cumplimiento de los requisitos tanto del cliente como normativos, es necesario manejar el modelo BIM de tal manera que nos permita extraer la mayor cantidad de información desde este. Para ello, es importante saber cómo representar la información geométrica presente en dichos modelos desde diferentes ópticas, elaborando vistas planimétricas (vistas en planta, secciones, alzados), vistas en 3D (isométricas y en perspectiva), renderizados para emular el resultado final del proceso constructivo, y animaciones que permitan, por ejemplo, recorrer total o parcialmente el modelo BIM diseñado.

Autodesk Revit posee muchas herramientas para elaborar estas vistas. En particular, se tienen las herramientas para la generación de vistas planimétricas ‘Vistas de Plano’ (‘Planos de Planta’ y ‘Planos Estructurales’), ‘Secciones’ y ‘Alzados’. Estas nos permiten visualizar el modelo de manera bidimensional, muy útil para verificar propiedades geométricas con el uso de cotas o etiquetas (tags).

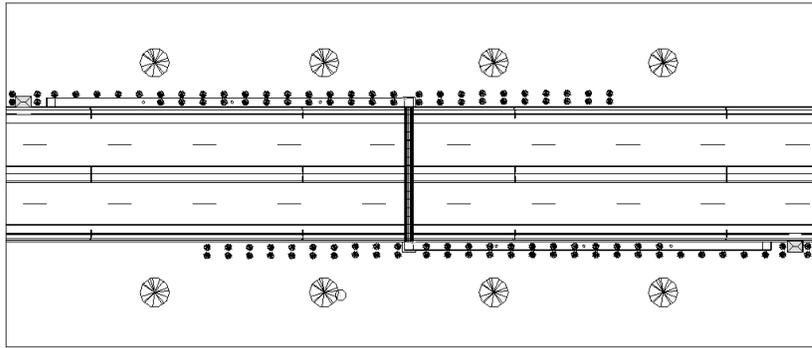


Ilustración 33: Vista en planta de la planimetría general de la Pasarela Peatonal

Una de las propiedades más importantes en relación a estas vistas planimétricas, es que es posible definir un rango de vista para poder visualizar sólo los elementos que se requieran visualizar, ocultando todos aquellos que no pertenezcan a este rango. Por ejemplo, al definir un alzado (sólo definibles a partir de una vista en planta creada), es posible dibujar un cuadrilátero que definirá el rango de vista de dicha vista planimétrica. De esta forma, el alzado definido en la imagen a la izquierda de la ilustración a continuación sólo mostrará un par de árboles a un costado de la pasarela peatonal, mientras que el alzado definido en la imagen a la derecha mostrará los árboles, parte de la pasarela e incluso el enrejado modelado en la mediana que separa ambas calzadas pertenecientes a la autopista.

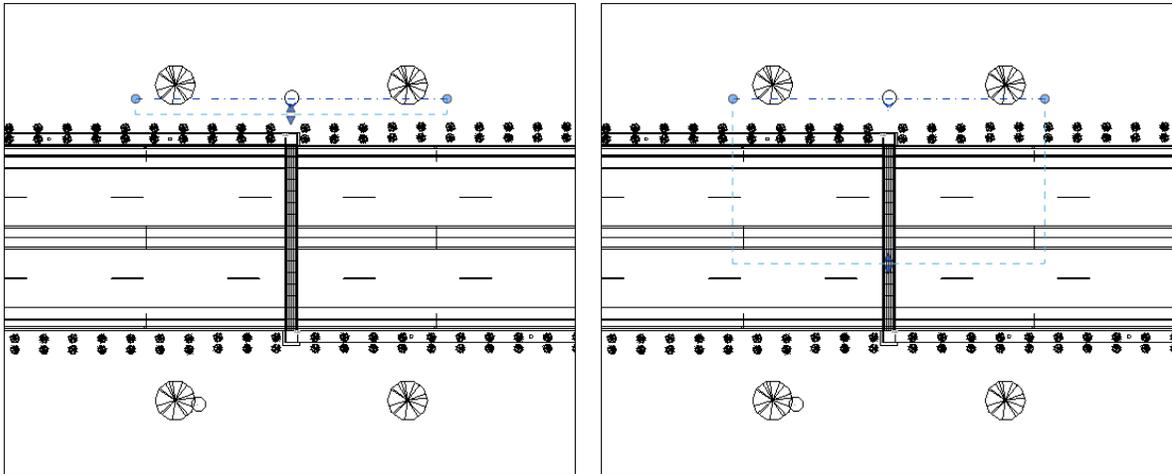


Ilustración 34: A la izquierda, definición del rango de vista para un alzado que sólo permite visualizar los árboles a un costado de la pasarela. A la derecha, definición del rango de vista para un alzado que permite visualizar elementos incluso más allá de la mediana que divide ambas calzadas de la autopista.

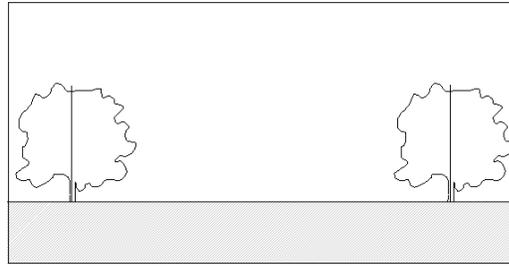


Ilustración 35: Alzado definido utilizando el rango de vista de la imagen a la izquierda de la ilustración anterior

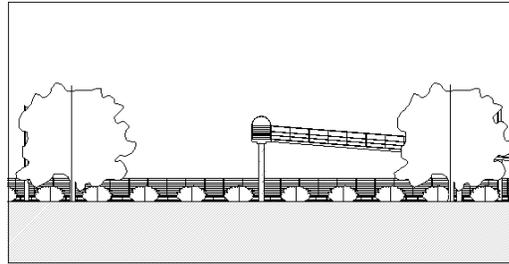


Ilustración 36: Alzado definido utilizando el rango de vista de la imagen a la derecha de la ilustración anterior

Además de las vistas en planta y los alzados, se tienen vistas de corte que funcionan de manera similar a estos últimos, pero que servirán específicamente para conocer vistas internas de las estructuras (a diferencia de los alzados, que se utilizan como vistas en elevación a la fachada de la estructura). Su funcionamiento es similar, por lo que también es esencial configurar su rango de vista para poder acotar qué es lo que se quiere ver.

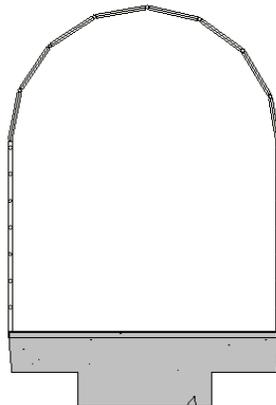


Ilustración 37: Sección de la viga y del enrejado dibujados en el modelo Pasarela Peatonal.

Finalmente, y terminando con las vistas planimétricas, se tienen las vistas de área y habitaciones. En estas, podemos visualizar los diferentes espacios definidos en base a diferentes delimitadores de habitación, como lo son los muros estructurales y arquitectónicos, pero también en base a delimitadores definidos por el mismo modelador.

Estos muestran las diferentes áreas y habitaciones de manera clara, intuitiva y automatizada, generando una visualización con diferentes colores y etiquetas que identificarán el espacio con su nombre respectivo, calculará el área asociada a dicho espacio, entre otras propiedades fácilmente integrables. De esta forma, se tiene una representación más visual de los requisitos de espacios que se puedan tener en las EETT y requisitos del cliente, identificando en el proceso de revisión, si se debiese ejecutar alguna corrección en el diseño de la estructura.



Ilustración 38: Vista en planta con habitaciones. 1er piso modelo Centro de Salud.

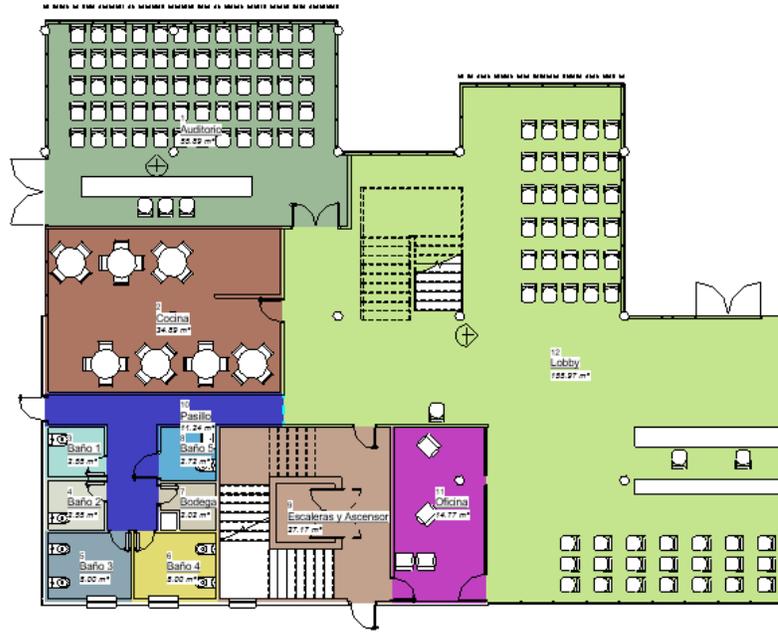


Ilustración 39: Detalle vista en planta con habitaciones. 1er piso modelo Centro de Salud.

En adición a estas vistas planimétricas, está claro que es posible obtener vistas 3D de los modelos BIM diseñados, siendo las más importantes las vistas isométricas y las vistas en perspectiva. Para crear estas vistas en Autodesk Revit, se tienen dos opciones, la herramienta Vista 3D por Defecto y la herramienta Cámara.

La herramienta Vista 3D por Defecto genera una vista isométrica automática del modelo completo elaborado. Luego, para acotar el rango de vista para visualizar sólo los elementos que se requieran, se puede utilizar una de las herramientas llamada Caja de Sección, que permite acotar tal vista dentro de un volumen cuyas 3 dimensiones pueden ser modificadas según sean las necesidades de visualización (análogo al cuadrilátero de dos dimensiones para las vistas planimétricas).

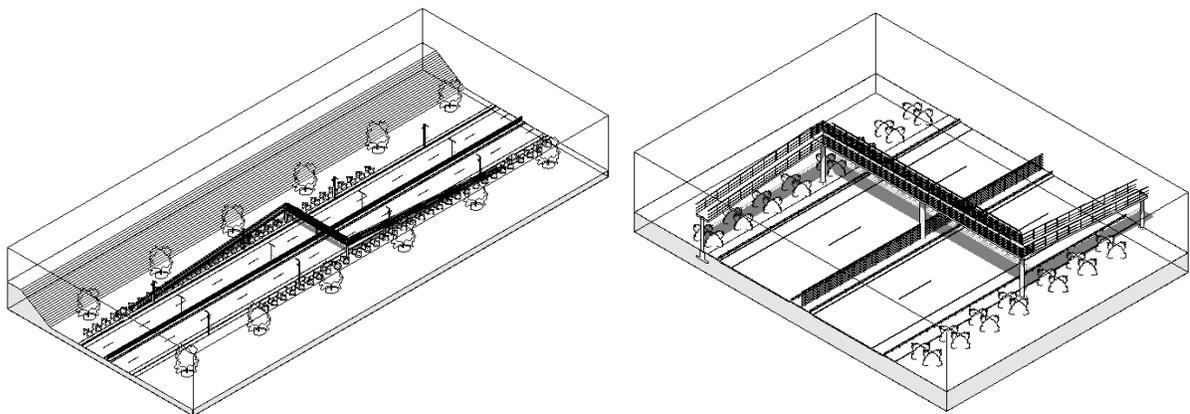


Ilustración 40: Vistas isométricas de la pasarela peatonal. A la derecha, caja de sección incluye toda la pasarela peatonal y a la izquierda, caja de sección incluye sólo una fracción del modelo.

Cámara: Utilizando una vista en planta, permite tomar una fotografía (definiendo la posición de la cámara, la altura del lente y el rango de vista que se quiere capturar) para generar una vista en perspectiva del modelo elaborado.

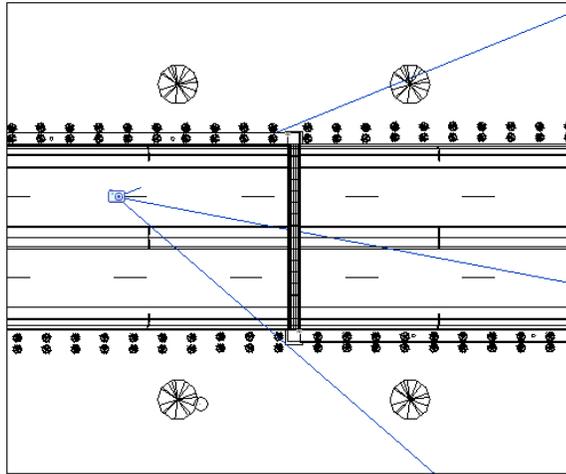


Ilustración 41: Vista en planta con la cámara tomando la fotografía. Es importante recalcar que, además de poder configurar la posición y el rango de la vista (ángulo y profundidad) es posible definir la altura del lente en el que se captura la vista en perspectiva.

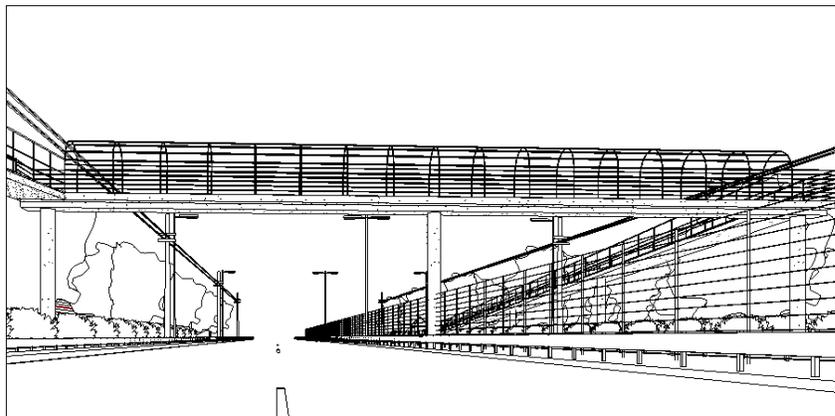


Ilustración 42: Vista en perspectiva capturada con la cámara mostrada en la ilustración anterior.

Todas estas vistas 3D pueden ser renderizadas utilizando el mismo hardware con el que se utiliza la herramienta de Autodesk Revit, o pagando un costo adicional para renderizar directamente utilizando los servidores pertenecientes a Autodesk (renderizaciones en la nube), y cuyos resultados finales son muy superiores a los obtenidos utilizando hardware propio, sobre todo cuando el equipo utilizado no es de gama elevada.



Ilustración 43: Renderizados de la vista en perspectiva mostrada en la Ilustración anterior. A la izquierda, renderizado obtenido con el software. A la derecha, renderizado obtenido con los servidores externos de Autodesk.



Ilustración 44: Renderizado de la vista en perspectiva del modelo Centro de Salud, obtenido con los servidores externos de Autodesk.

Finalmente, existe la opción de generar recorridos, que no es más que una vista animada del modelo y que es definida en base a una trayectoria. Esta vista recorre dicha trayectoria, permitiendo visualizar el modelo tridimensional desde diferentes ángulos.

Ahora, es importante mencionar que, tal como se mencionó al comienzo, cada una de estas vistas pueden ser utilizadas como base para añadir elementos de anotación, como cotas y tags. Lo anterior, para verificar propiedades geométricas que se deben cumplir y que estuvieran estipuladas en los requisitos del cliente y requisitos normativos de diseño.

Autodesk Revit permite una gran gama de elementos anotativos, como cotas alineadas, lineales y angulares. Además permite acotar radios, diámetros, longitudes de arco, cotas de un plano e incluso pendientes.

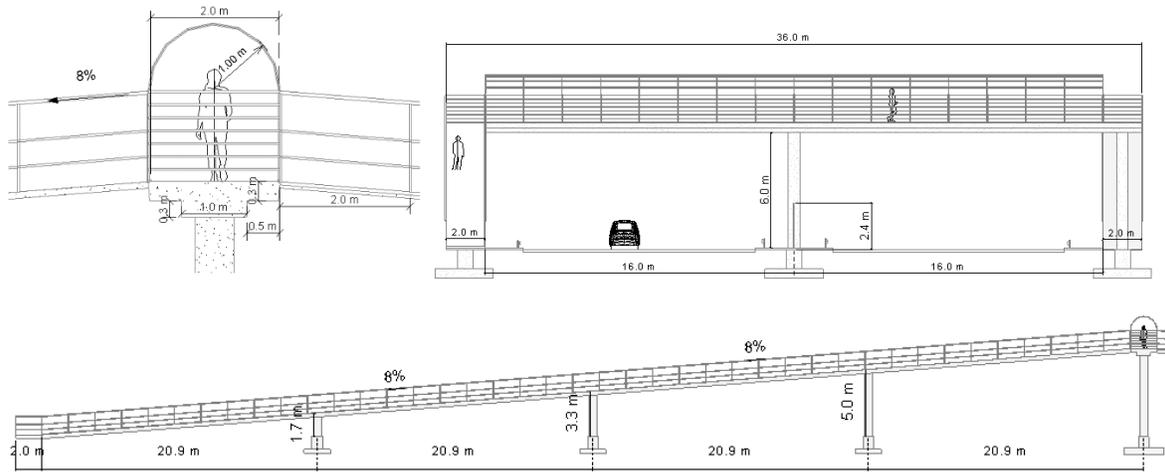


Ilustración 45: Diferentes vistas de la pasarela peatonal y sus cotas respectivas.

Además, y a modo de homogeneizar los datos en las vistas anteriormente creadas, existe la posibilidad de anotar etiquetas con diferentes propiedades propias del elemento modelado. Estos elementos no son cotas, sino que son una representación visual de las propiedades de los elementos modelados. Hay que recordar que cada elemento dispuesto en un modelo tiene diferentes propiedades geométricas que van más allá de un dibujo (el dibujo no es más que la representación visual de estas propiedades introducidas). Así, es posible mostrar en forma de texto estas propiedades para leer de forma más intuitiva el modelo y corroborar de manera más directa el cumplimiento de los requisitos asociados.

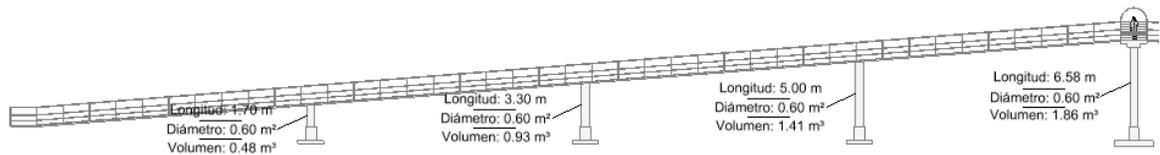


Ilustración 46: Mismo perfil longitudinal de la pasarela peatonal mostrado en la ilustración anterior, pero esta vez con etiquetas en vez de cotas.

Ejemplo Capacidad 19: Utilizar/Validar la representación de la información no geométrica de un proyecto en BIM mediante: reportes, planillas, tablas, etiquetas, cuadros de datos, etc.

Como ya se dijo anteriormente, las etiquetas no son más que una representación en forma de texto de las propiedades que definen una entidad. Así, estas pueden ser utilizadas tanto para mostrar propiedades geométricas (como se hizo en la capacidad anterior) o no geométricas (por ejemplo, y tal como aparece en la imagen a continuación, para mostrar el tipo de material o el fabricante del elemento estructural que será montado en obra).

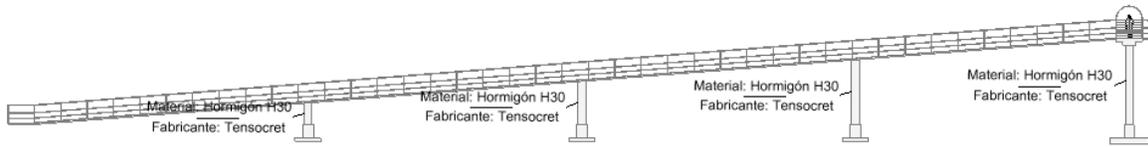


Ilustración 47: Perfil longitudinal de la pasarela peatonal, utilizando etiquetas para mostrar el tipo de material y fabricante de las columnas estructurales.

Aún, así existe una forma más fácil de enlistar las propiedades de las diferentes entidades que forman parte de un modelo BIM. Para ello, sólo hace falta utilizar la opción Tablas de Planificación de Autodesk Revit y definir previamente las propiedades que se quieren visualizar. Esta opción permitirá, por ejemplo, conocer las propiedades que uno desee de un tipo en particular de entidad (muros, columnas, losas, vigas, fundaciones, etc.) y tabularlas de forma ordenadas para verificar la información extraída.

<Tabla de planificación de pilares estructurales>								
A	B	C	D	E	F	G	H	I
Familia	Tipo	Modelo	Proveedor	URL Proveedor	Fase de creación	Fase de derribo	Material estructural	Subproyecto
Hormigón-Redondo-Pilar	Pilar circular D=60	PE-D60	Tensocret	www.tensocret.cl	Semana 2	Ninguno	Hormigón H30	Estructuras
Hormigón-Redondo-Pilar	Pilar circular D=60	PE-D60	Tensocret	www.tensocret.cl	Semana 2	Ninguno	Hormigón H30	Estructuras
Hormigón-Redondo-Pilar	Pilar circular D=60	PE-D60	Tensocret	www.tensocret.cl	Semana 2	Ninguno	Hormigón H30	Estructuras
Hormigón-Redondo-Pilar	Pilar circular D=60	PE-D60	Tensocret	www.tensocret.cl	Semana 2	Ninguno	Hormigón H30	Estructuras
Hormigón-Redondo-Pilar	Pilar circular D=60	PE-D60	Tensocret	www.tensocret.cl	Semana 2	Ninguno	Hormigón H30	Estructuras
Hormigón-Redondo-Pilar	Pilar circular D=60	PE-D60	Tensocret	www.tensocret.cl	Semana 2	Ninguno	Hormigón H30	Estructuras
Hormigón-Redondo-Pilar	Pilar circular D=60	PE-D60	Tensocret	www.tensocret.cl	Semana 2	Ninguno	Hormigón H30	Estructuras
Hormigón-Redondo-Pilar	Pilar circular D=60	PE-D60	Tensocret	www.tensocret.cl	Semana 2	Ninguno	Hormigón H30	Estructuras

Ilustración 48: Tabla de planificación de pilares estructurales, con diferentes propiedades no geométricas contenidas en dichas entidades.

Notar de es posible mostrar cualquier tipo de propiedad no geométrica, desde el tipo de modelo del elemento, su proveedor, una URL del proveedor para posterior contacto con este, fases de construcción y derribo, material estructural, etc. También es posible añadir los costos asociados a cada elemento, pero dicha parte se describirá de manera más detallada en otra capacidad.

Por otro lado, y de la misma manera que se puede hacer en Autodesk Revit, se puede extraer información no geométrica utilizando otra clase de softwares para formatos IFC, como lo es BIM Collab ZOOM. En este, se permite crear elementos de anotación, cotas y etiquetas a las diferentes entidades del Modelo BIM para verificar el cumplimiento de las propiedades paramétricas según los diferentes requisitos asociados al proyecto previamente establecidos.

Por ejemplo, para el mismo modelo de Pasarela Peatonal, ya sabemos que la columna más alta tiene aproximadamente 6,6 metros de alto, y esto es fácilmente comprobable utilizando las cotas de BIM Collab ZOOM, tal como se aprecia en la imagen a continuación. Lo anterior puede ejecutarse para diferentes entidades, pero todo debe hacerse de manera manual, y en oportunidades las cotas no se alinean bien y el software no es muy intuitivo para identificar puntos de interés que

generalmente sirven de apoyo para anotar las cotas, lo que provoca un flujo de trabajo medianamente engorrosos debido a esta excesiva precisión que se debe tener al momento de clicar.



Ilustración 49: Vista 3D en perspectiva de la Pasarela Peatonal utilizando BIM Collab ZOOM. En esta se ve cómo se pueden escribir elementos de anotación como la cota que está midiendo una de las columnas estructurales.

En contraparte, existe la posibilidad de generar Sellos de Propiedad, que es un análogo a las etiquetas en Autodesk Revit, lo que permite visualizar las diferentes propiedades presentes en una entidad utilizando un solo clic. Entre las diferentes propiedades que pueden ser seleccionadas para la generación de estos Sellos de Propiedad, están las propiedades IFC Element y IFC Element Type/Style, así como también el tipo de construcción, el tipo de elemento, el tipo de geometría, etc.

