



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

# **EVALUACIÓN DE LA APLICABILIDAD DEL ESTÁNDAR NACIONAL BIM DE PLANBIM EN UN EDIFICIO PÚBLICO**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL

**KAROL ANDREA TORDECILLA ROJAS**

PROFESOR GUÍA:

DAVID CAMPUSANO BROWN

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

WILLIAM WRAGG LARCO

RICARDO ROJAS PIZARRO

SANTIAGO, CHILE

2020

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR  
AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL  
POR: **KAROL ANDREA TORDECILLA ROJAS**  
FECHA: OCTUBRE 2020  
PROF. GUÍA: DAVID CAMPUSANO BROWN

## **EVALUACIÓN DE LA APLICABILIDAD DEL ESTÁNDAR NACIONAL BIM DE PLANBIM EN UN EDIFICIO PÚBLICO**

La metodología BIM es una forma de trabajo aplicada a la industria de la construcción, la cual permite diseñar, construir y operar una edificación de forma colaborativa archivando la información del proyecto en una maqueta virtual o modelo de representación gráfica de la estructura. Esta viene a reemplazar la manera independiente y desvinculada en la que operan las distintas especialidades en los proyectos y terminar con el uso de grandes cantidades de planos y documentos en papel.

La construcción en Chile representa una parte importante de la economía nacional, por lo que para optimizar y aumentar su productividad es que Corfo ha creado una iniciativa para implementar BIM en los proyectos de edificación, denominado PlanBIM, cuyo foco es utilizar la metodología BIM para el desarrollo y operación de proyectos públicos de edificación al año 2020 y privados al año 2025. Y es en busca de ello que el PlanBIM a la fecha ha generado el Estándar BIM para Proyectos Públicos, cuya finalidad es estandarizar un vocabulario y una codificación de uso común para todos aquellos proyectos públicos que implementen BIM.

Como aporte a lo anterior, es que el presente trabajo de título tiene como principal objetivo evaluar un plan de trabajo que pueda ser aplicado por todos aquellos proyectos públicos de edificación que implementen BIM. Para ello este estudio se divide primordialmente en dos grandes temas.

El primer punto importante que aborda este trabajo es indicar las bases que define el Estándar BIM, poniendo énfasis en los usos que se le pueden pedir a los modelos tridimensionales elaborados en los proyectos que implementan BIM, también llamados “Usos BIM”, la revisión de los modelos BIM a partir del Manual Básico de Entrega de Información (MEI) y los softwares que pueden utilizarse para desarrollar los modelos y extraer la información necesaria en cada caso.

Y, por último, el segundo tema consiste en dar un carácter documental a los modelos con su información asociada, planteando una estrategia de implementación de BIM desde el punto de vista contractual en un proyecto público de edificación.

Se abordan los tipos de Contratos, el manejo de los modelos en cada una de las etapas del proyecto y por cada una de las partes involucradas, la formalización digital de archivos y se describen los equipos computacionales necesarios para el control de los modelos.

# Agradecimientos

En primer lugar, quisiera agradecer a mi familia, mis papás Manuel y Marisol (M&M) y mi hermanito Cristián, por su apoyo incondicional a lo largo de todo este proceso universitario, siempre acompañándome y dándome confianza de que soy capaz de lograr cualquier meta que me proponga. Mención especial a mi papá que sin falta costeó mes a mes esta carrera y me fue a dejar todas las mañanas a la universidad llueva, truene o relampaguee.

Quisiera también agradecer a los amigos que hice a lo largo de estos años, sin ellos la universidad no hubiese sido lo mismo. Gracias a ellos los largos días de estudio también se convirtieron en buenas conversaciones, risas, carretes y muy buenos momentos que hicieron de esta una de las mejores etapas de mi vida. Mención especial para: Cami, Ali, Clau, Panchi, Coni, Tefi, Nico y Ana-Cata. ♡

Agradecer a mis perritos Bobi (†), Oliver (†), Bruno, Lucas y Homero por siempre recibirme con la misma alegría y entusiasmo cada vez que llegaba de la universidad cansada y me daban ánimo para el resto del día.

Y, por último, agradecer a mi profesor guía David Campusano por siempre destinar parte de su tiempo a orientarme, además de ayudarme enormemente durante el desarrollo de este trabajo. Agradecer al profesor Ricardo Rojas por destinar tiempo para transmitirme sus conocimientos. Agradecer al profesor William Wragg por aceptar formar parte de mi comisión. Y agradecer al profesor Eduardo Jerez por su ayuda en la etapa inicial de este trabajo.

Un ciclo se cierra, pero otro se abre.

# Tabla de Contenido

Introducción .....	1
1.1. Introducción general .....	1
1.2. Objetivos .....	2
1.2.1. Objetivo general .....	2
1.2.2. Objetivos específicos .....	2
1.3. Metodología .....	3
1.4. Resultados esperados .....	3
Introducción al sistema BIM .....	4
2.1. BIM .....	4
2.1.1. Dimensiones BIM .....	5
2.2. Modelos 3D .....	6
2.3. Consultas o “usos” que se pueden requerir a BIM .....	7
2.4. Ventajas del uso de BIM .....	8
2.4.1. Ventajas de BIM para mandantes, consultores y contratistas .....	8
2.4.2. Ventajas de BIM para usuarios .....	9
2.5. Ejemplo pedagógico de aplicación .....	10
2.5.1. Descripción del modelo 3D .....	10
2.5.2. Elementos del modelo .....	12
2.5.3. Propiedades de los elementos de Revit .....	12
2.5.4. Información que deben contener los muros .....	13
2.5.5. Cómo cargar información al modelo en Revit .....	16
2.5.6. Cómo extraer información del modelo .....	22
El PlanBIM y el Estándar BIM .....	28
3.1. PlanBIM .....	28
3.1.1. Objetivos del PlanBIM .....	28
3.2. Estándar BIM .....	29
3.2.1. Objetivos del Estándar BIM .....	29
3.3. Términos y definiciones .....	30
3.4. Flujo de información propuesto por el Estándar BIM .....	31
3.4.1. Solicitud de Información BIM .....	31
3.4.2. Plan de Ejecución BIM .....	32
3.5. Usos BIM propuestos por el Estándar BIM .....	32
3.5.2. Principales Usos BIM .....	34

3.5.3. Información mínima requerida en los modelos según los Usos BIM.....	35
3.6. Interoperabilidad .....	42
3.6.1. Pruebas para la revisión de los modelos BIM según el MEI.....	42
3.6.2. Software para revisar el cumplimiento de las pruebas del MEI .....	46
3.6.3. Revisión de un modelo según las pruebas del MEI.....	47
Programas disponibles y equipamiento .....	57
4.1. Programas o softwares BIM .....	57
4.1.1. Software BIM para revisión de modelos BIM .....	58
4.2. Programas para obtener los Usos BIM .....	59
4.3. Aspectos técnicos .....	63
4.4. Conectividad .....	64
Contratos de los proyectos públicos de edificación .....	65
5.1. Contratos de construcción .....	65
5.2. Tipos de contratos .....	66
5.3. Obligaciones de las partes .....	67
5.4. Requerimientos BIM dentro de las Bases de Licitación .....	67
Metodología para la implementación de BIM .....	69
6.1. Análisis sobre la implementación de BIM.....	69
6.2. Manejo actual de la información sin la aplicación del PlanBIM.....	71
6.3. Propuesta de implementación progresiva de la metodología BIM.....	72
Implementación de BIM en un proyecto público de edificación .....	73
7.1. BIM en las etapas de un proyecto.....	73
7.2. Aprobación de los modelos en las etapas de un proyecto público .....	74
7.2.2. Formalización de los modelos BIM.....	77
7.2.3. Cargar y visualizar información en los modelos de forma práctica .....	78
7.3. Estrategia de implementación contractual de BIM en las etapas de un proyecto público de edificación.....	82
7.4. Equipos necesarios para el control por parte del mandante .....	85
Comentarios y conclusiones.....	86
8.1. Comentarios .....	86
8.2. Conclusiones .....	87
Bibliografía .....	89
Anexos .....	90

# Índice de Figuras

Figura 1. Introducción al sistema BIM .....	2
Figura 2. Ciclo de vida de la edificación. Fuente: Página web Alumed.....	4
Figura 3. Disciplinas involucradas en los modelos BIM. Fuente: Página web Baboonlab .....	8
Figura 4. Modelo 3D de la bodega con Revit .....	10
Figura 5. Vista frontal del modelo.....	11
Figura 6. Vista lateral del modelo .....	11
Figura 7. Muros y columnas del modelo .....	12
Figura 8. Conceptos de Revit .....	13
Figura 9. Ubicación de "Editar tipo" .....	16
Figura 10. Propiedades de tipo .....	17
Figura 11. Editar montaje.....	18
Figura 12. Explorador de materiales.....	19
Figura 13. Comandos para la creación de un nuevo parámetro .....	20
Figura 14. Parámetros de proyecto.....	20
Figura 15. Propiedades de cómputo de materiales.....	21
Figura 16. Creación de parámetro "m2" .....	21
Figura 17. Acercamiento a la ubicación de los parámetros creados.....	22
Figura 18. Selección de campos para la creación de la tabla .....	23
Figura 19. Cálculo del campo "Costo ítem" .....	23
Figura 20. Formato de unidad del campo "Costo ítem" .....	24
Figura 21. Solicitar costo total y ordenar elementos.....	24
Figura 22. Exportar modelo de Revit a Navisworks.....	25
Figura 23. Modelo exportado a Navisworks.....	26
Figura 24. Ordenar elementos en Navisworks.....	26
Figura 25. Mostrar programación de obra .....	27
Figura 26. Imágenes de la secuencia constructiva en Navisworks.....	27
Figura 27. Estándar BIM para Proyectos Públicos. Fuente: Página web PlanBIM.....	29
Figura 28. Representación del intercambio de información .....	31
Figura 29. Planes de Ejecución BIM para cada tipo de Proveedor .....	32
Figura 30. Usos BIM organizadas en las fases de un proyecto público. Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos .....	33
Figura 31. Los seis principales Usos BIM.....	34
Figura 32. Obtención cantidades de material y presupuesto en Revit. Fuente: Archivos Ingeniero Eduardo Jerez 2020 .....	36
Figura 33. Coordinación de especialidades en Navisworks. Fuente: Página web www.autodesk.com .....	37
Figura 34. Modelación instalaciones mecánicas en Revit. Fuente: Página web www.autodesk.com38	38
Figura 35. Modelación arquitectura en Revit. Fuente: One Team .....	38
Figura 36. Planificación de obra en Navisworks. Fuente: Página web www.autodesk.com .....	38
Figura 37. Control de obra en Navisworks. Fuente: 2ACAD Global Group .....	40
Figura 38. Modelación as-built en Navisworks. Fuente: Página web apps.autodesk.com .....	41
Figura 39. Representación gráfica del 0,0,0. ....	43
Figura 40. Formato IFC para nombrar los niveles del proyecto. ....	43
Figura 41. Formato IFC para la propiedad de material. ....	44
Figura 42. Representación gráfica de intersección entre elementos.....	45

Figura 43. Formato IFC para la asignación de elemento de carga. ....	45
Figura 44. Formato IFC para la asignación de elementos exteriores. ....	46
Figura 45. Formato IFC para la asignación de resistencia al fuego. ....	46
Figura 46. Ejemplo revisión prueba 3.1 del MEI.....	47
Figura 47. Ejemplo revisión prueba 3.2 del MEI.....	48
Figura 48. Ejemplo revisión prueba 3.3 del MEI sobre niveles del proyecto .....	48
Figura 49. Ejemplo revisión prueba 3.3 sobre la distribución de objetos en los niveles del proyecto .....	49
Figura 50. Ejemplo revisión prueba 3.4 del MEI.....	49
Figura 51. Ejemplo revisión prueba 3.5 sobre los Nombres de los objetos en el modelo .....	50
Figura 52. Ejemplo revisión prueba 3.5 sobre los Tipos de los objetos en el modelo.....	50
Figura 53. Ejemplo revisión prueba 3.6 del MEI.....	51
Figura 54. Ejemplo revisión prueba 3.7 del MEI.....	52
Figura 55. Ejemplo revisión de elementos duplicados en Revit .....	53
Figura 56. Ejemplo revisión de interferencias entre elementos en Revit .....	53
Figura 57. Ejemplo revisión prueba 4.1 del MEI.....	54
Figura 58. Ejemplo revisión prueba 4.2 del MEI.....	55
Figura 59. Ejemplo revisión prueba 4.3 del MEI.....	55
Figura 60. Matriz de Información de Entidades para las Columnas .....	56
Figura 61. Principales softwares BIM y sus funciones.....	57
Figura 62. Logo BIMcollab ZOOM. Fuente: <a href="http://www.bimm4all.com">www.bimm4all.com</a> .....	58
Figura 63. Secuencia de la información de un modelo con más de un software. ....	59
Figura 64. Secuencia de la información de un modelo con un solo software .....	59
Figura 65. Conectividad a través de la red.....	64
Figura 66. Relación entre una Institución Pública y una empresa contratista a través de un contrato de construcción .....	65
Figura 67. Proceso para el desarrollo de los modelos.....	69
Figura 68. Planos 2D en papel. Fuente: Página web <a href="http://www.ingenierojuanbonet.com">www.ingenierojuanbonet.com</a> .....	71
Figura 69. Evolución del archivo en papel al archivo digital.....	72
Figura 70. Aprobación de modelos en la etapa de Diseño .....	75
Figura 71. Aprobación de modelos en la etapa de Construcción .....	76
Figura 72. Aprobación de modelos en la etapa de Operación.....	76
Figura 73. Ejemplo plano de planta de una estructura en Revit. Fuente: Archivos Ing. Eduardo Jerez .....	78
Figura 74. Conjunto de información de un proyecto utilizando BIM .....	78
Figura 75. Creación de parámetro en Revit .....	79
Figura 76. Asignación de sistema de clasificación .....	80
Figura 77. Información detallada del elemento seleccionado en YouBIM. Fuente: Página web <a href="http://www.youbim.com">www.youbim.com</a> .....	81
Figura 78. Estructura de nombre de archivos BIM.....	84
Figura 79. Tipos de modelos BIM. Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos .....	90
Figura 80. Definición de los EAİM. Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos .....	91
Figura 81. Definición de los NDI. Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos .....	96
Figura 82. Entidades mínimas para cada modelo BIM. Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos.....	97
Figura 83. Tipos de modelos BIM que pueden ser requeridos en cada EAİM. Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos .....	98

Figura 84. Niveles de Información para cada entidad y EAIM. Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos.....	99
Figura 85. Matriz de Usos BIM y sus Tipos de Información BIM correspondientes. Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos .....	100
Figura 86. Nomenclatura de archivos y carpetas. Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos	101
Figura 87. Codificación de documentos. Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos .....	102
Figura 88. Colores asociados a los códigos. Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos .....	103
Figura 89. Definición de cada rol BIM. Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos .....	104

# Índice de Tablas

Tabla 1. Dimensiones de la bodega.....	11
Tabla 2. Información muro básico.....	14
Tabla 3. Información de contrafuertes.....	14
Tabla 4. Materiales que se analizarán.....	15
Tabla 5. Información muros básicos no estructurales.....	15
Tabla 6. Costo total de muros ante distintas materialidades de los muros no estructurales.....	25
Tabla 7. Vocabulario BIM.....	30
Tabla 8. Objetivos de los principales Usos BIM.....	34
Tabla 9. Proveedores de los Softwares BIM.....	58
Tabla 10. Softwares para obtener los Usos BIM.....	60
Tabla 11. Requisitos del sistema para Revit.....	63
Tabla 12. Requisitos del sistema para Navisworks.....	63
Tabla 13. Tipos de contratos.....	66
Tabla 14. Usos de los modelos nivel 1.....	70
Tabla 15. Usos de los modelos nivel 2.....	70
Tabla 16. Usos de los modelos nivel 3.....	71
Tabla 17. Rol del BIM Manager.....	83
Tabla 18. Rol del Equipo BIM de la empresa contratista.....	84
Tabla 19. Características equipos computacionales al implementar BIM.....	85

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Introducción general

Por años, la industria de la construcción ha empleado una forma de trabajo donde las distintas disciplinas involucradas operan de manera independiente y desagregada. Si bien esta modalidad ha funcionado a lo largo del tiempo, también se han observado interferencias y colisiones entre las áreas participantes afectando la eficiencia y predictibilidad de costos y plazos de los proyectos.

Es a partir de lo anterior que aparece la metodología BIM, Building Information Modeling, la cual nace hace algunos años con el objetivo de mejorar la forma de trabajo en la industria de la construcción. BIM es un sistema de trabajo que permite a un conjunto de participantes acceder de forma simultánea a toda la información de un proyecto que se ha archivado en un espacio virtual, sirviéndose de la comunicación en línea. Este lugar es un modelo de representación gráfica definido como un modelo 3D, al cual se adhiere la información del proyecto.

Con respecto a la realidad en Chile, la industria de la construcción representa una parte importante de la economía nacional, aportando al producto interno bruto y generando empleos. Sin embargo, esta industria presenta una baja productividad en relación con otros países; principalmente a causa de la falta de tecnologías avanzadas en los métodos de gestión, fragmentación del trabajo realizado por los actores a lo largo del ciclo de vida de los proyectos, entre otros factores. Para solucionar esto es que se busca utilizar BIM en los proyectos nacionales a través de un plan de implementación llamado PlanBIM.

PlanBIM es una iniciativa creada en 2016 por Corfo, que busca incorporar los requerimientos de BIM en los proyectos públicos al año 2020 y privados al año 2025, con el fin de incrementar la productividad y sustentabilidad en la industria de la construcción nacional. Para ello PlanBIM ha generado un Estándar BIM para el manejo de la metodología BIM en proyectos públicos, cuyo objetivo es lograr un intercambio fluido de información entre los actores involucrados creando un vocabulario común y una codificación de documentos unificada.

Actualmente, el Estándar BIM del PlanBIM proporciona las bases que se deben solicitar a los proyectos públicos que implementen BIM, de modo que todos los actores involucrados entiendan el formato de las entregas. Sin embargo, aún queda pendiente definir cómo es el plan de trabajo al aplicar este sistema, es decir, especificar el cómo se gestionan contractualmente los proyectos públicos que utilicen BIM, de forma que las personas vean un interés claro en utilizar este sistema por sobre la forma de trabajo tradicional.

Es a partir de esto que surge este trabajo, el cual busca esclarecer cómo aplicar el PlanBIM de modo que se prefiera el uso del sistema BIM en proyectos públicos por sobre la forma de trabajo tradicional. Con ese fin, en primer lugar, este trabajo definirá la información mínima necesaria que se debe ingresar en los modelos para cumplir con los requerimientos del Estándar BIM y, por último, establecer un plan de trabajo para proyectos públicos aplicando el PlanBIM.

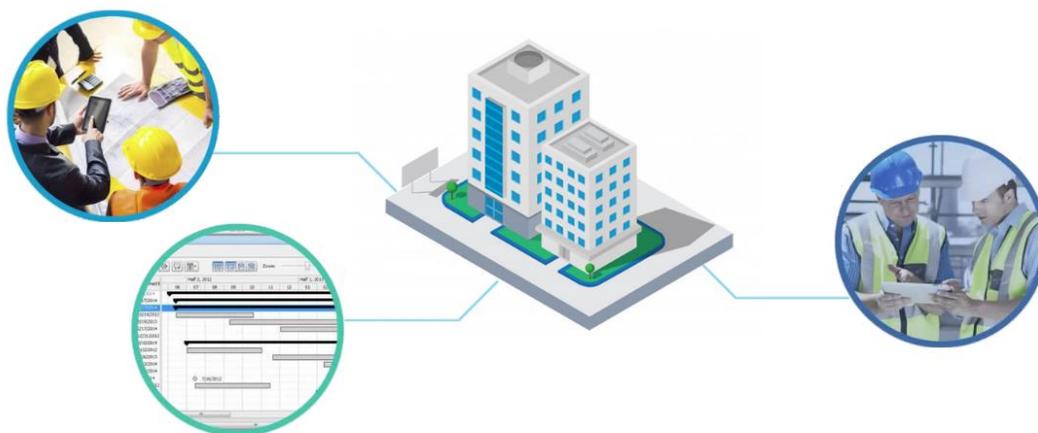


Figura 1. Introducción al sistema BIM

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo general

El objetivo general de este trabajo es realizar un análisis de la aplicación del estándar BIM a proyectos públicos y proponer mejoras en el plan de trabajo, de forma de democratizar el uso de esta metodología en todas las etapas de un proyecto público en base al PlanBIM.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- a) Analizar las reales ventajas y beneficios del uso de BIM en proyectos públicos.
- b) Análisis del Estándar BIM definido en el PlanBIM por Corfo.
- c) Establecer los usos y características mínimas necesarias de los modelos para generar metodologías eficientes de incorporación y extracción de información en estos.
- d) Definir una metodología y estrategia para implementar BIM en un proyecto público de edificación.
- e) Aplicación a un proyecto.

### **1.3. Metodología**

Los pasos por seguir para el desarrollo de este trabajo de título son los siguientes:

- 1) Estudio del sistema BIM.
- 2) Objetivos de usos de BIM para cumplir con el PlanBIM
- 3) Características mínimas de los modelos.
- 4) Estudio de los softwares disponibles actualmente.
- 5) Organización del sistema BIM
- 6) Aplicación a un proyecto público.
- 7) Discusión y conclusiones.

### **1.4. Resultados esperados**

Al finalizar este trabajo, se espera establecer una guía práctica sobre la utilización de BIM en todas las etapas de un proyecto público en base al PlanBIM, permitiendo el acceso y entendimiento de esta metodología por parte de cualquier profesional involucrado. Para ello esta guía debe indicar inicialmente qué información cargar y extraer de modelos virtuales en base a las consultas o Usos BIM requeridos y, más importante aún, proponer una organización o flujo de trabajo en proyectos de edificios públicos aplicando el PlanBIM.

# Capítulo 2

## Introducción al sistema BIM

### 2.1. BIM

BIM (Building Information Modeling) es un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que replantean la forma de trabajo individual y fragmentado permitiendo diseñar, construir y operar una edificación o infraestructura de forma colaborativa en un espacio virtual.

Este representa un sistema de trabajo que permite reunir o archivar la información asociada de un proyecto en una representación digital o modelo 3D, de manera de contener en un mismo archivo la información necesaria para analizar y comprender el desarrollo del proyecto, pudiendo consultarla o corregirla sirviéndose de la conexión a la red.

El modelo o maqueta virtual se utiliza como base o soporte de la información de un proyecto generando un archivo de memoria digital, optimizando los tiempos de búsqueda de información y permitiendo realizar procesos complejos en tiempos mínimos valiéndose de la velocidad electrónica. Este archivo se puede conectar a una red de comunicación pudiendo ser visualizado y utilizado por múltiples participantes de forma simultánea y colaborativa a través de múltiples plataformas a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto.

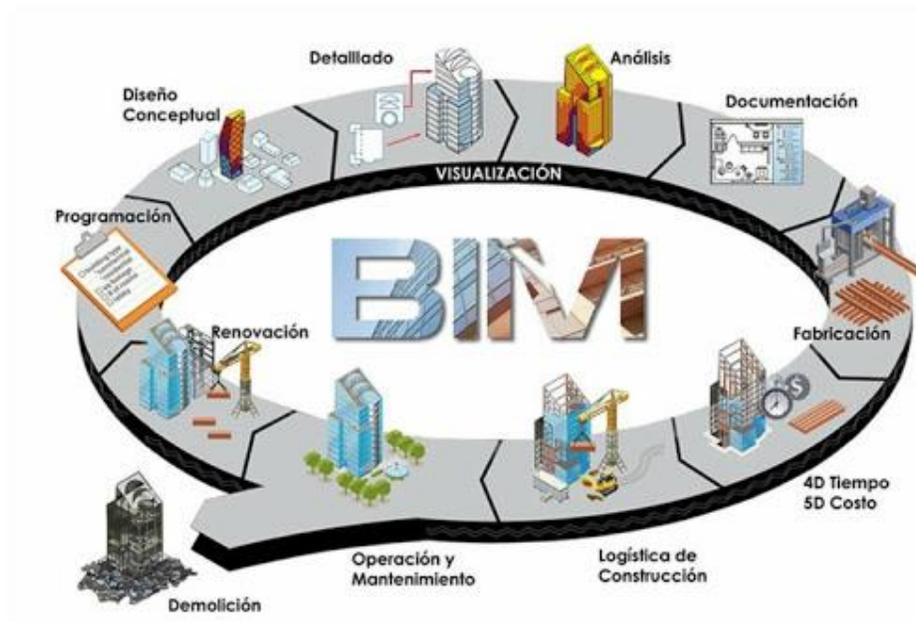


Figura 2. Ciclo de vida de la edificación. Fuente: Página web Alumed

Para desarrollar y analizar un modelo se requieren de herramientas y programas tales como:

- Equipos digitales como computadores que otorguen acceso a información de la red y potencien la capacidad de respuesta del modelo aportando información complementaria (ej. datos de ubicación, asoleamiento, evolución de materiales en el tiempo, entre otros).
- Softwares para crear el modelo y cargarlo de la información necesaria acorde a lo que se le solicitará.
- Softwares que extraigan del modelo la información consultada

Con lo anterior, la tecnología BIM otorga una serie de ventajas como lo es crear modelos integrados de todas las especialidades involucradas en un proyecto y, de esa forma, prevenir “choques” o interferencias, obtener información de los modelos a velocidad electrónica tanto para visualización como para construcción y mantención a través de equipos portátiles o Tablets. facilitar trabajos administrativos como ubicación, verificación, valorización de estados de avance, entre otros; y obtener simulaciones de la edificación para analizar la apariencia, funcionamiento, costo y plazo del proyecto optimizándolo en el Diseño.

### **2.1.1. Dimensiones BIM**

A través del sistema BIM los modelos son capaces de representar el ciclo de vida de un proyecto, el cual comprende en total 7 fases denominadas “dimensiones BIM” que abarcan desde la idea hasta la operación y mantenimiento de la edificación.

#### **1ª Dimensión: La idea**

Esta dimensión incluye la determinación de la localización y las condiciones iniciales de la estructura tales como estimaciones geométricas, costos y volúmenes de materiales.

#### **2ª Dimensión: El boceto**

Esta dimensión incluye la fase de boceto determinando las características genéricas del proyecto. Se definen los materiales, cargas estructurales y dimensión energética del proyecto.

#### **3ª Dimensión: El modelo gráfico tridimensional**

Una vez recopilada la información de las dos primeras dimensiones, se procede a modelar geoméricamente la infraestructura en formato 3D.

#### **4ª Dimensión: El tiempo**

Dimensión para realizar una planificación temporal de cada una de las fases del proyecto.

#### **5ª Dimensión: El costo**

Esta dimensión comprende el análisis y estimación de los costos del proyecto, además de su control a medida que este avance o se vea modificado.

#### **6ª Dimensión: El análisis de sostenibilidad**

Se trata de simular una serie de alternativas para analizarlas y determinar cuál de ellas es más adecuada u óptima para ser llevada a cabo, mejorando la sostenibilidad del proyecto.

#### **7ª Dimensión: La gestión del ciclo de vida**

Dimensión en que se realiza la gestión de localización y organización de la información referente a una infraestructura a lo largo de toda su vida útil.

## 2.2. Modelos 3D

Un modelo 3D es una representación visual de una edificación que sirve de soporte para archivar la información del proyecto en sus distintos estados de avance y en una sola plataforma virtual. Esta información, que puede ser tanto geométrica como no geométrica se almacena en los elementos que conforman los modelos llamados “entidades”. Estas entidades abarcan desde elementos geográficos y de terreno hasta elementos estructurales como muros, vigas, columnas e instalaciones MEP – instalaciones mecánicas, eléctricas y de plomería –.

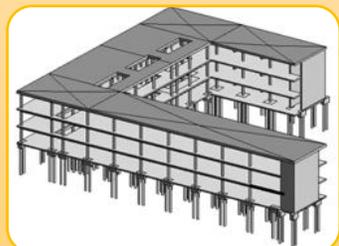
Estos modelos se pueden desarrollar durante cualquier etapa del ciclo de vida de un proyecto. Se generan distintos modelos para las etapas de Diseño, Construcción y Operación, donde para cada caso los modelos correspondientes son el resultado del ajuste y modificación de los modelos de las etapas o fases anteriores del proyecto a medida que este avanza.

En primer lugar, durante la etapa de Diseño del proyecto se generan los **modelos preliminares**. Estos posteriormente son modificados y al final de la etapa resultan los **modelos definitivos** que servirán de base en la etapa de Construcción, etapa durante la cual son ajustados nuevamente generando los **modelos as-built** que serán usados en la Operación para la mantención de la edificación. Todos los modelos anteriores finalmente resultarán en un modelo que servirá de archivo histórico del proyecto.



### Modelos preliminares:

- Estudios preliminares
- Estudios del lugar de emplazamiento
- Anteproyecto Referencial
- Diseño o Proyecto Definitivo de Ingeniería de detalles



### Modelos definitivos:

- Planificación de la Construcción
- Coordinación
- Construcción
- As-built



### Modelos de operación:

- Certificación
- Operación
- Mantenimiento
- Planificación y gestión de emergencias
- Desmontaje, final de la vida útil

## 2.3. Consultas o “usos” que se pueden requerir a BIM

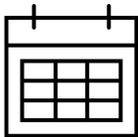
En la industria de la construcción, la forma de trabajo utilizando la metodología BIM ofrece una serie de posibilidades, donde es de vital importancia saber por un lado cuales son las necesidades del cliente para luego conocer cuáles serán los usos que se les otorgarán al modelo en base a la información requerida o consultada, es decir, la finalidad última.

Los usos que se le pueden dar al sistema BIM son variados, siendo los principales los que se muestran a continuación.



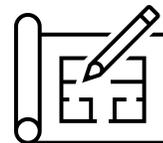
Conocer el efecto que una edificación o estructura puede causar en su entorno y como el entorno puede influir en este mismo en cualquier etapa del proyecto.

Estimar los costos de una obra y la cantidad de materiales que se deban utilizar, permitiendo realizar un presupuesto y estimar el costo total de una construcción.



Hacer simulaciones o modelación 4D de todas las variables que pueden estar asociadas a la obra. Esto abarca desde simular la secuencia constructiva de una edificación, hasta el comportamiento de sus componentes en el tiempo. A partir de esto, se puede detectar con anticipación cualquier error que pueda tener la estructura y de esa forma prevenirlos al momento de llevar a cabo la obra sin necesidad de hacer todo desde cero.

Visualización y revisión del diseño de la maqueta virtual previo a la construcción, permitiendo una supervisión más sencilla. Esto es posible gracias a la conectividad que existe en la nube como medio de interconexión, permitiendo que varios participantes de un equipo de trabajo puedan visualizar la edificación desde sus computadores o cualquier lugar con conexión a internet sin necesidad de reunirse físicamente.



Facilita la supervisión, y por ello, acelera la realización de correcciones. Además, ayuda a que sea más sencillo para los entes estatales poder evaluar una obra y generar permisos en el menor tiempo posible.

## 2.4. Ventajas del uso de BIM

Como se ha mencionado a lo largo de este capítulo, BIM es un sistema de trabajo en el que se gestionan los datos de un edificio a través de un modelo de representación gráfica en tiempo real. Para esto BIM funciona como una maqueta digital con una gran base de datos que permite gestionar todos los elementos que forman parte de la infraestructura de una obra, durante todo su ciclo de vida.

Todo lo anterior permite una mayor fiabilidad, rapidez y una mejor productividad al momento de diseñar la construcción o remodelación de un edificio, optimizando todas las fases del proyecto, desde su planificación hasta su operación y mantenimiento, lo que se potencia aún más debido a que, a través de los modelos, la participación de las distintas disciplinas se puede llevar a cabo de forma simultánea gracias a la interconectividad.

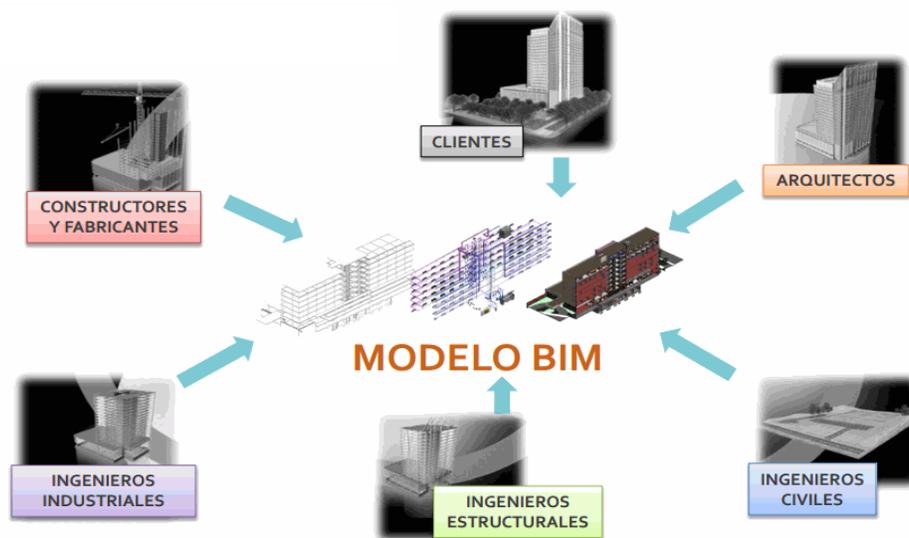


Figura 3. Disciplinas involucradas en los modelos BIM. Fuente: Página web Baboonlab

Es así como el sistema BIM ofrece una serie de ventajas y beneficios que favorecen no solo a quienes trabajan directamente con los modelos – mandantes, consultores y contratistas –, sino que también otorga ventajas a los usuarios.

### 2.4.1. Ventajas de BIM para mandantes, consultores y contratistas

Dentro de las principales ventajas del uso de BIM en esta categoría, la primera y más importante es que los modelos, al ser consultados por alguna información ya sea simple como una cubicación de un tipo de material o complejas como comparar el avance real con el planificado de cierta etapa, a través de un software estas son respondidas a velocidad electrónica.

Si bien estas mismas consultas pueden ser respondidas de forma tradicional, cubicando planos en papel y luego relacionándolas con archivos digitales, por medio de BIM esto se logra con mayor rapidez, con una visualización más real en 3D y precisión numérica.

Tanto la visualización como la obtención de información de los modelos virtuales, a través de la tecnología BIM, se podría llevar a cabo por medio de equipos portátiles de forma rápida y directa. Por ejemplo, en la construcción trabajadores y supervisores podrían contar con Tablets como parte de su equipo de obra, donde se pudiera revisar el modelo y extraer especificaciones que sean de utilidad en terreno. De igual forma, para la mantención se podría obtener el historial de equipos reparados e instalados en el proyecto, con sus catálogos, características y repuestos para operar veloz y eficazmente.

Junto con lo anterior, a través de los modelos se puede evaluar un mayor número de variables en el diseño de una edificación, debido a que para cada modificación los resultados se actualizan automáticamente. Esto permite evaluar y comparar los resultados obtenidos para cada alternativa de diseño en tiempo real, proceso iterativo que por medio del sistema tradicional puede tardar varios días o semanas. Por ejemplo, para el desarrollo de un proyecto complejo como un hospital, si al momento de valorizarlo se supera el presupuesto posible, a través de modelos BIM se pueden idear modificaciones y obtener un nuevo costo y tiempo de construcción en solo minutos optimizando estas variables.

Y en general se presentan una gran cantidad de beneficios tales como:

- Mejorar la administración de datos e información compleja de proyectos.
- Los modelos 3D facilitan la comprensión de un proyecto.
- Facilita la comunicación, trazabilidad y transparencia de la información.
- Facilita la integración, actualización y coordinación de toda la información.
- Permite prever y solucionar los problemas de diseño de manera anticipada.
- Permite el trabajo en línea simultáneo de todos los actores involucrados.
- Permite simular el comportamiento de un proyecto.
- Permite simular y planificar medidas de seguridad y prevención de riesgos.
- Facilita el uso de componentes constructivos prefabricados.

#### **2.4.2. Ventajas de BIM para usuarios**

Así como la metodología BIM otorga un sin número de beneficios al optimizar los procesos que se desarrollan en un proyecto constructivo, a partir de este, también es posible observar ventajas hacia los usuarios.

Dentro de las ventajas que BIM les ofrece a los usuarios destacan:

- Mejorar la calidad de los proyectos.
- Reducir la generación de residuos.
- Reducir plazos de entrega y costos de los proyectos.
- Generar diseños más eficientes y sustentables, reduciendo emisiones y consumo energético.

## 2.5. Ejemplo pedagógico de aplicación

Como una forma de visualizar algunas de las ventajas y potencialidades que se obtienen al utilizar la metodología BIM, además de mostrar cómo utilizar algunos de los softwares BIM, se presenta a continuación un ejemplo de aplicación basado en un modelo 3D desarrollado previamente en Revit, software BIM de diseño y dibujo paramétrico.

Este ejemplo consiste en el modelo de una bodega cuya función es contener explosivos y sustancias peligrosas. A este modelo se le realizará un análisis de costo del conjunto **muros/columnas** ante distintas materialidades, con el fin de mostrar cómo ante ciertas variaciones, los resultados se actualizan en tiempo real pudiendo compararlos y conocer la opción más económica en poco tiempo. Y, adicionalmente, se obtendrá la programación del total de la obra de la bodega exportando el modelo de Revit a Navisworks, software que genera animaciones y permite simular la secuencia constructiva.

### 2.5.1. Descripción del modelo 3D

Dada la función de la bodega, se diseñaron muros de mayor resistencia adicionando columnas que trabajan como contrafuertes. Además posee una cubierta de acero liviana, de modo que, de ocurrir una explosión al interior, el material que salga eyectado lo haga hacia arriba y no hacia los lados. Junto a esto, también presenta ventilaciones a los costados, una entrada principal para el ingreso de camiones y entradas secundarias laterales.

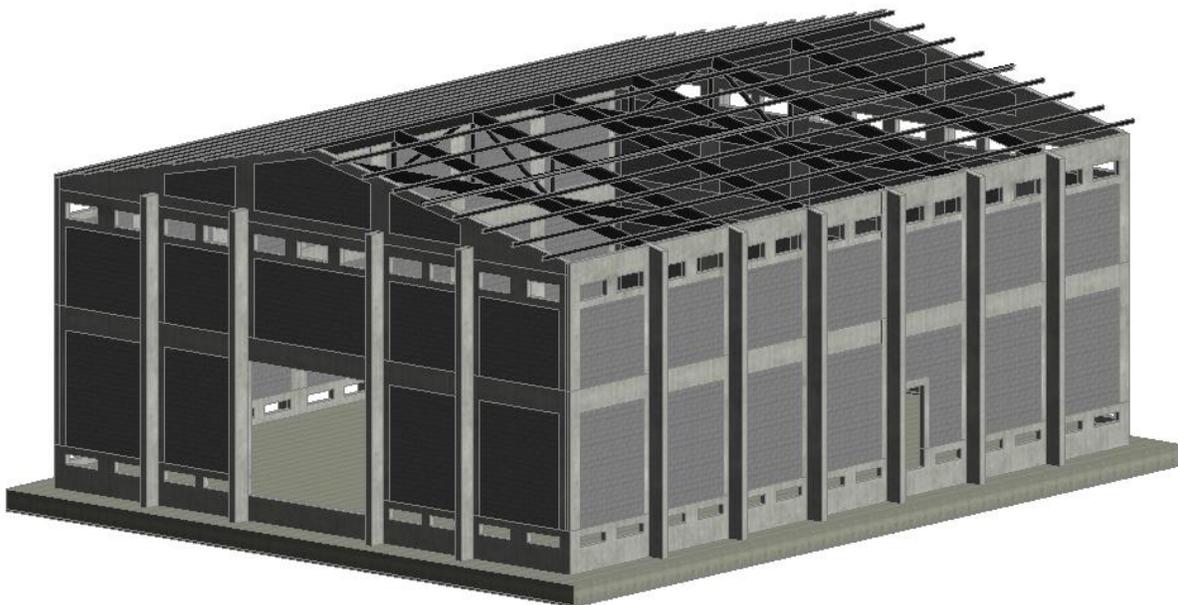


Figura 4. Modelo 3D de la bodega con Revit

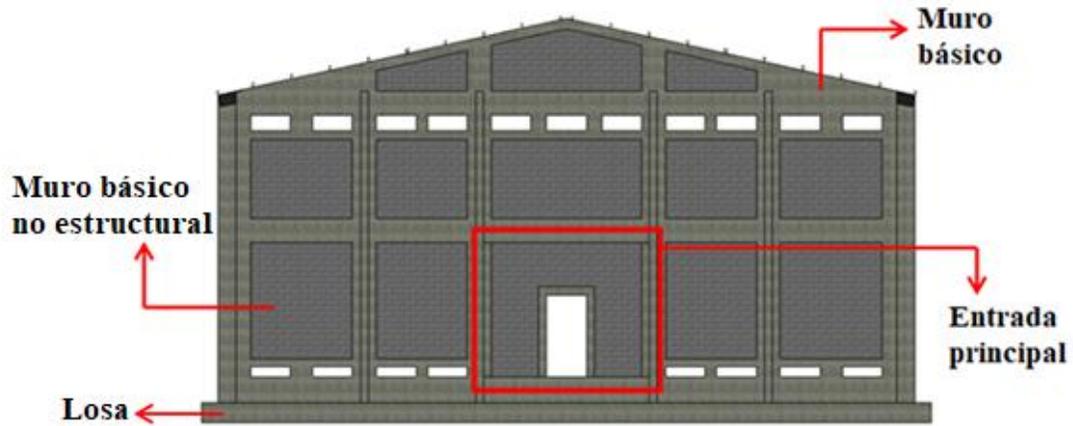


Figura 5. Vista frontal del modelo

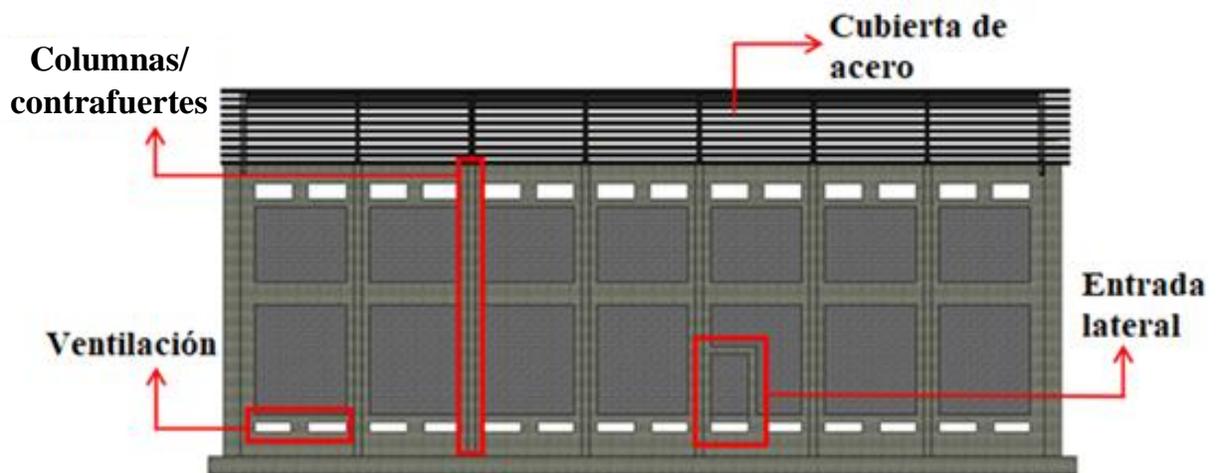


Figura 6. Vista lateral del modelo

Las dimensiones de la bodega se muestran a continuación.

Tabla 1. Dimensiones de la bodega

Dimensiones	Valor	Unidad
Largo	2100	cm
Ancho	1645	cm
Alto	920	cm

## 2.5.2. Elementos del modelo

Los modelos 3D están conformados por una serie de elementos físicos como muros, pilares, entre otros, y elementos abstractos como los niveles, ejes de referencias, cotas, entre otros. Estos elementos son llamados también “Entidades”, donde cada una se define y carga de información de forma individual dependiendo de los objetivos que se deseen cumplir con el modelo.

En el caso del modelo de la bodega, este presenta las siguientes “Entidades”:

- Muros (muro básico, muro básico no estructural)
- Columnas (contrafuertes)
- Losa/Radier
- Cubierta/Techumbre (armazón estructural)

Dentro de estos elementos, dado que se busca evaluar el costo de los muros, son estos los que toman mayor relevancia, por lo que a partir de aquí el ejemplo sólo se centrará en describir los muros y cómo cargar la información necesaria en ellos.

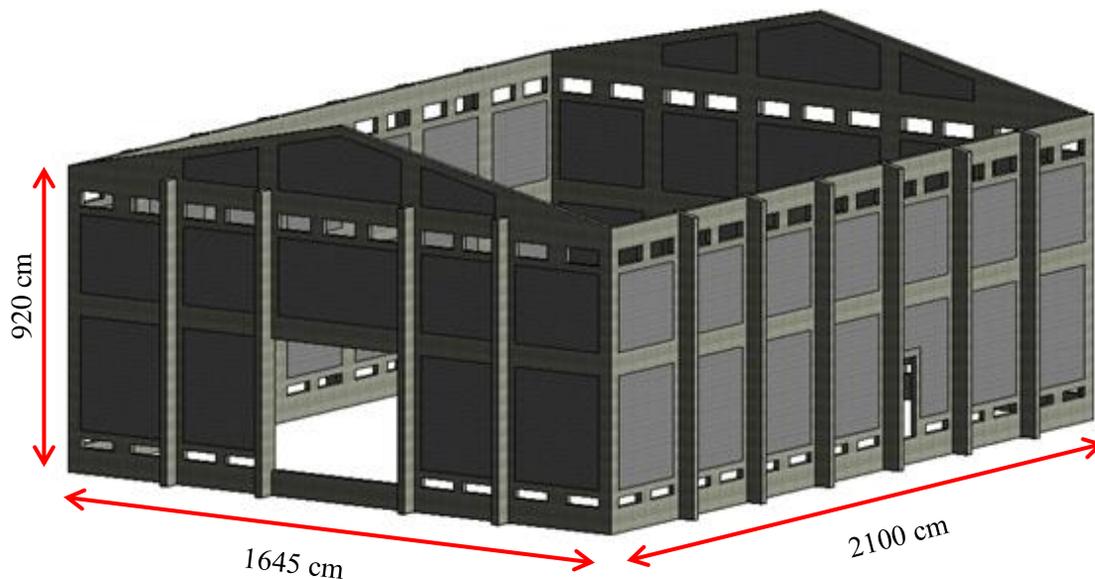


Figura 7. Muros y columnas del modelo

## 2.5.3. Propiedades de los elementos de Revit

Todos los elementos que componen un modelo desarrollado en Revit pertenecen a un tipo de **familia**. Las familias corresponden a los elementos más básicos de un modelo y que son

proporcionados por el software. Estas pueden ser los muros, pilares u otros elementos que permitan modelar la estructura.

A su vez, cada familia puede contar con distintos **tipos**, los cuales representan variaciones que pueden presentar los elementos dentro de la misma familia, tales como cambios en las dimensiones.

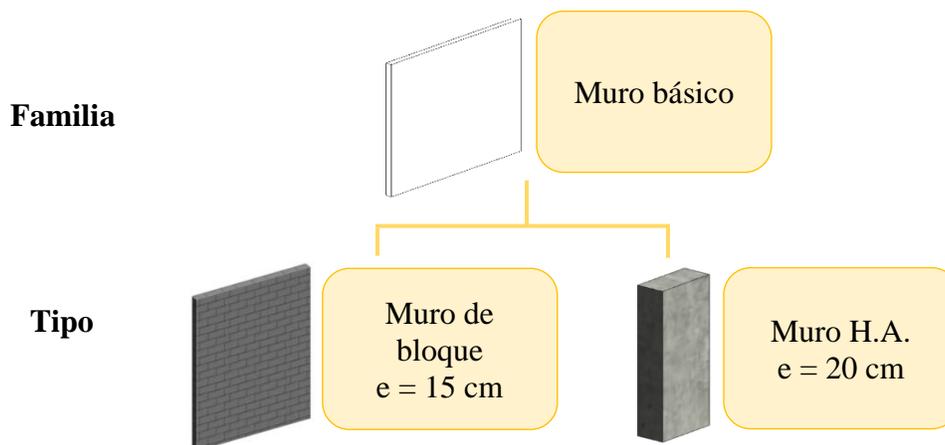


Figura 8. Conceptos de Revit

Para definir la información de los elementos en el modelo, Revit ofrece dos formas de hacerlo: “Propiedades de tipo” y “Propiedades de ejemplar”.

**Propiedades de tipo:** Esta clase de propiedad es común a todos los elementos de una familia, donde los valores de los parámetros pertenecientes a este tipo de propiedad serán los mismos para todos los ejemplares de dicha familia y cualquier cambio en los valores se actualizará en todos los elementos correspondientes.

**Propiedades de ejemplar:** Esta clase de propiedad sólo es válida para aquellos elementos que se hayan seleccionado del modelo o al elemento que se va a colocar

#### 2.5.4. Información que deben contener los muros

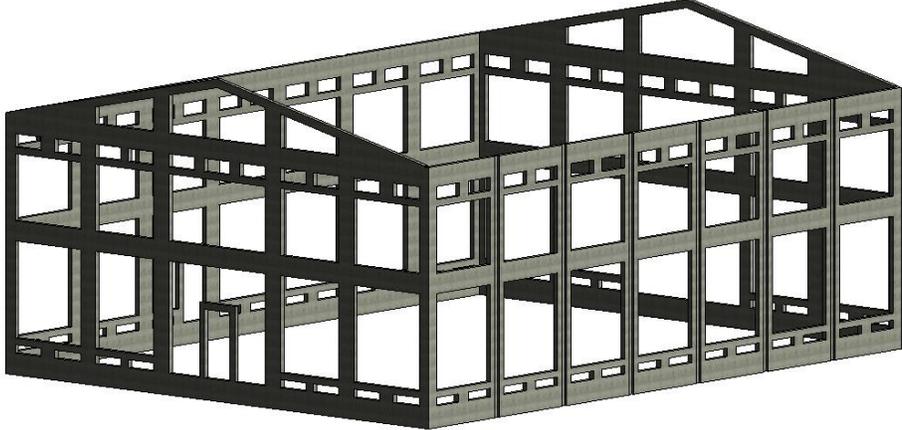
Para poder llevar a cabo el análisis de costos de los muros del ejemplo, los elementos o entidades que los componen deben tener cierta información incorporada, la cual incluye información geométrica y no geométrica

**Información geométrica:** Espesor

**Información no geométrica:** Familia, Tipo, Material y Costo unitario

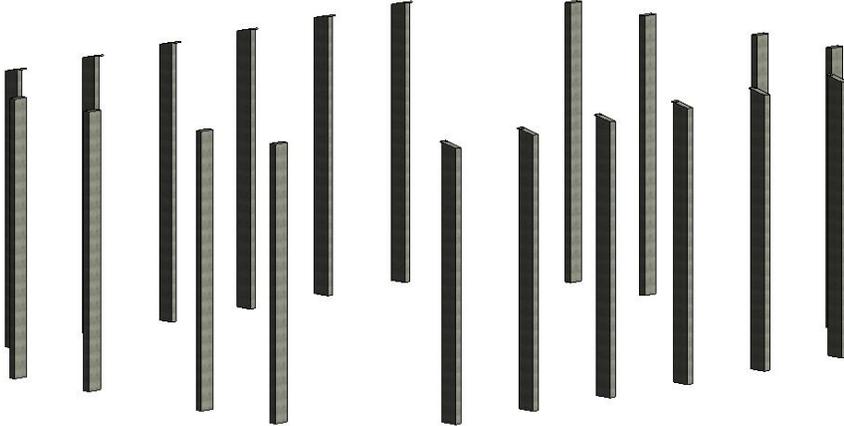
A continuación, se indica la información contenida en los elementos que conforman los muros del modelo en estudio.

Tabla 2. Información muro básico



<b>Familia</b>	Muro básico
<b>Tipo</b>	M.H.A. e = 15 cm
<b>Espesor</b>	15 cm
<b>Material</b>	Hormigón G25 (10)
<b>Costo unitario por m<sup>3</sup></b>	\$250.000

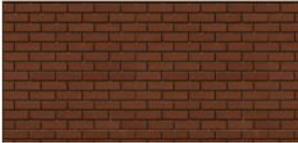
Tabla 3. Información de contrafuertes



<b>Familia</b>	Columna
<b>Tipo</b>	C.H.A. e = 20 cm
<b>Espesor</b>	20 cm
<b>Material</b>	Hormigón G25 (10)
<b>Costo unitario por m<sup>3</sup></b>	\$250.000

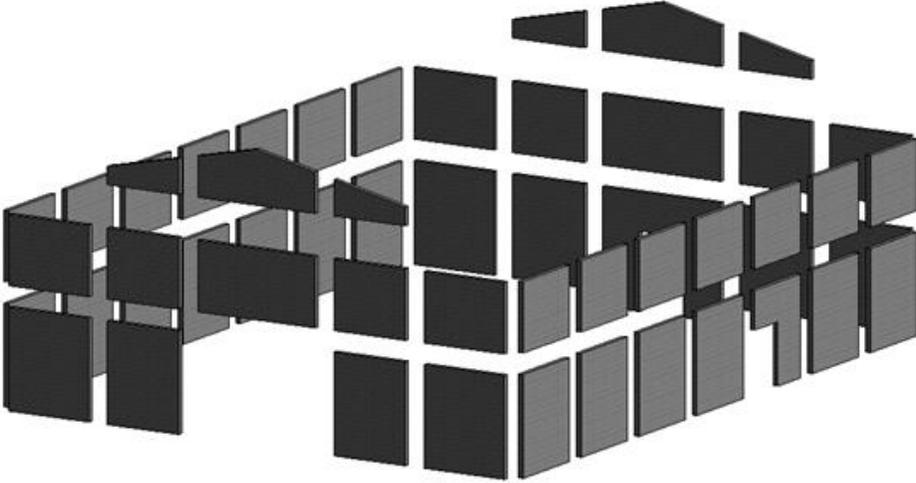
Para evaluar los costos de muros ante distintas materialidades, se escogió variar la materialidad de los muros básicos no estructurales que se indicaron en la Figura 5. Esto porque al cambiar su material la resistencia general de la infraestructura no debiera variar en gran medida, permitiendo realizar una evaluación económica. Al contrario de lo que ocurriría si se cambiara el material de los contrafuertes, los que se diseñaron luego del proceso de cálculo y cuyo material, por ende, no puede ser cambiado del ya asignado.