En la imagen a continuación se tienen ciertos Sellos de Propiedad definidos para una de las columnas de hormigón y la viga del paso sobre nivel. En estas, se puede ver el número de ID de la entidad, así como el nombre de la familia paramétrica a la que pertenece. Estas propiedades se extraen automáticamente y sólo es necesario clicar la entidad, automatizando de forma notable el proceso de extracción de la información contenida en el modelo, siendo claramente más rápido que los elementos de anotación asociado a cotas.

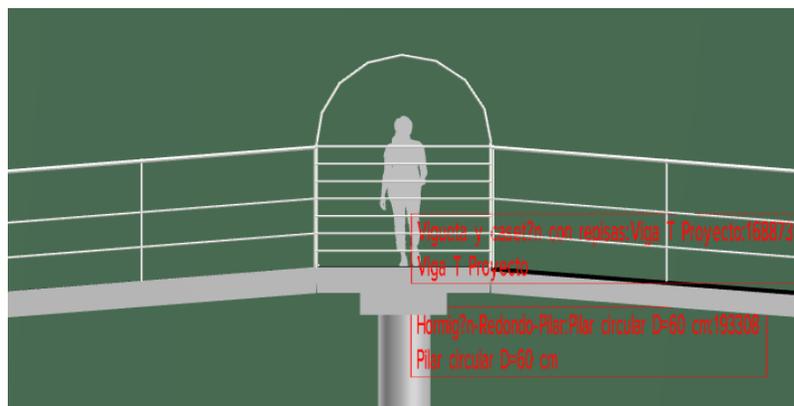


Ilustración 50: Elementos de anotación de BIM Collab ZOOM análogo a las etiquetas / tags anotativos de Autodesk Revit. En estos se pueden ver propiedades de la entidad seleccionada.

De todas maneras, estas herramientas provistas por BIM Collab ZOOM son poco flexibles, no entregando la posibilidad de generar vistas guardadas o planos para revisar de manera exhaustiva el modelo, pero sirviendo de manera útil para revisiones rápidas, teniendo una interfaz intuitiva en ese aspecto, pero con muy poca libertad de acción considerando todas las capacidades que debe ejecutar el participante del proyecto que ejecute el Rol de Revisión en BIM según el Estándar.

En particular, BIM Collab ZOOM no es un software que se enfoque en herramientas que sirvan para elaborar estos elementos de anotación, teniendo otras herramientas mucho más potentes que aportan de manera importante para ejecutar el Rol. Estas herramientas serán descritas en las páginas siguiente de este documento, en ejemplos asociados a otras capacidades.

Ejemplo Capacidad 20: Utilizar los diferentes formatos e interfaces de visualización de la información de un proyecto por medio de dispositivos móviles.

Utilizar herramientas como Autodesk Revit, Autodesk Navisworks, BIM Collab Zoom, etc., son de carácter esencial para ejecutar las diferentes capacidades para el Rol de Revisión en BIM, aun así, existen diferentes alternativas para poder visualizar y revisar los modelos utilizando herramientas que no requieran un hardware tan poderoso como es el caso de los computadores de escritorio o computadores personales. Dicho esto, efectivamente es posible visualizar y revisar los modelos mediante dispositivos móviles, como celulares y tabletas, y una de las soluciones que provee la empresa Autodesk es mediante Autodesk Viewer.

Autodesk Viewer es un visualizador online de archivos BIM (como modelos .RVT de Autodesk Revit o modelos IFC). En este, se puede ver el modelo 3D completo con la posibilidad de revisar y añadir anotaciones para notificar posibles cambios que requiera el modelo, de forma sencilla y muy rápida.

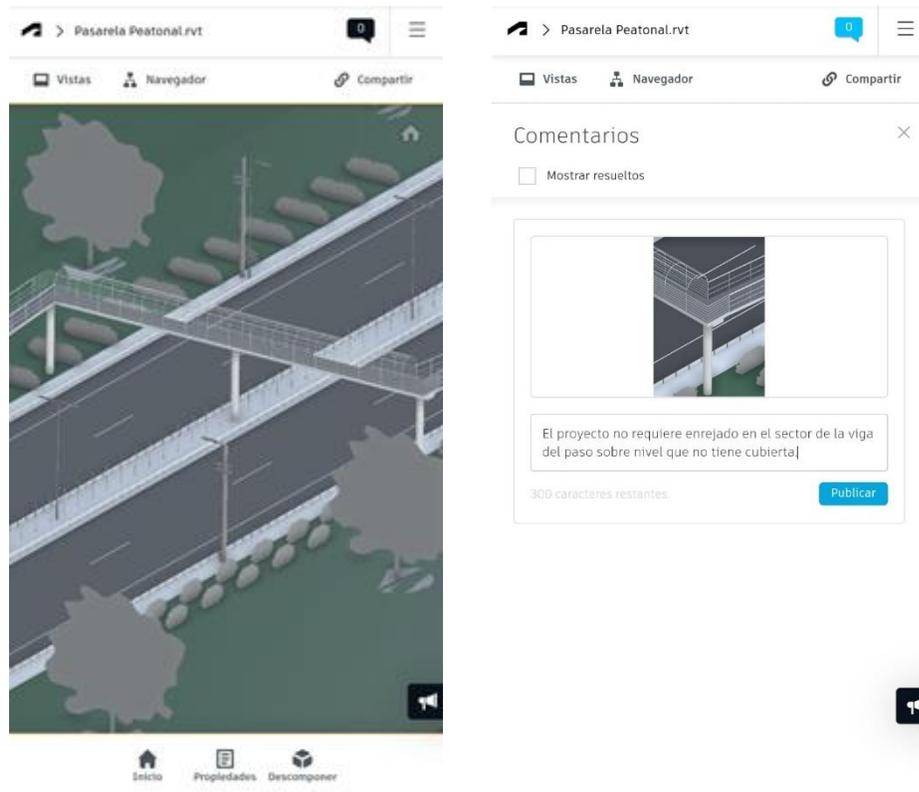


Ilustración 51: A la derecha interfaz de Autodesk Viewer luego de entrar al enlace con el modelo BIM. A la derecha, proceso para anotar comentarios de revisión.

Es importante mencionar que en Autodesk Viewer para smartphones y tabletas, es posible encuadrar el modelo, hacerle zoom, medir elementos, seccionar con Caja de Sección (tal como en Autodesk Revit), leer propiedades de las entidades y descomponer el modelo. Lo anterior, es un proceso que permite que las entidades del modelo se separen temporalmente para mejorar la visibilidad de este (entidades que quedan ocultas detrás de otras entidades).

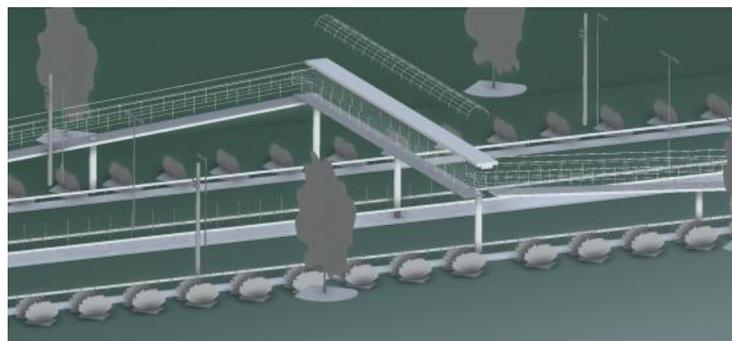


Ilustración 52: Descomposición de entidades utilizando Autodesk Viewer en un smartphone. Se puede apreciar como la cubierta, la viga del paso sobre nivel y la losa se están separando.

Aparte de las herramientas de Autodesk Viewer, Autodesk permite visualizar de forma online algunas renderizaciones asociadas a vistas 3D cuando estas se hacen desde servidores externos (utilizando la renderización en la nube). En general, cuando se renderiza una vista 3D con formato ‘Vista Panorámica’ y ‘Vista Estereoscópica Panorámica’, se tiene la opción de compartir los modelos en un link para que estos puedan ser abiertos en dispositivos móviles como smartphones y tabletas.

La Vista Panorámica es una vista en 360 grados que puede ser visualizada moviendo el dispositivo móvil en la dirección que se quiere mirar, y gracias al giroscopio integrado en tales dispositivos, la vista va moviéndose en tiempo real junto al dispositivo.

La Vista Estereoscópica Panorámica es la más interesante, pues aparte de poseer la misma propiedad de la vista en 360 grados, esta es una vista que se genera específicamente para ser utilizada por un smartphone en conjunto con lentes de realidad virtual. La vista estereoscópica muestra el modelo BIM de manera duplicada, pues cada ojo utiliza una imagen para generar una imagen tridimensional al utilizar estos lentes VR (realidad virtual). La experiencia al utilizar estos dispositivos es totalmente inmersiva, teniendo la capacidad de visualizar el modelo como no se puede hacer con otro tipo de hardware.



Ilustración 53: Vista estereoscópica proveniente de un renderizado en la nube en Autodesk Revit. Se debe utilizar para visualizar el modelo con lentes de realidad virtual (VR)

Finalmente, la librería de aplicaciones de Google ofrece la aplicación de Autodesk A360 dentro de su catálogo, que permite la visualización de modelos BIM utilizando estos dispositivos móviles de manera muy intuitiva. Esta aplicación muestra todos los modelos subidos a la plataforma de Fusion 360 que es uno de los Entornos de Datos Compartidos de Autodesk del que se hablará en detalle más adelante.

La aplicación permite visualizar modelos incluso con la posibilidad de modificar su visibilidad de gráficos (por ejemplo, ocultando familias paramétricas completas), recorrerlos en primera persona, visualizar los planos que pertenecen al modelo, compartir capturas de pantalla asociadas al modelo y generar elementos de anotación y revisión. Estos elementos de anotación y revisión también pueden ser visualizados en la plataforma de Fusion 360, y son de carácter esencial para comunicar cualquier incidencia detectada en el modelo, para que este sea corregido por el Modelador BIM en post de cumplir con los requisitos mínimos de diseño y de flujos mínimos de información requeridos.

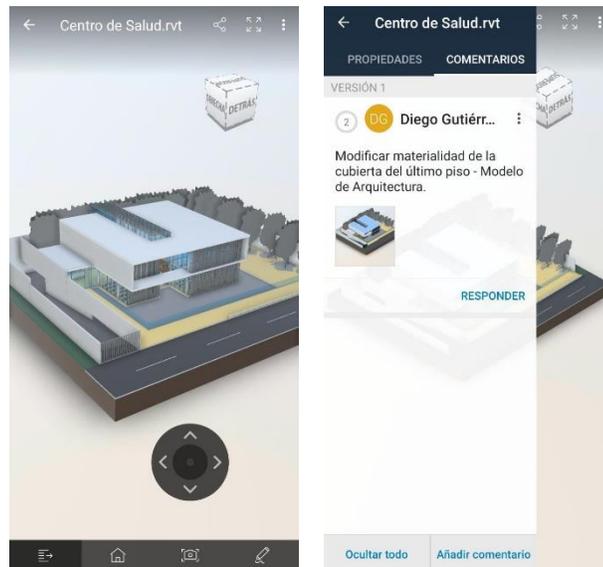


Ilustración 54: Interfaz de la aplicación Autodesk A360, donde se puede visualizar la anotación de revisión ingresada en la herramienta Fusion 360.

Ejemplo Capacidad 33: Aplicar/Validar la estimación de los costos de un proyecto utilizando herramientas BIM para incrementar la precisión presupuestaria por medio de: cuadro de precios, evaluación de costos, verificación de contratos, mediciones y cubicaciones para la construcción.

Al leer lo descrito en las Capacidades 18 y 19, ya es fácil entender cómo a los modelos BIM se les puede extraer una gran cantidad de información contenida en sus entidades. Si se tiene una columna modelada, es claro que podemos extraer información asociada a su largo y a su diámetro (si esta es una columna cilíndrica), pero también podemos extraer información asociada al área de superficie y volumen, pues softwares como Autodesk Revit tienen la capacidad de ejecutar dichos cálculos.

De esta forma, las cubicaciones de las entidades modeladas se pueden extraer de manera muy rápida, tal como vimos en las capacidades previamente mencionadas. Además, como los modelos poseen más que información meramente geométrica, podemos asociar un costo en dinero a ciertos materiales que componen estas entidades. Finalmente, y utilizando tanto los datos geométricos como los precios de los materiales, el cálculo de presupuestos asociados a toda la estructura modelada es bastante directo.

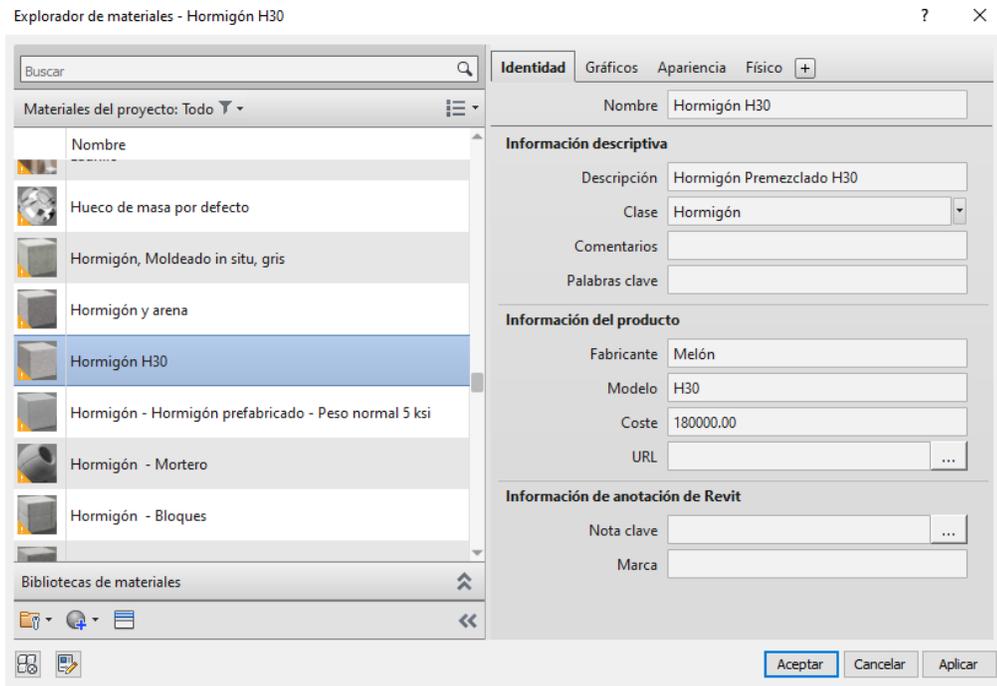


Ilustración 55: Explorador de materiales de Autodesk Revit - En particular, propiedades del material Hormigón H30 con su costo asociado

Así, de la imagen anterior, podemos notar cómo el Hormigón H30 y de entre todas sus propiedades, se puede verificar que el costo por metro cúbico es de \$180.000.

Luego, y por ejemplo al utilizar las tablas de planificación disponibles en Autodesk Revit, es directo el cálculo del costo total asociado de un grupo de entidades.

<Cómputo de materiales de pilares estructurales>			
A	B	C	D
Tipo	Material: Volumen	Material: Costo [\$/m3]	Costo Total
Pilar circular D=60 cm	1.86 m³	\$180,000	\$334,877
Pilar circular D=60 cm	1.86 m³	\$180,000	\$334,877
Pilar circular D=60 cm	1.86 m³	\$180,000	\$334,877
Pilar circular D=60 cm	1.41 m³	\$180,000	\$254,466
Pilar circular D=60 cm	1.41 m³	\$180,000	\$254,466
Pilar circular D=60 cm	0.93 m³	\$180,000	\$167,947
Pilar circular D=60 cm	0.93 m³	\$180,000	\$167,947
Pilar circular D=60 cm	0.48 m³	\$180,000	\$86,518
Pilar circular D=60 cm	0.48 m³	\$180,000	\$86,518
Total general: 9	11.24 m³		\$2,022,494

Ilustración 56: Tabla de planificación de pilares estructurales, con el cálculo del costo total de hormigón que se requiere para su construcción.

<Cómputo de materiales de cimentación>			
A	B	C	D
Tipo	Material: Volumen	Material: Costo	Costo Total
80x80x100	0.58 m³	\$180,000	\$103,680
80x80x100	0.64 m³	\$180,000	\$115,200
80x80x100	0.58 m³	\$180,000	\$103,680
80x80x110	0.64 m³	\$180,000	\$115,200
80x80x110	0.64 m³	\$180,000	\$115,200
80x80x110	0.64 m³	\$180,000	\$115,200
80x80x110	0.64 m³	\$180,000	\$115,200
80x80x110	0.64 m³	\$180,000	\$115,200
80x80x110	0.64 m³	\$180,000	\$115,200
200x200x30	1.20 m³	\$180,000	\$216,000
200x200x30	1.20 m³	\$180,000	\$216,000
200x200x30	1.20 m³	\$180,000	\$216,000
200x200x30	1.20 m³	\$180,000	\$216,000
200x200x30	1.20 m³	\$180,000	\$216,000
200x200x30	1.20 m³	\$180,000	\$216,000
200x200x30	1.20 m³	\$180,000	\$216,000
300x300x50	4.50 m³	\$180,000	\$810,000
300x300x50	4.50 m³	\$180,000	\$810,000
300x300x50	4.44 m³	\$180,000	\$798,480
Total general: 18	26.27 m³		\$4,728,240

Ilustración 57: Tabla de planificación de cimentación estructural, con el cálculo del costo total de hormigón que se requiere para su construcción.

Análogamente se puede hacer este mismo proceso para el Modelo de Estructuras del Centro Deportivo y en particular para la cimentación estructural. En este caso, no se adjuntarán las tablas de cómputo de materiales pues son considerablemente más extensas, pero se detallarán los totales calculados por el software Autodesk Revit.

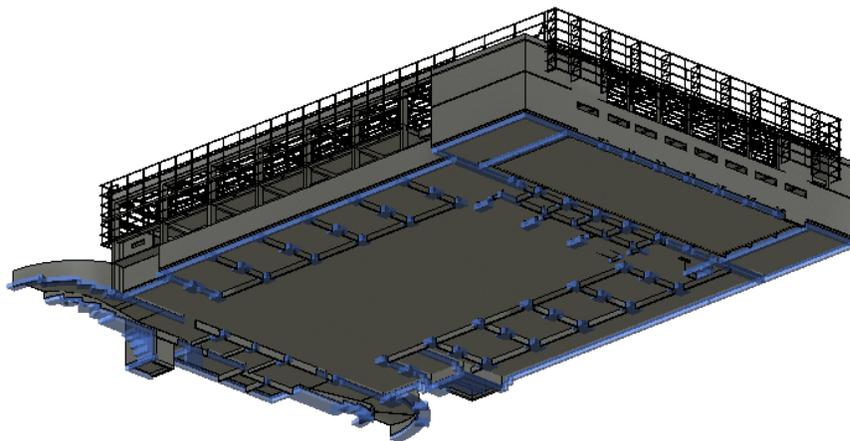


Ilustración 58: Vista 3D en Autodesk Revit de las fundaciones seleccionadas para la cubicación y presupuesto calculado en el ejemplo anterior. Modelo de Estructuras del Centro Deportivo.

Total de Entidades: 165 entidades.

Total Cantidad: 472,523 m3.

Este mismo ejercicio puede desarrollarse para un software mucho más especializado en cubricaciones, como Autodesk Navisworks.

En este software, las cubricaciones se realizan directamente utilizando una estructura de desglose de trabajo o WBS, donde automáticamente el software, al crear una Nueva Sesión de Cuantificación desglosa el modelo completo, en partidas vinculadas a cada entidad modelada. Este desglose automáticamente calcula las propiedades geométricas típicas para cubicar de cada entidad desglosada, como el Perímetro, el Área, el Peso, el Volumen, etc. De esta forma, uno puede asignarle a cada entidad una materialidad en particular, y mediante fórmulas se puede calcular la cantidad de material requerido.

Por ejemplo, para el hormigón de las fundaciones, está claro que la cantidad de hormigón necesaria es, aproximadamente, el volumen total de la entidad, por lo que la fórmula de cálculo es sencilla, dando un total de 472,523 m3. Por otro lado, si aún no ha sido modelado el acero de refuerzo, podemos asumir que por cada metro cúbico de hormigón (o de fundaciones, si se sigue utilizando dicha aproximación), se tienen 100 kilogramos de acero de refuerzo (el supuesto se basa en la norma NCh 1537.Of2009, donde se menciona que el hormigón armado tiene una densidad de 2500 kg/m3 y el hormigón sin armar tiene una densidad de 2400 kg/m3). Luego, la cantidad en kilogramos del acero de refuerzo requerido no será más que el volumen total multiplicado por cien. De esta forma, y en base a la propiedad geométrica Volumen de la entidad, finalmente podemos conocer el peso total de acero de refuerzo, que tendrá un total de 472.523 kg.

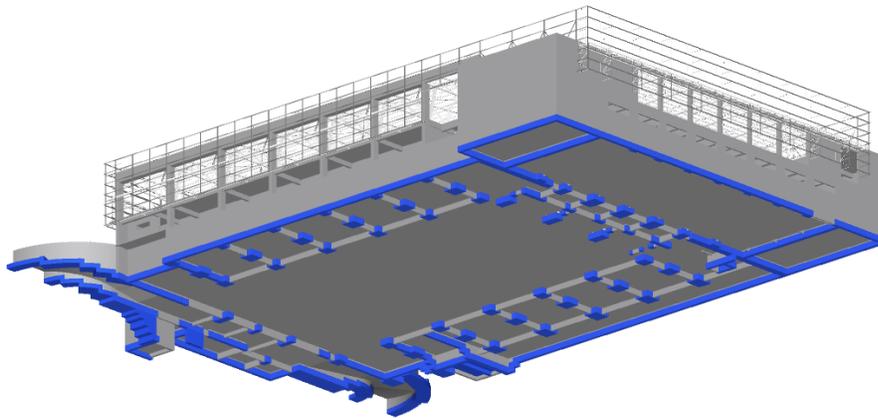


Ilustración 59: Vista 3D en Autodesk Navisworks de las fundaciones seleccionadas para la cubricación y presupuesto calculado en el ejemplo anterior. Modelo de Estructuras del Centro Deportivo.

RBS	Nombre	Volumen	CantidadPrimaria
1	Hormigón		
1.1	Hormigón	472,523 m³	472,523 m³
1.2	Acero de Refuerzo	472,523 m³	47.252,255 kg

Ilustración 60: Recuento total de hormigón y acero de refuerzo de las fundaciones del Modelo de Estructuras del Centro Deportivo.

El ejemplo anterior no es más que uno de carácter demostrativo, por lo que este proceso puede ejecutarse para todas las partidas o entidades de un modelo BIM, logrando calcular la cantidad necesaria de materiales y recursos de la totalidad de la estructura diseñada.

Además, tal cual se puede hacer en Autodesk Revit, en Autodesk Navisworks la información obtenida de estas tablas de cuantificación puede ser exportadas en formato Excel, que incluirá toda la información en bruto, en una estructura de desglose de trabajo (WBS), así como también organizada en base a tablas dinámicas. Lo anterior no lo puede ejecutar Autodesk Revit, sólo generando planillas Excel estáticas sin ninguna organización de la información, por lo que no se le dará mayor relevancia a esta última herramienta, siendo Autodesk Navisworks la herramienta óptima para este tipo de trabajos.

Descripción1	Descripción2	LongitudModelo	AnchuraModelo	GrosorModelo	AlturaModelo	PerímetroModelo	ÁreaModelo
Acero de Refuerzo		5,606483417	7,732008528	4,4	20,93699469	4,836099877	
Foundation Slab		0,6	2,091195567	1,1	5,315939632	1,232625555	
Foundation Slab (2)		1,538603553	2,059356999	1,1	5,315939632	1,232625566	
Foundation Slab (3)		1,941971623	1,508809996	1,1	5,002490473	1,14041049	
Foundation Slab (4)		1,525908241	2,072645966	1,1	5,302624953	1,230438165	
Hormigón		5,606483417	7,732008528	4,4	20,93699469	4,836099877	
Foundation Slab		0,6	2,091195567	1,1	5,315939632	1,232625555	
Foundation Slab (2)		1,538603553	2,059356999	1,1	5,315939632	1,232625566	
Foundation Slab (3)		1,941971623	1,508809996	1,1	5,002490473	1,14041049	
Foundation Slab (4)		1,525908241	2,072645966	1,1	5,302624953	1,230438165	

Ilustración 61: Archivo Microsoft Excel con todas las partidas cubicadas de las fundaciones del Modelo de Estructuras del Centro Deportivo. A la derecha, configuración de la Tabla Dinámica que forma parte de la exportación.

Ejemplo Capacidad 34: Validar el análisis sustentable y rendimiento energético para la optimización del proyecto por medio de herramientas BIM.