Tabla 4. Materiales que se analizarán

Hormigón prefabricado	Albañilería de bloque	Albañilería
		

Luego la información incorporada en este tipo de elemento para cada material es:

Tabla 5. Información muros básicos no estructurales

	
<b>1<sup>er</sup> material</b>	
<b>Familia</b>	Muro básico
<b>Tipo</b>	MURO PREFABRICADO e = 15 cm
<b>Espesor</b>	15 cm
<b>Material</b>	Hormigón prefabricado
<b>Costo unitario por m<sup>2</sup></b>	\$71.250
<b>2<sup>o</sup> material</b>	
<b>Familia</b>	Muro básico
<b>Tipo</b>	MURO DE BLOQUE e = 15 cm
<b>Espesor</b>	15 cm
<b>Material</b>	Albañilería de bloque
<b>Costo unitario por m<sup>2</sup></b>	\$27.000
<b>3<sup>er</sup> material</b>	
<b>Familia</b>	Muro básico
<b>Tipo</b>	MURO ALBAÑILERÍA e = 15 cm
<b>Espesor</b>	15 cm
<b>Material</b>	Albañilería
<b>Costo unitario por m<sup>2</sup></b>	\$28.500

### 2.5.5. Cómo cargar información al modelo en Revit

Dado que el modelo de este ejemplo se desarrolló en Revit, la información también se cargará a través de este software.

Para indicar el cómo se carga la información en los elementos del modelo, se utilizará como ejemplo el ingreso de información para el caso de los muros no estructurales de albañilería de bloque.

#### **Paso 1:**

Seleccionar los elementos a los cuales se les cargará la información correspondiente y presionar la pestaña “Editar tipo”.

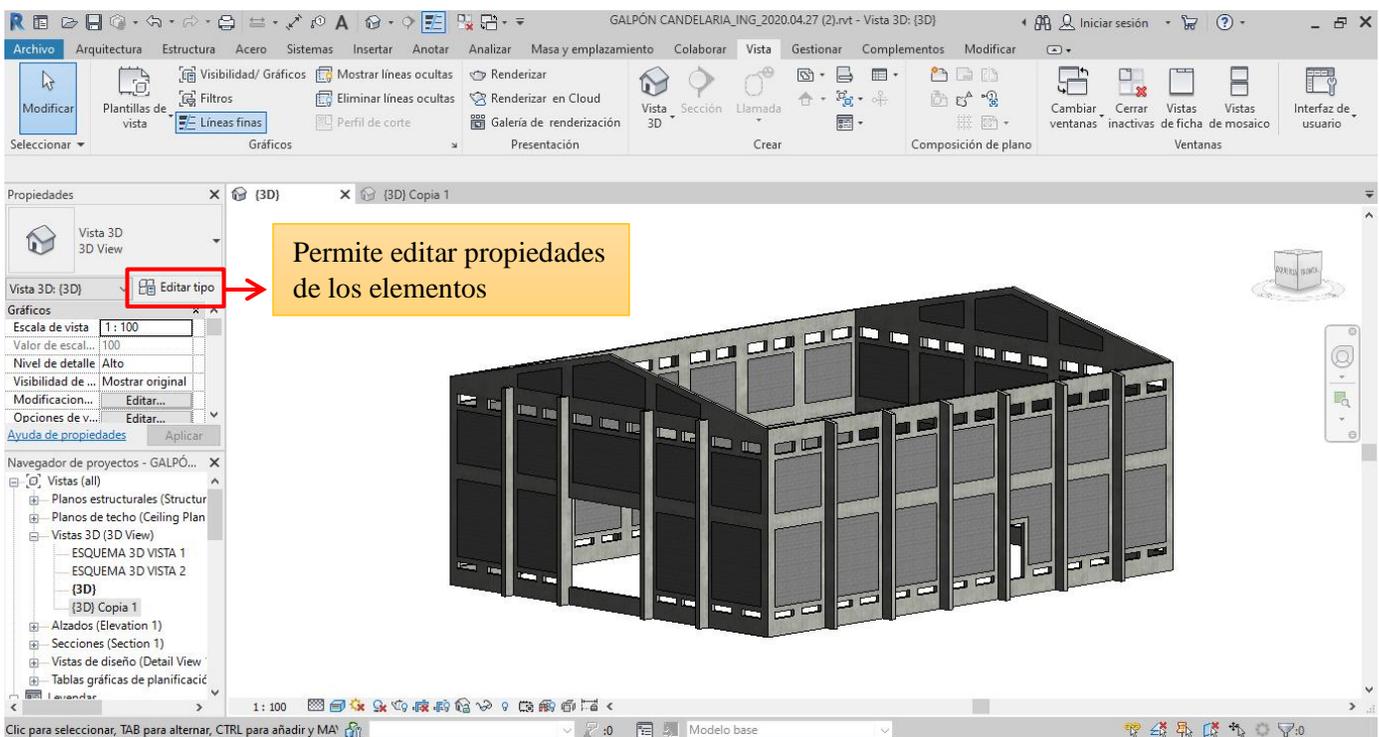


Figura 9. Ubicación de "Editar tipo"

A partir de esto se abre la ventana “Propiedades de tipo”, donde directamente es posible cargar la siguiente información:

- Familia
- Tipo
- Costo unitario de material.

Cabe mencionar que al momento de cargar en el modelo los costos unitarios de cada elemento, estos valores deben ser conocidos previamente, de modo que a los elementos cuyo

material se cuantifique por  $m^2$  se le asigne el costo unitario por esta unidad, y lo mismo cuando es por  $m^3$ . El cómo identificar si los materiales de los elementos se miden en  $m^2$  o  $m^3$  se explicará más adelante en el Paso 4.

Como se muestra en la figura a continuación, el costo unitario cargado pertenece al costo unitario de un  $m^2$  de material. Esto debido a que el material que se va a cargar en este ejemplo – albañilería de bloque – se cuantifica por  $m^2$ , tal y como se menciona en la Tabla 4.

Propiedades de tipo

Familia: Familia de sistema: Muro básico Cargar...

Tipo: MURO DE BLOQUE e=15 cm Duplicar...  
Cambiar nombre...

Parámetros de tipo

Parámetro	Valor
<b>Construcción</b>	
Estructura	Editar...
Envolvente en inserciones	Sin envolvente
Envolvente en extremos	Ninguno
Anchura	0.1500 m
Función	Cimentación
<b>Gráficos</b>	
Patrón de relleno de detalle bajo	
Color de relleno de detalle bajo	■ Negro
<b>Materiales y acabados</b>	
Material estructural	
<b>Propiedades analíticas</b>	
Coeficiente de transferencia de calor (U)	3.3333 W/(m <sup>2</sup> ·K)
Resistencia térmica (R)	0.3000 (m <sup>2</sup> ·K)/W
Masa térmica	23.69 kJ/K
Absortancia	0.100000
Aspereza	1
<b>Datos de identidad</b>	
Imagen de tipo	
Nota clave	MURO
Modelo	
Fabricante	
Comentarios de tipo	
URL	
Descripción	MURO DE BLOQUE
Descripción de montaje	
Código de montaje	
Marca de tipo	M. DE B.
Clasificación para incendios	
Costo	\$27000.00

¿Qué hacen estas propiedades?

<< Vista previa Aceptar Cancelar Aplicar

Figura 10. Propiedades de tipo

## **Paso 2:**

Para cargar el espesor de los elementos seleccionados se debe seguir el siguiente comando:

*Propiedades de tipo > Editar*

A partir de esto se abre la ventana “Editar montaje”, donde es posible cargar directamente el espesor de muro.

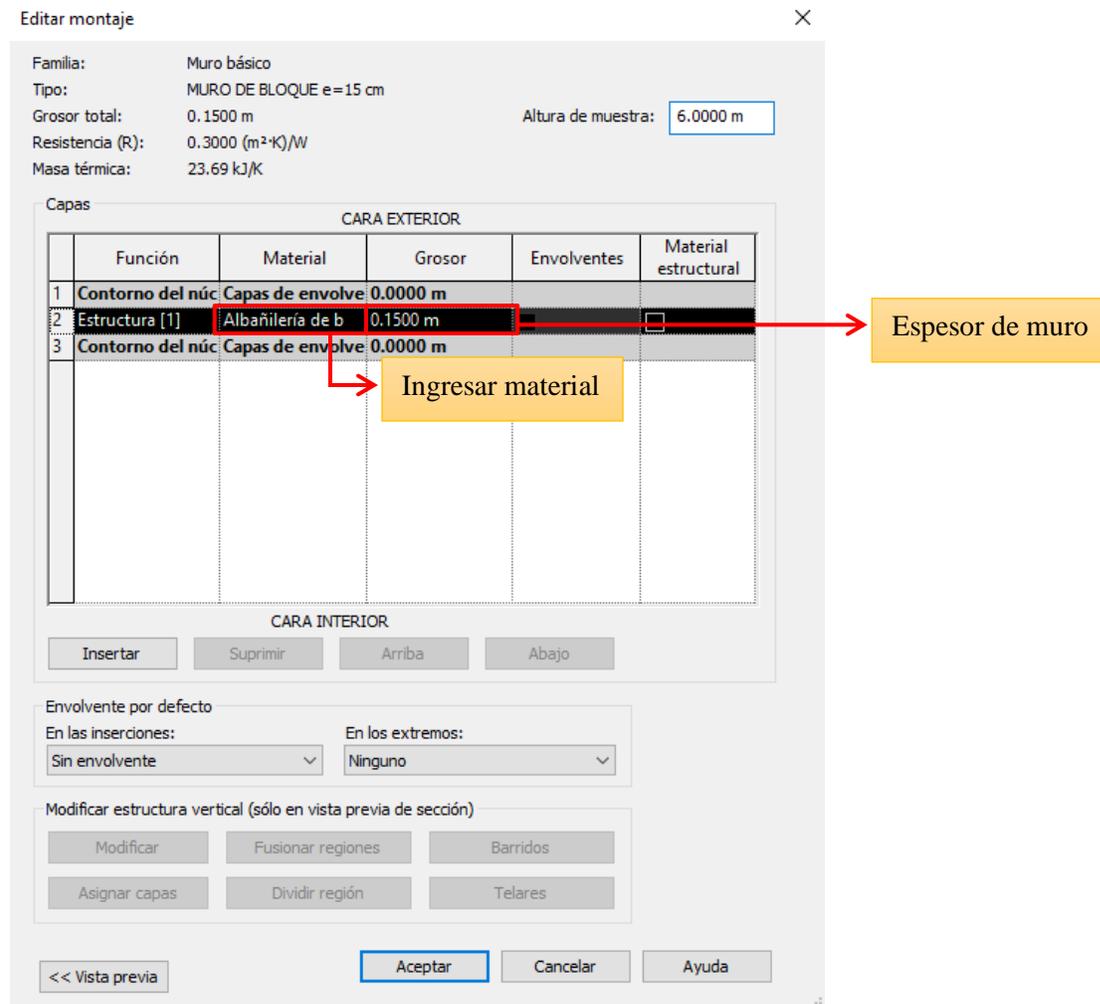


Figura 11. Editar montaje

## **Paso 3:**

Para cargar el material de los elementos seleccionados, se debe presionar la pestaña ubicada en la intersección de los parámetros “Estructura” y “Material” que aparecen en la Figura 11.

A partir de esto se abre una nueva ventana llamada “Explorador de materiales”, donde se podrá seleccionar el material correspondiente a los elementos seleccionados en el Paso 1.

En este caso el material seleccionado es “Albañilería de bloque”.

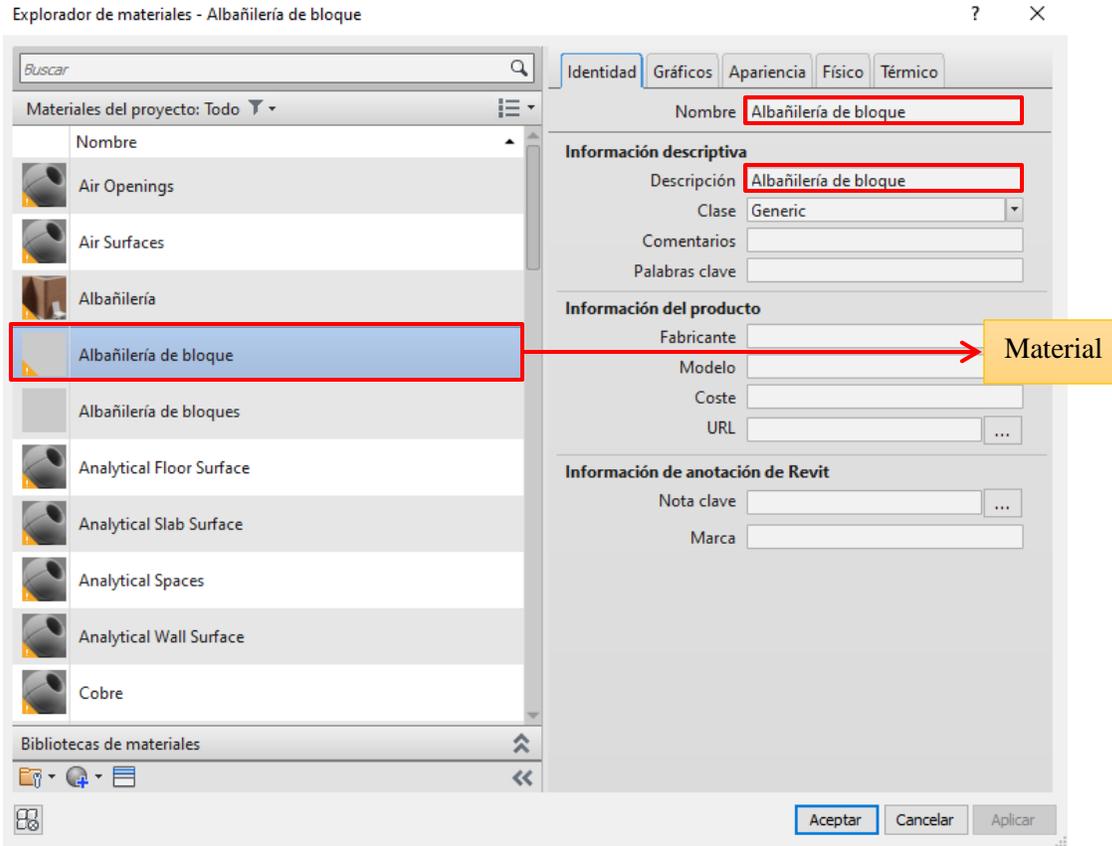


Figura 12. Explorador de materiales

#### **Paso 4:**

Para identificar si la cantidad de material se mide por  $m^2$  o  $m^3$  en cada elemento del modelo, se debe definir un parámetro para cada unidad que asigne a cada elemento un “1” si corresponde a su unidad de material y un “0” cuando no.

Lo anterior permitirá poder hacer el cálculo correcto al momento de obtener el costo total por elemento y, por consiguiente, el costo total de muros como se observará más adelante.

Cabe mencionar que para los muros de las Tablas 2, y 3, la cantidad de material se mide por  $m^3$ , mientras que para los muros de la Tabla 5 la cantidad de material se mide por  $m^2$  para cada uno de los materiales que se evaluarán en este caso.

A continuación, se mostrará cómo crear el parámetro correspondiente a la unidad de  $m^2$ , cuyo procedimiento es análogo para el caso de  $m^3$ .

1. En la ventana principal de Revit seguir el siguiente comando:

*Gestionar > Parámetros de proyecto*

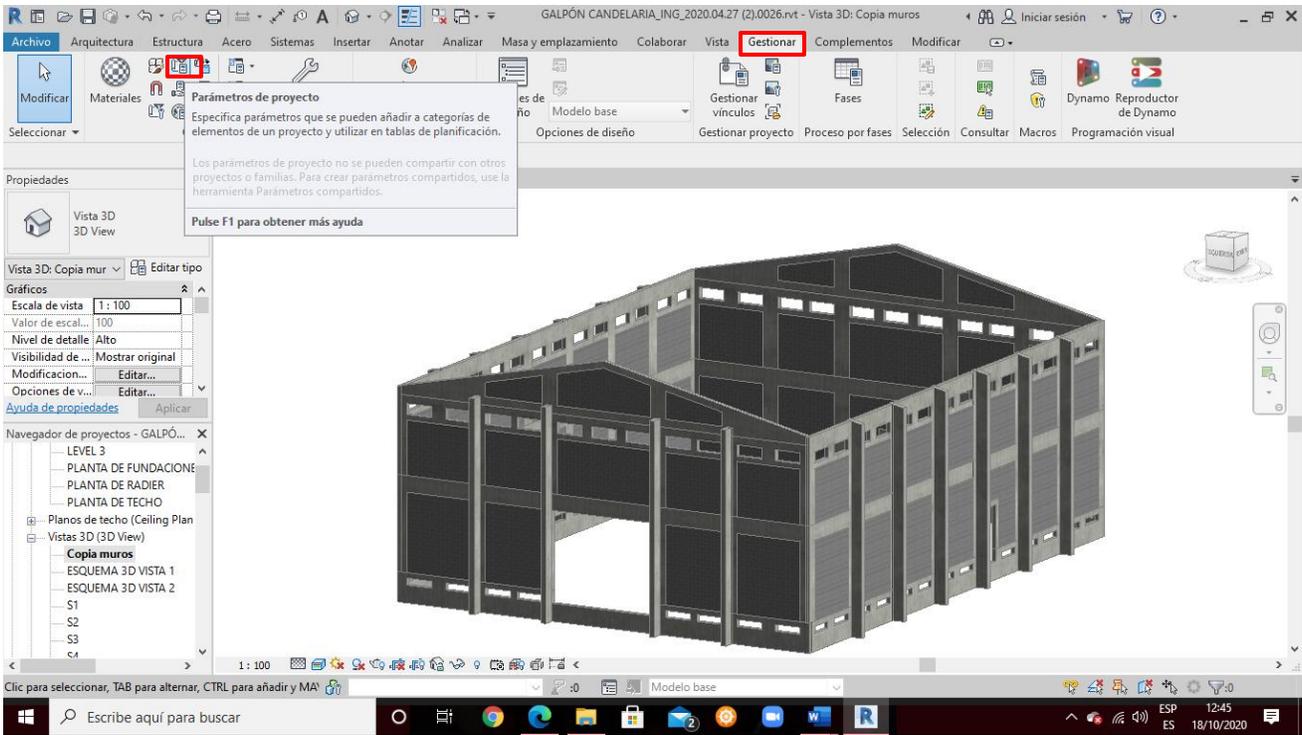


Figura 13. Comandos para la creación de un nuevo parámetro

2. Se desplegará la ventana “Parámetros de proyecto” donde se debe presionar “Añadir” para crear un nuevo parámetro.

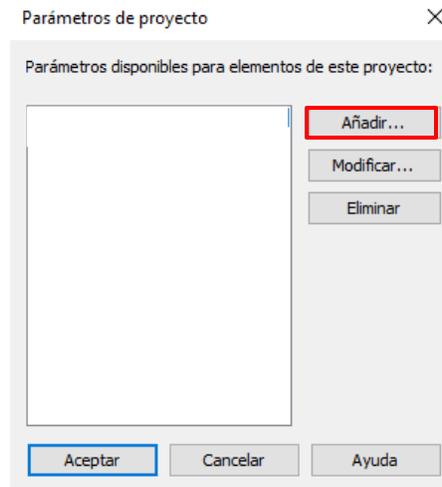


Figura 14. Parámetros de proyecto

3. Posteriormente, se desplegará la ventana “Propiedades de parámetro” donde se definirán las propiedades del parámetro “m2” que se está creando.

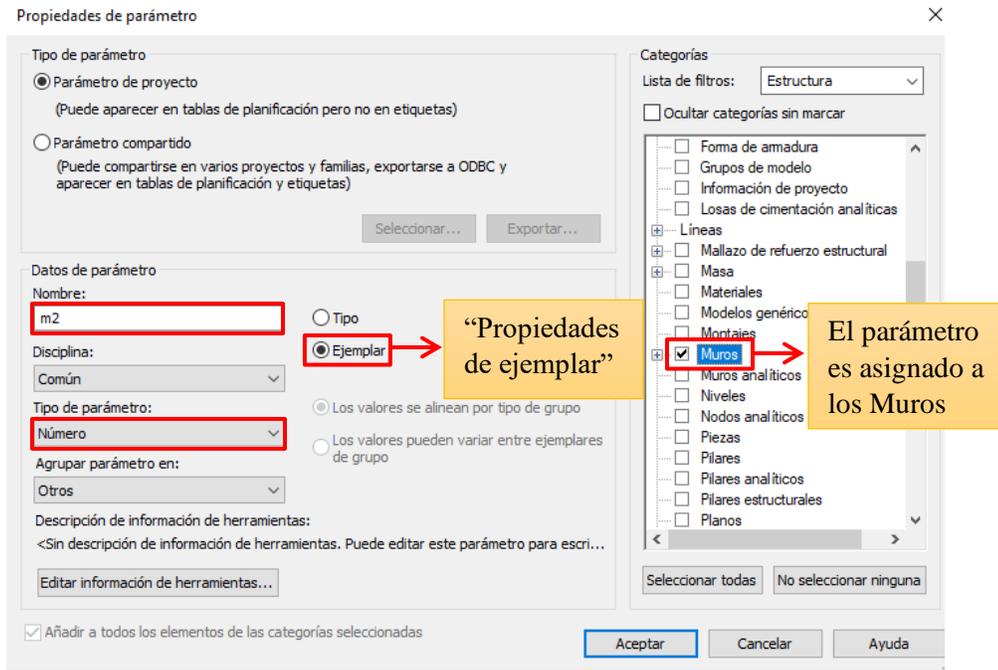


Figura 15. Propiedades de cómputo de materiales

De esta forma se crea el parámetro “m2” exclusivamente para los muros del modelo.

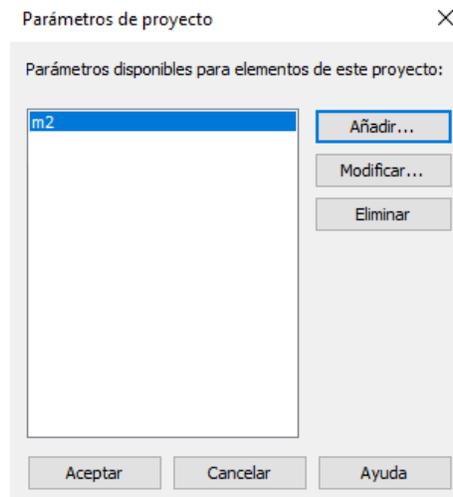


Figura 16. Creación de parámetro "m2"

Una vez creado el parámetro de unidad para medir la cantidad de material, este aparecerá en la barra de “Propiedades de ejemplar” en la pestaña principal de Revit, donde se colocará de forma directa en la celda “1” o “0” según corresponda para los elementos seleccionados.

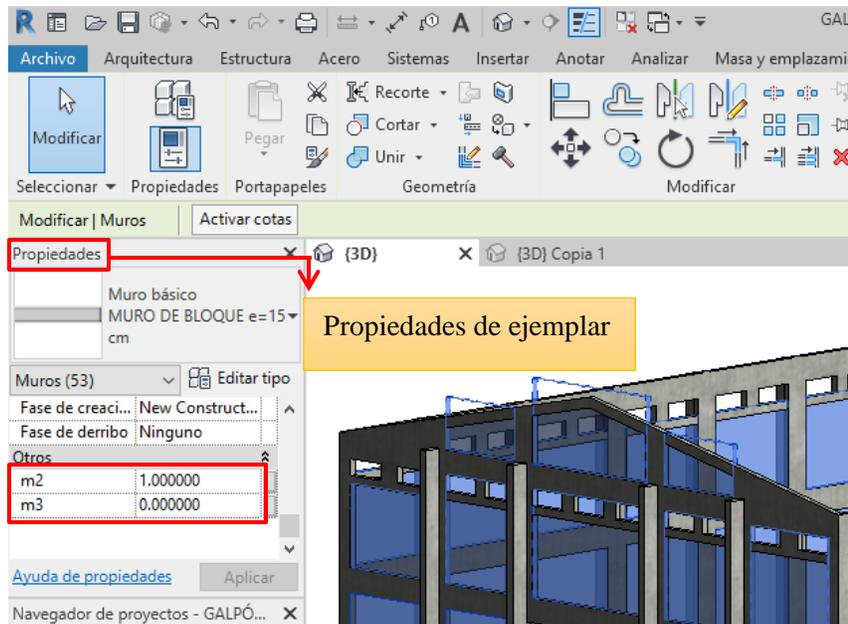


Figura 17. Acercamiento a la ubicación de los parámetros creados

Para cargar la información correspondiente en los otros muros y columnas, se procede de forma análoga asignando sus materiales, costos y unidades de medida correspondientes.

## 2.5.6. Cómo extraer información del modelo

### Extraer costo total de muros

Del mismo modo que se utilizó Revit para desarrollar el modelo y cargarlo con la información necesaria, este software también permite extraer la información del costo total para cada uno de los materiales de análisis.

Para extraer la información requerida, en primer lugar, se debe crear una tabla cuya función será mostrar los parámetros que han sido cargados al modelo. El comando para crear esta tabla es el siguiente:

*Navegador de proyectos > Tabla de planificación/Cantidades > Nuevo cómputo de materiales > Muros/Columnas (o Pilares)*

Luego los pasos a seguir son los siguientes:

1. En la sección “Campos” de la pestaña “Propiedades de cómputo de materiales”, se deben seleccionar los parámetros o campos que hemos cargado y que son necesarios en la tabla para estimar los costos de muros.

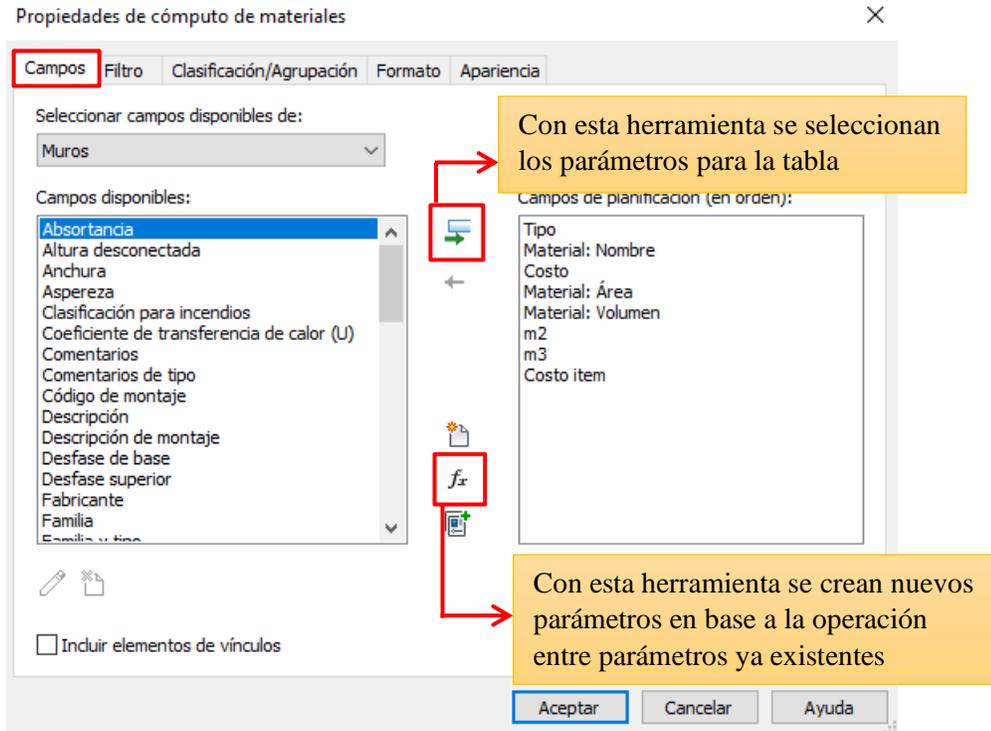


Figura 18. Selección de campos para la creación de la tabla

En particular el campo “Costo ítem” se creó a partir de la segunda herramienta señalada en la Figura 18 y corresponde al costo total de material por elemento. Su fórmula es la siguiente:

$$\text{Costo ítem} = \frac{(\text{Costo} * \text{Material: Área} * m2)}{1} + \frac{(\text{Costo} * \text{Material: Volumen} * m3)}{1}$$

\*La división por 1 permite evitar inconsistencias en las unidades.

Por medio de esta fórmula, si el costo unitario del material de un elemento es por m<sup>2</sup>, el costo total del elemento será el producto entre el costo unitario y el área de dicho elemento. Esto debido a que, para este elemento, el parámetro “m2” tendrá un valor de “1”, mientras que el parámetro “m3” tendrá un valor de “0”. Del mismo modo ocurre cuando el costo unitario es por m<sup>3</sup>.

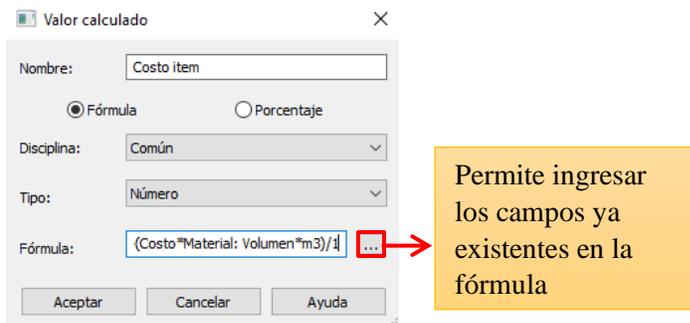


Figura 19. Cálculo del campo "Costo ítem"

- En la sección “Formato” de la pestaña “Propiedades de cómputo de materiales”, se debe definir el formato del campo “Costo ítem”, de forma que en la tabla aparezca con signo de peso y no sólo como un número.

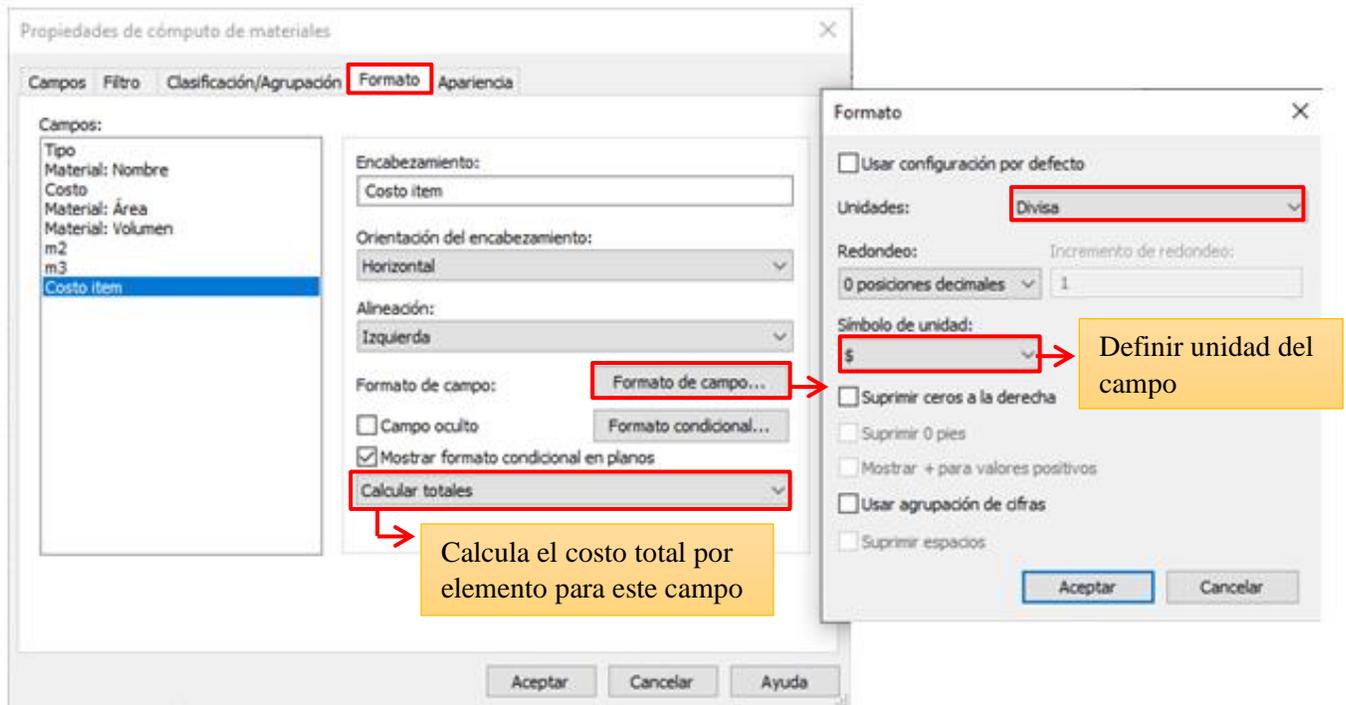


Figura 20. Formato de unidad del campo "Costo ítem"

- En la sección “Clasificación/Agrupación” de la pestaña “Propiedades de cómputo de materiales”, se ordenan los elementos por tipo y se solicita calcular el costo total de elementos que, en este caso, corresponden a los muros del modelo.

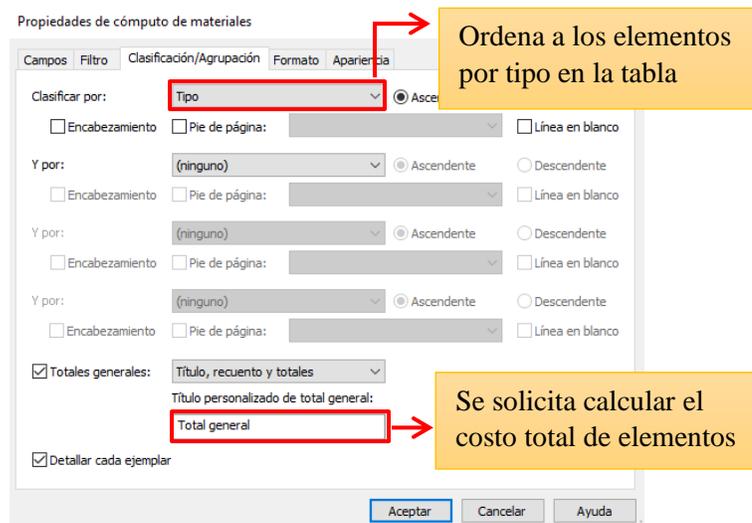


Figura 21. Solicitar costo total y ordenar elementos

- Una vez construida la tabla, solo queda asignar a los muros de la Tabla 5 sus tres materialidades y observar cómo el costo total de muros se actualiza automáticamente en la tabla para cada uno.

Tabla 6. Costo total de muros ante distintas materialidades de los muros no estructurales

Material muros no estructurales	Costo total de muros/columnas
Hormigón prefabricado	\$35.314.423
Albañilería de bloque	\$22.072.180
Albañilería	\$22.521.070

Luego, al observar la Tabla 6, tenemos que el menor costo total de los elementos analizados se obtiene cuando los muros no estructurales son de Albañilería de bloque, siendo esta la opción más económica.

A partir de este ejemplo se evidencia cómo, ante distintas materialidades, el costo total de los elementos se actualiza automáticamente a través de un modelo BIM. Esto permite aplicar y comparar modificaciones en menos tiempo del que tomaría hacer lo mismo por medio del estilo de trabajo tradicional, lo que a su vez posibilita el poder evaluar una mayor cantidad de variaciones y conocer la mejor opción de diseño.

### Extraer programación de obra

- Para obtener la programación de la construcción de la bodega primero se debe exportar el modelo de Revit a Navisworks, ambos de Autodesk. Para ello se sigue el siguiente comando: *Complementos > Herramientas externas > Navisworks 2020*

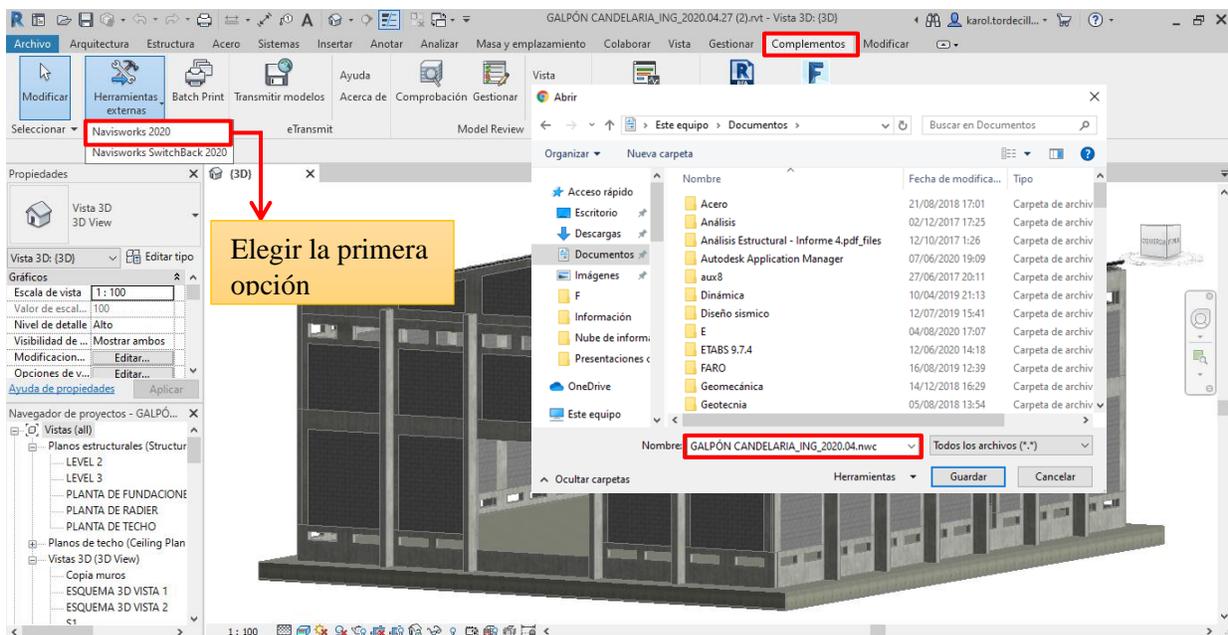


Figura 22. Exportar modelo de Revit a Navisworks

2. Del comando anterior se obtiene un archivo en formato Navisworks “.nwc” que queda guardado en el computador donde se esté trabajando. A partir de este archivo se podrá abrir el modelo en dicho software.

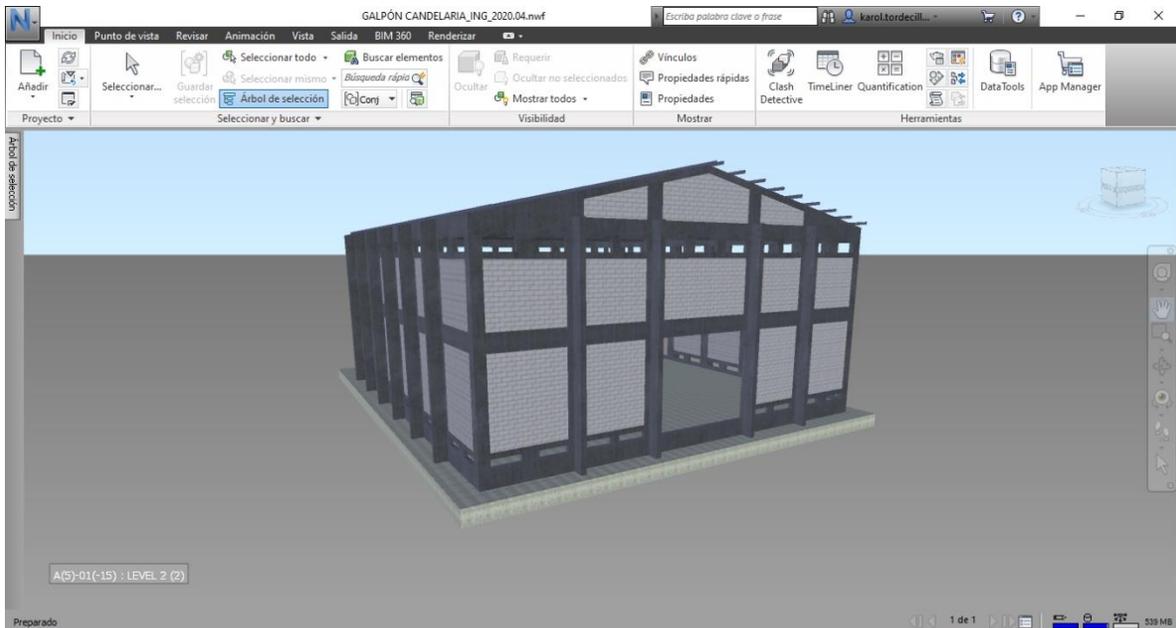


Figura 23. Modelo exportado a Navisworks

3. Para designar el orden de tareas de la obra, se deben abrir las pestañas “Árbol de selección” y “Conjuntos” en la pantalla de “Inicio”. La primera muestra los elementos modelados en Revit ordenados por nivel, mientras que en la segunda pestaña se asigna el orden de construcción de dichos elementos para crear la programación. Los elementos se asignan “arrastrándolos” desde una pestaña a otra.

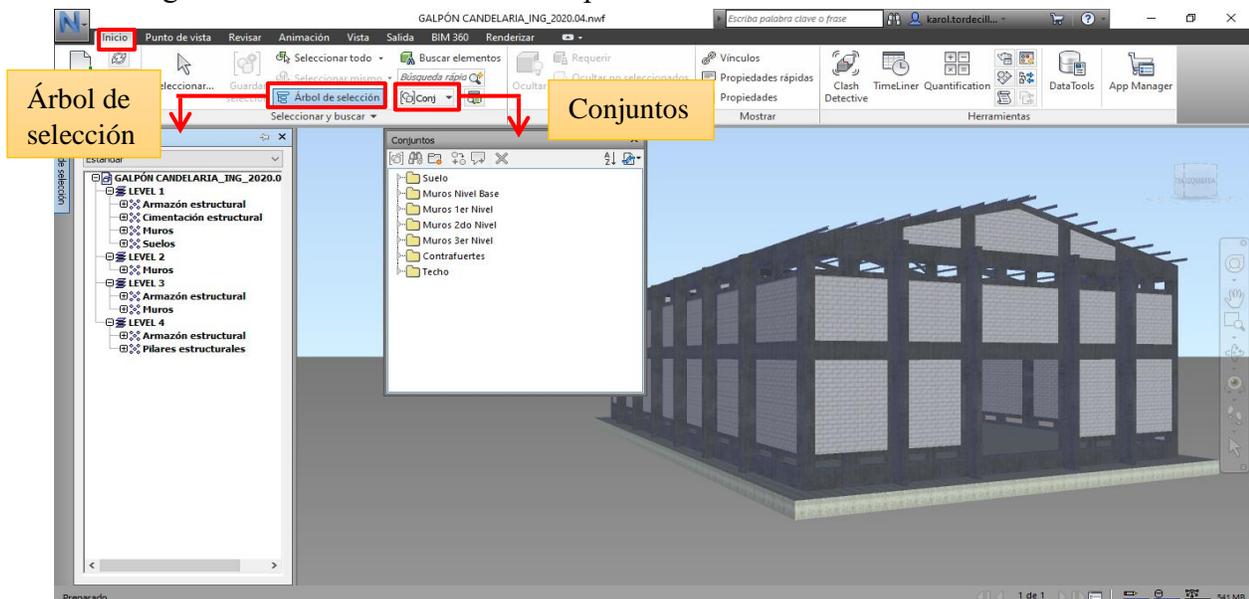


Figura 24. Ordenar elementos en Navisworks

Cabe mencionar que al momento de ordenar los elementos es conveniente no colocarles exactamente los mismos nombres que se definieron en Revit, ya que de lo contrario se podrían producir errores al reconocerlos por parte de Navisworks.

- Una vez asignado el orden de construcción de los elementos del modelo se crea la planilla de programación a través del comando “TimeLiner”

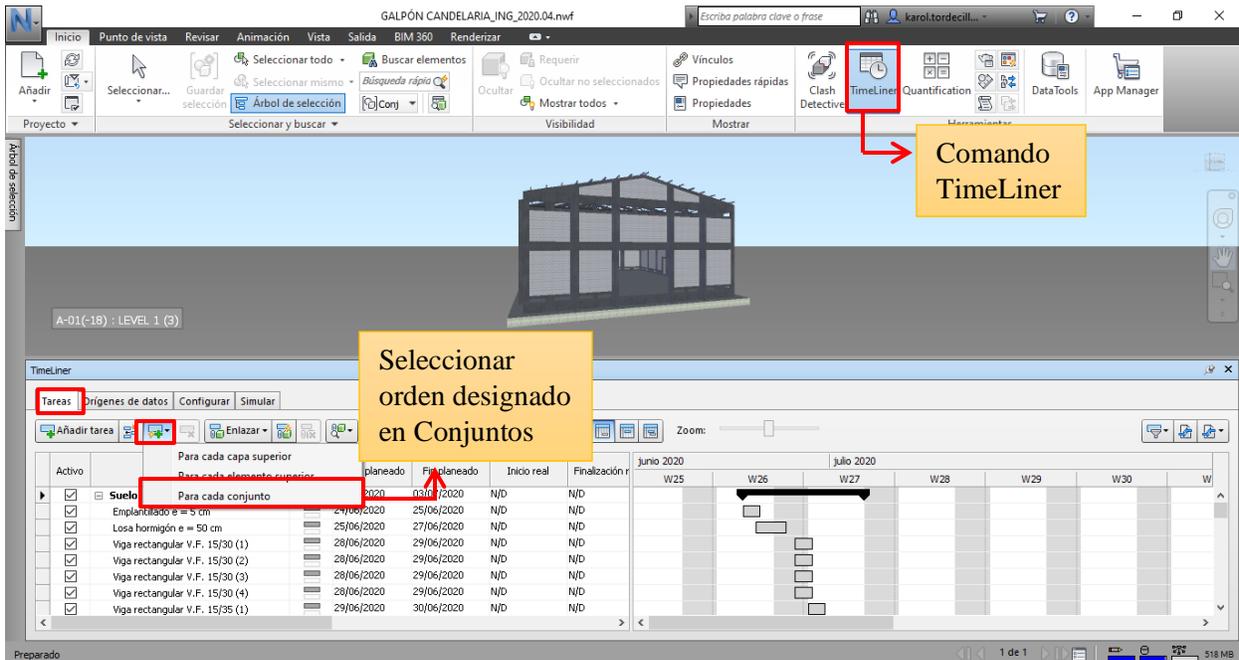


Figura 25. Mostrar programación de obra

Con la planilla creada, las fechas de Inicio y Fin planificadas de cada partida se colocan manualmente.

Luego, en la misma pestaña de la planilla de programación, el comando “Simular” permite mostrar una animación de la secuencia constructiva de la bodega.

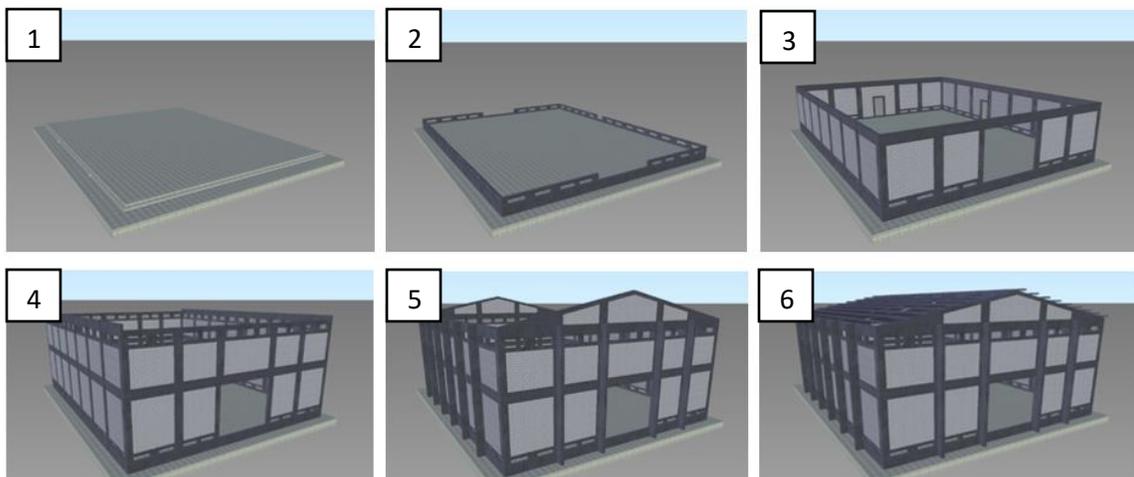


Figura 26. Imágenes de la secuencia constructiva en Navisworks

# Capítulo 3

## El PlanBIM y el Estándar BIM

### 3.1. PlanBIM

PlanBIM es un programa a 10 años que tiene como una de sus metas la utilización de la metodología BIM para el desarrollo y operación de proyectos de edificación e infraestructura pública al año 2020 y privada al año 2025. Este programa es impulsado por Corfo que surgió en el marco del Programa Estratégico de Productividad y Construcción Sustentable, Construye 2025 y que forma parte del Comité de Transformación Digital de Corfo.

Creado el año 2016, esta iniciativa emplea como motor principal el poder de compra del Estado, trabajando con instituciones públicas para implementar el uso de BIM, capacitar a sus equipos y generar un estándar de requerimientos para las licitaciones públicas.

#### 3.1.1. Objetivos del PlanBIM

PlanBIM tiene como finalidad incrementar la productividad y sustentabilidad de la industria de la construcción mediante la incorporación de procesos, metodologías y tecnologías de información y comunicaciones que promuevan su modernización a lo largo de todo el ciclo de vida de las obras. También busca reducir los costos y plazos de los procesos de construcción de proyectos públicos y hacer más eficiente la explotación de estos.

Junto a los objetivos principales que busca alcanzar el PlanBIM, este también persigue ciertos objetivos específicos, los cuales se mencionan a continuación.

- Mejorar la calidad y eficiencia de los proyectos en todo el ciclo de vida.
- Aumentar la productividad y competitividad de la industria de la construcción.
- Aumentar la trazabilidad y transparencia de la información de proyectos.
- Fomentar una industria colaborativa y el uso de estándares comunes.
- Asegurar el cumplimiento normativo y reducir los tiempos de aprobación de permisos de construcción comunes.
- Proveer mejores herramientas para la participación ciudadana de proyectos.
- Mejorar la predictibilidad y control de costos y plazos de la construcción.

## 3.2. Estándar BIM

En el marco del PlanBIM se creó un estándar, Estándar BIM para Proyectos Públicos, el cual busca generar un requerimiento de BIM desde el Estado que sea consistente y transversal, es decir, que todas las instituciones públicas que exijan BIM lo hagan de una manera estandarizada y conocida por todos los actores involucrados en el proyecto. El objetivo de esto es facilitar la implementación de BIM tanto para las empresas privadas como las instituciones públicas [Estándar BIM 2019].

Lo anterior permitirá que, tanto las empresas que se hayan adjudicado la realización de un proyecto cómo las instituciones públicas que lo hayan solicitado manejen un mismo lenguaje estandarizado y que sea entendido por todos los participantes.



Figura 27. Estándar BIM para Proyectos Públicos. Fuente: Página web PlanBIM

### 3.2.1. Objetivos del Estándar BIM

El Estándar BIM, al igual que el PlanBIM, tiene como principal objetivo aumentar la productividad y sustentabilidad de la industria de la construcción, de modo que la información compartida en el marco de los proyectos públicos sea suficiente, consistente, de buena calidad e interoperable [Estándar BIM 2019].

Para ello, se busca conseguir un intercambio fluido de información entre la Institución Pública o el Solicitante, y los Proveedores o empresas que se vayan a adjudicar la concesión. Estos intercambios se generan durante las diversas etapas de los proyectos públicos.

Para poder definir cómo se realizará ese intercambio de información a través de BIM, el Solicitante debe generar una Solicitud de Información BIM y los Proveedores deben responder por medio de un Plan de Ejecución BIM, los que se detallarán más adelante.

### 3.3. Términos y definiciones

El Estándar BIM busca que todos los proyectos que implementen BIM en Chile lo hagan utilizando las mismas convenciones y conceptos, por lo que a continuación se muestran las definiciones que el estándar utiliza para aquellos términos que se emplearán en este trabajo.

Tabla 7. Vocabulario BIM

<b>Término</b>	<b>Definición</b>
COBie (Construction Operations Building information exchange)	Estándar internacional que define parámetros para el intercambio de información a lo largo del ciclo de vida del proyecto.
Estado de Avance de la Información de los Modelos (EAIM)	Grado de desarrollo de la información de los modelos.
Entidad	Elemento virtual que representa un objeto físico o abstracto de construcción.
Entregable BIM	Documentos e información necesaria para la obtención de modelos BIM, así como todos los productos resultantes del uso de herramientas y flujos de trabajo de este sistema.
IFC (Industry Foundation Class)	Base de datos para el intercambio de información de la construcción entre distintos softwares.
Interoperabilidad	Capacidad de un producto o sistema para trabajar con otros sin restricción de acceso o implementación.
Manual Básico de Entrega de Información (MEI)	Guía de 12 pasos para la revisión de los modelos BIM de forma estructurada durante el ciclo de vida de los proyectos.
Modelo BIM	Representación gráfica de una edificación o infraestructura creada en base a información guardada en archivos separados (federado) o en base a una única base de datos (integrada).
Nivel de Información (NDI)	Grado de profundidad de la información contenida en las entidades de los modelos BIM.
openBIM	Enfoque basado en flujos de trabajo de información abiertos y estándares.
Plan de Ejecución BIM (PEB)	Documento elaborado por el Proveedor que define cómo se llevará a cabo el modelado y gestión de la información.
Proveedor	Encargado de entregar la información referente a trabajos, bienes o servicios al Solicitante.
Rol BIM	Función que se ejerce en alguna de las etapas de un proyecto de edificación, referentes a las capacidades BIM.
Solicitante	Es quien recibe la información de trabajos, bienes o servicios desde el Proveedor.
Solicitud de Información BIM (SDI BIM)	Documento que define por qué y para qué se utilizará BIM en un proyecto.
Uso BIM	Método de aplicación de BIM para alcanzar uno o más objetivos.
Tipo de Información BIM (TDI)	Grupo de datos que pueden estar contenidos en los modelos.