Para verificar el rendimiento de luz dentro de una estructura, se pueden generar renderizaciones de iluminancia en Autodesk Revit. En base a la luz diurna y la luz artificial presente en los espacios de la obra de edificación, podemos conocer los niveles de iluminación en las superficies de las entidades que están siendo renderizadas. Estas renderizaciones devuelven la vista renderizada con una escala de colores en las superficies de las entidades que determinan la cantidad de luz presente en estas y, de esta forma, poder verificar que se cumplan los requisitos mínimos de iluminancia en los diferentes espacios del edificio diseñado.

Es importante mencionar que, estos renderizados toman en consideración las diferentes fuentes de iluminación y sus intensidades, pero también la distribución de las entidades, la materialidad de los elementos pertenecientes a la obra civil de infraestructura o edificación y su reflectividad, las propiedades de cristalería, etc. Así, sólo un modelo bien diseñado con un grado considerable de detalle nos servirá para poder analizar la iluminancia de un diseño de manera correcta.

En la imagen a continuación se puede ver un ejemplo de estos renderizados, utilizando una de las vistas 3D del modelo Centro de Salud asociada al hall central interior de la estructura:



Ilustración 62: Renderizado con análisis de luminiscencia elaborado por la nube de Autodesk, utilizando Autodesk Revit. Modelo de Centro de Salud.

Es importante apreciar que, en la renderización de iluminancia, viene adjunta una escala que nos dice a qué color corresponde cada uno de los niveles de iluminancia presente en cada una de las superficies de las entidades modeladas. Así, por ejemplo, tenemos que los sectores más iluminados son las zonas cercanas a la cristalería del muro cortina al centro de la imagen, debido a que esta permite ingresar una gran cantidad de luz diurna exterior a los espacios interiores.

Es importante mencionar que los renderizados de iluminancia, al igual que los demás renderizados, pueden definirse para cierta fecha y hora (lo que implica diferentes intensidades y ángulos de luz solar, por lo que es importante verificar estos requisitos en diferentes temporalidades), así como también podemos definir las unidades de luminosidad (lux o candela-pie), así como también si queremos una escala de intensidades normal, logarítmica y automática (definiendo el mínimo y máximo de la escala en base al mínimo y máximo nivel de iluminancia calculada en la vista según la renderización generada).

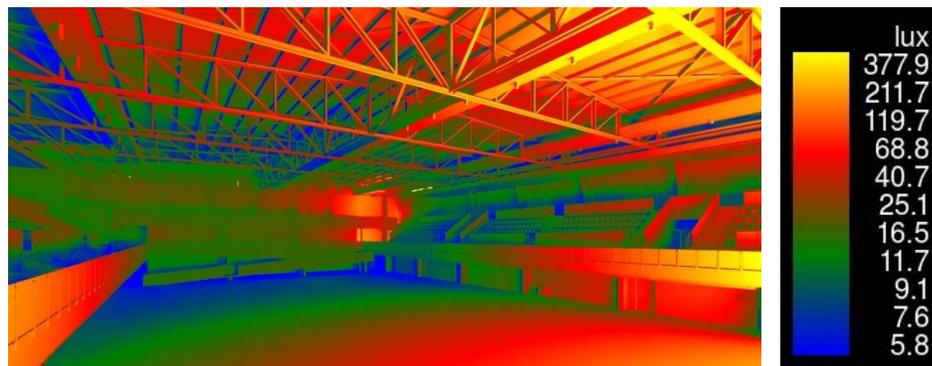


Ilustración 63: Renderizado con análisis de luminiscencia elaborado por la nube de Autodesk, utilizando Autodesk Revit. Modelo de Centro Deportivo (sin el Modelo de Electricidad que contiene la iluminación artificial).

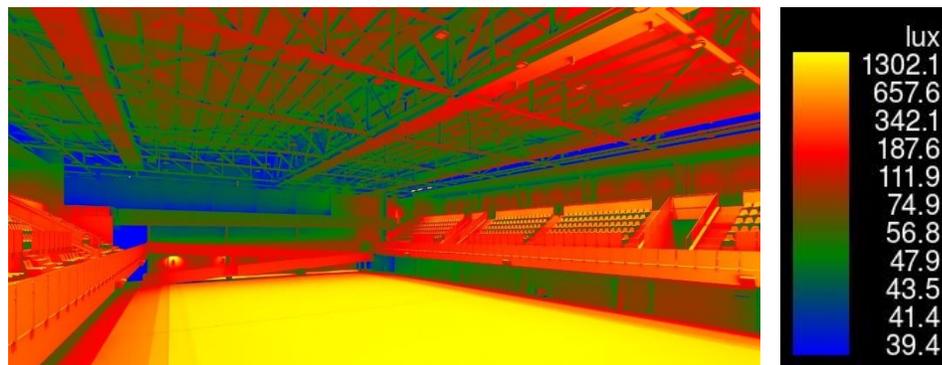


Ilustración 64: Renderizado con análisis de luminiscencia elaborado por la nube de Autodesk, utilizando Autodesk Revit. Modelo de Centro Deportivo (con el Modelo de Electricidad vinculado que contiene la iluminación artificial).

3.3.2 Incongruencias Constructivas

En general, para los Modelos BIM revisados:

- Se deben tener modelos que no generen problemas en el proceso constructivo, como colisiones e interferencias entre especialidades, o secuencias constructivas de entidades modeladas sin lógica alguna

Ejemplo Capacidad 29: Validar la coordinación de los diferentes modelos BIM de un proyecto para evitar y/o detectar posibles incidencias, colisiones o conflictos.

Una de las capacidades más importantes que debe saber ejecutar quien asume el Rol de Revisión en BIM es detectar posibles incidencias, colisiones o conflictos entre los diseños de diferentes especialidades. Detectar que una tubería del diseño MEP pasa justo entre medio de un muro estructural puede ser algo muy corregible cuando se están revisando los modelos, pero si esto no se detecta, provocando que el error sea notado a la mitad del proceso constructivo, las consecuencias monetarias y de tiempo podrían ser muy perjudiciales para la rentabilidad de un proyecto.

Si bien Autodesk Revit posee herramientas para detección de colisiones, el software especializado es Autodesk Navisworks. De todas formas, en ambos se pueden ejecutar las tareas, con diferencias notorias que serán explicadas a continuación.

Para ejecutar estos análisis de detección de colisiones en los diferentes softwares, se deben vincular modelos de diferentes especialidades en adición al modelo que se tiene abierto (sin importar el número de nuevos modelos). En este caso en particular, se utilizó el modelo arquitectónico y el modelo de climatización del Centro Deportivo, cuya representación gráfica (tanto por separado como ya vinculados) es posible visualizarla en las imágenes a continuación.

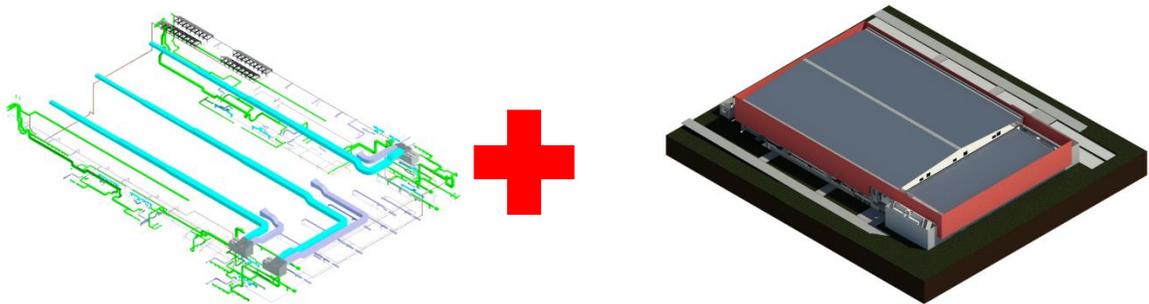


Ilustración 65: Modelo de Climatización y Modelo de Arquitectura previo a vincularlos en un solo espacio.

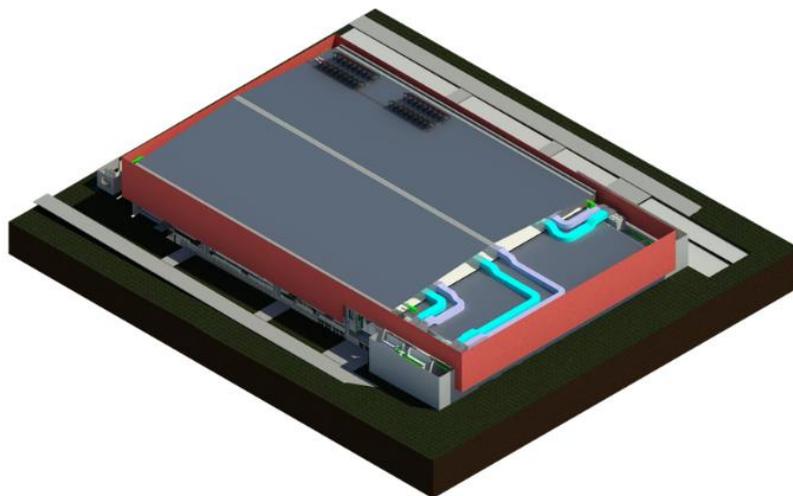


Ilustración 66: Modelo de Climatización y Modelo de Arquitectura vinculados.

Autodesk Revit, en sus herramientas para Coordinación, permite detectar colisiones entre tipos de entidades. Es decir, por un lado, podemos definir un grupo de entidades (como, por ejemplo, los muros arquitectónicos de un Modelo de Arquitectura), y por otro lado podemos definir un segundo grupo de entidades (como, por ejemplo, ductos de un Modelo MEP de Climatización vinculado). Luego, el software automáticamente detectará cada una de las colisiones e interferencias entre estos dos grupos enlistándolas para que puedan ser corregidas debidamente.

Lamentablemente, al seleccionar un tipo de entidad en uno de los grupos, el análisis se ejecuta para todas las entidades de ese tipo que existen en el modelo, por lo que nos quita libertad de analizar subconjuntos, como análisis por zonas en particular (por áreas, por pisos, o para un grupo arbitrario de entidades a elección).

Además, sólo se detectan las colisiones que efectivamente chocan entre sí, no asociadas a márgenes de error que se puedan preestablecer (por ejemplo, que dos entidades no puedan estar más cerca de 1 centímetro de distancia). Esto cobra especial relevancia, pues en procesos constructivos se espera ese margen de error para que la obra pueda ser construíble. Si el diseño dice que un elemento estructural debe calzar perfectamente en cierto espacio, muy probablemente esto no pueda ser ejecutado en obra. Se requieren ciertos márgenes, que incluso pueden ser muy relevantes, como en el caso de la construcción de estructuras prefabricadas.

En las imágenes a continuación, se tiene una demostración de cómo Autodesk Revit muestra una de las colisiones detectadas. Se trata de una colisión entre un muro arquitectónico ubicado cerca de la esquina inferior del modelo mostrado en la imagen a continuación y uno de los ductos del modelo MEP. pero que es imposible visualizarlo a simple vista, pues no se genera una transparencia en el modelo, y las entidades que forman parte de la fachada de la estructura modelada obstruyen la vista hacia la entidad que participa en la colisión. Esto último es una falencia importante asociada a este software, pues la visualización de colisiones no es clara, y dificulta sobremanera la resolución de ciertas problemáticas asociadas a la coordinación de modelos. Además, es importante mencionar que este problema tampoco se soluciona si se modifica la visualización del modelo 3D a un estilo visual de estructura alámbrica, pues si bien todas las entidades son visibles debido a la transparencia generada, las entidades que participan en la colisión no resaltan al ejecutar el análisis.

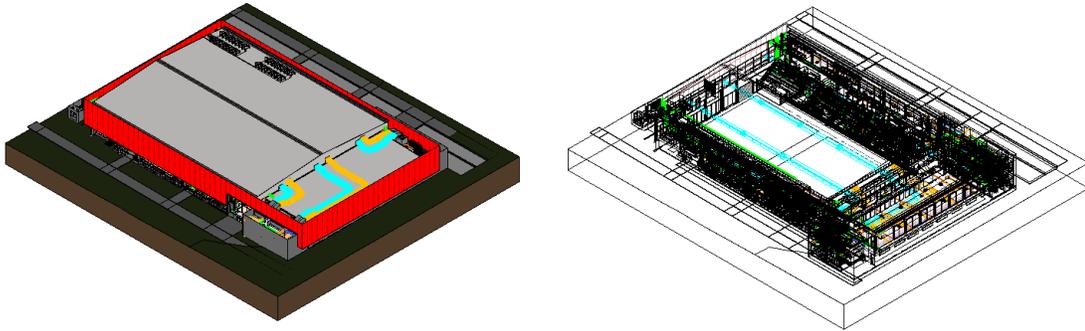


Ilustración 67: Vista 3D en Autodesk Revit luego del análisis de interferencias. Notar como es difícil detectar el error encontrado.

Una forma de solucionarlo es buscando el ID de la entidad, que sí lo entrega el análisis de colisiones de Autodesk Revit, y visualizarlo de mejor manera con una Caja de Sección. Así, y tal como se ve en la imagen a continuación, podemos ver cómo el muro arquitectónico colisiona de manera total con ducto del Modelo MEP vinculado.



Ilustración 68: Detección de colisión entre cableado eléctrico y barandas de la pasarela peatonal. En esta oportunidad se tuvo que utilizar una caja de sección que partiera el modelo para poder visualizar de mejor manera la colisión detectada por el análisis.

Al utilizar Autodesk Navisworks, la visualización de las colisiones es notoriamente más clara. Al seleccionar la misma colisión analizada en Autodesk Revit, se muestra cómo todas las otras entidades adquieren un estilo visual de estructura alámbrica, dejando en color sólo a las entidades que participan en la colisión (colores rojo y verde).

Además, al apretar alguna colisión del listado de colisiones que Navisworks devuelve, la vista del modelo se enfoca directamente en dicha colisión, algo que no se puede hacer tan directamente con Autodesk Revit, pues esta última sólo destaca la entidad que colisiona (si es visible a simple vista), pero no cambia la vista 3D del modelo, pudiendo generar problemas si es que se necesitan detalles más visuales de una colisión que no esté tan a simple vista. Finalmente, cada una de las colisiones puede ser registrada, al tener la posibilidad de guardar las vistas de cada colisión.

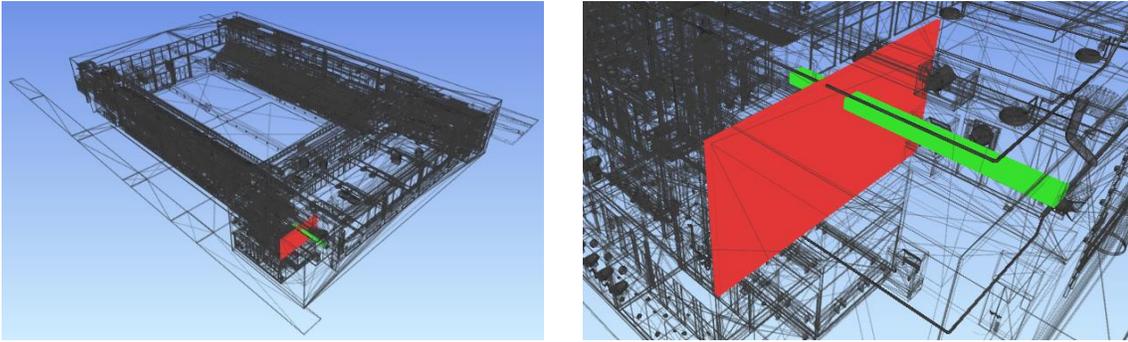


Ilustración 69: Colisión detectada en el análisis de colisiones provisto por Autodesk Navisworks. Notar que la visualización del error es mucho mejor que con Autodesk Revit.

Además, el software permite visualizar de manera clara todas las colisiones detectadas por el análisis. En este caso en particular, se analizó la totalidad de entidades pertenecientes al modelo arquitectónico y la totalidad de entidades pertenecientes al modelo de climatización. El análisis se hizo entre ambos modelos, dando un resultado total de 798 conflictos, unos más preponderantes que otros. Es importante mencionar que hay colisiones poco significativas, asociadas a entidades desalineadas, desfasadas milimétricamente o duplicadas, etc., pero hay otros considerablemente graves, como la colisión total de una tubería con un muro arquitectónico (tal como el ejemplo mostrado anteriormente).

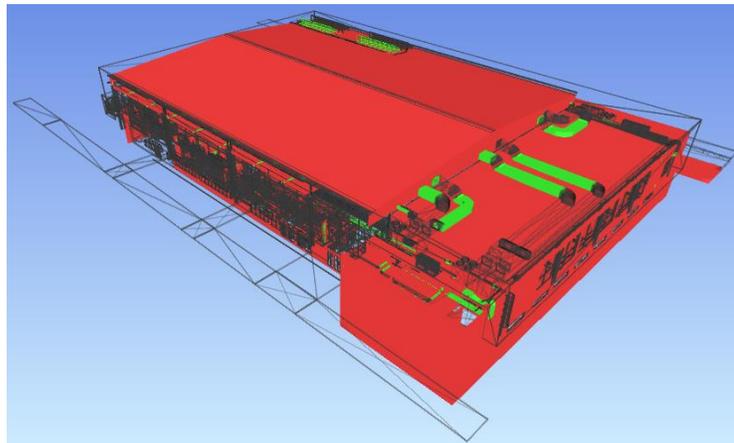


Ilustración 70: Consolidado de todas las colisiones detectadas en el análisis de colisiones entre el Modelo de Arquitectura y el Modelo de Climatización.

Por otro lado, al utilizar Autodesk Navisworks, es posible seleccionar grupos de entidades específicos, por ejemplo, algún tipo de entidad en particular o entidades por pisos y zonas, o en base a cualquier propiedad en particular que se quiera seleccionar (una de las limitantes que tenía Autodesk Revit). Además, permite configurar la detección de colisiones tanto para colisiones estáticas (las que ejecuta Revit) o con algún espacio libre, que considera como colisiones a elementos que estén muy cerca, dentro de un rango de tolerancia definido por el usuario.

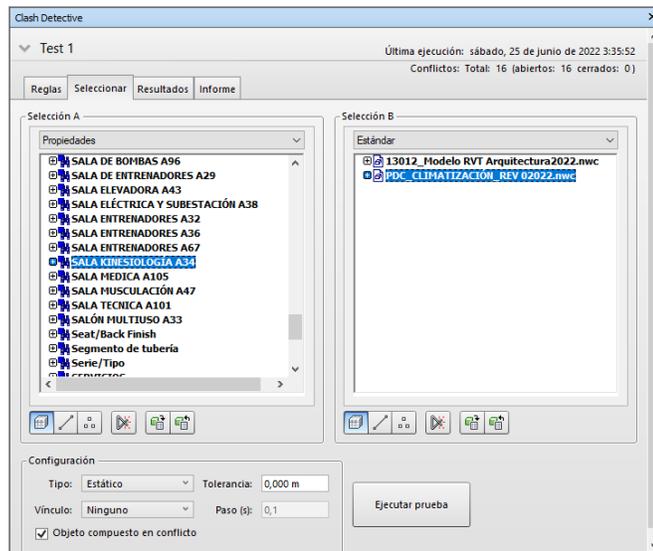


Ilustración 71: Abajo en la imagen se puede notar cómo el método seleccionado es estático con una tolerancia de 0. Es decir, el software sólo considerará colisiones a las entidades que directamente choquen entre sí. Al medio se puede ver cómo se seleccionan ciertas zonas en particular que serán utilizadas para el análisis de colisiones, acotando los resultados.

En la imagen anterior, se puede ver cómo las entidades que participarán dentro del análisis de detección de colisiones son las entidades del modelo arquitectónico que pertenecen a la Sala Kinesiología A34 y el Modelo de Climatización en su totalidad. La imagen a continuación muestra las entidades que poseen errores asociados a colisiones en dicha sala, excluyendo a las entidades que no pertenecen a la zona en cuestión.

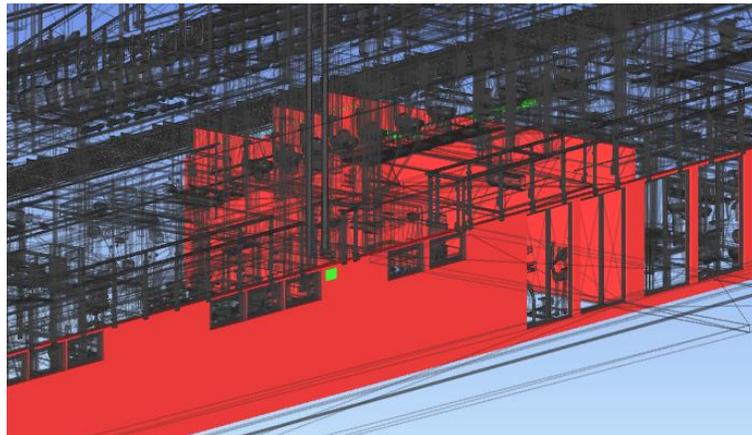


Ilustración 72: Análisis de Colisiones acotada a una zona en particular. En este caso, para la Sala Kinesiología A34 del Centro Deportivo.

Finalmente, en Autodesk Navisworks, además se permite cambiar el estado de las diferentes incidencias en base a 5 categorías estandarizadas en el software: Nuevo, Activo, Revisado, Aprobado y Resuelto. Lo anterior es de vital importancia para optimizar la comunicación entre los diferentes participantes de un proyecto.

El Rol de Revisión e BIM debe detectar este tipo de situaciones, pero es el modelador quien debe corregirlas. Así, con estos estados, como revisores podemos decirle al modelador, por ejemplo, cuáles son las incidencias revisadas pendientes a ser solucionadas, y el modelador nos puede comunicar utilizando estos mismos estados, que la incidencia ya fue solucionada luego de actualizar el modelo solucionando la problemática detectada previamente.

Ahora, hay tener claro que los análisis anteriores se ejecutan utilizando el software nativo, pero también es necesario realizar estas detecciones para modelos en formato IFC. Para ello, se utiliza el software BIM Collab ZOOM, que posee las herramientas para ejecutar estos mismos análisis.

Tal como Autodesk Navisworks, es un software especializado en la revisión y coordinación de modelos, pero para modelos IFC. Por ello, es flexible a la hora de ejecutar los análisis de detección de colisiones, permitiendo analizar elementos según propiedades como, por ejemplo, ubicaciones definidas (habitaciones, pisos, etc.), tipos de entidades, etc. Además, permite una buena visualización de las colisiones, y definir si la incidencia asociada a la colisión está aún pendiente o resuelta.

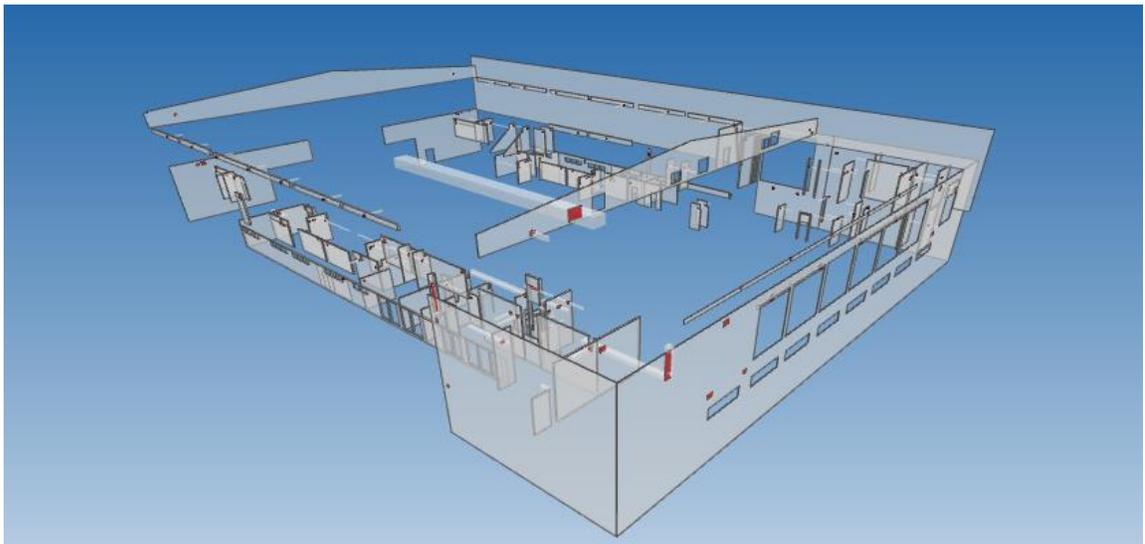


Ilustración 73: Análisis de Colisiones utilizando el visualizador BIM Collab ZOOM.