### 3.4. Flujo de información propuesto por el Estándar BIM

Como se mencionó anteriormente, el Estándar BIM para Proyectos Públicos es un estándar que aplica a proyectos públicos de diversa complejidad a lo largo de su ciclo de vida y cuyo principal objetivo es que exista un intercambio fluido de información entre el Solicitante o institución pública y los Proveedores o empresas encargadas del proyecto. Estos últimos pueden ser Proveedores Oferentes – en la etapa de licitación – o Proveedores Adjudicados – durante el desarrollo del proyecto –.

Para este intercambio de información entre el Solicitante y los Proveedores, el primero debe generar un documento llamado Solicitud de Información BIM que indica toda la información BIM que les debe ser entregada por parte de los Proveedores. Y por su parte, en respuesta a esta solicitud, los Proveedores generan uno o más documentos denominados Planes de Ejecución BIM.

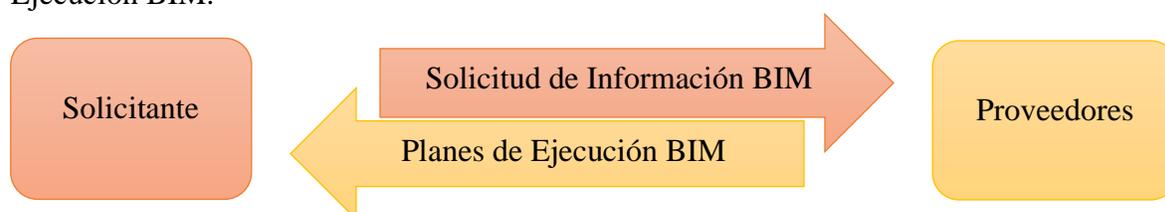


Figura 28. Representación del intercambio de información

#### 3.4.1. Solicitud de Información BIM

Según el Estándar BIM, la **Solicitud de Información BIM** o **SDI BIM** es un documento que debe indicar de forma clara y estandarizada los entregables BIM y su información asociada, cuyos componentes mínimos definidos por el Estándar BIM incluyen:

- Objetivos generales y específicos de la utilización de BIM
- Entregables solicitados a los Proveedores tales como:
  - Plan de Ejecución BIM
  - Modelos BIM (Anexo 1) y sus documentos relacionados, como especificaciones técnicas, planos, catálogos, entre otros.
  - Estados de Avance de la Información de los Modelos (Anexo 2)
  - Usos BIM (Anexo 3)
  - Tipos de Información BIM (Anexo 4)
  - Niveles de Información (Anexo 5)
- Estrategia de colaboración entre los actores participantes<sup>1</sup>
- Organización de los modelos (Anexo 10)

<sup>1</sup> Páginas 67-68 del Estándar BIM para Proyectos Públicos

### 3.4.2. Plan de Ejecución BIM

Por su parte, el **Plan de Ejecución BIM** o **PEB** es un documento que debe generar cada Proveedor en respuesta a una solicitud de información o SDI, que según define el Estándar BIM, debe enfocarse en definir la gestión de la información del proyecto, el desarrollo de los modelos, los procedimientos de intercambio de información y establecer las herramientas tecnológicas y capacidades de los participantes según los roles BIM (Anexo 11) con las que el Proveedor propone responder a los requerimientos del Solicitante.

Si el proyecto se inicia por licitación se deben generar dos PEB. El primero de ellos es el **PEB de Oferta**<sup>2</sup>, el que debe ser presentado en la etapa de licitación por parte de los Proveedores Oferentes. Y, una vez adjudicada la realización del proyecto, se genera el **PEB Definitivo**<sup>3</sup>.

Si el proyecto inicia con un proveedor definido, este deberá generar sólo el **PEB Definitivo**.

Las plantillas con la información que debe contener tanto el PEB de Oferta como el Definitivo se encuentran en los Anexos IV y V del Estándar BIM.

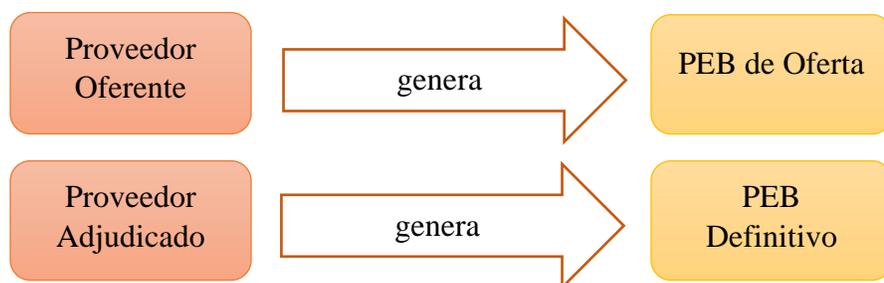


Figura 29. Planes de Ejecución BIM para cada tipo de Proveedor

### 3.5. Usos BIM propuestos por el Estándar BIM

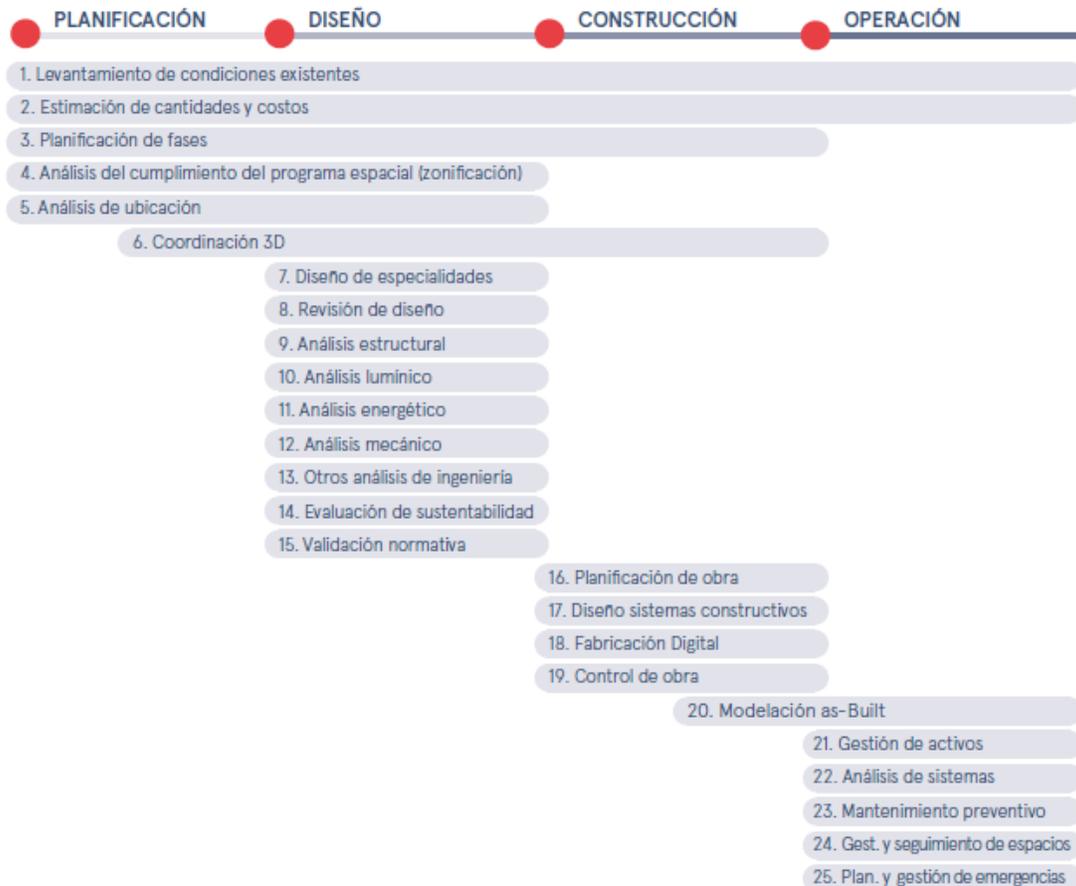
Dentro de los requerimientos que exige el Solicitante a través de la Solicitud de Información BIM están los denominados Usos BIM, que representan el “para qué” se van a utilizar los modelos y, por ende, muestran las diferentes formas en que las partes interesadas del proyecto pueden utilizar BIM. Estos Usos definen los objetivos que se persiguen alcanzar en el desarrollo de un proyecto público.

En total el estándar propone 25 Usos organizados por fases o etapas en el desarrollo del proyecto – Planificación, Diseño, Construcción y Operación –, los cuales definen la información que debe ser ingresada en los modelos.

A continuación, la Figura 30 muestra cada uno de los Usos BIM a lo largo de las etapas de un proyecto.

<sup>2</sup> Página 36 del Estándar BIM para Proyectos Públicos, punto 4.6.1

<sup>3</sup> Página 36 del Estándar BIM para Proyectos Públicos, punto 4.6.2



*Basada en Project Execution Planning Guide version 2.1, mayo 2011*

Figura 30. Usos BIM organizadas en las fases de un proyecto público. Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos

Para delimitar la información que debe estar contenida en los modelos para cada Uso BIM, el estándar ha asignado a cada uno de ellos Tipos de Información BIM o TDI (Anexo 9), los cuales son 15 TDI o grupos de datos que se pueden incorporar a las entidades que componen los modelos y que se organizan según la función que se le otorga a la información en el desarrollo de los proyectos.

### 3.5.2. Principales Usos BIM

Dentro de los Usos BIM definidos por el estándar, seis de ellos destacan por ser los de mayor prioridad en los proyectos. Estos Usos son:

**Nº2: Estimación de cantidades y costos**

**Nº6: Coordinación 3D**

**Nº7: Diseño de especialidades**

**Nº16: Planificación de obra**

**Nº19: Control de obra**

**Nº 20: Modelación as-built**



Figura 31. Los seis principales Usos BIM

Cada uno de estos Usos que se les otorgan a los modelos se definen para cumplir con ciertos objetivos del proyecto, los cuales deben ser medibles y dirigidos a mejorar el éxito de la planificación, diseño, construcción y operación de la edificación.

A continuación, se describen algunos de los objetivos que cumplen estos Usos.

Tabla 8. Objetivos de los principales Usos BIM

Descripción de objetivos	Usos BIM
Aumentar la eficacia del diseño	Diseño de especialidades, Coordinación 3D
Modelación as-built 3D preciso para el equipo de gestión de infraestructura	Modelación as-built, Coordinación 3D
Mantener el progreso durante la construcción	Planificación de obra, Control de obra
Evaluar rápidamente el costo asociado con cambios en el diseño	Estimación de cantidades y costos
Eliminar problemas e interferencias entre las especialidades	Coordinación 3D

### 3.5.3. Información mínima requerida en los modelos según los Usos BIM

En base al Estándar BIM, para especificar los parámetros o información mínima que deben contener los elementos de un modelo, primero es necesario tener en cuenta los tipos de modelos BIM y sus respectivos EAIM y Usos BIM requeridos en la Solicitud de Información BIM.

A partir del tipo de modelo es posible identificar las entidades mínimas correspondientes a él según el estándar (Anexo 6), las que junto al EAIM solicitado permiten conocer los NDI correspondientes a cada una de esas entidades (Anexo 8).

Posteriormente, con los NDI conocidos, se debe revisar la Matriz de Información de Entidades<sup>4</sup> creada por el estándar y reconocer los parámetros o información correspondiente a cada entidad en base a sus TDI, estando estos últimos asociados a los Usos BIM solicitados inicialmente.

A continuación, se indicará la información mínima necesaria que deben contener las entidades de los modelos para cumplir con los Usos BIM, en particular, para los seis Usos principales.

#### Uso BIM N°2: Estimación de cantidades y costos

##### Tipos de información

TDI\_A Información general del proyecto  
TDI\_B Propiedades físicas y geométricas  
TDI\_D Requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor  
TDI\_E Especificaciones técnicas  
TDI\_F Requerimientos y estimación de costos  
TDI\_L Requerimientos de fases, secuencia de tiempo y calendarización  
TDI\_M Logística y secuencia de construcción  
TDI\_O Gestión de activos

##### Información mínima requerida

- Tipo y nombre del edificio o infraestructura.
- Geometría de los elementos que componen el modelo, ya sea elementos estructurales como de arquitectura y/o elementos de instalaciones MEP. En particular para el caso de los muros, estos se modelarán por nivel en caso de que exista más de uno.
- Materialidad de los elementos, ya sea hormigón, acero u otro.
- Especificaciones técnicas de los materiales cargados.
- Costo unitario de los materiales cargados.
- Asignar el orden de hitos del proyecto.

<sup>4</sup> [www.planbim.cl/biblioteca/documentos/](http://www.planbim.cl/biblioteca/documentos/)

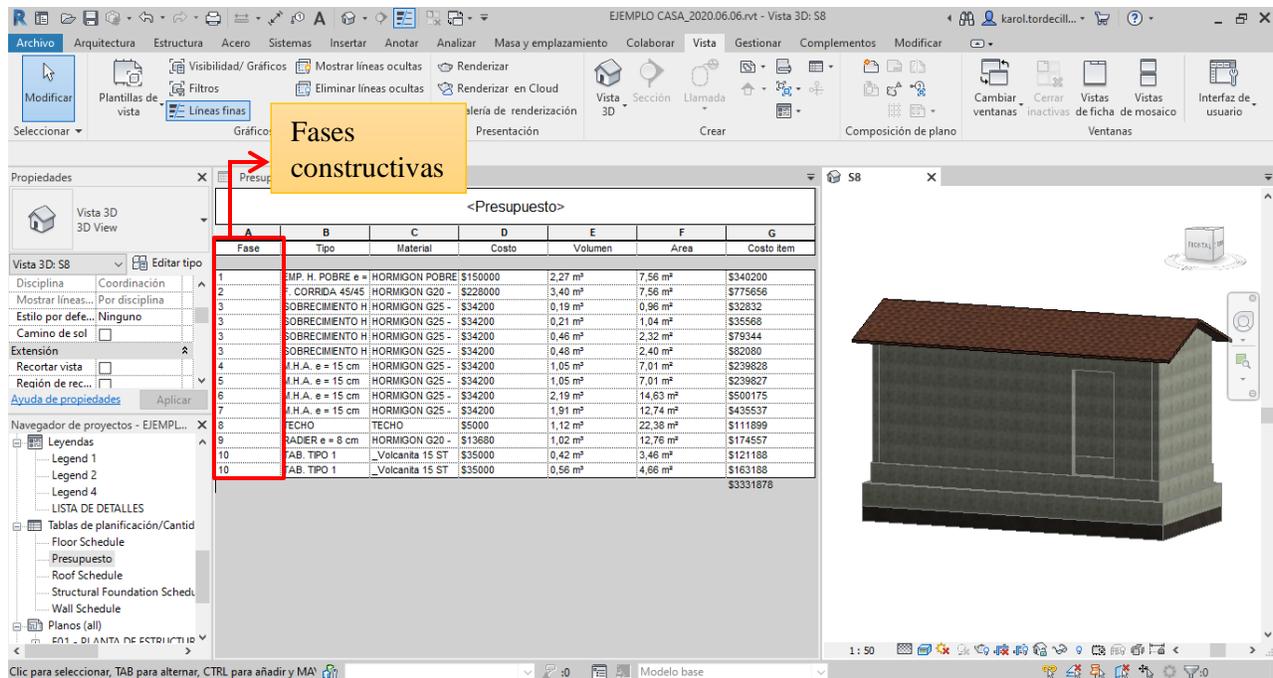


Figura 32. Obtención cantidades de material y presupuesto en Revit. Fuente: Archivos Ingeniero Eduardo Jerez 2020

## Uso BIM N°6: Coordinación 3D

### Tipos de información

- TDI\_A Información general del proyecto
- TDI\_B Propiedades físicas y geométricas
- TDI\_C Propiedades geográficas y de localización espacial
- TDI\_E Especificaciones técnicas
- TDI\_I Condiciones del sitio y medioambientales
- TDI\_L Requerimientos de fases, secuencia de tiempo y calendarización
- TDI\_M Logística y secuencia de construcción

### Información mínima requerida

- Tipo y nombre del edificio o infraestructura.
- Geometría, ubicación espacial y secuencia constructiva de los elementos que componen los modelos de las distintas disciplinas.
- Superposición de modelos de las especialidades involucradas en el proyecto, tales como: ingeniería estructural, arquitectura, ingeniería de revestimientos, de instalaciones eléctricas, sanitarias, mecánicas, entre otros.
- Los modelos coordinados deben estar en la misma fase constructiva.

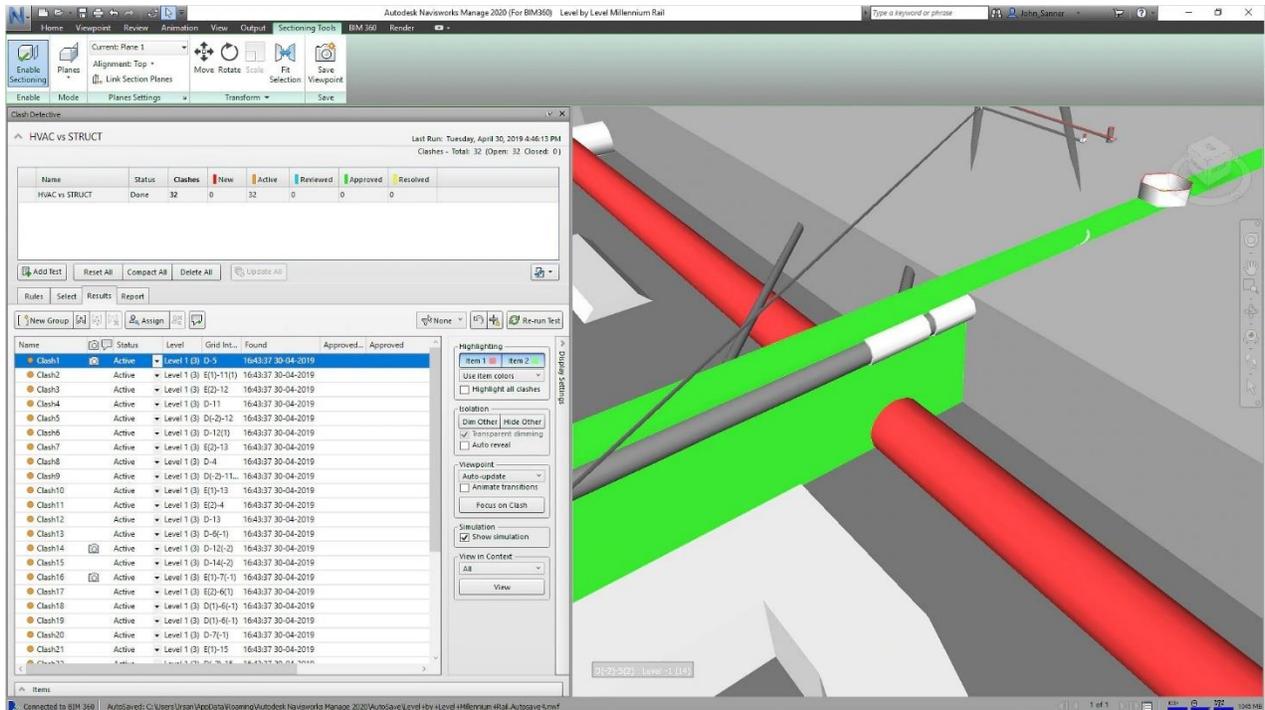


Figura 33. Coordinación de especialidades en Navisworks. Fuente: Página web [www.autodesk.com](http://www.autodesk.com)

## Uso BIM N°7: Diseño de especialidades

### Tipos de información

- 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\_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

### Información mínima requerida

- Tipo y nombre del edificio o infraestructura.
- Para cada especialidad involucrada en el proyecto los elementos de los modelos deben contener: geometría, ubicación espacial, materialidad y especificaciones técnicas.
- Asignar la secuencia constructiva de los elementos del modelo para cada especialidad.

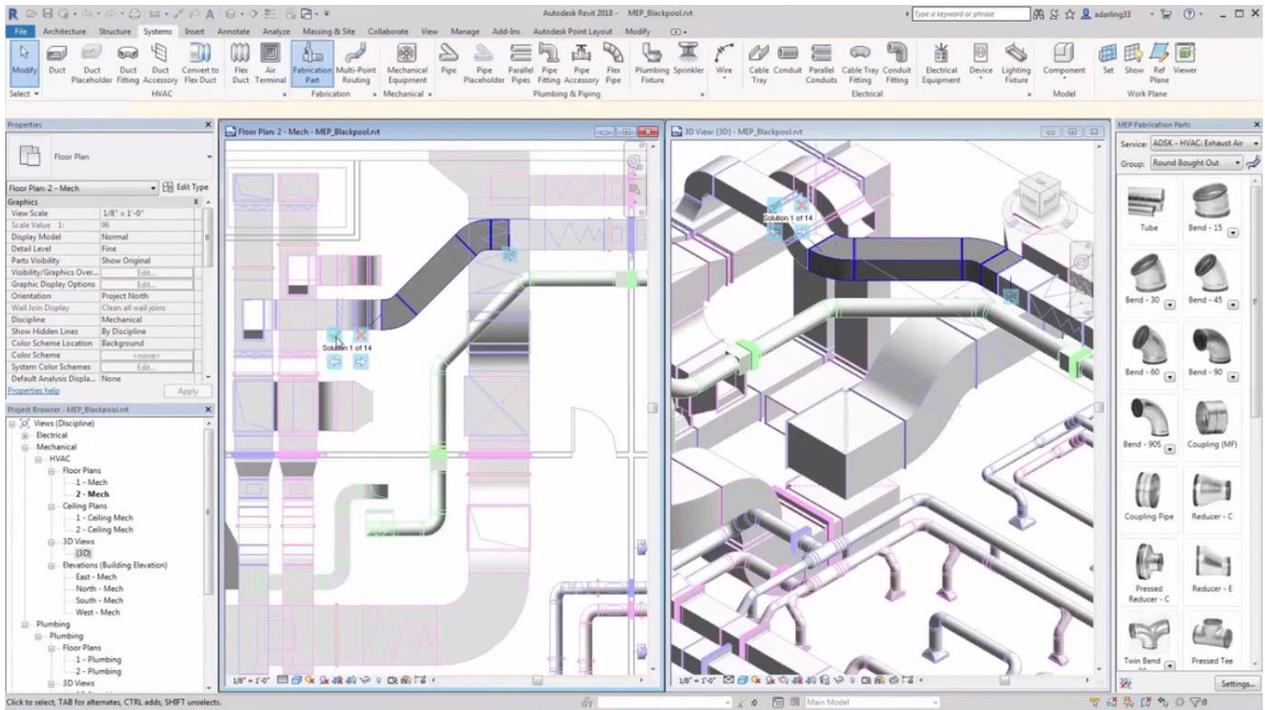


Figura 34. Modelación instalaciones mecánicas en Revit. Fuente: Página web [www.autodesk.com](http://www.autodesk.com)

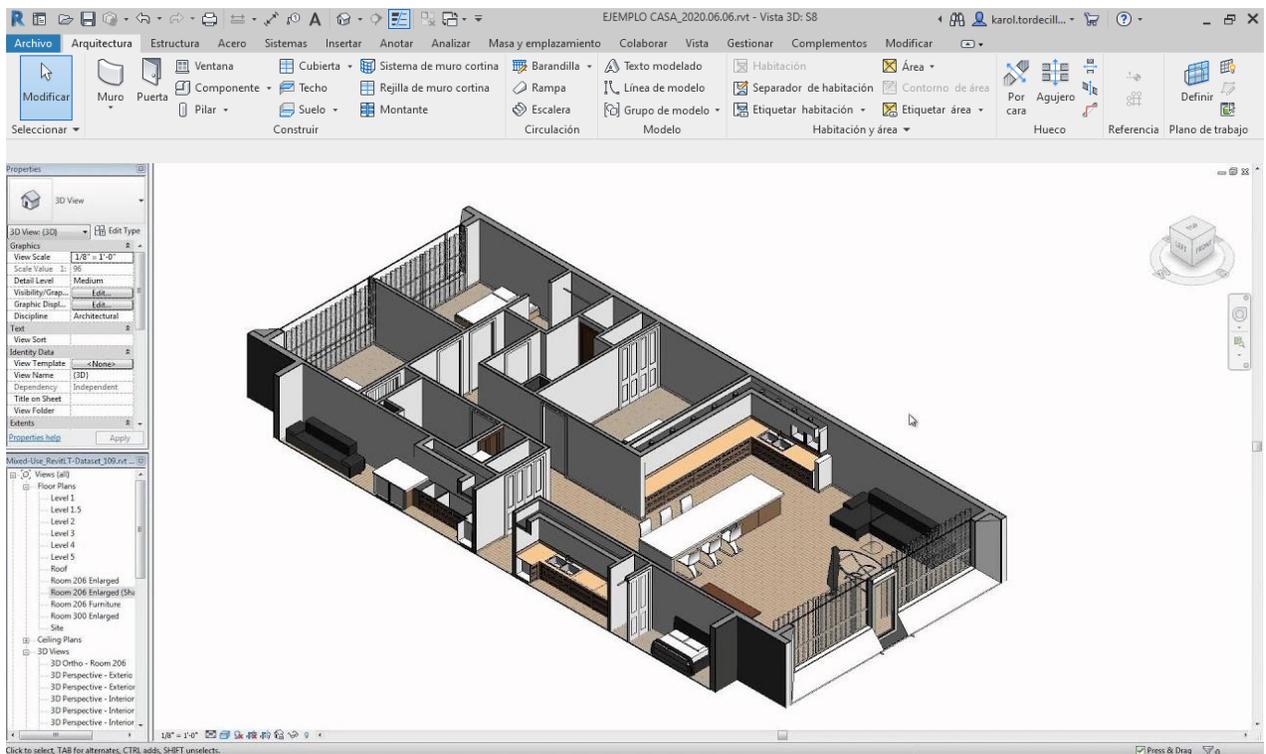


Figura 35. Modelación arquitectura en Revit. Fuente: One Team

## Uso BIM N°16: Planificación de obra

### Tipos de información

- TDI\_A Información general del proyecto
- TDI\_B Propiedades físicas y geométricas
- TDI\_C Propiedades geográficas y de localización espacial
- TDI\_E Especificaciones técnicas
- TDI\_F Requerimientos y estimación de costos
- 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

### Información mínima requerida

- Tipo y nombre del edificio o infraestructura.
- Geometría, ubicación espacial, materialidad y especificaciones técnicas de los elementos del modelo, como elementos estructurales, arquitectónicos y/o MEP.
- Ubicación geográfica del proyecto.
- Costo unitario de los elementos y materiales utilizados.
- Definir duración de tareas, vinculación entre estas, traslapes y ruta crítica para armar un cronograma con las fechas de ejecución estimada de cada partida.
- Nombres de los participantes a lo largo de la obra.

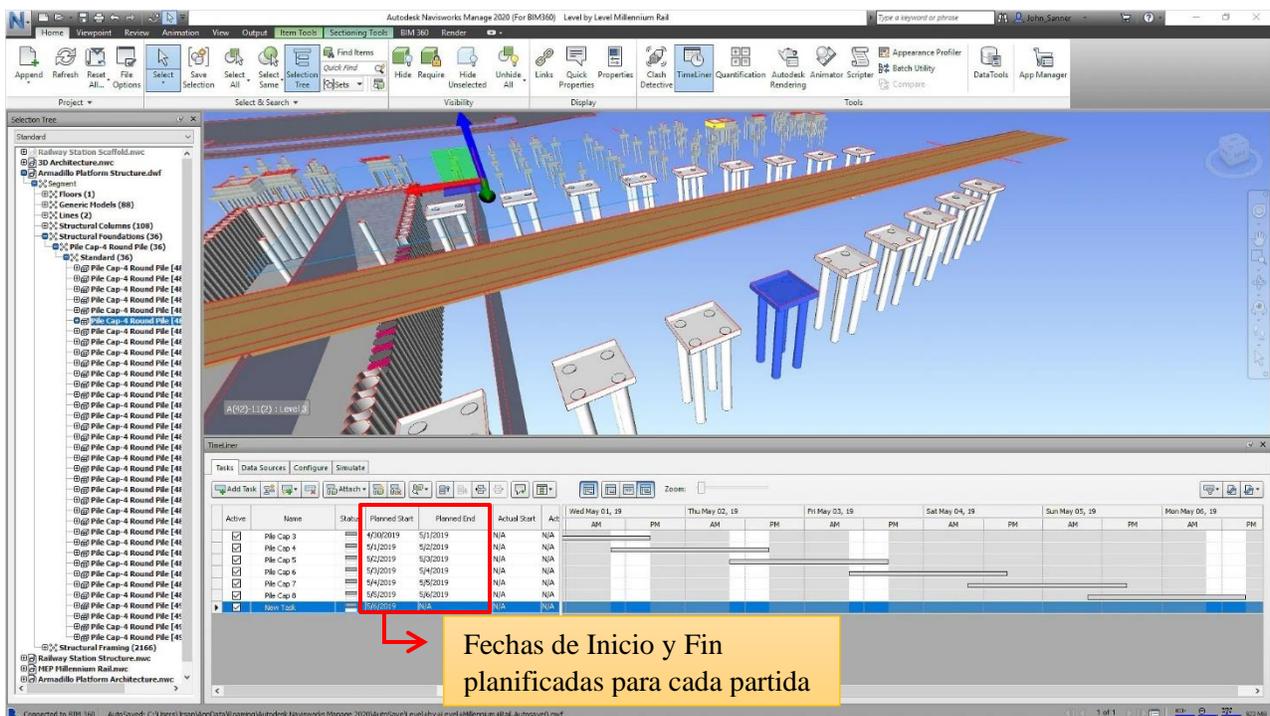


Figura 36. Planificación de obra en Navisworks. Fuente: www.autodesk.com

## Uso BIM N°19: Control de obra

### Tipos de información

- 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\_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

### Información mínima requerida

- Tipo y nombre del edificio o infraestructura.
- Geometría, ubicación espacial, materialidad y especificaciones técnicas de los elementos del modelo, como elementos estructurales, arquitectónicos y/o MEP.
- Costo unitario de los elementos y materiales utilizados, pudiendo incluir costo de ensamblaje y transporte de material para realizar un control de costos.
- Definir los períodos de control de avance o cierres de estados de pago.
- Definir fechas de Inicio y Fin planificadas y reales para cada tarea.
- Nombres de los participantes a lo largo de la obra.

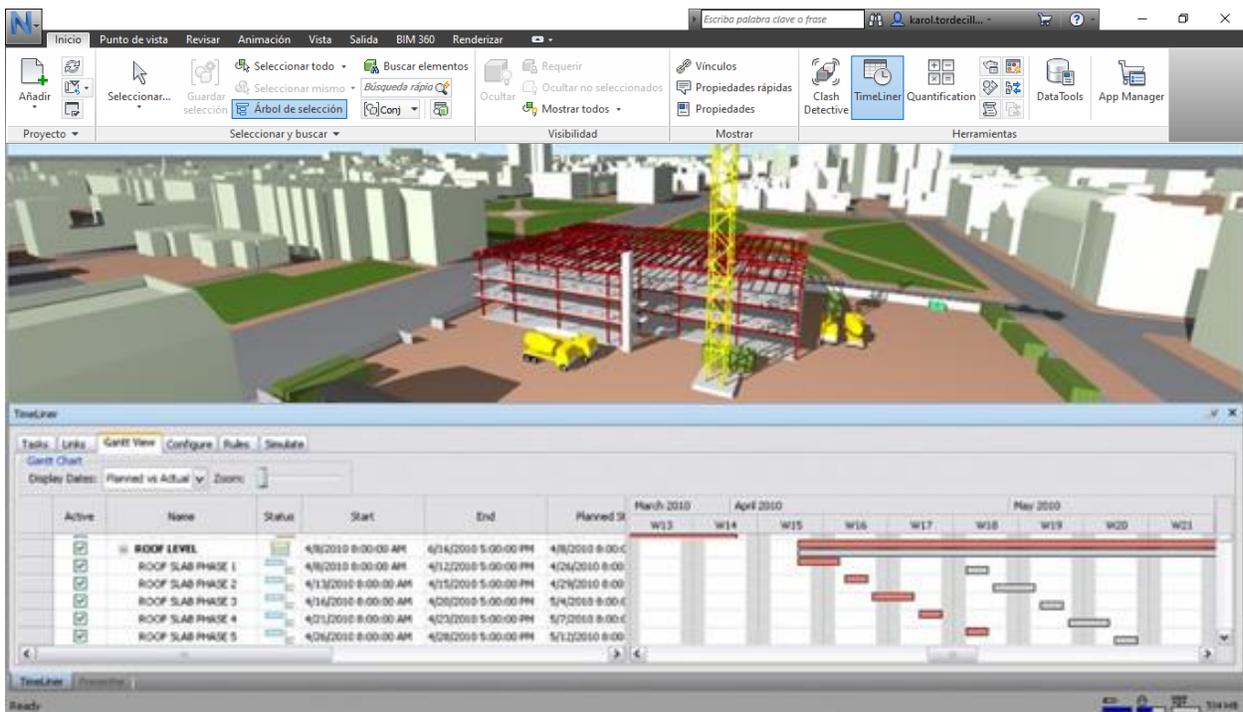


Figura 37. Control de obra en Navisworks. Fuente: 2ACAD Global Group

## Uso BIM N°20: Modelación as-built

### Tipos de información

- 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\_M Logística y secuencia de construcción
- TDI\_N Entrega para la operación
- TDI\_O Gestión de activos

### Información mínima requerida

- Tipo y nombre del edificio o infraestructura.
- Geometría, ubicación espacial, materialidad y especificaciones técnicas de los elementos del modelo (estructurales, arquitectónicos).
- Ubicación geográfica del proyecto.
- Definir ID del material, ID de instalación, número de serie de componentes instalados.
- Nombre de las empresas o compañías participantes en el proyecto, sus contactos, nombre de la disciplina y áreas de trabajo, entre otros.
- Definir fechas de inicio y fin de garantías de los elementos y tipos de repuesto.

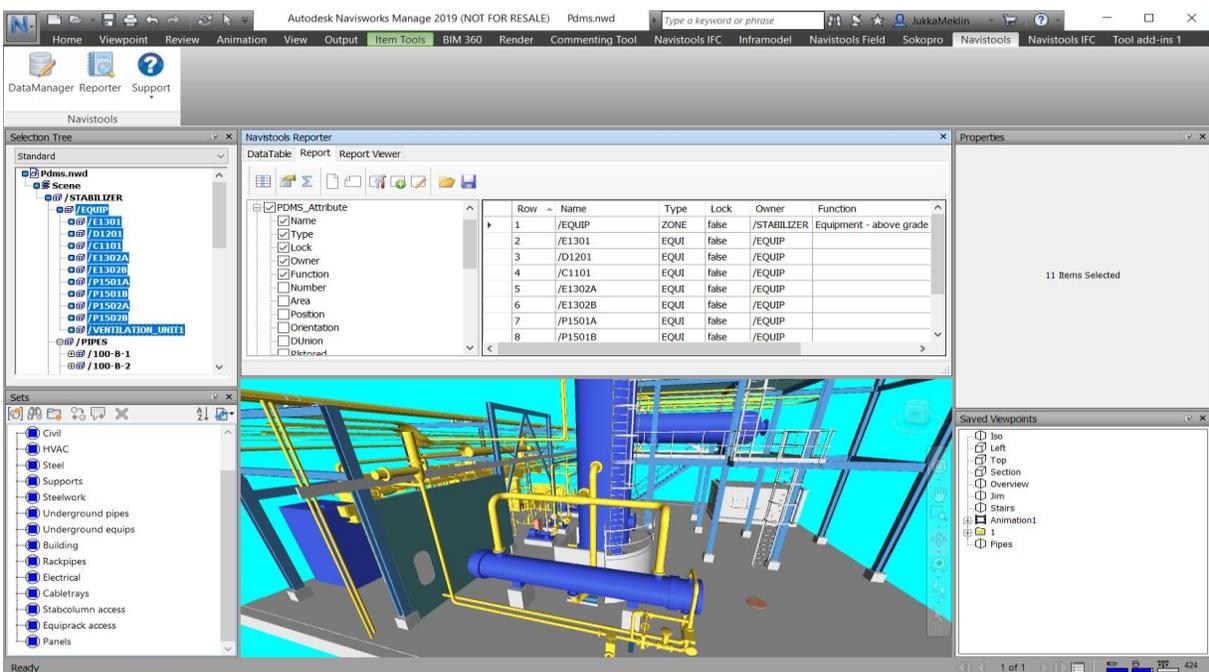


Figura 38. Modelación as-built en Navisworks. Fuente: Página web apps.autodesk.com

## 3.6. Interoperabilidad

Para lograr un intercambio fluido de la información entre distintos sistemas y con ello un trabajo colaborativo más eficiente entre las disciplinas del proyecto es que, dentro de los requerimientos mínimos que establece el Estándar BIM para su cumplimiento en proyectos públicos, se encuentra el uso de un sistema de clasificación de la información, como lo son los parámetros de COBie por ejemplo, y el uso del Manual Básico de Entrega de Información (MEI) en los modelos BIM.

Por un lado, COBie es un estándar para el intercambio de información que, a través de una serie de parámetros (ver Matriz de Información de Entidades BIM), estructura la información de los modelos BIM para la puesta en marcha, diseño, construcción, operación y mantenimiento de un proyecto. Y, por su parte, el MEI es una guía de 12 pasos o pruebas que considera la utilización de estándares openBIM para revisar y reutilizar la información de los modelos BIM de manera eficiente. Esta revisión se realiza a partir de archivos o modelos en formato IFC 2x3 (mínimo) acorde con el Estándar BIM, los que son exportados directamente de modelos nativos desarrollados en softwares de modelado como Revit, ArchiCAD o Tekla.

### 3.6.1. Pruebas para la revisión de los modelos BIM según el MEI

Dentro de las pruebas que el MEI define para una correcta revisión de los modelos BIM, las ocho primeras tienen relación con la estructura de la información contenida en ellos, mientras que las cuatro últimas se tratan de cómo poder asegurar la disponibilidad de la información en los elementos para su futuro uso. A continuación, se define cada una de ellas.

#### Prueba N°1: 3.1 Nombre del archivo

Esta prueba se refiere a que los modelos del proyecto deben nombrarse de manera uniforme y coherente. Para ello, independiente que la propiedad *Name* esté definida para el proyecto, al momento de exportar el archivo IFC del modelo nativo su nombre debe seguir la nomenclatura definida en la página 69 del Estándar BIM sobre Organización de los modelos BIM, la cual se muestra a continuación:

*Proyecto – Organización – Disciplina – Zona – Nivel – Tipo de Documento – Número – Estatus – Revisión*

Cada campo debe nombrarse en base a lo indicado en la Tabla 11 del estándar (Anexo 9), donde los campos de *Estatus* y *Revisión* son opcionales dependiendo de la estructura del proyecto.

### Prueba N°2: 3.2 Posición y orientación local

Esta prueba solicita revisar que la posición local de la edificación o infraestructura esté coordinada y cercana al origen y, junto a ello, que se esté utilizando un elemento físico como punto de origen, es decir, situado sobre el 0,0,0.

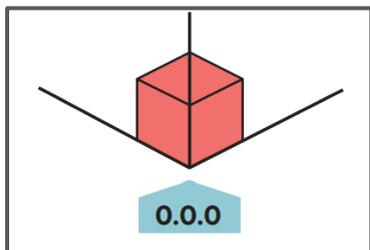


Figura 39. Representación gráfica del 0,0,0.  
Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos.

Luego al igual que el modelo, el elemento que se utilice como referencia debe ser exportado como IFC para que sea visible y clara la ubicación del origen local de este proyecto.

### Prueba N°3: 3.3 Niveles de proyecto y su denominación

En primer lugar, esta prueba tiene relación con que los niveles del edificio deben tener una misma denominación que sea transversal entre todas las disciplinas involucradas, para lo cual se recomienda nombrar en formato IFC como *ifcBuildingStorey-Name*. Adicionalmente, se deben considerar como niveles del proyecto solo aquellos solicitados como parte de la entrega, descartando aquellos niveles auxiliares creados distintas disciplinas como, por ejemplo: Nivel de entrada o Tope de fundación.

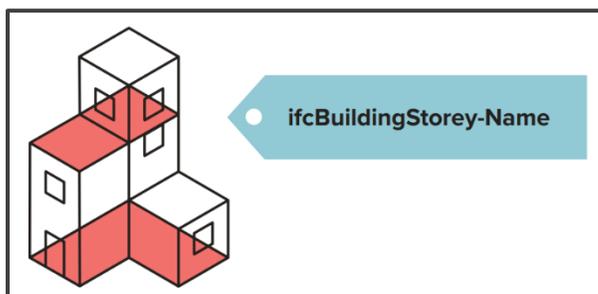


Figura 40. Formato IFC para nombrar los niveles del proyecto.  
Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos.

Y, en segundo lugar, se debe evaluar la distribución de los objetos, es decir, si los elementos que están dibujados en el modelo se encuentran asociados al nivel que corresponde.

### Prueba N°4: 3.4 Uso correcto de las entidades

Esta prueba hace referencia a que al momento de exportar el archivo IFC a partir del modelo nativo, se debe revisar que los elementos creados en el modelo tengan una relación lógica con su clasificación de clases dentro del formato IFC, por ejemplo:

Losa = *ifcSlab*      Viga = *ifcBeam*  
Muro = *ifcWall*      Columna = *ifcColumn*

Para revisar el formato IFC correspondiente se debe utilizar la Matriz de Información de Entidades BIM creada por el Estándar BIM.

### Prueba N°5: 3.5 Estructura y denominación

En este caso, se debe evaluar que el nombre de los elementos tenga una estructura. El hecho de que los elementos tengan las propiedades *Name* y *Type* definidos no es suficiente, sino que estos deben ser significativos, comprensibles, lógicos, claros, consistentes y reconocibles por cualquiera de las partes involucradas en el proyecto.

Lo anterior se traduce en que las propiedades IFC *ifcName* e *ifcType* se encuentren definidas y estructuradamente cargadas en los elementos del modelo.

Por ejemplo, para el caso de elementos como las ventanas, se deben distinguir los nombres de los tipos de ventanas en cuanto a unidades de medida, ancho, alto, entre otros.

### Prueba N°6: 3.6 Sistema de clasificación

Esta prueba solicita seleccionar un sistema de clasificación que debe ser utilizado por las partes involucradas en todo el proceso del proyecto y que sirva para clasificar los elementos dentro de este.

Aunque en Chile no existe un sistema de clasificación obligatorio, es posible elegir uno nacional o internacional, donde lo primordial para cumplir con este paso es que los elementos del archivo IFC del modelo tengan definida la propiedad *Unifformat* o *UnifformatClassification* y cargada con el código de serie correspondiente.

### Prueba N°7: 3.7 Material correcto de los objetos

Esta prueba hace referencia a que cada elemento le modelo extraído como archivo IFC contengan su material correspondiente. Esto quiere decir que el parámetro IFC *ifcMaterial* debe estar cargado correctamente para cada uno de los elementos.

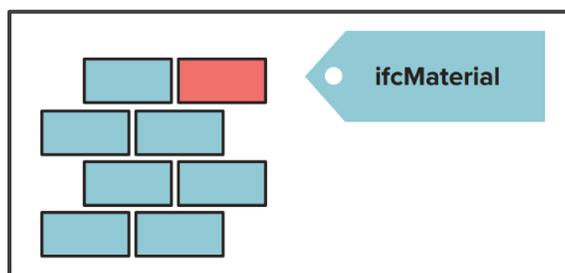


Figura 41. Formato IFC para la propiedad de material.  
Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos.

### Prueba N°8: 3.8 Duplicados e intersecciones

Para esta prueba, se solicita revisar que el modelo no contenga elementos duplicados, es decir, que no se encuentre un mismo elemento dos o más veces en la misma posición, y que tampoco existan estados de choque entre los distintos elementos del modelo, los cuales son problemas que deben comprobarse en IFC.

Tanto duplicados como intersecciones entre elementos de un modelo se deben revisar ya sea para modelos de una disciplina como para aquellos donde se coordinan varias disciplinas.

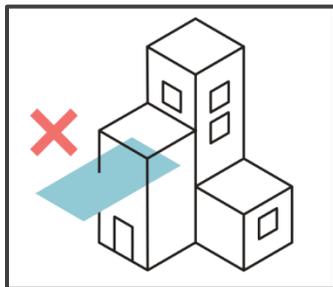


Figura 42. Representación gráfica de intersección entre elementos.  
Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos

### Prueba N°9: 4.1 Elemento de carga

Esta prueba consiste en evaluar cuáles elementos son soportantes y cuáles no dentro del modelo. Para ello, se debe revisar que los elementos tengan definida la propiedad IFC *LoadBearing* y que sea asignado como verdadero para los elementos de carga y como falso para aquellos que no presenten esa condición. De esta forma es fácil revisar qué elementos son estructurales y cuáles no lo son, pudiendo corregir la condición en caso de ser necesario.

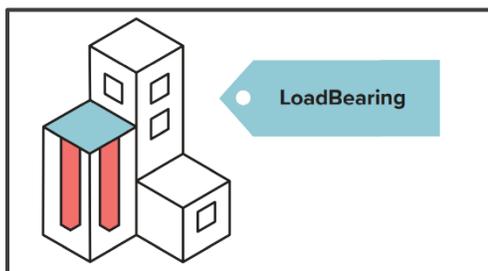


Figura 43. Formato IFC para la asignación de elemento de carga.  
Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos

### Prueba N°10: 4.2 Elementos exteriores

En este caso, se solicita que los elementos que son la envolvente del proyecto estén definidos como exteriores. Para ello, por un lado, se debe revisar que los elementos tengan definida la propiedad IFC *IsExternal* y, adicionalmente, asignar a esta propiedad el valor de verdadero a aquellos elementos exteriores y falso a los interiores. Esto permite y corregir la asignación en caso de ser necesario.

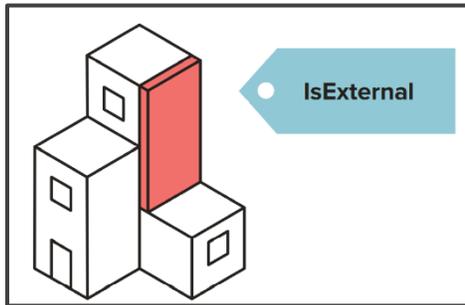


Figura 44. Formato IFC para la asignación de elementos exteriores.  
Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos.

### Prueba N°11: 4.3 Resistencia al fuego

En este punto se debe revisar que la propiedad IFC *FireRating* de resistencia al fuego esté definida y con valor asignado en todos aquellos elementos donde esa propiedad sea aplicable según el Estándar BIM.

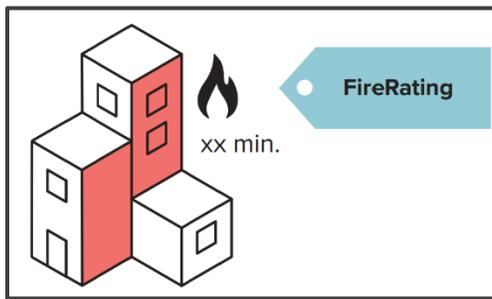


Figura 45. Formato IFC para la asignación de resistencia al fuego.  
Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos

### Prueba N°12: 4.4 Proyecto específico

Esta última prueba solicita que se indiquen claramente las propiedades de IFC que se están utilizando en las entidades del modelo para el proyecto en particular.

Para lo anterior se debe utilizar la Matriz de Información de Entidades BIM, la cual entrega para cada entidad un listado de propiedades según los Niveles de Información (NDI). A partir de esta es posible encontrar las propiedades IFC solicitadas en la SDI BIM y que deben ser creadas para las entidades del modelo.

#### 3.6.2. Software para revisar el cumplimiento de las pruebas del MEI

Para revisar cada una de las 12 pruebas del Manual Básico de Entrega de Información BIM se puede utilizar BIMcollab ZOOM, programa gratuito que permite visualizar y revisar modelos IFC y que además posee una asociación con PlanBIM.

A partir de este programa es posible revisar las características esenciales de un modelo a través de reglas cargadas en el programa, que en este caso corresponden a las del MEI y que se pueden descargar a través de la página de BIMcollab<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> <https://www.bimcollab.com/en/zoom/free-ifc-viewer>

### 3.6.3. Revisión de un modelo según las pruebas del MEI

Para ejemplificar cómo llevar a cabo la revisión de un modelo en base a las pruebas del Manual Básico de Entrega de Información, se utilizará el mismo modelo de la bodega de explosivos desarrollado en Revit y detallado en el Capítulo 2. La exportación del archivo IFC en este caso presenta el siguiente comando:

*Archivo > Exportar > IFC*

Posteriormente, el archivo exportado se abre en el programa BIMcollab ZOOM, dentro del cual existe una función llamada *Smart views* que contiene las 12 pruebas del MEI.

Para ejecutar cada una de ellas solo resta presionar doble click sobre cada una y observar si los elementos del modelo aparecen de color verde o rojo, es decir, si cumplen o no respectivamente.

#### Prueba N°1: 3.1 Nombre del archivo

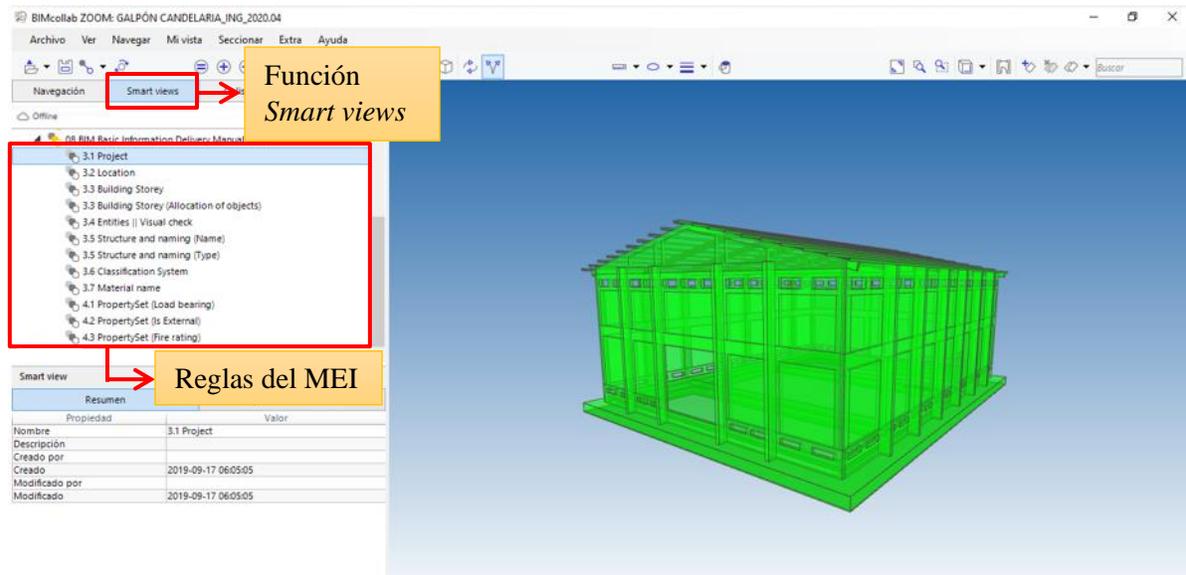


Figura 46. Ejemplo revisión prueba 3.1 del MEI

Una vez ejecutada la primera prueba, es posible observar que todos los elementos del modelo aparecen en color verde, es decir, que se cumpliría con la prueba. Sin embargo, aunque el modelo presenta un nombre, no respeta la nomenclatura propuesta por el Estándar BIM. Por lo que el programa sólo está evaluando que el modelo tenga un nombre, sin reparar si este sigue o no la nomenclatura correspondiente.

En base a lo anterior, aunque los elementos se muestren verdes para esta prueba, de igual forma se debe revisar que el nombre del modelo sea estructurado y coherente.

## Prueba N°2: 3.2 Posición y orientación local

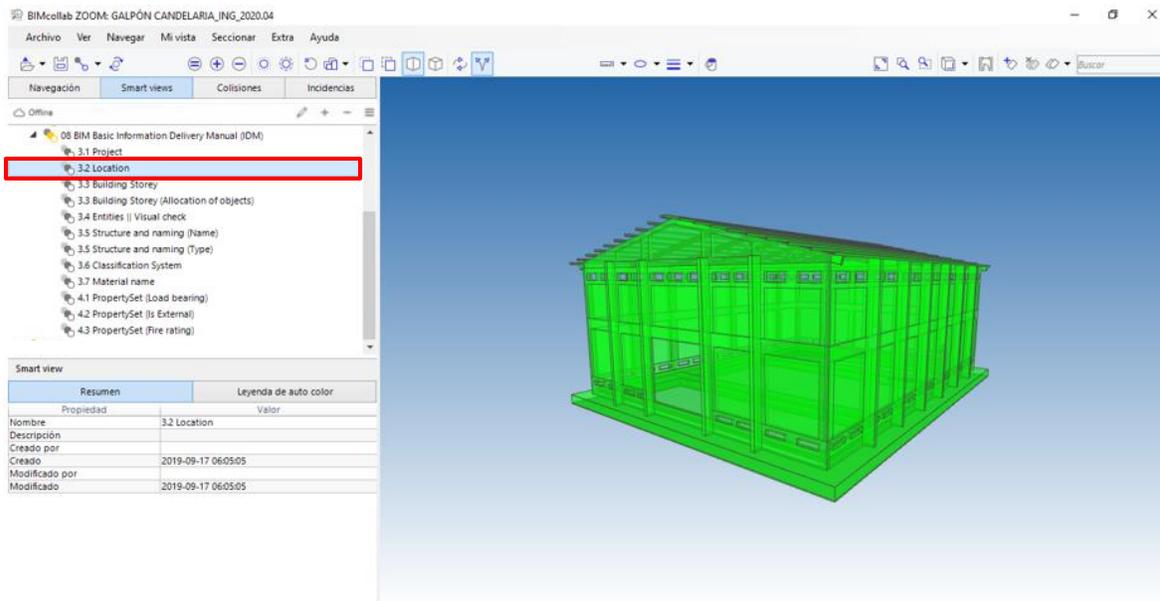


Figura 47. Ejemplo revisión prueba 3.2 del MEI

Una vez ejecutada la prueba de “Posición y orientación local” se observa que todos los elementos del modelo cumplen con la prueba. Esto quiere decir la infraestructura está coordinada y cercana al origen. Sin embargo, no se cumple con la prueba en su totalidad, ya que falta un elemento físico ubicado en la coordenada 0,0,0.