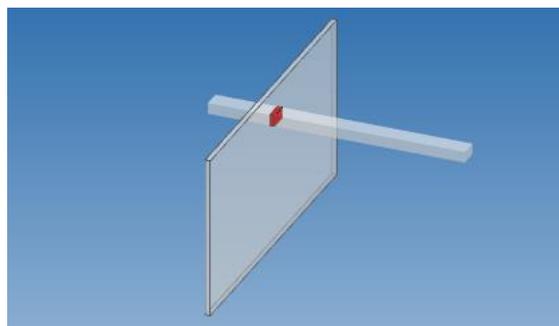


Ilustración 74: Detalle de la colisión entre uno de los muros del Modelo de Arquitectura y uno de los ductos del Modelo de Climatización que participan en el análisis de colisiones.

Ejemplo Capacidad 30: Validar / Desarrollar los informes sobre coordinación, interferencias y colisiones detectadas y/o posibles soluciones.

Cuando se ejecuta el análisis para detectar colisiones en Autodesk Revit, es posible exportar los resultados en un archivo .html. En este se enlistarán los elementos con problemas de interferencias, indicando el ID asociado para que este pueda ser buscado y localizado en el modelo para posteriormente poder ser corregido.

Lamentablemente, como es un archivo .html, no tiene vínculos con el modelo BIM, por lo que el acto de buscar elementos por ID se debe ejecutar de manera manual. Tampoco muestra imágenes de las colisiones, ni es capaz de exportarse a formatos más amigables, como una planilla de cálculo en Microsoft Excel.

Por el contrario, utilizando Autodesk Navisworks, se tiene una mayor libertad para el proceso de informes de coordinación. Por ejemplo, podemos generar Puntos de Vista, que son vistas guardadas automáticamente en el modelo para poder visualizar cada una de las colisiones detectadas en el análisis.

Además, y más allá de los reportes con vínculos con el modelo BIM como los Puntos de Vista, también se pueden exportar a archivos .html tal como se puede hacer con Autodesk Revit. Ahora, es importante mencionar que los reportes de Navisworks difieren considerablemente con los reportes exportados desde Revit. En Navisworks, los reportes html vienen con imágenes de las incidencias, distancia de incidencias, estado, coordenadas del conflicto, propiedades de las entidades colisionando, tipo de conflicto, tolerancia definida, etc. Es decir, la cantidad de información de cada una de las incidencias en estos reportes es considerablemente más elevada que en Revit, por lo que el uso de Navisworks para esta capacidad en particular es más que recomendado.

AUTODESK®
NAVISWORKS® Informe de conflictos

Test 1	Tolerancia	Conflictos	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto	Tipo	Estado
	0.000m	8	0	8	0	0	0	Estático	Aceptar

Imagen	Nombre de conflicto	Estado	Distancia	Descripción	Fecha de detección	Punto de conflicto	Elemento 1			Elemento 2		
							ID de elemento	Elemento Nombre	Elemento Tipo	ID de elemento	Elemento Nombre	Elemento Tipo
	Conflicto25	Activo	-0.014	Estático	2022/5/23 11:43	x:-4.205, y:-12.943, z:7.986	ID de elemento: 172103	Acero, acabado de pintura, marfil, brillante	Sólido	ID de elemento: 269139	Bandeja de cables con uniones	Sólido
	Conflicto26	Activo	-0.014	Estático	2022/5/23 11:43	x:-6.234, y:-12.496, z:7.990	ID de elemento: 172425	Acero, acabado de pintura, marfil, brillante	Sólido	ID de elemento: 269140	Bandeja de cables con uniones	Sólido
	Conflicto28	Activo	-0.014	Estático	2022/5/23 11:43	x:-4.234, y:17.984, z:7.989	ID de elemento: 172103	Acero, acabado de pintura, marfil, brillante	Sólido	ID de elemento: 268065	Bandeja de cables con uniones	Sólido
	Conflicto31	Activo	-0.013	Estático	2022/5/23 11:43	x:-6.234, y:18.009, z:7.985	ID de elemento: 172425	Acero, acabado de pintura, marfil, brillante	Sólido	ID de elemento: 268065	Bandeja de cables con uniones	Sólido

Ilustración 75: Informe de interferencias luego de exportarse desde Autodesk Navisworks

Informe de interferencias

Archivo de proyecto de informe de interferencias: C:\Users\Diego\Desktop\Modelos - Trabajo de Titulo\Pasarela Peatonal - copia.rvt

Creación: jueves, 14 de abril de 2022 3:39:43

Última actualización:

	A	B
1	Arquitectura : Barandillas : Barandilla : Con cables horizontales 2 : ID 172102	Electricidad : Bandejas de cables : Bandeja de cables con uniones : Bandeja de cables de escalera : ID 268065
2	Arquitectura : Barandillas : Barandilla : Con cables horizontales 2 : ID 172102	Electricidad : Bandejas de cables : Bandeja de cables con uniones : Bandeja de cables de escalera : ID 268238
3	Arquitectura : Barandillas : Barandilla : Con cables horizontales 2 : ID 172102	Electricidad : Bandejas de cables : Bandeja de cables con uniones : Bandeja de cables de escalera : ID 269139
4	Arquitectura : Barandillas : Barandilla : Con cables horizontales 2 : ID 172102	Electricidad : Bandejas de cables : Bandeja de cables con uniones : Bandeja de cables de escalera : ID 269140
5	Arquitectura : Barandillas : Barandilla : Con cables horizontales 2 : ID 172424	Electricidad : Bandejas de cables : Bandeja de cables con uniones : Bandeja de cables de escalera : ID 268065
6	Arquitectura : Barandillas : Barandilla : Con cables horizontales 2 : ID 172424	Electricidad : Bandejas de cables : Bandeja de cables con uniones : Bandeja de cables de escalera : ID 268238
7	Arquitectura : Barandillas : Barandilla : Con cables horizontales 2 : ID 172424	Electricidad : Bandejas de cables : Bandeja de cables con uniones : Bandeja de cables de escalera : ID 269139
8	Arquitectura : Barandillas : Barandilla : Con cables horizontales 2 : ID 172424	Electricidad : Bandejas de cables : Bandeja de cables con uniones : Bandeja de cables de escalera : ID 269140

Fin de informe de interferencias

Ilustración 76: Informe de interferencias luego de exportarse desde Autodesk Revit.



Ilustración 77: Informe de interferencias para una entidad en particular, provisto por el visualizador BIM Collab ZOOM.

Ejemplo Capacidad 32: Aplicar / Validar a estimación de los tiempos de un proyecto utilizando herramientas BIM de planificación, organización, programación y control de obras para la construcción.

Como ya es sabido, las entidades BIM poseen una gran cantidad de información no geométrica incorporada. Entre esta información, podemos encontrar la fase constructiva en la que está se materializará en obra, los tiempos de construcción, etc.

En base a esta información, utilizando herramientas BIM como Autodesk Revit y, sobre todo, Autodesk Navisworks, se tiene la capacidad de generar cronogramas y secuencias constructivas para hacer mucho más intuitivo el proceso constructivo.

Autodesk Revit tiene filtros de fases que ayudan a visualizar el estado de avance que deberían tener las estructuras para diferentes fases previamente definidas en el modelo. Así, podemos definir semana a semana una fase en particular y se tendrá una referencia de qué elementos estructurales, arquitectónicos, etc. deberían estar construidos para tal periodo de tiempo.

En la imagen a continuación, se puede visualizar cómo el modelo Pasarela Peatonal va cambiando a lo largo del tiempo, incluso con estructuras temporales como andamios, desvíos de tránsito e incluso instalaciones de faenas, con el propósito de planificar y organizar de mejor manera el proceso constructivo, con el fin de reducir tiempos en dicho proceso.

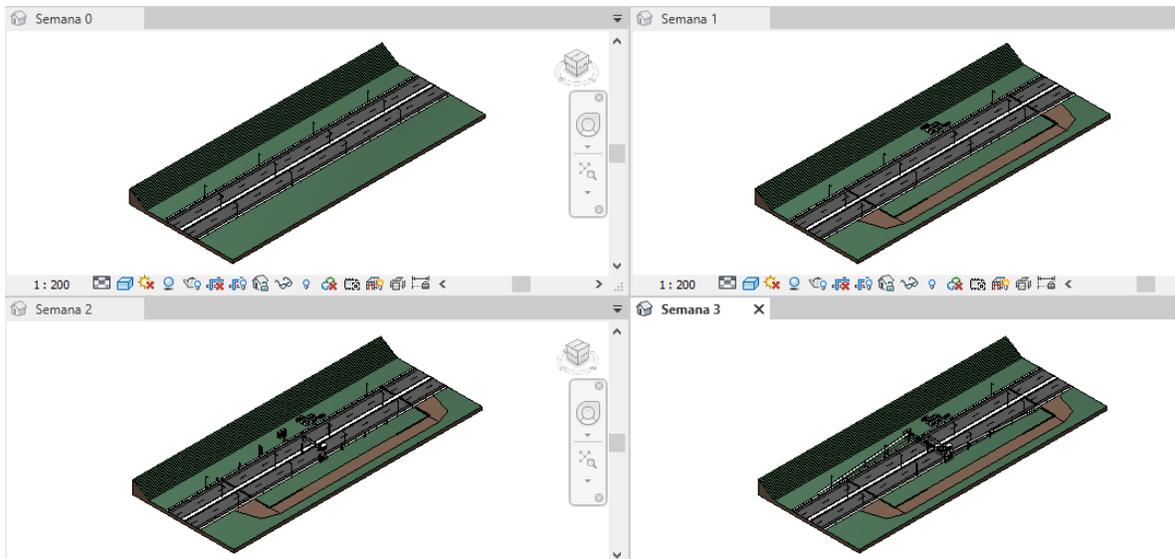


Ilustración 78: Pasarela Peatonal a lo largo de diferentes semanas utilizando Filtros de Fases Constructivas en Autodesk Revit Semana 0 a 3.

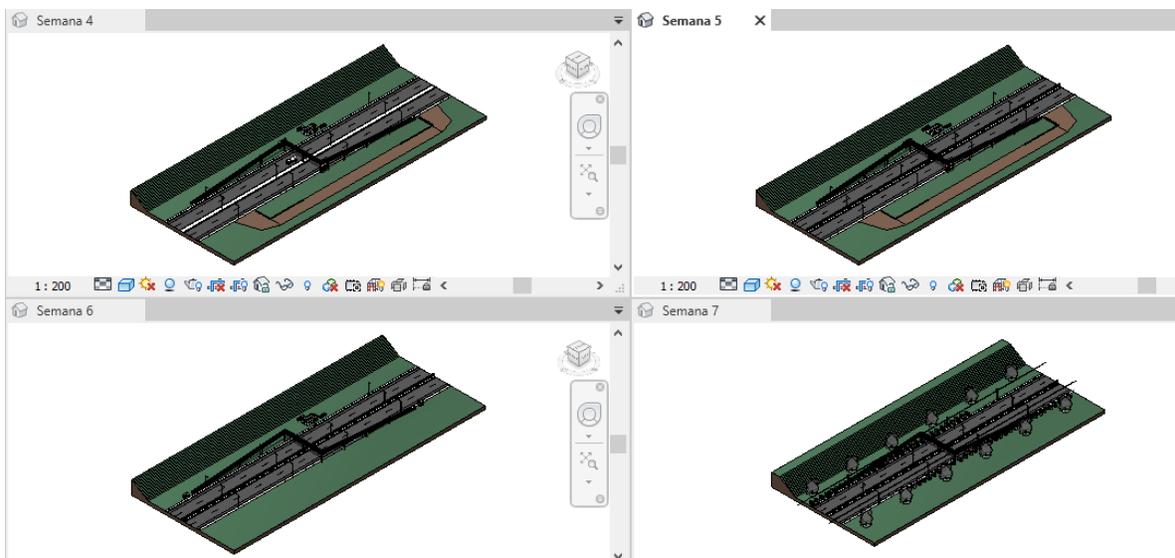


Ilustración 79: Pasarela Peatonal a lo largo de diferentes semanas utilizando Filtros de Fases Constructivas en Autodesk Revit Semana 4 a 7.

3.3.3 SDI BIM y MEI

En general, para los Modelos BIM revisados:

- Se debe cumplir con la Solicitud de Información BIM o SDI BIM. Esto quiere decir que, en base a diferentes usos BIM y estados de avance que se definan al comienzo del proyecto, los modelos deben contener cierta información mínima según lo indicado en el Estándar.

Ejemplo Capacidad 22 y 23: Utilizar/Validar la información geométrica y no geométrica de un modelo BIM, según Tipo de Información (TDI), Nivel de Información (NDI) y Entregables BIM que se requieran en cada etapa y según cada especialidad (topografía, arquitectura, MEP, estructura, etc.).

Tal como se vio en páginas anteriores, las Capacidades 18 y 19 ilustran diferentes metodologías para poder extraer información tanto geométrica como no geométrica de un modelo BIM sea cual sea su especialidad. Lo anterior es de especial relevancia, pues aparte de los requisitos normativos y del cliente, existen ciertos requisitos asociados a la cantidad de información que contienen los modelos y que deben ser revisadas.

Esta cantidad de información está definida en un documento llamado Solicitud de Información BIM (SDI BIM) que, según el estándar, se entiende como ‘un documento que define por qué y para qué se utilizará BIM en un proyecto. Este debe indicar de manera formal y explícita los entregables BIM y la información que debe estar contenida en ellos’.

A grandes rasgos, la Solicitud de Información BIM definirá:

- Cuáles de los 9 modelos BIM definidos en el Estándar que se requieren (Sitio, Volumétrico, Arquitectura, Estructura, etc.).
- Cuáles serán las entregas de estos modelos, definiendo Estados de Avance de la Información de Modelos BIM – EAIM (Diseño Conceptual, Diseño de Anteproyecto, Diseño Básico, Diseño de Detalle, etc.).
- Cuáles de los 25 Usos BIM se requerirán.

Estos datos deben ser estipulados al comienzo del proyecto (antes de elaborar los modelos), y definirán el tipo y cantidad de información contenida en los modelos BIM que deben ser elaborados y entregados.

A modo de ejemplo, digamos que la SDI BIM nos pide la siguiente información, y queremos saber cuáles son los parámetros mínimos que deben contener las columnas del modelo de Pasarela Peatonal para la Entrega Número 2:

- 1 modelo BIM de Estructuras.
- 3 entregas: La primera con EAIM de Diseño Conceptual, la segunda con EAIM de Diseño Básico y la tercera con EAIM de Coordinación de Construcción.
- 3 usos BIM: Estimación de Cantidades y Costos, Planificación de Fases, y Planificación de Obra.

Entonces, lo primero es saber cuáles son las entidades que se requieren para mi modelo en particular, pues existe la posibilidad de que el modelo no requiera columnas modeladas, como pasa con los modelos volumétricos o modelos MEP.

La Tabla 03 del Estándar (ver Anexo) nos dice cuáles son estas entidades mínimas que se requieren para cada uno de los 9 modelos BIM, y para el caso del Modelo de Construcción, estas serían: Ejes, Terreno, Elementos Civiles, Fundaciones, Losas, Muros, Cubiertas / Techumbres, Sistemas de Circulación / Escaleras / Rampas y Estructuras Especiales, mientras que entidades como Elementos Geográficos, Zonas / Espacios, Ventanas, Puertas, Cielos Falsos / Acabados, Equipos e Instalaciones, Muebles, Equipamiento y Tableros MEP, y Distribución y Tuberías MEP no son necesarios de añadir. Finalmente, se recomienda la inclusión de entidades de Muros Cortina mas no es obligatorio.

Tabla 03. Entidades mínimas para cada tipo de modelo BIM

En la siguiente tabla se indican algunas de las entidades mínimas requeridas en cada tipo de modelo de información. La descripción de IFC de cada entidad se puede encontrar en la norma ISO 16739-1:2018 y en el documento Matriz de Información de Entidades, disponible en repositorio digital de Planbim⁵⁰.

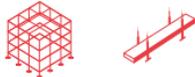
Modelos BIM	Entidades	Ejes (IfcGrid)	Terreno (IfcSite)	Elementos Civiles (IfcCivilElement)	Elementos Geográficos (IfcGeographicElement)	Fundaciones (IfcFooting)	Zonas / Espacios (IfcSpace-IfcZone)	Columnas (IfcColumn)	Vigas (IfcBeam)
Estructura		●	●	●		●		●	●
	Losas / Radier (IfcSlab)	●							
	Muros (IfcWall)	●							
	Muros Cortina (IfcCurtainWall)	*							
	Ventanas (IfcWindow)								
	Puertas (IfcDoor)								
	Cubiertas / Techumbre (IfcRoof)	●							
	Cielos Falsos / Acabados (IfcCovering)								
	Sistemas de Circulación / Escaleras / Rampas (IfcTransportElement - IfcStair - IfcRamp)			●					
	Equipos e Instalaciones (IfcSanitaryTerminal - IfcMedicalDevice - IfcLamp)								
	Muebles (IfcFurniture - IfcSystemFurnitureElement)								
	Estructuras Especiales (IfcElementAssembly)						●		
	Equipamiento y Tableros MEP (IfcEnergyConversionDevice - IfcDistributionControlElement)								
	Distribución y Tuberías MEP (IfcDistributionFlowElement)								

Ilustración 80: Tabla 03 del Estándar BIM para Proyectos Públicos - Entidades Mínimas para cada Tipo de Modelo BIM

De esta forma, es importante saber cuál es el entregable necesario (tipo de modelo) para verificar que estén las entidades mínimas en el modelo según lo estipulado en el Estándar.

Por otro lado, y al verificar que efectivamente las columnas deben ser modeladas en el Modelo BIM de Estructuras, sabemos (de la SDI BIM) que son requeridos 3 Usos BIM para nuestro modelo: Estimación de Cantidades y Costos, Planificación de Fases y Planificación de Obra. En base a esto, podemos saber qué Tipo de Información (TDI) debemos incorporar al modelo utilizando la Tabla 07 del Estándar (ver Anexo), así como también las Fichas de Usos BIM que aparecen en el Anexo 1 del mismo documento (ver Anexo).

Por ejemplo, para el Uso BIM ‘Estimación de Cantidades y Costos’ tenemos la ficha que aparece en la imagen a continuación.



Ilustración 81: Ficha del Uso BIM 'Estimación de Cantidades y Costos' del Anexo I del Estándar BIM para Proyectos Públicos

Esta nos dice que se requieren 8 TDI: Los TDI A, B, D, E, F, L, M y O, cuyas definiciones pueden ser leídas en la misma imagen adjunta.

Al hacer este mismo procedimiento para las otras dos fichas asociadas a los otros 2 Usos BIM, veremos que en total tendríamos que agregar en el modelo los TDI A, B, C, D, E, F, H, I, J, K, L, M y O.

Para conocer los Niveles de Información (NDI), sólo basta con utilizar la Tabla 10 del Estándar (ver Anexo). Esta requiere de input el EAIM asociado al modelo que se está revisando. Así, como

estamos en la Entrega de Modelos 2 con un EAIM asociado al Diseño Básico, tenemos los datos suficientes para conocer los NDI de cada entidad perteneciente a nuestro modelo. Por ejemplo, y utilizando como apoyo la imagen a continuación, en nuestro caso las fundaciones tendrían un NDI-1 mientras que las columnas tendrían un NDI-2.

Tabla 10. Niveles de Información por Estados de Avance de la Información de los Modelos

En la siguiente tabla se muestran los Niveles de Información mínimos que pueden tener las Entidades BIM para cada Estado de Avance de la Información de los Modelos.

EAIM		Entidades de Modelos									
		Ejes (IfcGrid)	Terreno (IfcSite)	Elementos Civiles (IfcCivilElement)	Elementos Geográficos (IfcGeographicElement)	Fundaciones (IfcFootings)	Zonas/Espacios (IfcSpace-IfcZone)	Columnas (IfcColumn)	Vigas (IfcBeam)	Losas/Radler (IfcSlab)	
Información de Planificación	DC Diseño Conceptual	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	
	DA Diseño Anteproyecto	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	
	DB Diseño Básico	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-1	NDI-1	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-2	

Ilustración 82: Tabla 10 del Estándar BIM para Proyectos Públicos - Niveles de Información por Estados de Avance de la Información de los Modelos

El paso final, y ya que tenemos el tipo de modelo, sus entidades mínimas (que incluye a las columnas), los TDI requeridos del modelo y los NDI para cada entidad (NDI-2 en el caso de columnas), podemos saber cuáles son los parámetros mínimos que deben estar contenidos en el modelo, y para ello se utiliza la Matriz de Información de Entidades.

En esta se definen cada uno de los parámetros y la cantidad de información que deben tener las entidades para cumplir con los requerimientos de la SDI BIM. Por lo que, siguiendo con el ejemplo de las columnas, necesitamos saber qué información deben tener en el modelo. Hay que recordar que nuestro modelo es un Modelo BIM de Estructuras, nuestros TDI son A, B, C, D, E, F, H, I, J, K, L, M y O, y el NDI de la columna es NDI-2. Entonces, usando la matriz en la página de ‘columnas’, podemos encontrar la siguiente información:

Nivel de Información	Tipo de Información Para la entidad	Parámetro (Español)	Parámetro (Inglés)
NDI-1 Se modelan elementos esquemáticos que no son distinguibles por tipo o material. Considera Espesor, espesor y ubicaciones aún no definitivas.	TDI-B Propiedades Físicas de Objetos y Elementos	Largo	Length
		Volumen	Volume
		Estatus del Elemento (Nuevo, Existente, Demolición, etc)	ElementStatus
		Área de Sección Transversal	CrossSectionArea
		Área de superficie externa	OuterSurfaceArea
	TDI-C Propiedades Geográficas y de Localización Espacial de Objetos & Elementos	De Uso en Exterior	IsExternal
		Tipo de Posición	Position Type
		Restricciones de Ubicación	Location Constraint
	TDI-F Requerimientos de Costos	Código de Restricción	Code Constraint
		Costo Conceptual	Conceptual Cost
Unidad Costo Conceptual		Conceptual Unit Cost	
NDI-2 Se modelan elementos de tamaño y forma aproximada. Se modelan elementos de columna genéricos separados por tipo de material.	TDI-B Propiedades Físicas de Objetos y Elementos	Costos Futuros supuestos	Future Cost Assumptions
		Inclinación	Slope
	TDI-C Propiedades Geográficas y de Localización Espacial de Objetos & Elementos	Espacio Mínimo Requerido	Minimal Space Required
		Número de Piso	Story Number
	TDI-D Requerimientos Específicos de Información para el Fabricante	Tipo	Type
Tipo por Función		TypeFunction	
TDI-F Requerimientos de Costos	Valor en que se basa el Costeo (ej:valor m2)	Value Based Costing (i.e. Cost SqFtg)	

Ilustración 83: Parte de la página 'columnas' de la Matriz de Información de Entidades

De esta forma, las columnas deberán contener todos los TDI requeridos (A, B, C, D, E, F, H, I, J, K, L, M y O) con un NDI-2 o inferior. Como este tipo de entidades sólo posee 4 TDI diferentes para los NDI-1 (B,C y F) y NDI-2 (B, C, D y F) y como todos estos son requeridos, se deben agregar todos los siguientes parámetros a cada columna del modelo:

- Para NDI – 1: Largo, Volumen, Estatus del Elemento, Área de Sección Transversal, Área de Superficie Externa, De Uso Exterior, Tipo de Posición, Restricciones de Ubicación, Código de Restricción, Costo Conceptual, Unidad de Costo Conceptual y Costos Futuros Supuestos.
- Para NDI – 2: Inclinación, Espacio Mínimo Requerido, Número de Piso, Tipo, Tipo por Función y Valor en que se Basa el Costeo.

Si uno de estos parámetros falta en el modelo, no se está cumpliendo los requisitos mínimos estipulados previamente en la Solicitud de Información BIM, por lo que es imperativo revisar el total cumplimiento. Lo anterior sólo es posible, si se dominan las capacidades 18 y 19 de extracción de información tanto geométrica como no geométrica.

Otra forma de comprobar el cumplimiento de estos requerimientos es utilizando la opción de Vistas Inteligentes de BIM Collab ZOOM.

En estas vistas se pueden establecer ciertas reglas utilizando las propiedades presentes en las entidades del modelo. Estas reglas son condiciones que debe cumplir una entidad para que esta adquiera una visualización diferente (como un color en particular, una transparencia o la eliminación total de la entidad de la vista inteligente).

Utilizando esta herramienta, se pueden definir ciertas reglas que identifican a ciertas entidades que no contengan la información mínima requerida en las Solicitudes de Información BIM, por ejemplo, que no contenga ciertas propiedades obligatorias que debe tener para cierto modelo en cierto Estado de Avance de Información de Modelos BIM.