## Prueba N°3: 3.3 Niveles de proyecto y su denominación

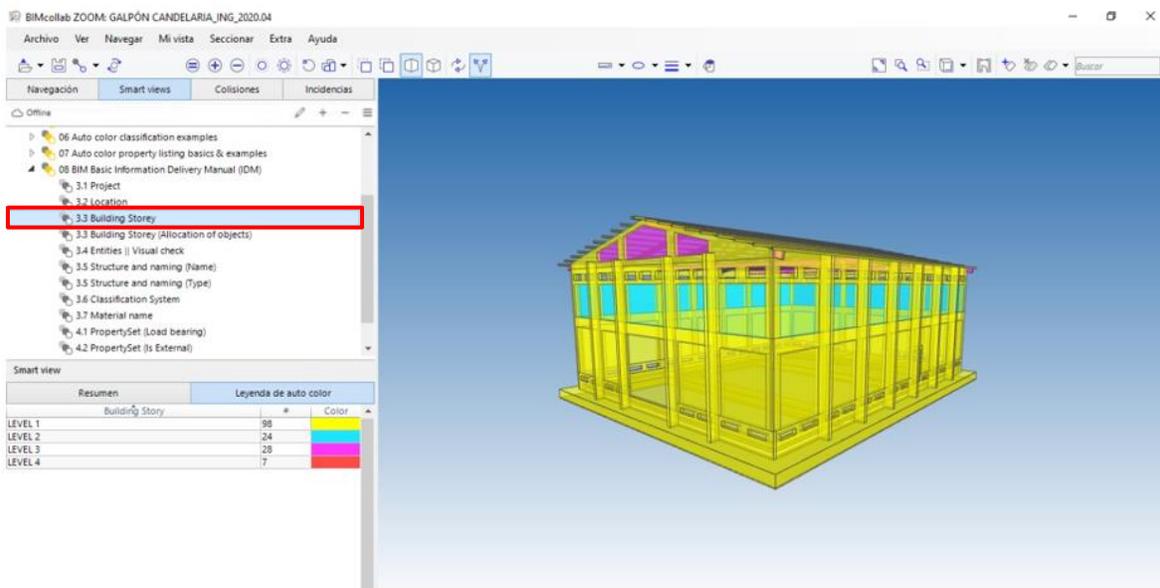


Figura 48. Ejemplo revisión prueba 3.3 del MEI sobre niveles del proyecto

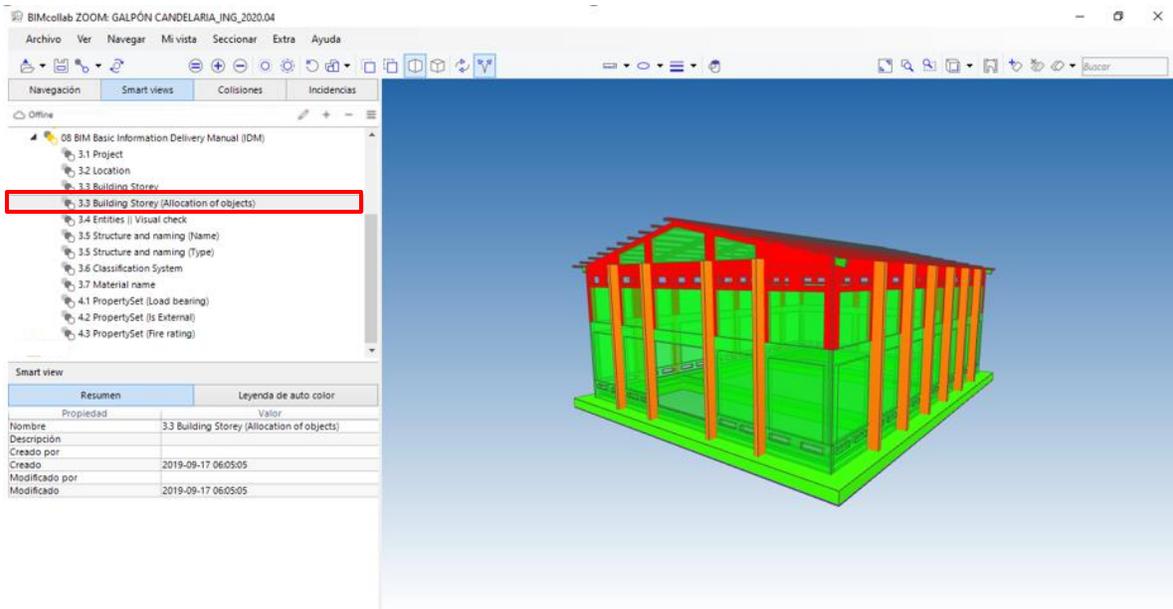


Figura 49. Ejemplo revisión prueba 3.3 sobre la distribución de objetos en los niveles del proyecto

Al ejecutar ambas versiones de la prueba 3.3 del MEI es posible observar que la primera figura muestra los niveles que presenta el modelo, siendo en este caso cuatro niveles definidos. Y, por su parte, la segunda figura indica si los niveles donde se encuentran ubicados los objetos del modelo son o no los que corresponden. En verde aparecen los objetos asignados a su nivel correctamente, en rojo los objetos con niveles mal asignados y en naranja aquellos que deben ser divididos según sus niveles correspondientes.

## Prueba N°4: 3.4 Uso correcto de las entidades

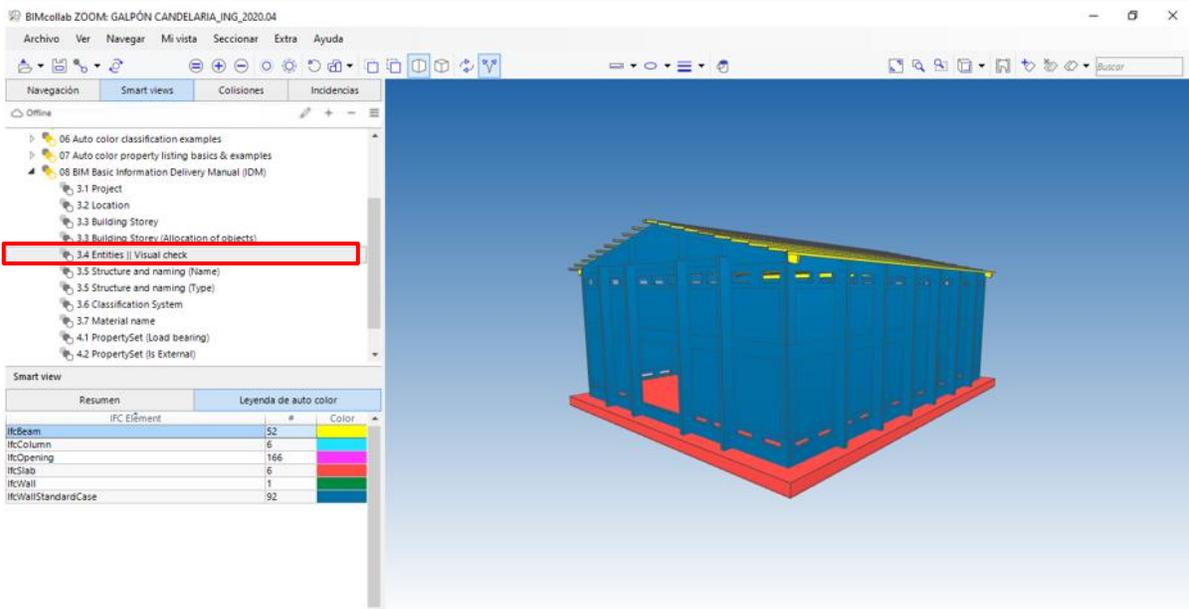


Figura 50. Ejemplo revisión prueba 3.4 del MEI

Una vez ejecutada la prueba 3.4 del MEI, es posible observar en distintos colores los tipos de entidades que presenta el modelo IFC. Sin embargo, la prueba no permite saber si las entidades fueron correctamente creadas más que ir viendo cada una de ellas y ver si existe una lógica con lo que se exportó. En este caso de existir un error se debe ir a la Matriz de Información de Entidades y asignar la entidad correctamente en el modelo nativo.

## Prueba N°5: 3.5 Estructura y denominación

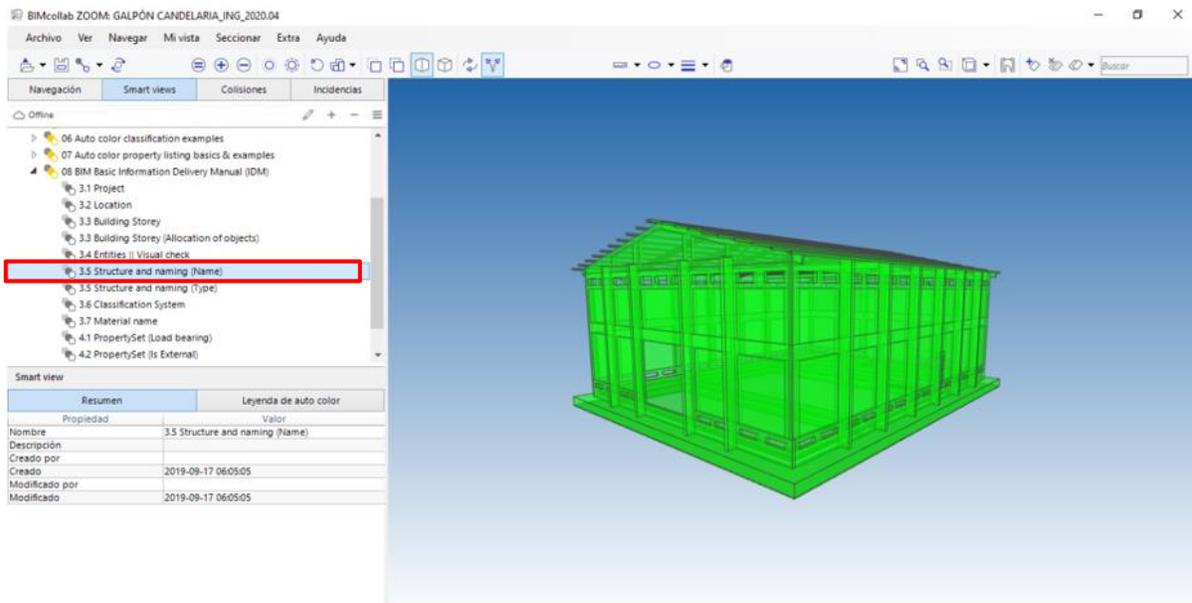


Figura 51. Ejemplo revisión prueba 3.5 sobre los Nombres de los objetos en el modelo

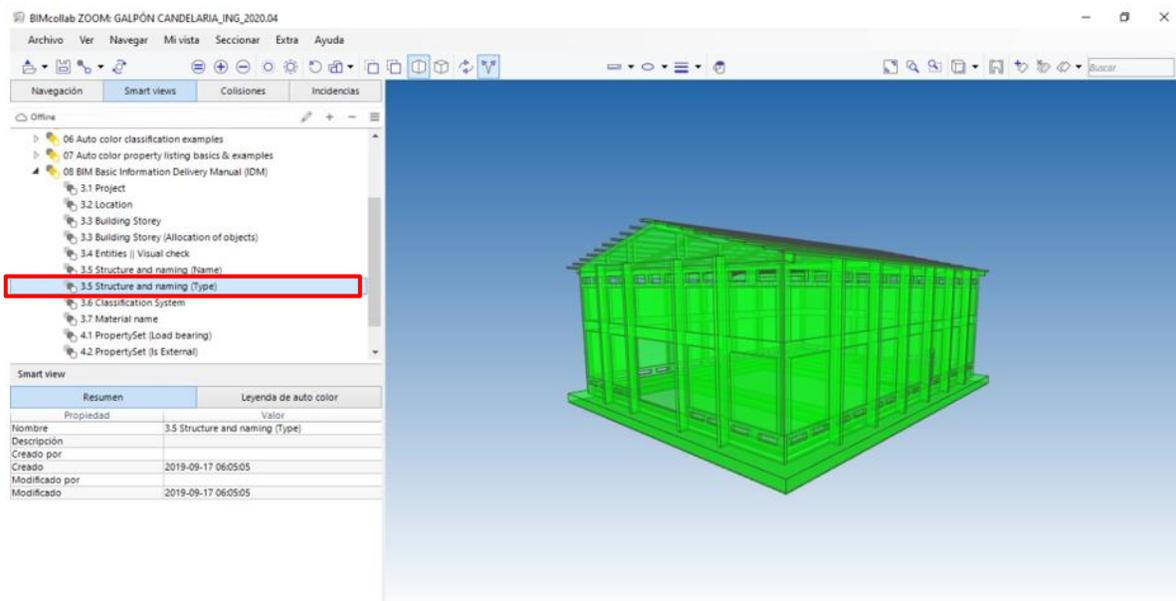


Figura 52. Ejemplo revisión prueba 3.5 sobre los Tipos de los objetos en el modelo

Al ejecutar ambas versiones de la prueba 3.5 del MEI es posible observar que en ambos casos los elementos aparecen de color verde, es decir, que se cumpliría con la prueba. Sin embargo, si bien se cumple con que todos los elementos del modelo presenten sus propiedades de Nombre y Tipo, la prueba no evalúa que estos sean claros y lógicos. Para ver esto último se deben revisar los Nombres y Tipos asignados y, en caso de ser necesario corregirlos, modificarlos en el modelo nativo.

## Prueba N°6: 3.6 Sistema de clasificación

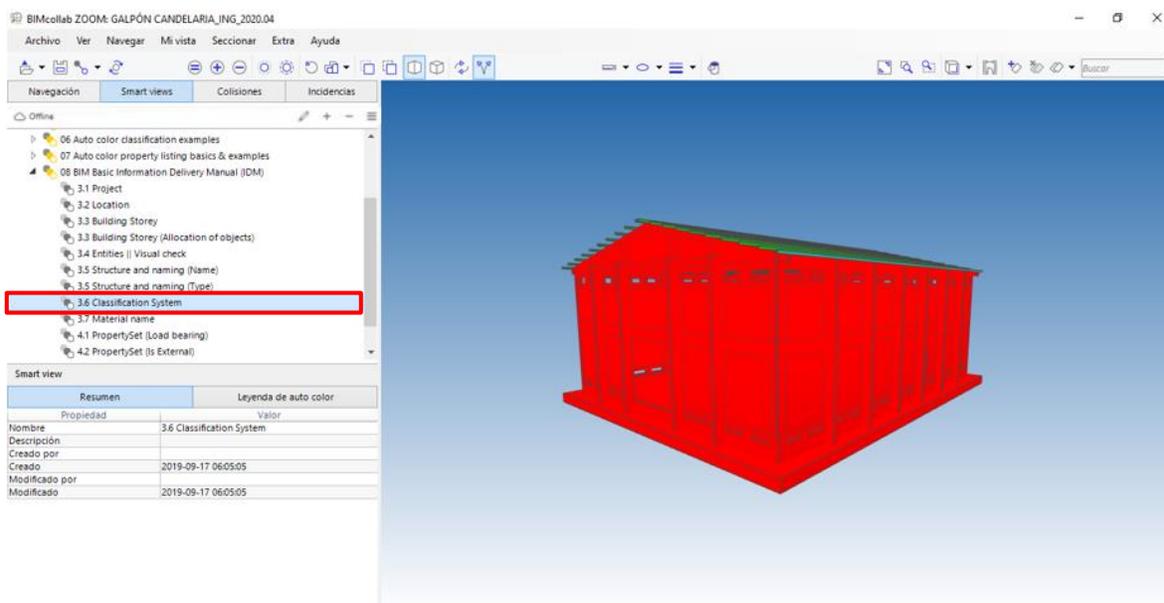


Figura 53. Ejemplo revisión prueba 3.6 del MEI

Una vez ejecutada la prueba 3.6, se aprecia que solo los elementos del techo de la infraestructura tienen asignado un sistema de clasificación o itemizado, los que aparecen en verde. Aquellos elementos en rojo deben ser corregidos y definir un sistema de clasificación para cada uno de ellos, lo cual se puede realizar a partir del modelo nativo.

En el caso particular de Revit, para asignar un sistema de clasificación a los elementos se debe agregar a cada uno un valor a la propiedad tipo *Código de montaje*. Luego se exporta el archivo IFC y en BIMcollab ZOOM aparecerá la propiedad IFC *Uniformat* o *Uniformat Classification* definida.

## Prueba N°7: 3.7 Material correcto de los objetos

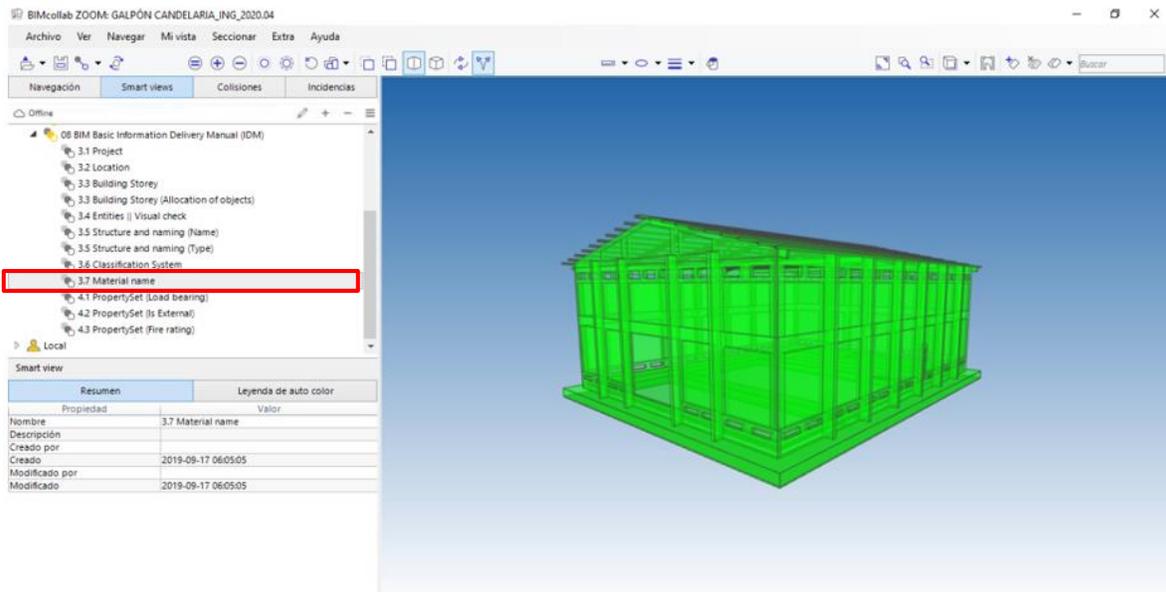


Figura 54. Ejemplo revisión prueba 3.7 del MEI

Luego se ejecuta la prueba 3.7 se observa que todos los elementos del modelo aparecen de color verde, lo cual significa que todos ellos tienen definido un material.

## Prueba N°8: 3.8 Duplicados e intersecciones

Dado que en este caso el modelo nativo proviene de Revit, para la revisión de la existencia de duplicados y/o intersecciones dentro de la misma disciplina, este software posee herramientas que permiten hacer esta evaluación.

Cuando existen elementos duplicados en el modelo, el software entrega advertencias que permiten identificar qué elementos deben ser corregidos. Luego para acceder a esas advertencias el comando es el siguiente:

*Gestionar > Comprobar avisos*

Y para el caso de que existan interferencias o choques entre elementos del modelo, Revit permite hacer una revisión de la coordinación de elementos dentro de la misma especialidad. Para ello el comando es el siguiente:

*Colaborar > Coordinar > Comprobación de interferencias > Ejecutar comprobación de interferencias*

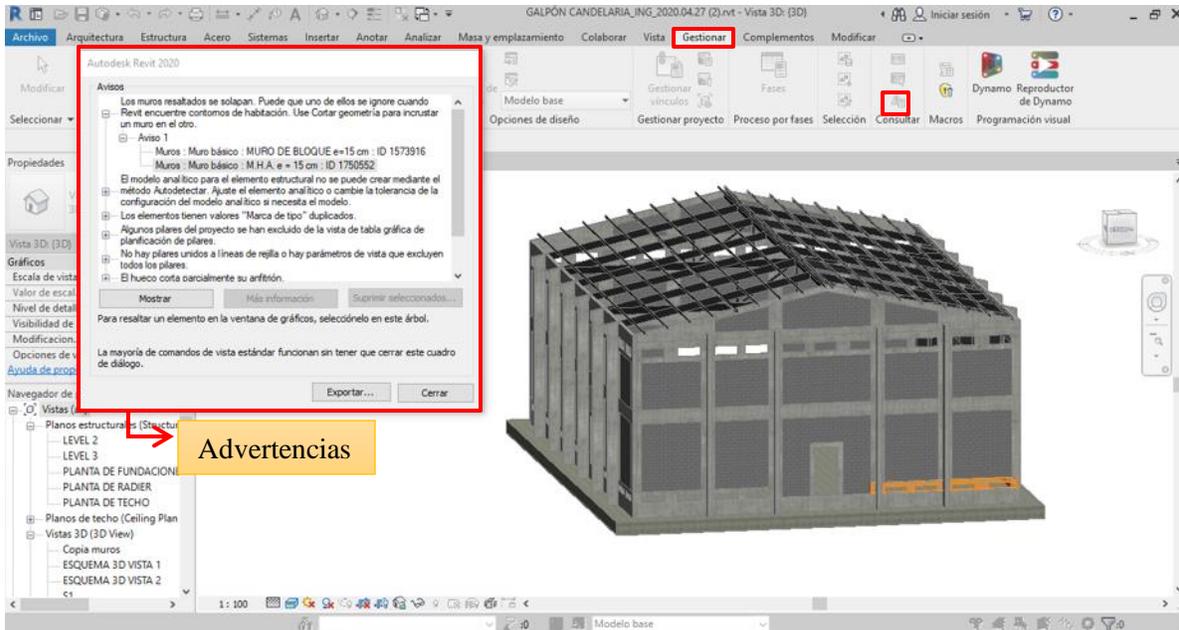


Figura 55. Ejemplo revisión de elementos duplicados en Revit

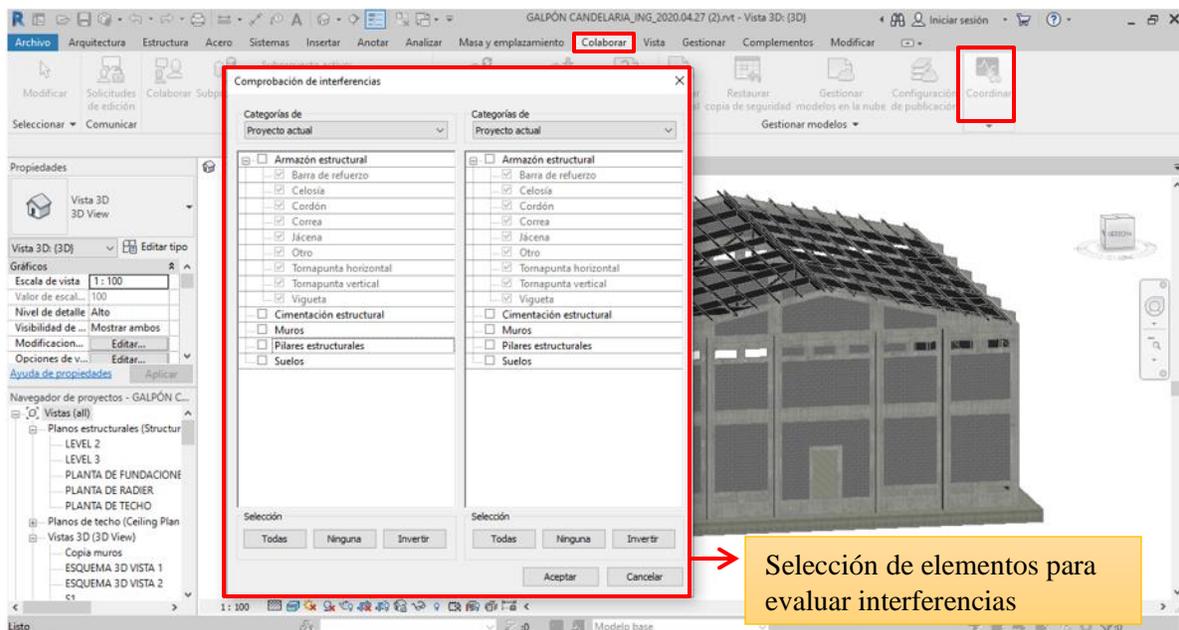


Figura 56. Ejemplo revisión de interferencias entre elementos en Revit

En cuanto a la duplicidad y/o interferencias entre elementos de distintas especialidades, softwares como Navisworks permiten corregir estos problemas.

## Prueba N°9: 4.1 Elemento de carga

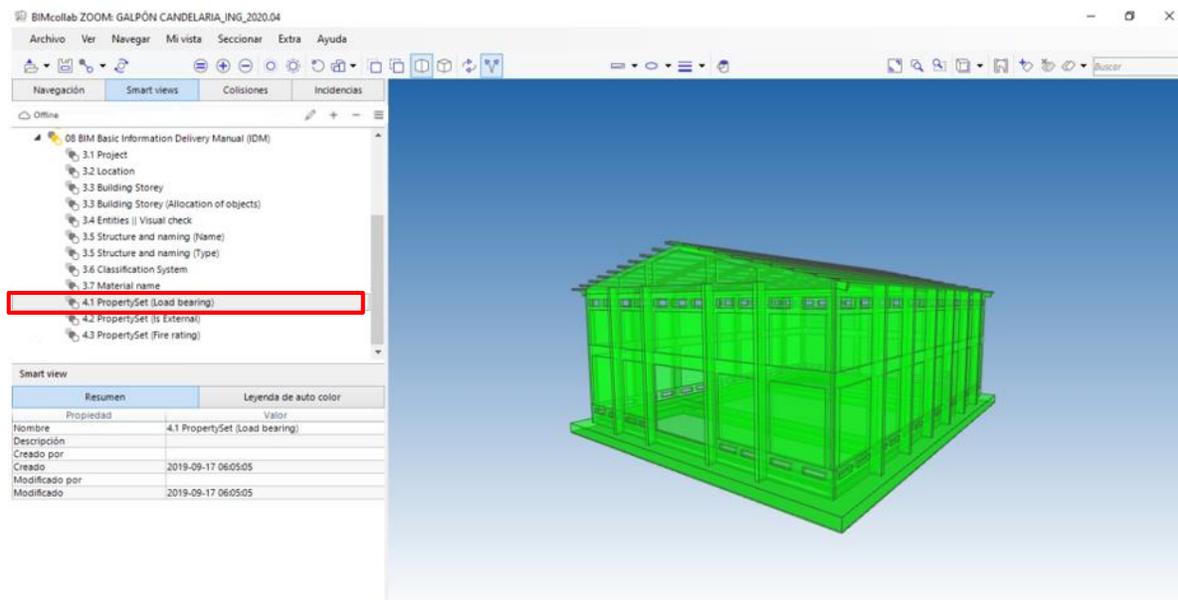


Figura 57. Ejemplo revisión prueba 4.1 del MEI

Una vez ejecutada esta prueba, se observa que todos los elementos parecen cumplir, es decir, todos los elementos tienen definido el parámetro IFC *LoadBearing*. Sin embargo, para cumplir por completo con esta prueba, se deben indicar cuáles elementos están asignados como verdaderos para este parámetro, es decir soportantes, y cuáles como falsos, es decir no soportantes.