El modelo del Centro Deportivo es un modelo As Built, por lo que las entidades asociadas a la Distribución y Tuberías MEP (definida como sistemas de distribución que facilitan la distribución de energía o materia, como aire, agua o energía), deberían tener un Nivel de Información BIM NDI-5, según la Tabla 10 del Estándar BIM para Proyectos Públicos: Niveles de Información por Estados de Avance de la Información de los Modelos.

Luego, y con el supuesto de que para este modelo se requieren todos los Usos BIM (es decir, se deben añadir todos los TDI), la materialidad en la Distribución y Tuberías MEP debe estar presente para tal NDI, según la Matriz de Información de Entidades, algo que no ocurre y es notorio a simple vista, al crear una vista inteligente que colorea a todas las entidades que no tienen definida una materialidad, de color rojo.

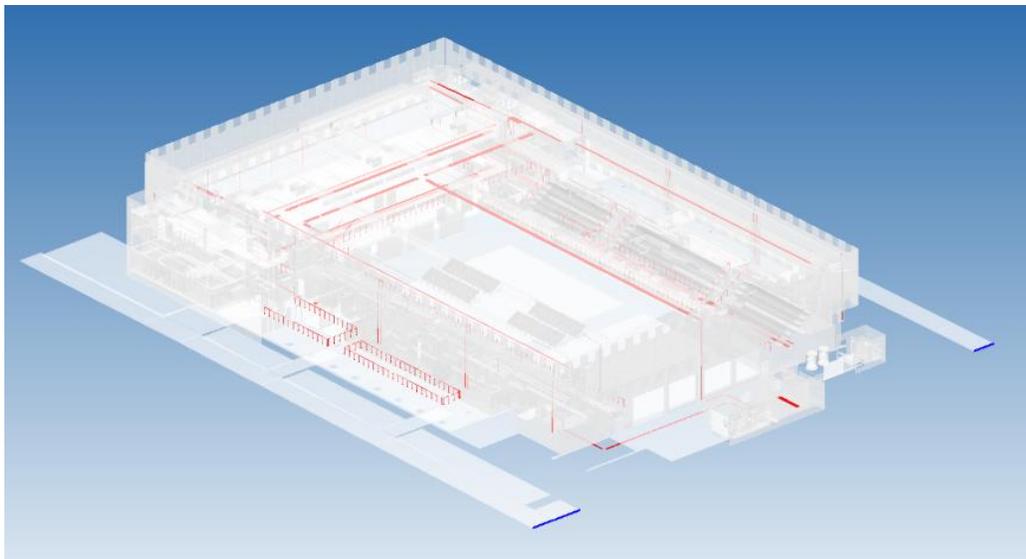


Ilustración 84: Vista inteligente de BIM Collab ZOOM que está marcando en rojo todas las entidades presentes en el Modelo de Arquitectura del Centro de Salud que no poseen definidas una materialidad en específico.

De esta forma, podemos saber cuáles entidades deben ser corregidas, añadiendo la información faltante requerida en la SDI-BIM, cumpliendo así con los flujos de información mínimos para estas entidades en particular.

Duct Segment				
Summary	Location	Clashes	Pset_Distribut...	Pset_DuctSeg...
Propiedad		Valor		
Model	PDC_CLIMATIZACIÓN_REV 02022			
Prefix				
Name	Conducto flexible rectangular:Flex - Rectangular:...			
Phase	Estado de proyecto			
Type	Flex - Rectangular			
Type Name	Conducto flexible rectangular:Flex - Rectangular			
Description				
Material Name				
Layer	M-HVAC-DUCT-OTLN			
System	Mechanical Aire Exterior 1			
IFC Element	IfcFlowSegment			
Predefined Type	FLEXIBLESEGMENT			
Tag	1597807			
GUID	3ydV1qu8b3eugz6OVYvuSa			

Ilustración 85: Propiedades de una de las entidades, mostrando efectivamente que no posee una materialidad definida dentro de sus parámetros.

Manual de Entrega de Información.

Finalmente, y terminando con las vistas inteligentes en BIM Collab ZOOM, la página oficial de este software ofrece archivos importables a BIM Collab ZOOM, que consisten en vistas inteligentes que ayudan a revisar el modelo analizado para el cumplimiento de lo requerido por el Manual Básico de Entrega de Información (MEI) adjunto en el Anexo III del Estándar BIM para Proyectos Públicos.

El MEI, tal como lo dice el Estándar ‘es una guía de doce pasos a realizar en los modelos BIM, que permiten compartir e intercambiar información de manera estructurada durante todo el ciclo de vida de una edificación o infraestructura, considerando la utilización de estándares openBIM. Este documento fue desarrollado por un grupo de empresas del sector de la construcción de los Países Bajos, en conjunto con BIM Locket y buildingSMART Benelux - Bélgica, Holanda y Luxemburgo -, ambas instituciones sin fines de lucro. Este manual permite asegurar la disponibilidad y posible reutilización de la información de los modelos BIM de manera más eficiente, y es utilizado en el Estándar BIM para Proyectos Públicos como parte del conjunto mínimo de datos a solicitar por las instituciones públicas, para garantizar entregables BIM de calidad’.

Para ejemplificar cómo trabajan estas vistas inteligentes importadas, se utilizará el Modelo de Estructuras del Centro Deportivo y se ejecutará la vista inteligente asociada al 4to de los 12 pasos del MEI: ‘Uso Correcto de Entidades’. En esta, se debe asegurar que se ha utilizado el tipo más apropiado de la entidad modelada, tanto en la aplicación de origen (archivo nativo), como en la entidad de IFC.

3.4 USO CORRECTO DE LAS ENTIDADES

- ✓ Utilice el tipo más apropiado de entidad BIM, tanto en la aplicación de origen como en la entidad de IFC.

Ejemplo: losa = ifcSlab, muro = ifcWall, viga = ifcBeam, columna = ifcColumn, escalera = ifcStair, puerta = ifcDoor, etc.

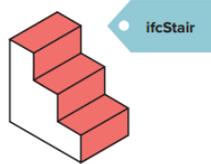


Ilustración 86: Paso número 4 del Manual de Entrega de Información, adjunto en los anexos del Estándar BIM para Proyectos Públicos.

Para el modelo en BIM Collab ZOOM, se debe verificar que cada entidad tenga definido el tipo que le corresponde. Por ejemplo, que todas las losas tengan definida en la propiedad IFC Element 'ifcSlab', o que todas las columnas tengan definida en la propiedad IFC Element 'ifcColumn'. Así, al importar la vista inteligente provista por la página oficial de BIM Collab ZOOM, estos modifican el color de cada una de las entidades, en base a un tipo de IFC Element, para poder hacer una comprobación visual de que a cada elemento le corresponda el color asociado al IFC Element que debería tener dentro de sus propiedades.

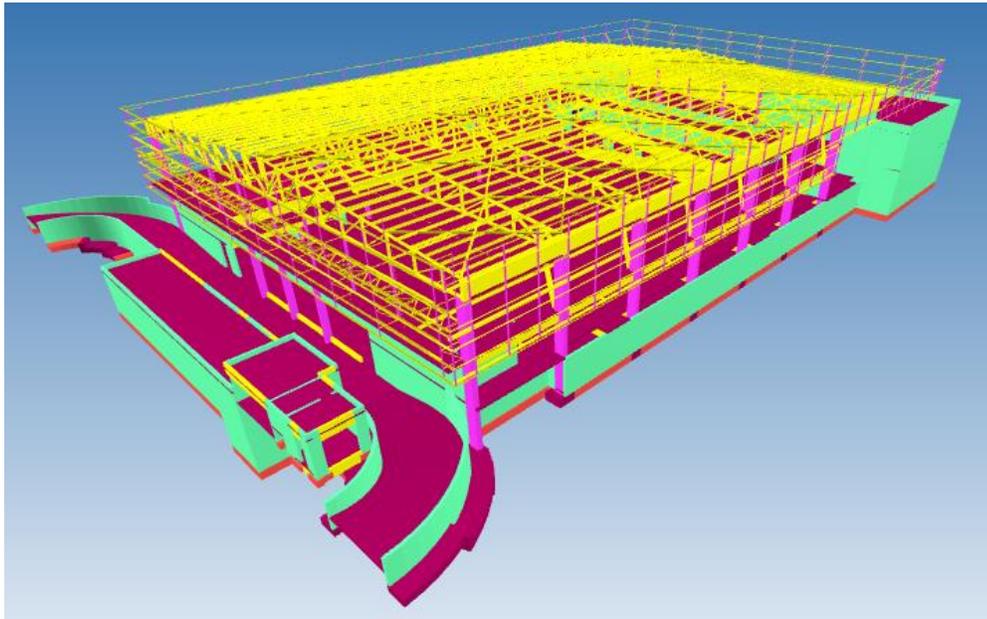


Ilustración 87: Visualización de la Vista Inteligente de BIM Collab ZOOM asociada al 4to paso del MEI: Uso Correcto de las Entidades.

Smart view		
Resumen	Leyenda de auto color	
IFC Element	#	Color
IfcBeam	4422	Yellow
IfcBuildingElementProxy	4	Cyan
IfcColumn	288	Pink
IfcFooting	64	Red
IfcOpeningElement	24	Green
IfcRailing	4	Blue
IfcSlab	165	Purple
IfcSpace	1	Light Pink
IfcStair	5	Brown
IfcStairFlight	12	Dark Blue
IfcWallStandardCase	181	Light Green

Ilustración 88: Leyenda que viene adjunta a la Vista Inteligente anterior, para ayudar a identificar a las entidades según el IFC Element correspondiente. De esta forma, simplifica el reconocimiento visual de entidades para encontrar cualquier tipo de incongruencia.

De la imagen anterior, se puede ver cómo las losas del área central del Centro Deportivo efectivamente tienen el color púrpura asociado a la propiedad IFC Element 'ifcSlab', y que las columnas tienen el color rosado de 'ifcColumn'.

De todas formas, es importante mencionar que puede existir cierto desconocimiento respecto a algunos de los nombres de las propiedades IFC Elemento. Para 'ifcSlab' o 'ifcColumn' no debería existir ningún problema, pero existe la posibilidad de que no se entienda la diferente de, por ejemplo, 'ifcWall' e 'ifcWallStandardCase' (definida con un color cyan). En ese caso, se debe consultar a la norma ISO 16739- 1:2018 que define cada una de las entidades IFC, o en su defecto la Matriz de Información de Entidades provista por Plan BIM: Al encontrar la definición en dichos documentos, se clarifica que 'ifcWallStandardCase' es 'un muro estándar, extruida verticalmente con un espesor constante a lo largo de la trayectoria de la pared'.

Es importante que el revisor conozca cada una de las definiciones, o que tenga a mano los documentos oficiales con las definiciones IFC para poder ejecutar debidamente la comprobación visual dada por la vista inteligente importada de BIM Collab ZOOM, para cumplir con este paso en particular, de los 12 pasos definidos en el MEI.

De la misma forma, se pueden ejecutar otras vistas inteligentes asociadas a alguno de los 12 pasos definidos en el MEI. En la imagen a continuación, se tiene la verificación del paso número 11 'Resistencia al Fuego' para comprobar que se tiene asignado a cada entidad la propiedad FireRating a los objetos, cuando corresponda. En este caso, ninguna entidad del Modelo de Estructuras cumple, por lo que este se colorea en su totalidad de color rojo.

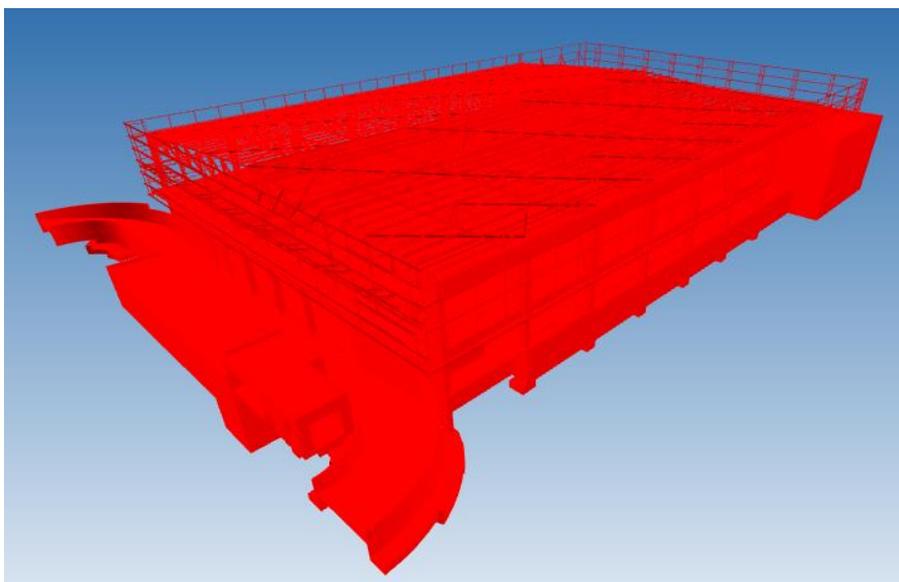


Ilustración 89: Visualización de la Vista Inteligente de BIM Collab ZOOM asociada al 4to paso del MEI: Resistencia al Fuego.

Finalmente, es importante mencionar que estas vistas inteligentes importadas de la página de BIM Collab ZOOM para la comprobación de los requisitos mínimos establecidos en el MEI poseen falencias. Por ejemplo, el Paso 1 del MEI pide que el nombre del archivo utilizado tenga una denominación uniforme y coherente para los modelos por disciplina dentro del proyecto, luego la vista inteligente sólo verifica que exista un nombre de proyecto sin verificar la estructura de este, por lo que sólo se cumple parcialmente.

Luego, quien cumpla con el Rol de Revisión en BIM debe considerarlas para poder cumplir lo establecido por el MEI, utilizando estas vistas inteligentes precargadas sólo de manera referencial, ojalá creando vistas inteligentes con autoría propia para garantizar que el output de estas cumpla con lo estipulado en cada uno de los pasos definidos en el MEI. Finalmente, los 12 pasos del MEI se encuentran en el Anexo III del Estándar BIM para Proyectos Públicos y son, tal como describe el Estándar, parte del conjunto mínimo de datos a solicitar por las instituciones públicas, para garantizar entregables BIM de calidad.

3.3.4 Otros Aspectos

Además de la revisión de modelos, se requieren otras capacidades que el Rol de Revisión en BIM debe ejecutar, al ser esenciales a la hora de trabajar utilizando BIM. Estas no están relacionadas directamente con la revisión de modelos, pero son igual de importantes para el trabajo colaborativo, centralizado e interoperable en el que se basa esta metodología.

Ejemplo Capacidad 13: Aplicar / Validar un sistema de trabajo colaborativo entre los actores de un proyecto, en base a protocolos de comunicación y seguridad, consulta, control, revisión, validación y retroalimentación de la información.

Cuando se está en pleno proceso de diseño y elaboración del modelo BIM, diferentes participantes de diferentes especialidades ejecutan su parte del trabajo para finalmente conformar un todo que se materializará en el proceso constructivo.

Si los flujos de trabajo se ejecutaran de manera separada, se generaría un caos a la hora de compatibilizar los diferentes modelos de las diferentes especialidades. Para ello, se debe estar al tanto del trabajo realizado por los demás participantes para tomar las mejores decisiones posibles de diseño y de esta forma verificar cualquier incongruencia en el proceso.

Cuando se modela en Autodesk Revit, existe la opción de trabajar colaborativamente en un único modelo con diferentes computadores. Obviamente, cada uno de los participantes trabajará en su especialidad en particular, pero el modelo creado será uno centralizado y generado de esta forma colaborativa.

A este modelo centralizado se le llama Modelo Central, y este refleja los cambios realizados por diferentes modelos que pertenecen a cada uno de los participantes / modeladores BIM, los Modelos Locales.

El Modelo Central es un modelo almacenado en un servidor interno de la empresa a cargo del proyecto o en un servidor externo (nube). Este Modelo Central se alimenta de la información enviada desde cada uno de los Modelos Locales, siendo estos últimos capaces de sincronizarse con el Modelo Central con dos propósitos principales: Enviar información para que los cambios realizados a los Modelos Locales se plasmen en el Modelo Central, y que el Modelo Central también plasme los cambios que ha sufrido debido a actualizaciones producidas por otros participantes y modeladores (que también tienen sus propios Modelos Locales) en sus Modelos Locales.



Ilustración 90: El Modelo Central se verá alimentado por los diferentes Modelos Locales operados por cada uno de los modeladores BIM de las diferentes especialidades del proyecto.

Cada uno de estos Modelos Locales tendrá permisos propios para modificar ciertas entidades y que no podrán ser modificadas por otros Modelos Locales al sincronizar con el Modelo Central, aunque con la posibilidad de dar los permisos correspondientes si es que alguna vez estos son requeridos.

Como Autodesk Revit trabaja con una filosofía más visual para la entrega de la información, es posible ver el modelo según los estados de pertenencia, los propietarios y también por subproyectos definidos (que define las entidades con las que trabajará cada modelador en su Modelo Local,

siendo la sumatorio de subproyectos el proyecto completa que será modelado y posteriormente materializado en el proceso constructivo). En la imagen a continuación se muestra cómo los colores de las entidades van cambiando, dependiendo de su especialidad asociada: estructuras, arquitectura, electricidad, etc.

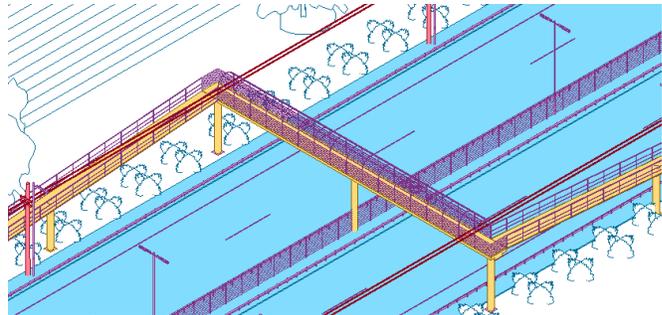


Ilustración 91: Vista con los diferentes subproyectos que se están llevando a cabo en las diferentes especialidades del proyecto.

Ejemplo Capacidad 25: La personalización de la interfaz del software BIM, por medio de configuraciones predeterminadas y plantillas.

Cuando se está en pleno proceso de revisión, probablemente quien ejecute el Rol de Revisión en BIM acote su análisis a ciertas entidades y especialidades, pues analizar el modelo a nivel más macro es un trabajo muy complejo cuando hablamos de archivos con una inmensa cantidad de datos. De esta forma, puede que no sea necesario visualizar el modelo en su totalidad, sino que sólo los elementos que se quieran revisar en una etapa en particular del proceso de revisión.

Para ello, Autodesk Revit permite configurar la visibilidad de las entidades de un modelo, ocultando algunas de estas o modificando la forma en la que se muestran (con colores, achurados, transparencias, etc.).

Por ejemplo, para el plano a continuación, se modificarán el color de algunas de las losas, así como se ocultarán todos los elementos asociados a mobiliario (como mesas, sillas, etc.).

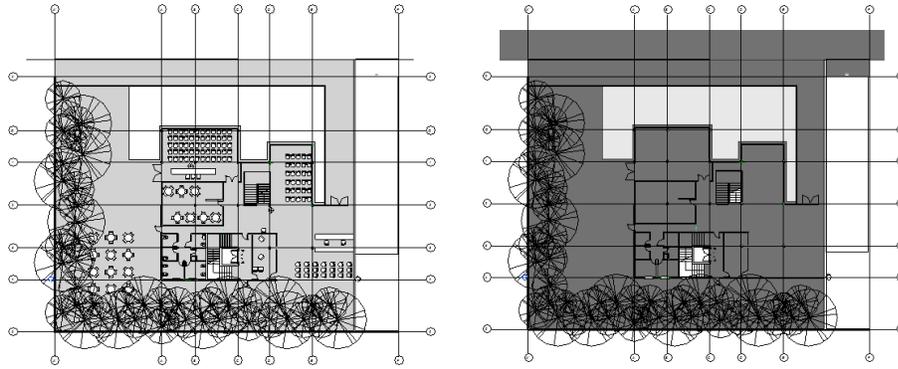


Ilustración 92: Vista en planta del primer nivel del modelo Centro de Salud. Se puede observar cómo el color de la visualización de las losas se modifica, así como los componentes de mobiliario ocultos en el modelo a la derecha.

Además de manualmente definir ciertos aspectos de la visibilidad de los modelos, uno puede aplicar filtros en base a reglas para modificar el aspecto de visibilidad de ciertas entidades que cumplan dichas reglas. Lo anterior, es muy útil cuando se quiera revisar ciertos elementos de interés que tengan ciertas características en particular.

Por ejemplo, para el modelo Centro de Salud de los cuales se definieron los planos en planta de las imágenes anteriores, podemos definir un filtro en base a reglas para visualizar de color azul transparente a todos los muros con espesor igual a 20 centímetros. De esta forma, no tendremos que ir muro por muro verificando el espesor del muro, sino que será el mismo filtro en base a reglas y la modificación del aspecto de visibilidad de tales entidades los que nos señalarán cuáles son dichos muros:

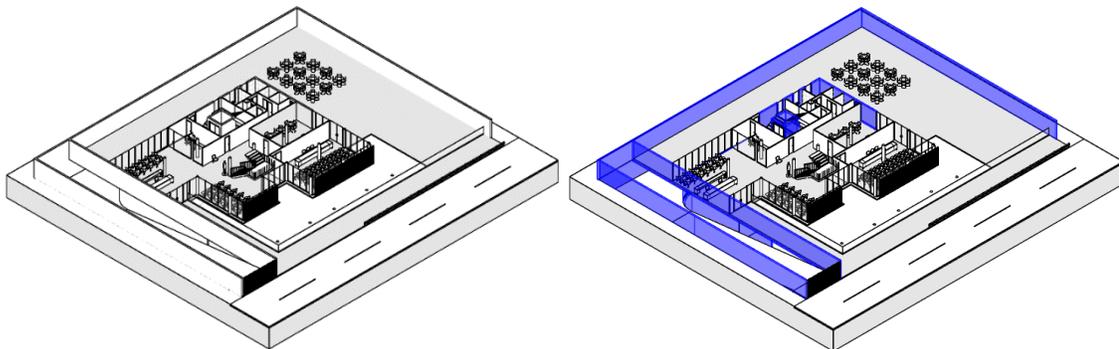


Ilustración 93: Selección de muros de 20 centímetros de espesor, utilizando las herramientas de filtros en base a reglas de Autodesk Revit.

Estos modos de visualizar los modelos para el proceso de revisión resultan muy útiles, pues ocultan todas las entidades que no son necesarias en algunas etapas de la revisión de modelos y pueden resaltar las entidades con un mayor grado de interés por parte del revisor. Pero, aunque este sea un proceso que ayuda mucho en relación a la gestión de los procesos de revisión, se tiene cierta problemática cuando los modelos poseen muchas vistas (en planta, cortes, elevaciones, etc.). Más

aún, si sólo tuviéramos vistas en planta (que podría ser vistas arquitectónicas mirando hacia abajo o vistas estructurales mirando hacia arriba), existiría una vista por piso. Luego, para modelos con muchos pisos o muchas zonas, este proceso de modificación de gráficos es extremadamente engorroso.

Para solucionar el problema, se tienen las Plantillas de Vista, capaces de guardar las configuraciones de una vista en particular (por ejemplo, aquella configuración que oculta ciertas entidades y les otorga cierto color a otras) para que puedan ser utilizadas en otras vistas. Así mismo y al mismo tiempo, se pueden guardar las configuraciones asociadas a los filtros en base a reglas, para utilizarlos en cada una de las vistas que se requiera de manera automática.

De esta forma se automatiza el proceso, al sólo gastar un tiempo considerable en la primera configuración para poder replicar dicha configuración en las demás vistas de forma rápida y fluida.

Finalmente, utilizando con la vista en planta la Plantilla de Vista de los muros de 20 centímetros de espesor, tenemos el siguiente resultado:

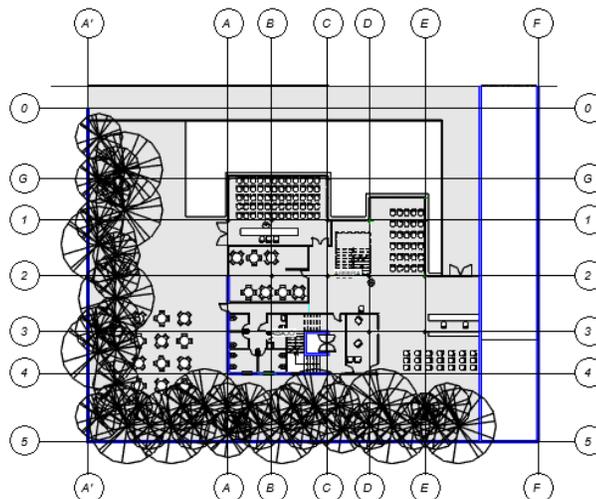


Ilustración 94: Muros de 20 centímetros seleccionados en la vista en planta del modelo Centro de Salud. Aquí no se definió nuevamente el filtro en base a reglas, sino que se utilizó la plantilla de vista guardada del ejemplo anterior en el que sí se utilizó el filtro.

En adición a lo anterior, es importante mencionar que estos procesos son análogos a las Vistas Inteligentes de BIM Collab ZOOM, pues esta herramienta también se considera una configuración predeterminada análogo a los filtros. De todas formas, como esta ya fue descrita en capacidades anteriores, no se interiorizará en ella, pero es de alta relevancia mencionar que, utilizando tal alternativa, de igual forma se puede ejecutar esta capacidad.

Ejemplo Capacidad 27: Utilizar la exportación e importación de información entre sistemas BIM interoperables.

Tal como se mencionó en el Marco Teórico, es de carácter vital para los proyectos públicos no sólo revisar el modelo con formato nativo del proyecto, sino que también el modelo con formato interoperable IFC. Para ello, se debe verificar que la exportación se haya ejecutado de forma correcta, con toda la información requerida mínima según las SDI BIM, con la información bien definida según los estándares de interoperabilidad y, por supuesto, con el resto de los criterios a revisar, como lo son los requisitos del cliente, la normativa vigente y la verificación de incongruencias constructivas. De la misma forma, se debe verificar que, al importar estos formatos a un software en particular, no existan pérdidas de información.

Autodesk Revit permite importar archivos interoperables IFC con su herramienta Vincular IFC. Esta opción es bastante directa por lo que generalmente no hay mucho que decir con respecto a ese paso.

Por otro lado, es primordial verificar que las Opciones de Importación IFC sean las correctas. Lo anterior hace referencia a que las plantillas de proyecto en la que se hospedarán estos vínculos sea la apropiada (sin cotas o elementos de anotación adicionales que pudieran ensuciar el modelo). Además, el mapeado de clases de importación IFC debe ser el correcto, pues el archivo IFC tendrá un Nombre de Clase IFC y Tipo IFC asociado a cada entidad, y estos tienen que estar relacionados con la categoría y subcategoría de Autodesk Revit específica que le corresponda para hacer la conversión entre formatos de manera correcta.

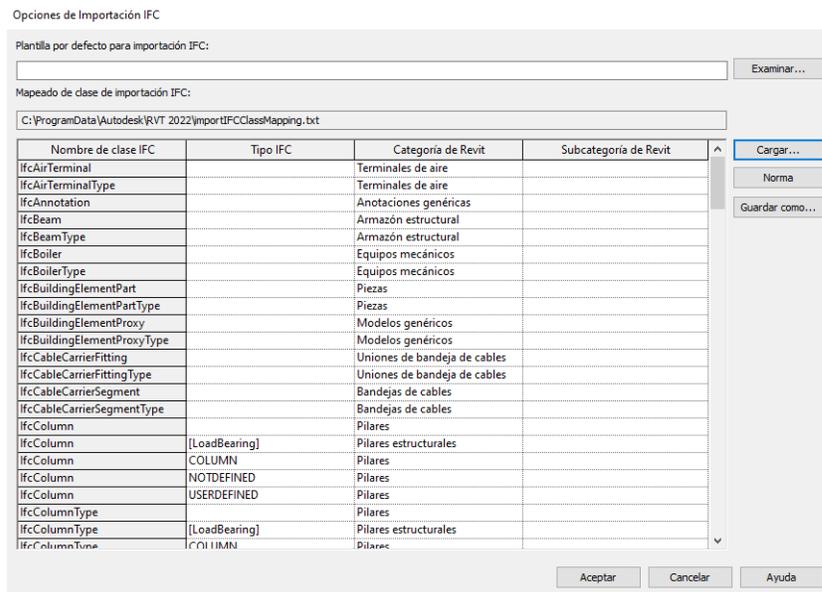


Ilustración 95: Opciones de Importación IFC en Autodesk Revit, con el mapeado de clases de importación IFC que debe ser definido de manera correcta. Las Opciones de Exportación IFC con el mapeo correspondientes tienen una pestaña similar a la mostrada.

Para la exportación se tiene un caso análogo. Cuando se modifiquen las Opciones de Exportación IFC, se debe verificar que cada Categoría y Subcategoría de Autodesk Revit asociada a cada entidad esté relacionada de manera correcta a cada Nombre de Clase IFC y Tipo IFC. Esto es de carácter esencial, pues una vez exportado el modelo a uno con formato IFC este no podrá ser

modificable como uno en formato nativo, por lo que, si es que se requiere un cambio considerable, se deberá ejecutar la exportación nuevamente con las configuraciones que se requieran.

Finalmente, se debe verificar que la Versión IFC del archivo IFC sea la estipulada al inicio del proyecto y el Model View Definition que se requiere utilizar (subconjunto del esquema IFC con datos específicos filtrados para usos específicos), que la fase constructiva sea la requerida (puede que se pida un modelo en una determinada fase), que la base de coordenadas sea la estipulada por el equipo de coordinación (si se exportara en base a coordenadas compartidas, punto base, etc.), entre otras opciones adicionales que deben ser definidas al inicio del proyecto, y que sean establecidas como requisitos de exportación al formato interoperable.

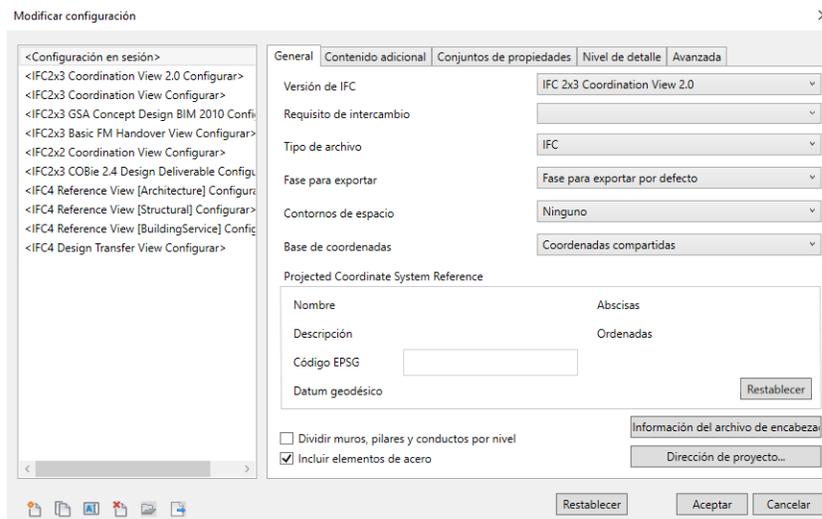


Ilustración 96: Configuración para la exportación del modelo en Autodesk Revit a formato IFC. En esta pestaña se definen los Model View Definition, el tipo de archivo, la fase constructiva que se va a exportar, las coordenadas a utilizar, etc.

Luego, cuando ya se haya exportado el archivo y este pueda ser visualizado en softwares ya mencionados como BIM Collab ZOOM, debemos verificar si la información fue debidamente traspasada (el resto de los criterios puede ser perfectamente revisables en el formato nativo, pero el traspaso correcto de información es esencial para los formatos IFC).

De esta forma, se puede verificar que exista cierta falta de información por una mala configuración en el mapeo de datos de exportación o debido a la inexistencia de ciertas propiedades en el mismo formato nativo, que puede ser solucionado definiendo nuevos parámetros de proyecto IFC (algo que debe ser realizado por el Rol de Modelación en BIM). El Rol de Revisión en BIM debe notificar esta falta de información, ojalá identificando la falencia y localizándola de manera correcta para que esta pueda ser corregida por los otros responsables asociados a dichas tareas de modificación de modelos.

Lo anterior sólo puede ser entendido a cabalidad si es que el Rol de Revisión en BIM sabe cómo exportar e importar estos archivos, y de la misma forma entiende las diferentes configuraciones existentes para exportar e importar el archivo a uno IFC de manera correcta y sin pérdidas de información.

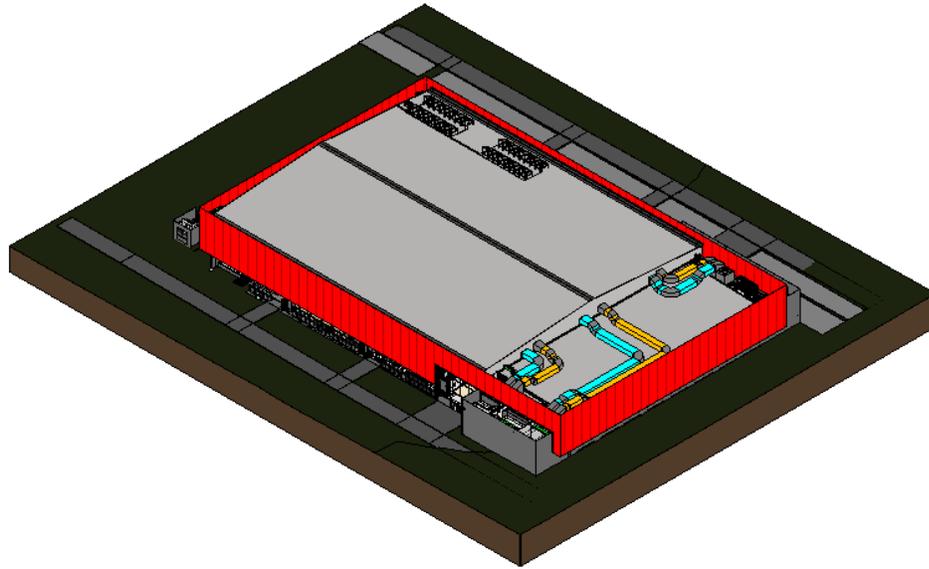


Ilustración 97: Vista 3D del Modelo de Arquitectura con el Modelo de Climatización vinculado. Es importante mencionar que el Modelo de Climatización vinculado que muestra la imagen no es uno en formato nativo, sino que el vínculo fue realizado con un archivo con formato interoperable IFC.

Ejemplo Capacidad 28: Utilizar los sistemas/plataformas de gestión de la comunicación e intercambio de información (Entorno de Datos Compartidos o CDE por sus siglas en inglés).

Como último ejemplo se mostrarán algunas aplicaciones para los CDE explicados en el Marco Teórico.

Un Entorno de Datos Compartidos interesante es uno provisto por la empresa Autodesk, llamado Autodesk Drive (utilizable directamente desde el navegador). En este, se pueden almacenar diferentes tipos de archivos en diferentes carpetas, como archivos de modelos en Revit, Navisworks o archivos IFC e incluso archivos en formato DWG (AutoCAD), aunque también es posible la incorporación de archivos que van más allá de un modelo, como archivos de Microsoft Office, PDF, archivos de imágenes, video, etc. En total se pueden almacenar más de 60 tipos de archivos de Autodesk y de otras empresas para un correcto almacenamiento centralizado de la información de un proyecto.

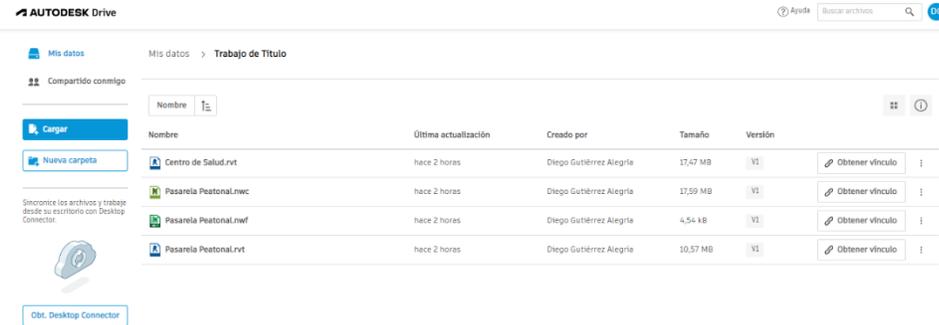


Ilustración 98: Vista de la Interfaz de Autodesk Drive con los diferentes archivos contenidos, en diferentes formatos (Revit, Navisworks, etc.)

Estos archivos son subidos por cualquiera de los participantes del proyecto (el creador del archivo, por ejemplo), y este podrá compartirlos a los diferentes participantes. Cuando se compartan carpetas, se podrán definir diferentes permisos para la persona a la que se le comparte el archivo (esta tendrá la posibilidad de sólo visualizar y descargar el archivo o esta tendrá de visualizar y descargar, pero además de sustituir, editar, eliminar o volver a compartir el archivo). Por otro lado, al compartir archivos, estos podrán ser compartidos vía enlace directo utilizando una contraseña de seguridad, teniendo la posibilidad de permitir o negar la descarga de tales modelos. Estos permisos serán definidos al inicio del proyecto, cuando se definen los flujos de trabajo, y será esta herramienta la que servirá como apoyo para poder garantizar el cumplimiento de las restricciones establecidas.



Ilustración 99: Opciones para compartir modelos en Autodesk Drive, otorgando diferentes grados de acceso, contraseñas, etc.

Lo relevante de esta herramienta es que, aparte de almacenar los diferentes archivos atinentes al proyecto constructivo, los archivos asociados a modelos pueden ser visualizados utilizando sólo el navegador, sin la necesidad de utilizar softwares como Revit o Navisworks.

Las herramientas que aparecen abajo en la imagen a continuación (y la subsiguiente) son las mismas herramientas presentes en Autodesk Viewer para dispositivos móviles, y permitirá orbitar

y encuadrar el modelo, acercarlo y alejarlo, medirlo, generar cajas de sección para focalizar la visualización, descomponer el modelo y recorrerlo en primera persona.

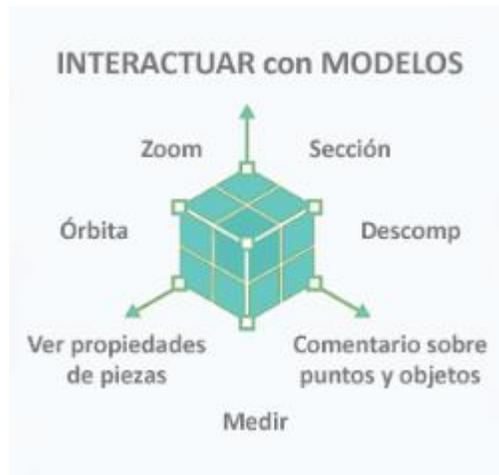


Ilustración 100: Acciones que permiten visualizar los modelos en Autodesk Drive.

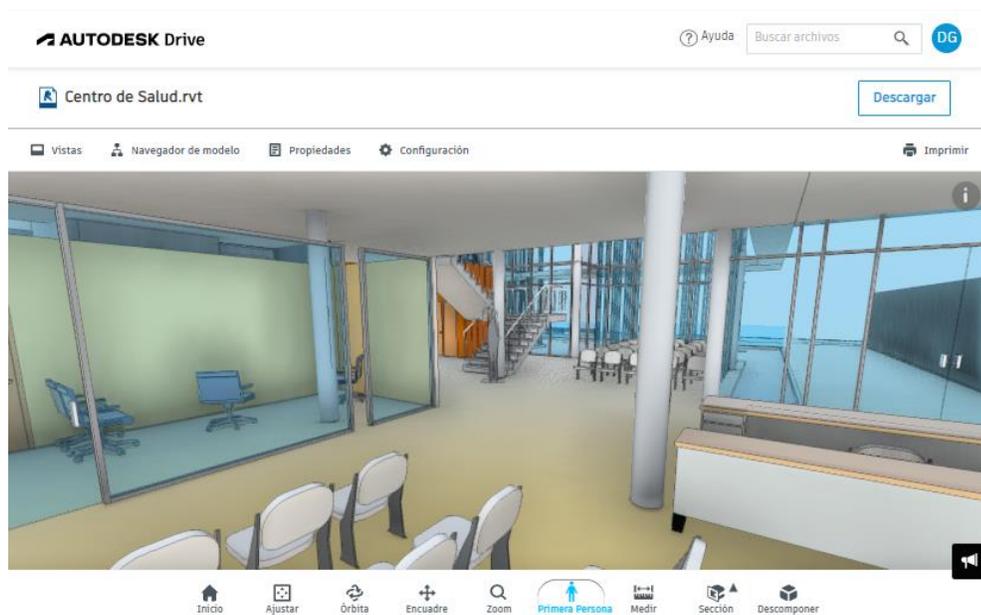


Ilustración 101: Interfaz de visualización de los modelos en Autodesk Drive. En la imagen, el modelo Centro de Salud en una vista en perspectiva de sus interiores.

Además, cada archivo podrá ser actualizado creando una nueva versión al sobrescribirlo, induciendo al programa para que este cambie el código asociado a la nueva versión para que los participantes que tengan acceso a la carpeta lo noten y tengan la posibilidad de enterarse de los cambios y actualizaciones realizadas por el participante que creo esta nueva versión.

Análogo a Autodesk Drive, que sólo posee un límite de almacenamiento, por lo que es una herramienta que apunta a equipos pequeños, se tiene Fusion 360 y BIM 360 Docs. (herramientas que pueden ser utilizadas tanto utilizando un software, como directamente desde el navegador en computadores o dispositivos móviles). Estos últimos tienen un almacenamiento superior, y mejores herramientas para la revisión de modelos, teniendo mayores libertades para comentar y crear marcas de revisión (líneas, flechas, polígonos, nubes y dibujos en general). Además, se tienen más libertades a la hora de dar permisos a archivos y carpetas asociadas al proyecto constructivo.



Ilustración 102: Interfaz de visualización de los modelos en Fusion 360. En la imagen, el modelo Centro de Salud en una vista en 3D isométrica. Además, en esta se puede visualizar una anotación de revisión con indicaciones para alguna futura corrección relacionada a alguna falencia detectada.

Estas últimas herramientas poseen la misma filosofía que Autodesk Drive, pero con herramientas mucho más potentes enfocadas en proyectos con un mayor grado de complejidad y altas exigencias para los constantes flujos de información presentes en proyectos de tal naturaleza.

4. Análisis y Discusiones

4.1. Comparación de herramientas para la ejecución de las Capacidades del Rol de Revisión en BIM

4.1.1. Comparación de softwares

De las herramientas de software analizadas, el programa de revisión por excelencia es Autodesk Navisworks. La interfaz es intuitiva y los análisis dan una libertad mucho mayor que en los procesos de revisión de software como Autodesk Revit, BIM Collab ZOOM, o algunos otros softwares de revisión-visualización como Fusion 360 y Autodesk Drive.

Para los análisis de colisiones, se tiene la posibilidad no sólo de generar reportes de mayor calidad que el análisis análogo de Autodesk Revit, sino que también se tiene la capacidad de hacer los análisis por zonas, y en base a propiedades en particular. Además, no sólo puede analizar colisiones propiamente tal, sino que también se pueden generar márgenes de tolerancia tales que se detecten colisiones con entidades que están a cierta distancia dentro de dichos rangos.

Lo mismo ocurre cuando se quieren extraer los costos asociados, para analizar los presupuestos. La estructura WBS y las tablas dinámicas que se pueden generar al extraer la información de este análisis desde Autodesk Navisworks a Microsoft Excel es tremendamente superior a Autodesk Revit, que sólo genera tablas estáticas sin estructura de costos WBS, impidiendo analizar la información fuera del software nativo.

De todas formas, utilizar Autodesk Revit para conseguir diferentes vistas y planos de diferente tipo resulta muy intuitivo. Además, se tienen los filtros en base a reglas y una gran capacidad para modificar la visibilidad de gráficos en los modelos en base a estas reglas. Lo anterior es muy valioso en los diferentes procesos de revisión, aunque como este software está más especializado en el modelado de información más que en la extracción de información propiamente tal, puede que la herramienta no sea tan fluida como otras dedicadas al proceso de revisión en específico como Autodesk Navisworks o BIM Collab ZOOM. De todas formas, utilizar Autodesk Revit para ciertos aspectos puede resultar bastante útil, como poder visualizar las modificaciones en los procesos de modelado casi en tiempo real utilizando Worksets o automatizando tareas utilizando herramientas de programación visual como Dynamo para Revit.

Por otro lado, resulta imperativo revisar los modelos en formato interoperable IFC, y en ese caso BIM Collab ZOOM es mencionada como la mejor herramienta en el mercado para ejecutar las capacidades de revisión de modelos. Y no sólo para la extracción de información o para verificar el cumplimiento de requisitos, sino que para verificar que la información exportada desde los modelos con formato nativo se haya hecho de manera correcta. En ese aspecto, y utilizando las vistas inteligentes integradas, la verificación es muy automatizada, lo que ahorra mucho tiempo en el proceso de revisión. En ese ámbito, no se puede comparar con Autodesk Navisworks, pues BIM Collab ZOOM fue la única herramienta analizada capaz de verificar información en modelos interoperables IFC, algo que no puede hacer la herramienta de Autodesk.

Finalmente, la revisión de modelos utilizando los CDE y visualizadores Autodesk Drive, Fusion 360 y Autodesk A360 es bastante intuitiva considerando que en ellos se pueden hacer recorridos en primera persona (sobre todo si se utilizan en complemento con dispositivos móviles táctiles).

Lo anterior permite recorrer cada rincón de los modelos, para visualizar en primera persona cualquier error geométrico de modelado (no sirve mucho para análisis de propiedades no geométricas), lo que lo hace una herramienta potente para encontrar estos errores de modelado que podrían generar ciertas inconsistencias en el modelo BIM desarrollado, por lo que se diferencian totalmente respecto a herramientas más tradicionales que requieren hardware más poderoso como Autodesk Revit, Autodesk Navisworks y BIM Collab ZOOM.

4.1.2. Comparación de hardware

Tal como se mencionó anteriormente, los computadores personales y de escritorio estarán más enfocados en herramientas que requieran hardware más potente como los son Autodesk Revit, Autodesk Navisworks y BIM Collab ZOOM. Mientras que hardware como tabletas o teléfonos inteligentes se enfocarán en la revisión de modelos utilizando visualizadores como Autodesk Drive o Fusion 360, para verificar información no geométrica de manera más flexible, en base a vistas en primera persona, recorridos y algunas otras herramientas de anotación para poder comunicar las diferentes incidencias encontradas a los participantes encargados de corregirlas. La gracia de este flujo de trabajo es que independiente de que las anotaciones de revisión se ejecuten en un dispositivo más flexible como lo son los dispositivos móviles, estas pueden ser leídas utilizando estas mismas plataformas en su formato de software de escritorio, por lo que alguien que está en pleno proceso de modelado podrá visualizarlas, comprenderlas y corregirlas.

De todas formas, siempre será mejor utilizar hardware asociado a computadores personales y de escritorio, pues se puede extraer una mayor cantidad de información (sobre todo no geométrica que es de carácter esencial para los procesos de revisión) utilizando ciertos softwares que no pueden ser soportados por dispositivos móviles.

Finalmente, se tienen los lentes de realidad virtual para visualizar renderizados del modelo utilizando vistas estereoscópicas. Si bien en esta vista se tiene un alto grado de inmersión, sólo sirve para visualizar desde otra óptica los modelos, aunque no permite verificar información como un recorrido o utilizando software de revisión especializado que ejecutan análisis con un alto grado de detalle.

4.2. El valor agregado otorgado por el Rol de Revisión en BIM y los grados de calidad de los Modelos BIM luego del proceso de revisión utilizando las herramientas analizadas.

4.2.1. Falencias Detectadas

Para este análisis en particular, se utilizaron los modelos del Centro Deportivo que forman parte de un proyecto constructivo real que actualmente se está llevando a cabo, y los diferentes ejemplos prácticos descritos en las páginas anteriores.

En general y en resumidas cuentas según lo revisado, estos modelos están bien desarrollados salvo algunos aspectos que deben ser mejorados, sobre todo en la parte de coordinación y cantidad de

información. Por ejemplo, en el modelo de estructuras, se tienen ciertas incongruencias con las coordenadas que impide consolidar de manera rápida y correcta el modelo con el resto para formar un modelo federado. Además, se tienen bastantes errores asociados a colisiones entre especialidades, aunque algunos con mayor preponderancia que otros. Por otro lado, se tiene una considerable falta de información según la información mínima contenida que exige el Estándar para modelos de tan avanzado grado de detalle como son los modelos As Built (Solicitudes de Información BIM), y que a la larga dificultará la revisión de los modelos cuando estos se verifiquen según la normativa vigente y los requisitos del cliente (tanto para el modelo en formato nativo como al interoperable). En esa misma línea, también falta información que exige el Estándar según su Manual de Entrega de Información. Finalmente, se tienen algunos errores en el propio modelo, asociado a la topografía: Entidades asociadas a elementos civiles (calles) mal modeladas sobre la topografía de naturaleza irregular, excavaciones no modeladas que generan colisiones con la estructura, etc.

Es importante mencionar que no se revisaron aspectos técnicos normativos o asociados a requisitos del cliente, pues se tiene desconocimiento de estos, para el proyecto en cuestión.

En detalle, se tienen las siguientes falencias encontradas:

- **Colisiones entre especialidades.**

La tabla a continuación resume la cantidad de colisiones detectadas entre especialidades de los modelos del Centro Deportivo. En rojo están los análisis con más de 1000 colisiones detectadas, en amarillo los análisis entre 100 y 1000 colisiones detectadas y en verde los análisis con menos de 100 colisiones detectadas.

Tabla 5: Colisiones detectadas entre especialidades - Modelo Centro Deportivo.

Modelos	EST	ARQ	AP-Cali	Ap-Fría	ALC	CLIMA	ELEC	GAS
EST		3933	380	865	700	464	338	5
ARQ	3933		1023	3150	2202	798	939	0
AP-Cali	380	1023		591	59	12	0	0
Ap-Fría	865	3150	591		725	11	5	1
ALC	700	2202	59	725		28	10	0
CLIMA	464	798	12	11	28		38	1
ELEC	338	939	0	5	10	38		0
GAS	5	0	0	1	0	1	0	

Donde: EST: Modelo de Estructuras; ARQ: Modelo de Arquitectura; AP-Cali: Modelo de Agua Potable Caliente; AP-Fría: Modelo de Agua Potable Fría; ALC: Modelo de Alcantarillado; CLIMA: Modelo de Climatización; ELEC: Modelo de Electricidad; GAS: Modelo de Instalaciones de Gas.

De lo anterior, se tiene que el modelo con más colisiones con el resto de las especialidades es el Modelo de Arquitectura, colisionando más de 1000 veces con los modelos de Estructura, Agua Potable Caliente, Agua Potable Fría y Alcantarillado.

La razón principal es claramente por la cantidad de entidades que conforman ese modelo, pero al comparar con el Modelo de Estructura, que tiene una cantidad de entidades similar, notamos que este último si bien tiene una cantidad considerable de colisiones, en ningún caso estas superan las 1000 al analizarlo con alguna de las especialidades, excepto si este análisis se realiza con el mismo Modelo de Arquitectura. Como ya se dijo, es entendible que muchas colisiones no sean tan relevantes, pero ya se demostró que sí existen ciertas colisiones graves que no han sido corregidas en los Modelos As Built (como las colisiones totales mostradas entre muros y ductos del modelo de climatización). Luego, considerando que un Modelo As Built es un modelo que debe contener altos niveles de detalle, la cantidad de colisiones detectadas es una falencia considerable en los modelos, sobre todo considerando que en la realidad estas colisiones no se generan, por lo que sería un mal modelado As Built.

Ahora, hay que tener claro que los análisis anteriores se ejecutan utilizando el software nativo, pero también es necesario realizar estas detecciones para modelos en formato IFC. Finalmente, como los resultados llegan a las mismas conclusiones, no se interiorizará en los resultados del archivo IFC. Las falencias siguen siendo igual de importantes.

- **Mala coordinación de coordenadas entre especialidades.**

A la hora de vincular el Modelo de Estructuras, este aparece 750 metros alejado del resto de los modelos vinculados utilizando las opciones De Centro a Centro, De Origen a Origen y De Punto Base a Punto Base, incluso el desfase llega a más de 3000 metros si utilizamos la opción de Coordenadas Compartidas.



Ilustración 103: Modelo de Arquitectura no se acopla correctamente con el resto de los modelos. Existe cierta incongruencia con las coordenadas.



Ilustración 104: El Modelo de Estructura se aleja aproximadamente 700 metros del resto de los modelos vinculados al utilizar la mayoría de las opciones para vincular modelos.

El paquete de modelos entregados por la empresa proveedora de los modelos BIM del Centro Deportivo contenía un archivo de Navisworks que consolidaba a todos los modelos en uno sólo, y en este sí se tenía vinculado el Modelo de Estructuras de manera correcta, pero si se quisiera revisar utilizando los archivos nativos de Revit, esto se vería dificultado. Además, al vincular a mano los diferentes modelos de las diferentes especialidades en Navisworks, también se ve cómo el Modelo de Estructuras se aleja del resto y no se acopla con los demás modelos. Lo mismo ocurre al generar un modelo federado utilizando los archivos IFC de las diferentes especialidades en BIM Collab ZOOM.

Lo anterior, es solucionable pero no es lo óptimo. Al vincular los modelos, estos deben acoplarse perfectamente sin tener que ajustarlos manualmente.

- **No cumplimiento de Solicitud de Información BIM SDI BIM y de MEI.**

Este aspecto fue repasado en los Ejemplos Prácticos y se demostró cómo faltaba en los modelos cierta información requerida de carácter mínima y obligatoria por el Estándar BIM para Proyectos Públicos.

Como la cantidad de información que faltaba según las SDI BIM y el MEI era considerable e involucraba diferentes entidades, especialidades, parámetros, etc., es contraproducente hacer un listado de toda la información no encontrada, y sólo basta con mencionar un ejemplo tipo como el mencionado en los Ejemplos Prácticos.

Es importante mencionar que hay información requerida por las SDI BIM que muy probablemente no sea un parámetro predefinido por las familias de Autodesk Revit (software con el que se modeló el Centro Deportivo). Para ello, se deben generar parámetros de proyecto adicionales, como por ejemplo agrupados en Parámetros IFC para las propiedades IFC que requiera el modelo interoperable según la SDI BIM, etc.

Como lo anterior es trabajo del Rol de Modelación en BIM, sólo se debe notificar a este para que se añadan los parámetros faltantes correspondientes.

- **Otros errores de modelado, como por ejemplo la topografía definida.**

No se desarrollan modificaciones a la topografía en el proceso de modelado siendo que estos modelos son Modelos As Built. Estos deben considerar las modificaciones a la topografía que reflejen las excavaciones ejecutadas para llevar a cabo la obra. La no realización de lo anterior genera modelos que colisionan con la topografía, impidiendo visualizar correctamente, no logrando saber las cantidades de material extraído en el proceso de excavación, etc.

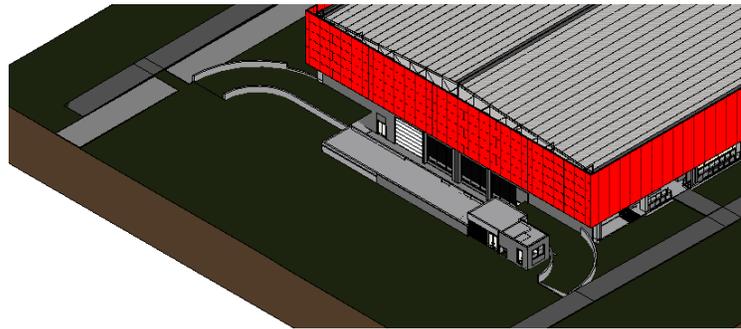


Ilustración 105: Acá se puede ver cómo las escaleras de acceso están completamente cubiertas por la topografía en el Modelo Federado As Built del Centro Deportivo. La topografía no fue alterada según las excavaciones ejecutadas.

Además, en el proceso de modelado de elementos civiles, como las vías de conexión a la calzada, estos no consideran las pendientes propias de la topografía, siendo modeladas en una cota única sin pendiente, generando que los elementos civiles no vayan adheridos al suelo o que estos se introduzcan totalmente dentro de la topografía cuando esta aumenta su cota. Lo anterior también genera problemas a la hora de visualizar los modelos, o para verificar que se cumplan con las pendientes mínimas en las calzadas, etc.

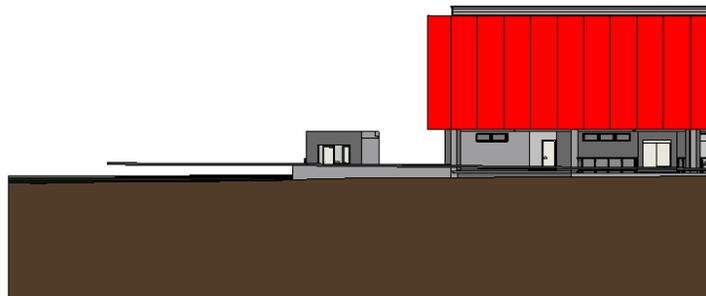


Ilustración 106: Divergencia entre los elementos civiles (vías de acceso) y la topografía.



Ilustración 107: Otra vista de la divergencia entre los elementos civiles (vías de acceso) y la topografía.

Finalmente, cualquier error asociado a un no cumplimiento normativo en ciertas características presentes en los modelos, debe ser detectado teniendo ciertos conocimientos mínimos relacionados a los aspectos normativos del proyecto (algo que no es parte del alcance de este trabajo), por lo que no se hicieron revisiones en ese ámbito. Lo mismo para el cumplimiento de los requisitos del cliente.

4.2.2. El valor agregado y cómo mejoran la calidad de los modelos los procesos de revisión

Cuando se detectan los diferentes errores, el participante del proyecto que cumpla con el Rol de Revisión en BIM debe notificar las incidencias al Rol de Modelación en BIM para que este las corrija. De esta forma, se tendrá un modelo BIM que cumpla de mejor manera con todos los requisitos del cliente, aumentando considerablemente sus grados de calidad. Esto permitirá, a la larga, evitar errores de diseño, problemas e inconsistencias que pudieran entorpecer el proceso constructivo, etc.

Para las colisiones entre especialidades, al detectar las colisiones encontradas en los análisis correspondientes, estas deben ser corregidas por los modeladores luego de que estos reciban el informe de incidencias por parte del revisor. Un modelo BIM sin estas falencias servirá de mejor manera en el proceso constructivo, evitando cambios en el diseño de manera tardía (incluso cuando ya se tiene el elemento estructural, arquitectónico o de especialidad ya construido) pudiendo incluso originar altos costos en etapas avanzadas del proyecto. El modelo actualmente no cumple con esto, tal como se vio, por lo que arreglar estos errores ahorraría estos costos (así como también tiempo) al actuar de manera preventiva.

Para la mala coordinación de coordenadas entre especialidades, esta genera confusión entre quienes manipulan los modelos BIM si es que no se tiene un modelo consolidado ya armado por un modelador o coordinador. Lo anterior genera pérdidas de horas hombre, doubles trabajos para quienes quieren coordinar las coordenadas de manera correcta por sí mismos, errores que se pudieran generar si lo anterior se gestiona de mala manera, etc. Finalmente, se requiere que todos

los modelos estén inicialmente con sus coordenadas bien definidas y coordinadas entre las diferentes especialidades, para que estos puedan ser utilizados de manera intuitiva por los diferentes participantes de un proyecto. Corregir ese aspecto entonces, evitará trabajos adicionales al manipular los modelos inteligentes.

Para las SDI BIM y MEI, se tiene un caso más grave. Los parámetros de un proyecto están definidos en base al tipo de estado de avance de un modelo, así como a los usos BIM que se les dará. Esto quiere decir, que los modelos BIM (tal como se mencionó en el Marco Teórico) tienen como objetivo ser manipulados como apoyo para los diferentes usos BIM que se definan al inicio de un proyecto constructivo que use BIM en sus procesos. Luego, un modelo BIM que no tenga entidades con los parámetros necesarios para cumplir con los usos BIM o para ciertos estados de avance estipulados no tendrá mucha utilidad. Se requiere cumplir con esta información mínima, pues esta es de carácter vital para utilizar los modelos BIM con el propósito de ejecutar los usos establecidos. De la misma forma, se espera que se cumpla con lo estipulado por el MEI para modelos interoperables IFC, para que se contenga la información en base a parámetros estandarizados según los estándares Open BIM como los provistos por Building SMART en su página oficial. Es imperativo recordar que una de las cualidades del enfoque Open BIM es tener un lenguaje común de información para que los diferentes actores, independiente del software utilizado, puedan intercambiar información sin pérdidas, de forma clara y sin dobles interpretaciones. Para este caso en particular, como no se tienen los parámetros requeridos, no se podrían utilizar los modelos para ciertos usos, imposibilitando la ejecución de algunos procesos en el proyecto. Corregir esto, potenciará el uso de los modelos y facilitará los procesos al utilizar BIM de manera correcta, teniendo las entidades que se requieren para los diferentes usos en particular.

Finalmente, otros errores de modelado en general (como los asociados a la topografía, pero pudiendo ser cualquier otro en particular), deben ser notificados al modelador para que sean corregidos. Errores de esa naturaleza, afectan el diseño del resto de las especialidades pues al ser corregidas las entidades en cuestión, existe la posibilidad de que sean modificadas otras por arrastre por nuevas colisiones generadas, etc. Además, afecta en la cuantificación de materiales y entidades para conocer presupuestos, ente otras incidencias.

Finalmente, y tal como se puede apreciar, los procesos de revisión que actúan de manera preventiva evitarán problemas constructivos que a la larga reducirán costos y tiempos de construcción, pero también reducirá la cantidad de HH en los procesos de diseño y gestión de los modelos. De la misma forma, garantizará que los modelos puedan ser utilizados a lo largo de todo el ciclo de vida en base a los usos y estados de avance por los cuales están siendo desarrollados.

Lo anterior se concluye sólo en base a ejemplos básicos en el proceso de revisión del modelo de Centro Deportivo, por lo que es necesario precisar que los procesos de revisión abarcan mucho más. Esto quiere decir, que la relevancia del Rol de Revisión en BIM para con los modelos BIM es mucho mayor a la expuesta en este documento que sólo se enfoca de manera superficial en un Rol que abarca una cantidad considerable de variables. Dicho esto, este Rol se impone como uno de carácter vital para aumentar los índices de productividad en los diferentes procesos que forman parte de los proyectos constructivos.

4.3. Análisis Crítico en la utilización de BIM en proyectos constructivos en obras públicas.

Tal como se describió en el Marco Teórico, la implementación de BIM en proyectos constructivos se ha ido desarrollando en Chile primeramente en el sector privado debido a iniciativas propias de ciertas empresas en particular (muchas de ellas de otros países con operaciones en Chile), en base a la experiencia internacional y a las buenas cifras que se han logrado en Estados Unidos, la Unión Europea y Japón, asociadas a los crecientes índices de productividad en los procesos productivos pertenecientes a la industria de la construcción, luego de implementar esta metodología.

Lo anterior, ya ha provocado en los diferentes participantes de proyectos llevados a cabo por estas empresas privadas, cierta convicción en los resultados que puede generar. BIM ya no es un costo o requisito adicional como puede pensarse inicialmente, sino que es una nueva forma de trabajar que a la larga producirá nada más que mejoras en los diferentes procesos llevados a cabo: Mejoras en los diseños en las diferentes especialidades, reducción de costos, optimización en procesos productivos, mejoras en la gestión de activos, etc.

De todas maneras, lo anterior sólo se ha podido lograr debido a la aplicación de BIM en proyectos privados de manera constante, en base a buenas prácticas, trabajando en la cultura de la empresa y sus trabajadores y combatiendo esta resistencia al cambio que puede generar esta clase de implementaciones.

Por otro lado, actualmente en proyectos públicos recién se está instaurando de forma generalizada BIM, y según algunos profesionales que han ayudado con el desarrollo de este documento, se ve que, en algunos casos, aún no existe este cambio cultural tan necesario para lograr el máximo potencial de BIM en los proyectos constructivos. En tales casos, no existe esta convicción de que BIM realmente ayuda a mejorar los procesos, y no se ve más que como una metodología que conlleva costos y requisitos adicionales que el dueño del proyecto (en este caso el Estado representado por el Ministerio de Obras Públicas) impone.

Para esa clase de situaciones, no se tiene esa óptica asociada a la finalidad última de la implementación de BIM, que es ayudar con los flujos de información presentes en base a diferentes estándares y tecnologías, pero siempre pensando en el objetivo último que es el uso del activo constructivo que se proyecta materializar físicamente. Toda la cadena de actividades que forma parte de un proyecto que usa BIM como uno de sus pilares, debe estar focalizada a que este objetivo se desarrolle óptimamente, pero como BIM en esos casos sólo se desarrolla como un paquete de requisitos a cumplir, no se tiene esa óptica tan necesaria, y en general, se tiene ese pensamiento de cumplir por cumplir sin un propósito final.

Esta clase de pensamiento deriva incluso a que la implementación de BIM genere procesos aún menos productivos, como en el caso de la generación de dobles trabajos. A veces, debido a requisitos en las licitaciones públicas, la implementación de BIM en proyectos constructivos es una obligatoriedad, y pasa a ser un requisito más. Como es un requisito, la elaboración de modelos BIM es un aspecto imperativo a desarrollar pues se trata de un entregable obligatorio, pero estos no se utilizan de buena forma y paralelamente se pueden seguir utilizando los métodos tradicionales de trabajo, por lo que los recursos destinados se duplican. Casos extremos como la elaboración de planos 2D de cierto diseño basado en métodos tradicionales de trabajo que finalmente servirá como base para el desarrollo de los modelos 3D, cuando la lógica es que se utilicen los modelos BIM

para generar la información bidimensional para los procesos constructivos, es un ejemplo fácil de visualizar.

Estos modelos generados por estos dobles trabajos, sí pueden ser útiles para las fases de operación de un activo, pero para lograr que BIM llegue a su máximo potencial, también debe ser útil para las fases de diseño y construcción, dejando de lado estos métodos tradicionales, que si bien se comprende que exista cierta resistencia al cambio debido a que se ha trabajado con ellos por décadas en la industria de la ingeniería y construcción, se requiere dejarlos atrás para dar paso a metodologías, estándares y tecnologías que sí han dado resultado en otras partes del mundo y en este mismo país en el sector privado.

En particular para los procesos de revisión, estos deben hacerse con la convicción de que cada modelo BIM será utilizado en las diferentes etapas de un proyecto. Incongruencias o falencias en los modelos BIM afectarán considerablemente en la productividad del resto de los procesos que forman parte de un proyecto, por lo que es esencial tener cierta noción de lo importante que el Rol de Revisión en BIM es y cómo este Rol es parte fundamental en la cadena de procesos que un proyecto que usa BIM posee. Pero para lo anterior, deben existir estos cambios culturales y establecer el paradigma de que la implementación de BIM no es sólo para cumplir requisitos de flujos de información o modelos BIM con alta calidad estética, sino que se debe enfocar siempre al aspecto funcional y a los usos que se le dará al activo constructivo una vez construido.

5. Conclusiones

A lo largo de este documento se ha dado un mediano entendimiento en relación a lo que significa la Metodología BIM en proyectos constructivos, repasando conceptos básicos necesarios para comprender de mejor manera la importancia de los procesos de revisión de los modelos desde un enfoque BIM y según lo estipulado en el Estándar BIM para Proyectos Públicos, tanto en formato nativo como en formato interoperable.

Esta importancia recae finalmente en la gran cantidad de usos que se le pueden dar a los modelos a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto. Estos usos son de carácter vital para los diferentes procesos de un proyecto, por lo que un modelo BIM mal elaborado sin ser revisado apropiadamente y de manera sistemática, provoca procesos ineficientes y con errores. La relevancia de evitar estos errores en etapas tempranas asociadas al proceso de modelado recae básicamente en que existe una mayor libertad en las modificaciones de diseño, y reduce los errores de manera considerable en comparación a la resolución de esta clase de errores e incidencias a la mitad de la fase constructiva o en fases aún más avanzadas de un proyecto, generando costos más elevados y restricciones mayores a los cambios que se requieran hacer.

Luego y para evitar esas situaciones, los procesos de revisión deben cumplir con lo estipulado por los requisitos del cliente, las EETT, la normativa vigente, la cantidad de información mínima contenida y la detección de incongruencias constructivas, de la mejor manera posible. Lo anterior se hace con procesos de revisión constantes tanto de carácter interno como externo, en base a diferentes acciones que el Rol de Revisión en BIM debe ejecutar y que están completamente definidas en el Estándar BIM para Proyectos Públicos.

Para ejecutar estas capacidades, existe una gama de herramientas que ofrece el mercado (hardware y software), cada una enfocada a diferentes procesos que se pueden ejecutar. Por ejemplo, Autodesk Navisworks parece la herramienta de revisión más apropiada para este rol, considerando además que es la herramienta de esta naturaleza más utilizada en Chile según la Encuesta Nacional BIM. En este software se pueden ejecutar análisis de colisiones entre especialidades, informes de incidencias, análisis de presupuestos, mediciones con cotas, etc. De la misma forma, también se pueden utilizar otros softwares como Autodesk Revit (la herramienta BIM más utilizada en el país) que, si bien está enfocado en el proceso de modelado, de igual forma sirve bastante bien para definir y elaborar diferentes vistas con el propósito de analizar de mejor manera el modelo, utilizar elementos de anotación como cotas, etiquetas, visualizar los cambios en los modelos en tiempo real utilizando Worksets, etc.

También existen otras herramientas como los visualizadores y CDE Autodesk Drive y Fusion 360, útiles para almacenar correctamente la gran cantidad de información en proyectos que utilicen BIM en sus procesos, así como para visualizar los modelos utilizando dispositivos móviles de manera más flexible, pero que no tienen la potencia necesaria para extraer óptimamente la información requerida. Sirve bastante para verificar información geométrica en base a recorridos en primera persona y enviar ciertos reportes de incidencias detectadas, pero para el resto de los procesos de revisión no es recomendable su uso.

Finalmente, y en base al análisis de un proyecto real que actualmente se está llevando a cabo y que fue analizado a lo largo de este documento (modelos de diferentes especialidades As Built), se pudo apreciar cómo los modelos aún poseen falencias considerables asociados a la coordinación

entre especialidades, pero sobre todo y considerablemente más grave, a la falta de información presente en los modelos.

El Estándar BIM para Proyectos Públicos define ciertos parámetros mínimos en base a los usos BIM y a los estados de avance de los modelos definidos al inicio del proyecto. Ahora, y tal como se mencionó párrafos atrás ‘Estos usos son de carácter vital para los diferentes procesos de un proyecto, por lo que un modelo BIM mal elaborado sin ser revisado apropiadamente y de manera sistemática, provoca procesos ineficientes y con errores’. La falta de información de un modelo que se caracteriza por ser rico en información es una falencia considerablemente grave, pues los usos requieren de esta información para poder ser ejecutados. Además, para los modelos interoperables también se debe tener la información requerida en base a los parámetros establecidos en los estándares desarrollados por organizaciones como BuildingSMART para tener la información de manera estructurada y organizada, pero los parámetros IFC no fueron definidos desde los modelos con software nativo, por lo que al momento de exportar tampoco podían ser visualizados en un visualizador IFC, lo cual es una falencia igual de grave, considerando la relevancia que tienen estos modelos interoperables para proyectos públicos.

Tomando en cuenta lo anterior, y si bien es completamente posible detectar cada una de las incidencias repasadas a lo largo de este documento con herramientas que están disponibles en el mercado, y en particular con las herramientas presentes en el mercado más utilizadas por la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción a nivel nacional, es importante mencionar que actualmente existen ciertas limitantes que impiden el desarrollo total de BIM en proyectos constructivos al utilizarlas.

La primera, es la poca automatización de los procesos de revisión, sobre todo cuando es una entidad revisora como un ministerio quien lleva a cabo estos procesos, recibiendo considerables cantidades de información provenientes de diferentes proyectos a lo largo de todo el país. Para este tipo de casos, urgen herramientas que automaticen los procesos de revisión para agilizar la verificación del cumplimiento de los requisitos definidos para los entregables (modelos BIM), y con ello la aprobación de los permisos de construcción de diferentes obras que se vayan a ejecutar, y que necesitan de modelos de calidad para sus procesos futuros. Además, esta clase de herramientas automatizadas, permiten que sean manejadas por no conocedores de BIM en un grado avanzado, evitando problemas como el escaso capital humano conocedor de esta metodología y que sigue siendo una problemática en el actual contexto nacional, al tener programas de transformación digital aún muy prematuros. Lo anterior se está solucionando con el desarrollo de la herramienta de revisión como PARPro (Plataforma Automatizada de Revisión de Proyectos) que será parte de los sistemas del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, y que tendrá la capacidad de automatizar tareas de revisión en base a reglas precargadas, sin la necesidad de tener conocimientos avanzados en BIM para su uso.

La segunda, es la muy reducida oferta de softwares presentes en el mercado que genera en los proveedores un excesivo poder de negociación que se traduce, a fin de cuentas, en elevados precios en sus licencias y un muy lento desarrollo en relación a nuevas funcionalidades que usuarios BIM necesitan en sus proyectos. Para ello, se hace imperativo la generación de softwares propios con herramientas personalizadas, que tengan funcionalidades específicas que cada empresa estime conveniente según sus necesidades y las necesidades de sus proyectos en particular (por ejemplo, funcionalidades asociadas a la revisión de modelos en base a reglas según requisitos internos, automatización en procesos de revisión, etc.). La problemática principal es que el desarrollo de herramientas es muy complicado y es requerida una gran cantidad de código para desarrollar estas herramientas desde cero. Luego, por los motivos previamente mencionados y las necesidades

insatisfechas presentes en este contexto, se forjan iniciativas como IFC.js que incentivan el desarrollo de bibliotecas de código de manera colaborativa entre desarrolladores y concedores de diferentes herramientas de programación, con el propósito de que sirvan como base estructural para la creación (en base a estas bibliotecas) de software de código abierto, sin la necesidad de crear herramientas desde cero, sino que utilizando este código de libre acceso útil para el desarrollo de herramientas con diferentes funcionalidades. Y aunque actualmente esta biblioteca aún es inmadura con respecto a la oferta técnica que ofrece en comparación a softwares de proveedores más consolidados, esta está desarrollándose día a día, y potencialmente se podría tener una biblioteca de alto nivel, capaz de dar pie a la creación de herramientas que puedan competir de par a par con softwares más masivos, como los repasados en este documento, eliminando la problemática de los altos costos y lo poco flexibles que pueden llegar a ser estas herramientas en base a necesidades particulares que tenga un usuario que utilice BIM en sus procesos.

Actualmente, Planbim se ha enfocado bastante en estas herramientas (como PARPro e IFC.js), difundiendo el estado de desarrollo de estas actualmente en su página oficial, como también en instancias organizadas por esta misma iniciativa tales como el ciclo de BIM en 90 minutos. Lo anterior demuestra cómo Planbim entiende que este es el siguiente paso que se debe tomar para la implementación de BIM en la industria de la construcción a nivel nacional.

Finalmente, es notorio cómo actualmente BIM es una metodología que recién está modificando la cultura de la industria de la construcción en Chile. Posiblemente, exista cierta reacción natural al cambio con respecto al capital humano vinculado a esta industria, pero estos procesos deben ejecutarse de igual forma, de manera correcta y en base a buenas prácticas para que, cada día, exista una mayor convicción en relación a la efectividad de esta metodología en los proyectos constructivos. En particular, en los procesos de revisión que, como ya se ha repasado a lo largo de este documento, son de carácter esencial para garantizar la calidad de los modelos, y con ello, para tener una fuente confiable de información que pueda ser utilizada de buena forma en las diferentes fases de un proyecto, con la finalidad de obtener una obra civil o de edificación de alta calidad y de carácter funcional. En adición a lo anterior, actualmente BIM tiene la limitante de no poder garantizar por sí misma una obra civil funcional al final del proceso constructivo, teniendo que depender de otros procesos como las filosofías modernas de calidad que actualmente están presentes en la industria, considerando además que, actualmente, BIM está mucho más enfocado en los procesos de diseño que en sus usos asociados al proceso constructivo mismo, lo que implica que aún queda mucho por avanzar en esta instancia.

BIM hoy en día está siendo implementado agresivamente en toda nuestra industria (procesos de revisión inclusive) en búsqueda de esos anhelados índices de productividad presentes en países con altos niveles de desarrollo, pero este proceso tan reciente de transformación digital conlleva a que esta metodología sea aún una de carácter inmadura. Una potencial evolución futura de esta metodología y sus niveles de implementación podría, eventualmente, provocar que las políticas, tecnologías, estándares y metodologías que conforman BIM garanticen de forma autónoma la funcionalidad de una obra civil o de edificación post proceso constructivo, además de garantizar un proceso constructivo eficiente, sin sobre costos o plazos incumplidos, y procesos de gestión de activos y mantenimiento expeditos, algo que si bien actualmente ha mejorado aún tiene bastante que perfeccionar.

6. Bibliografía

- [1] Corfo. (2021). *Estándar BIM para Proyectos Públicos*. Planbim.
- [2] Autodesk. *Página principal de ayuda Autodesk Revit 2022*.
<https://help.autodesk.com/view/RVT/2022/ESP/>
- [3] Autodesk. *Página principal de ayuda Autodesk Navisworks 2022*.
<https://help.autodesk.com/view/NAV/2022/ESP/>
- [4] López, A. (2018). *¿Por qué se necesita un revisor de Modelos BIM?* Building SMART.
- [5] International Organization for Standardization. (2015). *Sistemas de gestión de la calidad – Fundamentos y vocabulario: ISO 9000:2015*.
- [6] International Organization for Standardization. (2015). *Sistemas de gestión de la calidad – Requisitos: ISO 9001:2015*.
- [7] Building SMART. (2014). *Guía de Usuarios BIM*.
- [8] BIM Dictionary. *All 810 Terms*. <https://bimdictionary.com/all-terms>
- [9] Manuel Bouzas Cavada. (2017). *¿Qué es un CDE?* Building Smart.
<https://www.buildingsmart.es/2017/04/01/qu%C3%A9-es-un-cde/>
- [10] PMBOK 4ta edición. (2004).
- [11] Matrix Consulting. (2020). *Estudio de Productividad: Impulsar la productividad de la industria de la Construcción en Chile a estándares mundiales*. Cámara Chilena de la Construcción.
- [12] Matrix Consulting (2021). *Un camino sustentable a la productividad*. Cámara Chilena de la Construcción.
- [13] Autodesk. *Página principal de Autodesk Viewer*. <https://viewer.autodesk.com/>
- [14] Daniel Taylor-North. (2018). *BIM compliance needs more than a common data environment*. <https://www.bimplus.co.uk/bim-compliance-needs-more-common-data-environment/>
- [15] Corfo. (2022). *Observatorio BIM: Estudio de Licitaciones Públicas con BIM en Chile, Primer Reporte 2013-2022*.
- [16] BIM Collab. *Página principal de BIM Collab*. <https://www.bimcollab.com/es/>
- [17] BIM Forum Chile. *Página principal de BIM Forum Chile ¿Qué es BIM Forum Chile?, objetivos, misión y visión*. <https://bimforum.cl/que-es-bim-forum-chile/>
- [18] Construye 2025. *Página principal de Construye 2025. ¿Qué es Construye 2025? Visión, Ejes Estratégicos, Alcance e Historia*. <https://construye2025.cl/que-es-construye-2025/#1600050155449-d83891a6-581f>
- [19] BIM Forum Chile. (2017). *Recomendaciones prácticas para el uso de herramientas BIM en la coordinación de proyectos desarrollados en forma tradicional*. Corporación de Desarrollo Tecnológico y Cámara Chilena de la Construcción.

- [20] IFC.js. *Página principal de IFC.js 2022*.
<https://ifcjs.github.io/info/docs/introduction>
- [21] Antonio González Viegas. *Taller IFC.js*. BIMLove: Evento Benéfico BIM.
- [22] PlanBIM. (2021). *PARPro: Automating the review of proposals for public housing projects in Chile*. The BuildingSMART International Autumn Virtual Summit 2021.
- [23] PlanBIM. (2021). *Casos de Uso de IFC*. Ciclo BIM en 90 minutos.
- [24] Loyola, M. (2019). *Encuesta Nacional BIM 2019: Informe de Resultados*. Santiago: Universidad de Chile www.bim.uchilefau.cl

Anexos

Anexo A

Tabla 03. Entidades mínimas para cada tipo de modelo BIM

En la siguiente tabla se indican algunas de las entidades mínimas requeridas en cada tipo de modelo de información. La descripción de IFC de cada entidad se puede encontrar en la norma ISO 16739-1:2018 y en el documento Matriz de Información de Entidades, disponible en repositorio digital de Planbim³⁰.

Modelos BIM	Entidades		Ejes (IfcAxis)	Terreno (IfcSite)	Elementos Civiles (IfcCivilElement)	Elementos Geográficos (IfcGeogrp/IfcElement)	Funciones (IfcFctg)	Zonas / Espacios (IfcSpace/IfcZone)	Columnas (IfcColumn)	Vigas (IfcBeam)
Sitio				●	*	*	*	●	*	*
Volumétrico				●	*	*		●		
Arquitectura o Diseño de Infraestructura			●	●	●	●	●	●	●	●
Estructura			●	●	●		●		●	●
MEP			●	●				●		
Coordinación (**)			●	●	●	●	●	●	●	●
Construcción (***)			●	●	●	●	●	●	●	●
As-Built			●	●	●	●	●	●	●	●
Operación			*	●	●	●		●	●	●

Ilustración 108: Tabla 03 Estándar BIM para Proyectos Públicos – Entidades mínimas para cada tipo de Modelo BIM (1ra parte)

● : Elemento requerido, según el tipo de modelo. ★ : Elemento sugerido, según el tipo de modelo.

[**]: El modelo de coordinación debe ser realizado a través de la consolidación de al menos los modelos de arquitectura o diseño de infraestructura, estructura y MEP. Esta consolidación debe realizarse por medio de modelos federados o integrados según lo indicado en el punto 5.8.2.

[***]: El modelo de construcción podrá considerar la utilización de otros de los nueve tipos de modelos. Esta consolidación debe realizarse por medio de modelos federados o integrados según lo indicado en el punto 5.8.2.

Losas / Radlar (IfcSlab)	Muros (IfcWall)	Muros Cortina (IfcCurtainWall)	Ventanas (IfcWindow)	Puertas (IfcDoor)	Cubiertas / Techumbre (IfcRoof)	Cielos Fijos / Acabados (IfcCovering)	Sistemas de Circulación / Escaleras / Rampas (IfcTransportElement - IfcStair - IfcRamp)	Equipos e Instalaciones (IfcSanitaryTerminal - IfcMedicalDevice - Fcl lamp)	Muebles (IfcFurniture - IfcSystemFurnitureElement)	Estructuras Especiales (IfcElementAssembly)	Equipamiento y Tableros MEP (IfcEnergyConversionDevice - IfcDistributionControlElement)	Distribución y Tuberías MEP (IfcDistributionElement)
★	★	★			★							
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
●	●	★			●		●			●		
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	●	●	●	●	●	●	●	●	★	●	●	●
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Ilustración 109: Tabla 03 Estándar BIM para Proyectos Públicos – Entidades mínimas para cada tipo de Modelo BIM (2da parte)

Anexo B

Tabla 07. Tipos de Información por cada Uso BIM

En la siguiente tabla, se presenta cada Uso BIM, identificando los Tipos de Información vinculados a éstos. Para más información acerca de los recursos sugeridos, las competencias necesarias y los Tipos de Información aplicables a cada uno de estos Usos, ver fichas en Anexo I.

Tipos de Información (TDI)	Usos BIM	Usos BIM							
		1. Levantamiento de condiciones existentes	2. Estimación de cantidades y costos	3. Planificación de fases	4. Análisis del cumplimiento del programa espacial (zonificación)	5. Análisis de ubicación	6. Coordinación 3D	7. Diseño de especificidades	8. Revisión del diseño
TDI_A Información general del proyecto		•	•	•	•	•	•	•	•
TDI_B Propiedades físicas y geométricas		•	•	•	•	•	•	•	•
TDI_C Propiedades geográficas y de localización espacial		•		•	•	•	•	•	•
TDI_D Requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor			•	•				•	•
TDI_E Especificaciones técnicas			•	•			•	•	•
TDI_F Requerimientos y estimación de costos			•		•				•
TDI_G Requerimientos energéticos					•	•		•	•
TDI_H Estándar sostenible								•	•
TDI_I Condiciones del sitio y medioambientales		•		•	•	•	•	•	•
TDI_J Validación de cumplimiento de programa					•	•		•	•
TDI_K Cumplimiento normativo		•			•	•		•	•
TDI_L Requerimientos de fases, secuencia de tiempo y calendarización			•	•			•		*
TDI_M Logística y secuencia de construcción			•	•			•		
TDI_N Entrega para la operación									
TDI_O Gestión de activos			•						

Ilustración 110: Tabla 07 Estándar BIM para Proyectos Públicos – Tipos de Información por cada Uso BIM (1ra parte)

● : Se considera TDI para el Uso BIM Indicado
★ : TDI puede ser utilizado para proyectos que consideren rehabilitación

9. Análisis estructural	10. Análisis lumínico	11. Análisis energético	12. Análisis mecánico	13. Otros análisis de ingeniería	14. Evaluación de sustentabilidad	15. Validación normativa	16. Planificación de obra	17. Diseño de sistemas constructivos	18. Fabricación digital	19. Control de obra	20. Modelación as-Built	21. Gestión de activos	22. Análisis de sistemas	23. Mantenimiento preventivo	24. Gestión y seguimiento de espacios	25. Planificación y gestión de emergencias
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	●		●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●		●
●	●		●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●		●
	●	●		●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●
		●		●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●
●	●	●	●	●	●	●	●				●	●	●	●		●
	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
					●		●	●	●	●						●
●			●				●	●	●	●	●					●
								●			●	●		●	●	
											●	●	●	●	●	●

Ilustración 111: Tabla 07 Estándar BIM para Proyectos Públicos – Tipos de Información por cada Uso BIM (2da parte)

Anexo C

Tabla 10. Niveles de Información por Estados de Avance de la Información de los Modelos

En la siguiente tabla se muestran los Niveles de Información mínimos que pueden tener las Entidades BIM para cada Estado de Avance de la Información de los Modelos.

EAIM	Entidades de Modelos	Entidades de Modelos									
		Ejes (IfcGrid)	Terreno (IfcSite)	Elementos Chillos (IfcWallElement)	Elementos Geográficos (IfcGeoglyph/IfcElement)	Fundaciones (IfcFootings)	Zonas/Espacios (IfcSpace/IfcZone)	Columnas (IfcColumn)	Vigas (IfcBeam)	Losa y Relleno (IfcSlab)	
Información de Planificación	DC Diseño Conceptual	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1
	Información de diseño	DA Diseño Anteproyecto	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1
		DB Diseño Básico	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-1	NDI-1	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-2
Información de construcción	DD Diseño de Detalle	NDI-3	NDI-2	NDI-3	NDI-2	NDI-2	NDI-3	NDI-3	NDI-3	NDI-3	
	CC Coordinación de Construcción	NDI-3	NDI-3	NDI-4	NDI-3	NDI-3	NDI-4	NDI-3	NDI-3	NDI-4	
	CM Construcción, Manufactura y Montaje	NDI-3	NDI-3	NDI-5	NDI-4	NDI-4	NDI-5	NDI-4	NDI-4	NDI-4	
Información de operación	AB As-Built	NDI-3	NDI-3	NDI-5	NDI-4	NDI-4	NDI-5	NDI-4	NDI-4	NDI-5	
	PM Puesta en Marcha	NDI-3	NDI-3	NDI-5	NDI-4	NDI-4	NDI-5	NDI-4	NDI-4	NDI-5	
	GM Gestión y Mantenimiento del Activo	NDI-3	NDI-3	NDI-6	NDI-4	NDI-4	NDI-6	NDI-4	NDI-4	NDI-5	

Ilustración 112: Tabla 10 Estándar BIM para Proyectos Públicos – Niveles de Información por Estados de Avance de la Información de los Modelos (1ra parte)

Muros (Mc:Wall)	Muros Cortina (Mc: CurtainWall)	Ventanas (Mc: Window)	Puertas (Mc: Door)	Cubiertas / Techumbres (Mc: Roof)	Cielos Falsos / Acabados (Mc: Ceiling)	Sistemas de Circulación / Escaleras / Rampas (Mc: TransportElement - Mc: Stair - Mc: Ramp)	Equipos e Instalaciones (Mc: SanitaryTerminal - Mc: MedicalDevice (Mc: Lamp))	Muebles (Mc: Furniture - Mc: SystemFurniture Element)	Estructuras Especiales (Mc: ElementAssembly)	Equipamiento y Tableros MEP (Mc: EnergyConversionDevice - Mc: DistributionControlElement)	Distribución y Tuberias MEP (Mc: DistributionFlowElement)
NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1
NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1
NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-1	NDI-1	NDI-2	NDI-2
NDI-3	NDI-3	NDI-3	NDI-3	NDI-3	NDI-3	NDI-3	NDI-3	NDI-2	NDI-2	NDI-3	NDI-3
NDI-3	NDI-3	NDI-4	NDI-4	NDI-3	NDI-4	NDI-3	NDI-4	NDI-3	NDI-3	NDI-4	NDI-4
NDI-4	NDI-4	NDI-4	NDI-4	NDI-4	NDI-4	NDI-4	NDI-5	NDI-4	NDI-4	NDI-5	NDI-5
NDI-4	NDI-5	NDI-5	NDI-5	NDI-4	NDI-5	NDI-4	NDI-5	NDI-5	NDI-5	NDI-5	NDI-5
NDI-4	NDI-5	NDI-5	NDI-5	NDI-4	NDI-5	NDI-4	NDI-6	NDI-5	NDI-5	NDI-6	NDI-6
NDI-4	NDI-6	NDI-6	NDI-6	NDI-4	NDI-5	NDI-4	NDI-6	NDI-5	NDI-5	NDI-6	NDI-6

Ilustración 113: Tabla 10 Estándar BIM para Proyectos Públicos – Niveles de Información por Estados de Avance de la Información de los Modelos (2da parte)

Anexo D



Ilustración 114: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 1 - Levantamiento de condiciones existentes.



Ilustración 115: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 2 – Estimación de cantidades y costos



Ilustración 116: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 3 – Planificación de fases



Ilustración 117: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 4 – Análisis del cumplimiento del programa espacial (zonificación)



Ilustración 118: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 5 – Análisis de ubicación



Ilustración 119: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 6 – Coordinación 3D

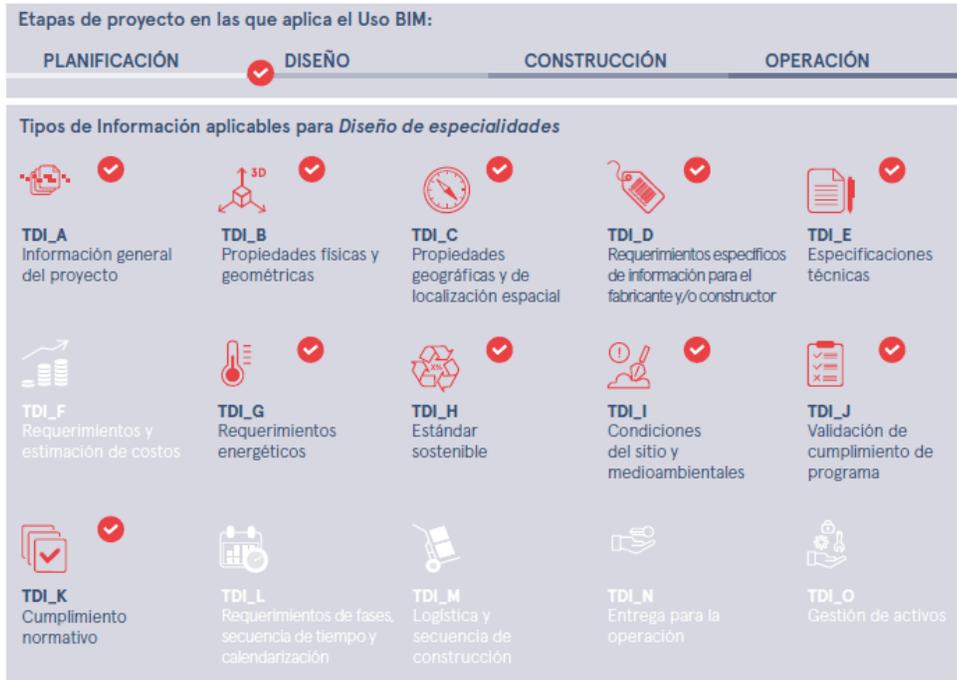


Ilustración 120: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 7 – Diseño de especialidades



Ilustración 121: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 8 – Revisión del diseño



Ilustración 122: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 9 – Análisis estructural



Ilustración 123: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 10 – Análisis lumínico

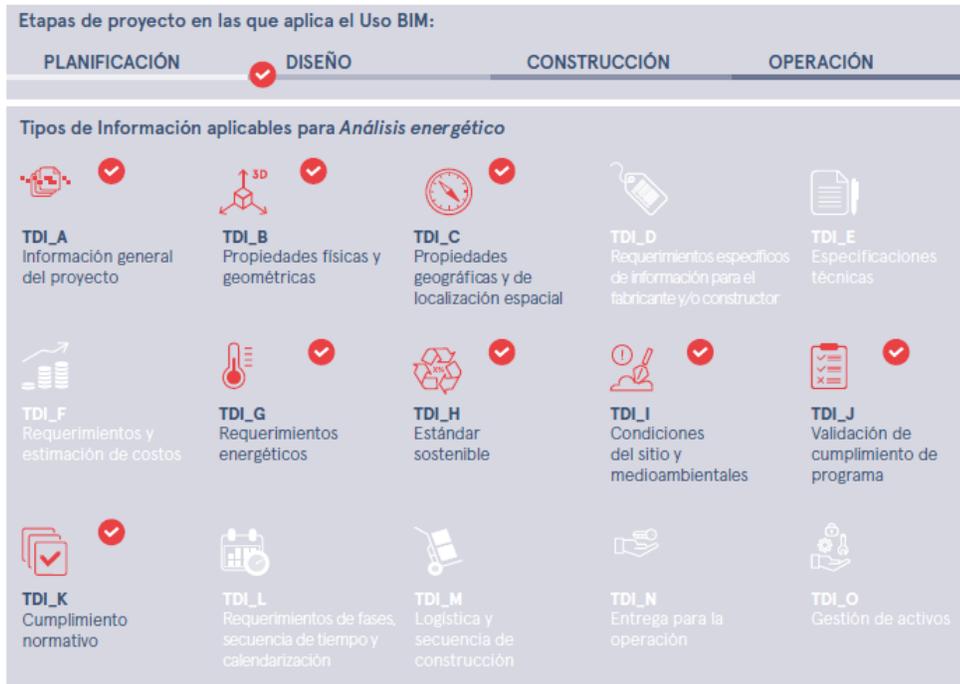


Ilustración 124: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 11 – Análisis energético



Ilustración 125: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 12 – Análisis mecánico



Ilustración 126: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 13 – Otros análisis de ingeniería



Ilustración 127: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 14 – Evaluación de sustentabilidad



Ilustración 128: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 15 – Validación normativa



Ilustración 129: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 16 – Planificación de obra



Ilustración 130: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 17 – Diseño de sistemas constructivos



Ilustración 131: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 18 – Fabricación digital



Ilustración 132: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 19 – Control de obra



Ilustración 133: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 20 – Modelación As-Built



Ilustración 134: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 21 – Gestión de activos

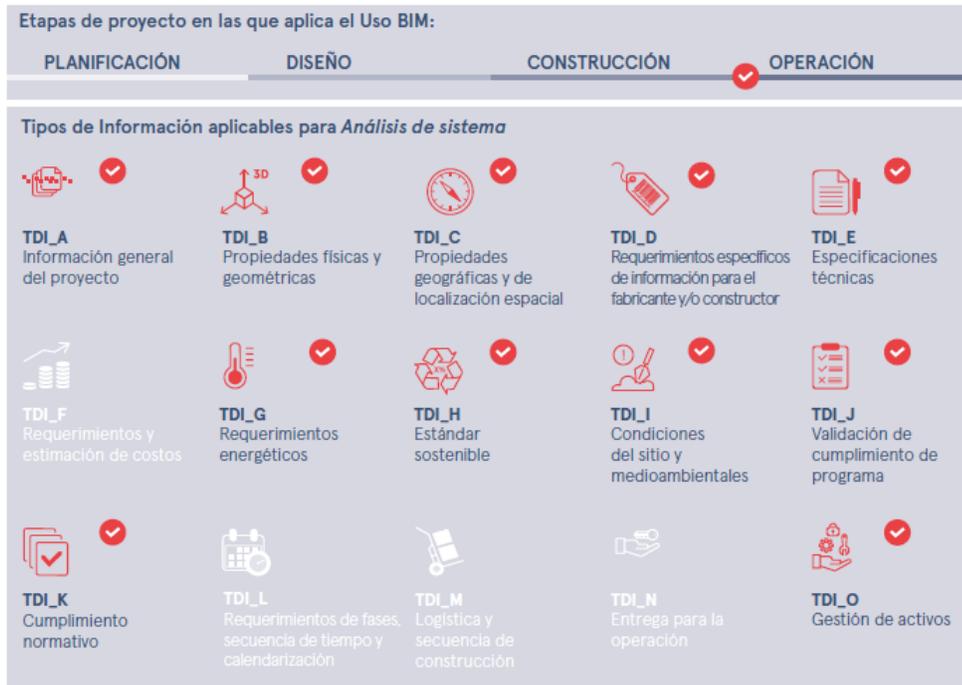


Ilustración 135: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 22 – Análisis de sistemas



Ilustración 136: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 23 – Mantenimiento preventivo



Ilustración 137: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 24 – Gestión y seguimiento de espacios



Ilustración 138: Ficha de Uso BIM para el Uso BIM 25 – Planificación y gestión de emergencias