Para corregir lo anterior se debe crear una nueva versión de la prueba 4.1 que diferencie a través de colores a aquellos elementos soportantes de los que no lo son. Esta nueva versión se genera presionando botón derecho sobre la prueba original y seleccionando “Duplicado”. Luego se edita en base a la evaluación requerida – botón derecho y “Editar” –.

## Prueba N°10: 4.2 Elementos exteriores

De forma análoga a la de la prueba 4.1, al ejecutar esta prueba en el archivo todos los elementos se muestran de color verde, pero eso es porque la prueba 4.2 sólo está evaluando que el parámetro IFC *IsExternal* está definido en todos los elementos lo cual se cumple. Si embargo, para cumplir por completo con esta prueba, se deben indicar cuáles elementos están asignados como verdaderos para este parámetro, es decir son exteriores, y cuáles como falsos, es decir son interiores.

Para corregir esto, también se debe crear una nueva versión de la prueba 4.2 de igual forma que para la prueba anterior, de forma que se diferencie a través de colores a aquellos elementos exteriores de los interiores imponiendo los criterios correspondientes.

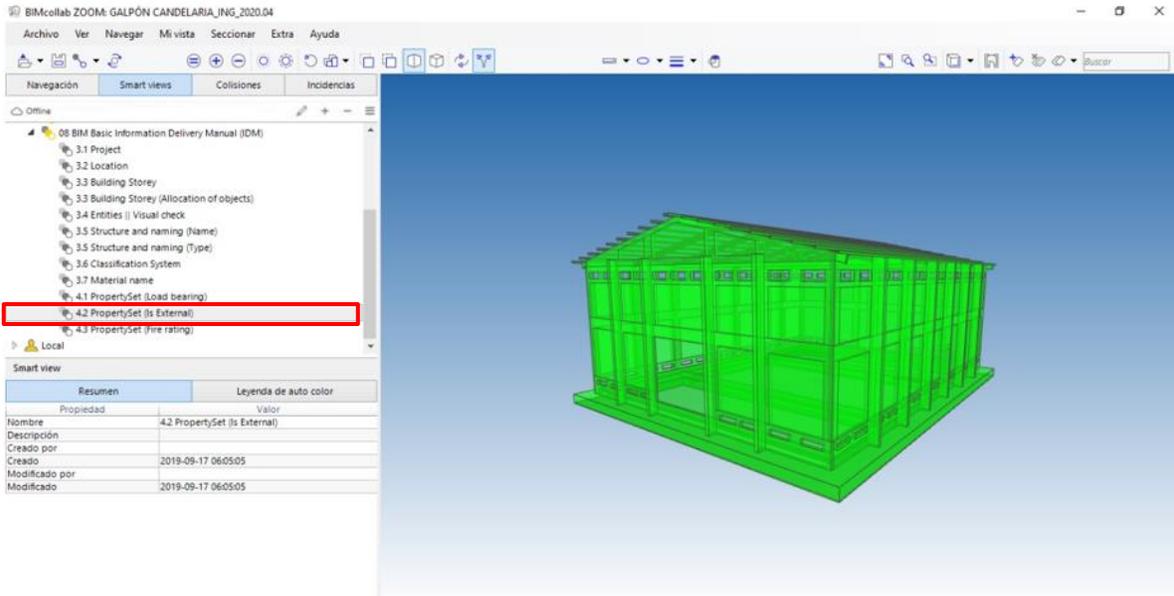


Figura 58. Ejemplo revisión prueba 4.2 del MEI

## Prueba N°11: 4.3 Resistencia al fuego

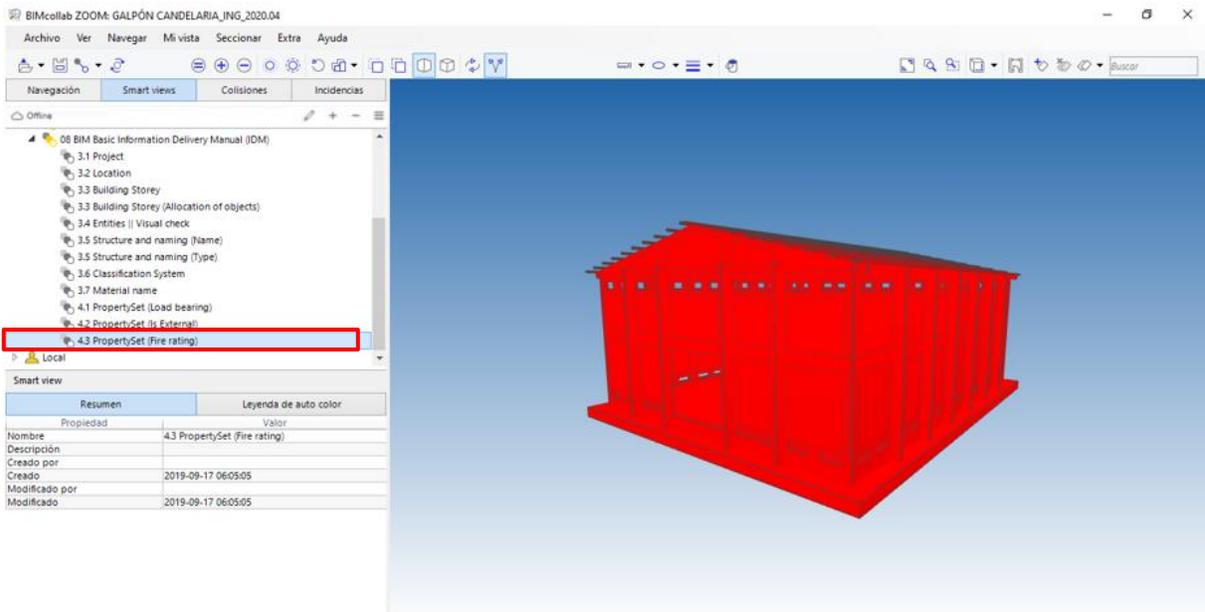


Figura 59. Ejemplo revisión prueba 4.3 del MEI

Al ejecutar esta prueba es posible observar que ninguno de los elementos del modelo cumple. Esto quiere decir que ningún elemento tiene definido el parámetro IFC *FireRating* de resistencia al fuego.

Lo anterior se puede corregir asignando un valor a dicho parámetro en los elementos correspondientes del modelo nativo.

## Prueba N°12: 4.4 Proyecto específico

En esta última prueba se evalúa que las entidades del archivo IFC tengan definidas las propiedades solicitadas en la SDI BIM.

Para lo anterior se requiere revisar la Matriz de Información de Entidades del PlanBIM, la cual entrega a cada entidad un listado de parámetros para cada Nivel de Información (NDI).

**Ficha de Información de Entidad**  
**Columnas (IfcColumn)**  
 versión 2.0 junio 2019

Nivel de Información	Tipo de Información Para la entidad	Parámetro (Español)	Parámetro (Inglés)	Alcance	IFC/COBie
NDI-1 Se modelan elementos esquemáticos que no son distinguibles por tipo o material. Considera Espesor, espesor y ubicaciones aún no definitivos.	TDI-B Propiedades Físicas de Objetos y Elementos	Largo	Length		COBie Type->NominalLength / IfcTypeObject->Pset de nombre "COBie_Specification"->IfcProperty de nombre "NominalLength" o IfcColumn->Pset_ColumnBaseQuantities->Length (Q_LENGTH)
		Volumen	Volume	NDI-1 a NDI-6	IfcColumn->Qto_ColumnBaseQuantities->GrossVolume (Q_VOLUME)
		Estado del Elemento (Nuevo, Existente, Demolición, etc)	ElementStatus		IfcColumn->Pset_ColumnCommon->Status (F_ENUMERATEDVALUE / IfcLabel / IfcName_ElementStatus)
	Área de Sección Transversal	CrossSectionArea		IfcColumn->Qto_ColumnBaseQuantities->CrossSectionArea (Q_AREA)	
	Área de superficie externa	OuterSurfaceArea		IfcColumn->Qto_ColumnBaseQuantities->OuterSurfaceArea (Q_AREA)	
TDI-C Propiedades Geográficas y de Localización Espacial de Objetos y Elementos	De Uso en Exterior	IsExternal		IfcColumn->Pset_ColumnCommon->IsExternal (P_SINGLEVALUE / IfcBoolean)	
	Tipo de Posición	Position Type	NDI-1 a NDI-6	IfcLocalPlacement.PlacementRelTo (IfcObjectPlacement)	
	Restricciones de Ubicación	Location Constraint		IfcColumn.ProvidesBoundaries (IfcRelSpaceBoundary->PlacedBuildingElement) / IfcColumn.HasAssociations (IfcRelAssociates->RelatingConstraint->IfcConstraint)	
	Código de Restricción	Code Constraint		IfcCostValue.Category->ConceptualCost->AppliedValue (IfcAppliedValueSet) (Si no se puede ingresar el parámetro en IfcCostValue, se agregará de la siguiente manera: IfcColumn->Pset_Cost->ConceptualCost (P_SINGLEVALUE / IfcMonetaryMeasure))	
	Costo Conceptual	Conceptual Cost			

Figura 60. Matriz de Información de Entidades para las Columnas

Para más información sobre el manejo del programa BIMcollab ZOOM, y cómo corregir problemas en el cumplimiento de las pruebas del MEI con modelos nativos provenientes de distintos softwares BIM, revisar el canal de YouTube de PlanBIM.

# Capítulo 4

## Programas disponibles y equipamiento

### 4.1. Programas o softwares BIM

Es importante recalcar que BIM no es un software, sino un sistema de trabajo que se basa en archivar la información de un proyecto en un modelo tridimensional para posteriormente ser consultado y gestionado. Para generar estos modelos, cargarlos y extraerles información es que se utilizan uno o más programas que operan en base a esta metodología.

Cada uno de estos softwares cumplen distintas funciones. Por un lado, están los programas que generan modelos, los que pueden ser estructurales, arquitectónicos o de instalaciones de equipos MEP. Estos en su mayoría poseen la opción de exportar los modelos nativos al formato universal IFC, formato requerido por el estándar nacional y que garantiza la factibilidad de uso de la información de los modelos BIM en todo el ciclo de vida.

Con el modelo en formato IFC es posible intercambiar su información con otros softwares BIM, los que permiten utilizarla y realizar análisis, como análisis de sustentabilidad, análisis energético, programación de obra, entre otros.

En el mercado existe una amplia gama de softwares BIM que, dependiendo de las necesidades del proyecto, es posible decidir cuál es el más adecuado para realizar el trabajo.



Figura 61. Principales softwares BIM y sus funciones

Estos softwares pertenecen a distintos proveedores, los cuales se agrupan en la siguiente tabla a continuación.

Tabla 9. Proveedores de los Softwares BIM

<b>Proveedores de softwares BIM</b>		
<b>Autodesk</b>	<b>Bentley System</b>	<b>Nemetschek</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revit</li> <li>• Civil 3D</li> <li>• Navisworks</li> <li>• Green Building Studio</li> <li>• Insight</li> <li>• Inventor</li> <li>• Fabrication</li> <li>• BIM 360</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AECOSim</li> <li>• AECOSim Energy Simulator</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ArchiCAD</li> <li>• ArchiFM</li> <li>• SCIA</li> <li>• Vectorwoks</li> <li>• Solibri</li> <li>• EcoDesigner</li> </ul>
<b>CYPE Ingenieros</b>	<b>Trimble</b>	<b>Independientes</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• CYPECAD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VICO</li> <li>• Tekla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Archibus</li> <li>• YouBIM</li> </ul>

#### 4.1.1. Software BIM para revisión de modelos BIM

Junto a los softwares de modelado y análisis de la información contenida en los modelos BIM, existe un programa llamado BIMcollab ZOOM, el cual se encarga de revisar dicha información y detectar cualquier problema en la asignación de información y definición de propiedades en los elementos del modelo.

Tal y como se mencionó en el Capítulo 3 de este trabajo, BIMcollab ZOOM<sup>6</sup> es un programa completamente gratuito que actualmente posee una asociación con PlanBIM para la revisión de los modelos desarrollados por los proyectos que implementen BIM en Chile.



Figura 62. Logo BIMcollab ZOOM. Fuente: [www.bimm4all.com](http://www.bimm4all.com)

Este software permite visualizar y revisar modelos exclusivamente en formato IFC en base a distintas pruebas. Y, en este sentido, el Estándar BIM ha creado un Manual Básico de Entrega de Información (MEI) que contiene 12 pasos para revisar la información de los modelos, revisión que se exige dentro del estándar nacional y cuyas pruebas se pueden cargar dentro de BIMcollab ZOOM (Capítulo 3, punto 3.6.3).

<sup>6</sup> <https://www.bimcollab.com/es/home>

## 4.2. Programas para obtener los Usos BIM

Para cumplir con los Usos BIM que establece el Estándar BIM, los modelos correspondientes a cada uno se deben desarrollar con los programas o softwares adecuados que permitan que los modelos entreguen la información requerida por cada Uso.

En un modelo BIM puede actuar más de un software, donde uno se utiliza para crear el modelo y cargarlo de información y otro se encarga de recoger esa información exportada en formato IFC para transformarla en aquello que haya sido requerido por el Uso BIM correspondiente.

Por ejemplo, para realizar la programación constructiva de una obra, por un lado, Revit permite diseñar en el modelo los elementos estructurales, arquitectónicos e incluso los equipos electromecánicos de la futura edificación, se exporta el archivo IFC de ese modelo y, posteriormente, para programar la secuencia constructiva se utiliza otro software como Navisworks que recoge ese archivo con información y le asigna fechas a cada una de las actividades que conforman la obra.

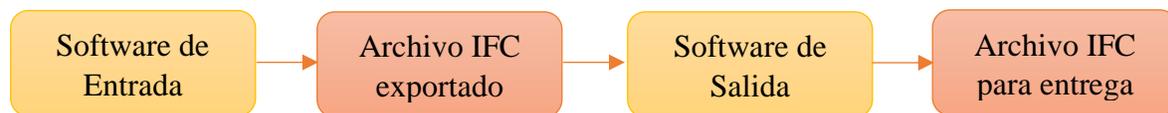


Figura 63. Secuencia de la información de un modelo con más de un software.

De igual modo, dependiendo de lo que se quiera obtener, tanto el modelo como la extracción de la información consultada se puede llevar a cabo con un mismo software. Tal es el caso cuando se quieren obtener cubicaciones o estimaciones de costos de un proyecto, donde tanto la confección del modelo como la obtención de cantidades y costos se realizan con Revit. Luego de este modelo se extrae la información en IFC para ser entregada al Solicitante por medio del PEB BIM.



Figura 64. Secuencia de la información de un modelo con un solo software

A continuación, se muestran algunas opciones de programas de entrada y salida de información que se pueden utilizar para obtener los Usos BIM. En particular la mayoría de los softwares que se muestran pertenecen a Autodesk.

Tabla 10. Softwares para obtener los Usos BIM

Uso BIM	Softwares
1. Levantamiento de condiciones existentes	Revit + Civil 3D → Navisworks
2. Estimación de cantidades y costos	Revit
3. Planificación de fases	Revit → Navisworks
4. Análisis del cumplimiento del programa espacial (zonificación)	Revit → Navisworks
5. Análisis de ubicación	Revit → Navisworks
6. Coordinación 3D	Revit → Navisworks + BIM 360
7. Diseño de especialidades	Revit
8. Revisión del diseño	Revit → Navisworks
9. Análisis estructural	Revit
10. Análisis lumínico	Revit → Insight
11. Análisis energético	Revit → Insight
12. Análisis mecánico	Revit + Inventor
13. Otros análisis de ingeniería	Revit → Navisworks
14. Evaluación de sustentabilidad	Revit → Green Building Studio
15. Validación normativa	Revit
16. Planificación de obra	Revit → Navisworks
17. Diseño de sistemas constructivos	Revit
18. Fabricación digital	Revit + Fabrication
19. Control de obra	Revit → Navisworks
20. Modelación as-built	Revit → Navisworks
21. Gestión de activos	Revit + BMS → YouBIM
22. Análisis de sistemas	Revit + BMS → YouBIM
23. Mantenimiento preventivo	Revit + BMS → YouBIM
24. Gestión y seguimiento de espacios	Revit + BMS → YouBIM
25. Planificación y gestión de emergencias	Revit + BMS → YouBIM

## **R** REVIT

**Descripción:** Software BIM que permite al usuario diseñar elementos de modelación y dibujo paramétrico, tanto planos como elevaciones y secciones se actualizan automáticamente. En este pueden colaborar distintas disciplinas dentro del diseño, ya que contiene herramientas para los profesionales de la arquitectura, ingeniería y construcción. Dentro de las principales disciplinas que se utilizan en Revit son arquitectura, estructura, mecánica, fontanería, electricidad y coordinación.

**Precio:** 1.975.599 CLP/año

## **C** CIVIL 3D

**Descripción:** Software de diseño compatible con BIM que permite:

1. Colaborar y gestionar datos entre equipos para agilizar la coordinación de las entregas, visualizar los cambios y gestionar los problemas y las marcas de revisión.
2. Integra datos de GIS, ya que trabaja con los datos de ArcGIS directamente en el modelo de diseño.

**Precio:** 1.885.984 CLP/año

## **N** NAVISWORKS MANAGE

**Descripción:** Software BIM para la visualización de proyectos, archivos y trabajos en 3D. Dentro de sus funciones está la representación y generación de animaciones o imágenes y elementos en 3D, la navegación interactiva dentro del proyecto y representación digital, la comprobación de interferencias, incidencias y posibles errores que a la hora de realizar la obra y la simulación de construcción 4D para la programación de la obra y control de costos.

**Precio:** 1.874.614 CLP/año

## **F** FABRICATION

**Descripción:** Software que mantiene el detallado, la fabricación, los flujos de trabajo y la instalación para contratistas mecánicos, eléctricos y de plomería (MEP). Este software amplía el objetivo del diseño ayudando a crear modelos de los sistemas de servicios de construcción más precisos e inteligentes.

**Precio:** 771.452 CLP/año

## INSIGHT

**Descripción:** Permite diseñar edificios más eficientes energéticamente con simulaciones y entrega datos de análisis de rendimiento de edificios integrados en Revit.

**Precio:** Este software forma parte del AEC Collection de Autodesk (Architecture, Engineering & Construction) cuyo precio es de 2.415.526 CLP/año. Este se compone de 18 softwares, entre ellos Revit, Civil 3D, Navisworks, entre otros.

## INVENTOR

**Descripción:** Software que proporciona herramientas para diseño mecánico 3D, documentación y simulación de productos. Trabaja de forma colaborativa con Revit.

**Precio:** 1.698.608 CLP/año

## GREEN BUILDING STUDIO

**Descripción:** Software BIM que permite ejecutar simulaciones de rendimiento de edificaciones para optimizar la eficiencia energética en el proceso temprano de diseño. Green Building Studio se puede utilizar como un servicio web independiente, pero también alimenta las herramientas de análisis de energía de edificios enteros de Revit.

**Precio:** El acceso a Green Building Studio es gratuito para quienes tengan suscripción a Autodesk.

## BIM 360

**Descripción:** Servicio que ofrece Autodesk en la nube compuesto de seis módulos: BIM 360 Docs (gestionar documentos y modelos), BIM 360 Design (administrar trabajo compartido de Revit), BIM 360 Glue (coordinar para revisar interferencias), BIM 360 Build (mejorar control de calidad de la construcción), BIM 360 Plan (planificar la construcción) y BIM 360 Ops (llevar el control de los procesos de mantenimiento).

**Precio:** Cada módulo del servicio BIM 360 cuenta con un precio independiente.



**Descripción:** Software BIM para la gestión de activos. Este puede contener una gran cantidad de datos y documentos adjuntos relacionados con cada componente del modelo BIM, proporcionando acceso instantáneo/online a información crítica del edificio. Adicionalmente, gestiona el mantenimiento programado, así como los fallos repentinos de componentes del edificio para garantizar el buen funcionamiento de las instalaciones.

**Precio:** Consultar directamente con el proveedor.

### 4.3. Aspectos técnicos

Para utilizar softwares BIM se necesitan equipos digitales que tengan la capacidad de albergar dichos programas con sus respectivos modelos, que pueden ser más o menos “pesados” dependiendo de cuanta información tienen incorporada.

A partir de la Tabla 9 se observa que los softwares más utilizados son Revit y Navisworks, por lo que a continuación se detallan los requisitos mínimos de los sistemas para ambos programas.

Tabla 11. Requisitos del sistema para Revit

<b>Revit</b>	
Sistema operativo	Versión de 64 bits de Microsoft Windows 10
Memoria	8 GB de RAM como mínimo Esta capacidad es suficiente para una sesión de edición estándar, con un solo modelo de hasta aproximadamente 100 MB en el disco.  Los modelos creados en versiones anteriores a la versión que se está utilizando pueden requerir más memoria disponible debido al proceso de actualización a la nueva versión.
Espacio en disco	30 GB de espacio libre en disco
Conectividad	Conexión a internet para registro de licencia y descarga de componentes obligatorios

Tabla 12. Requisitos del sistema para Navisworks

<b>Navisworks</b>	
Sistema operativo	Versión de 64 bits de Microsoft Windows 10
Memoria	2 GB de RAM como mínimo
Espacio en disco	15 GB de espacio libre en disco
Conectividad	Conexión a internet para registro de licencia y descarga de componentes obligatorios

## 4.4. Conectividad

A través de los softwares es posible desarrollar modelos, cargarlos con información y extraerles la información que se necesite conocer para un proyecto, sin embargo, sólo los programas no son suficientes para utilizar los modelos BIM, ya que solo archivan parte de la información necesaria en ellos. Para usar los modelos se necesita de una unidad operativa o computador capaz de conectarse a la red y de esa forma complementar la información que se debe incorporar según lo que se desee obtener.

No toda la información tiene que provenir del software, sino que también puede venir de la red. Por ejemplo, para realizar un presupuesto de cantidades de material el software permite ingresar esa información al modelo, pero el computador a través de la red obtiene el listado de precios, es decir, la información viene en parte del software y en parte viene de afuera. Otro ejemplo sería que, para un análisis de iluminación en un modelo, el software recoge de la red información como características del clima, posición del sol, asoleamiento, entre otros.

En general la conexión a la red sirve para obtener información complementaria que pudiese ser requerida por el modelo BIM, pero también sirve para interconectarse con muchos usuarios que pudiesen estar trabajando de forma simultánea a través de sus equipos.

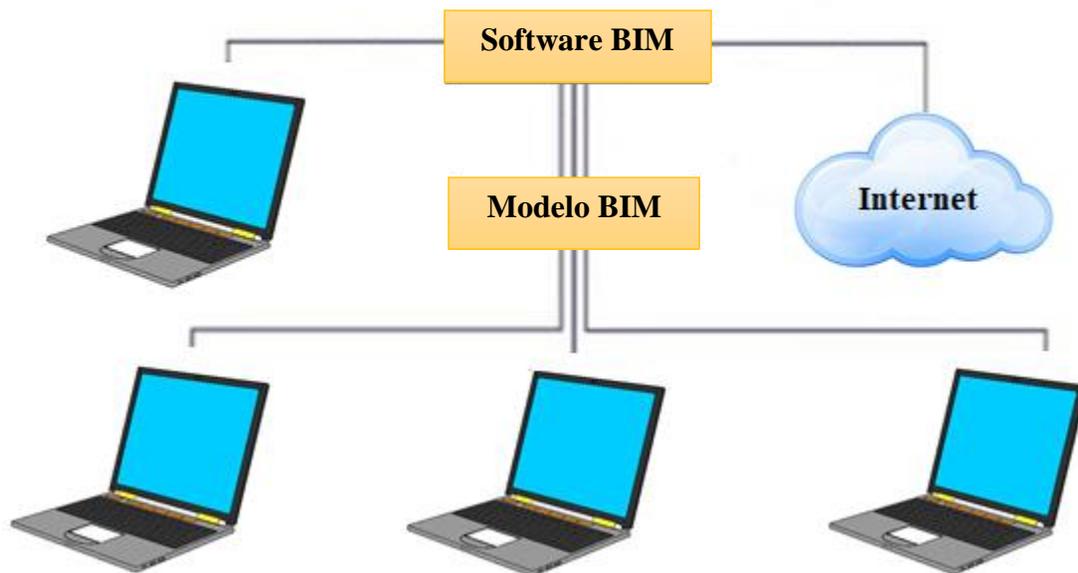


Figura 65. Conectividad a través de la red

## Capítulo 5

# Contratos de los proyectos públicos de edificación

### 5.1. Contratos de construcción

Una vez descrita la metodología BIM, sus modelos y softwares involucrados en los capítulos anteriores, es momento de indicar la forma en que los proyectos públicos se gestionan aplicando BIM a través del PlanBIM. Para comenzar a definir cómo es que debe ser la organización o flujo de trabajo, en primer lugar, es primordial detallar cómo funcionan los contratos, ya que la metodología de gestión de proyectos con BIM que se proponga debe cumplir con estas características.

Un contrato es un acuerdo entre las partes involucradas en el proyecto, en que se establecen para cada una sus obligaciones respecto de las otras partes con el fin de cumplir con un objetivo. A través de un contrato se individualizan las partes y se define la forma en que se le dará término una vez satisfechas ambas partes. También se le puede dar un término anticipado ya sea por razones de fuerza mayor o por incumplimiento de alguna de las partes.

En un contrato de construcción siempre hay un dueño o mandante, quien a través de este documento le encarga a una empresa contratista la construcción del proyecto, en un precio y un plazo establecidos.

En el caso de los contratos de construcción cuyos dueños o mandantes sean Instituciones Públicas, se debe velar estrictamente por el interés Fiscal, ya que se va a trabajar con los bienes sociales que pertenecen a toda la comunidad. Por este motivo, previo al contrato, hay un riguroso proceso de selección de empresas en que estas deben comprobar su capacidad técnica y económica para realizar el proyecto. Estas empresas compiten luego en una licitación, la cual termina con la adjudicación de la empresa contratista que la Institución califica como la más conveniente para el interés público.

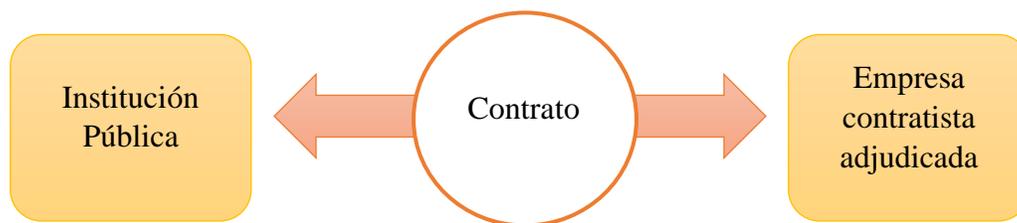


Figura 66. Relación entre una Institución Pública y una empresa contratista a través de un contrato de construcción

La Institución Pública debe designar a un funcionario para que la represente en las relaciones y comunicaciones que conlleva el contrato, habitualmente designado como Inspector Fiscal. En el caso de contratos complejos y extensos se contrata a un equipo de profesionales y medios técnicos para que asesoren al Inspector Fiscal en su función realizando inspecciones detalladas. Este equipo se denomina Asesoría al Inspección Fiscal (AIF).

Por su experiencia y capacidad de gestión de construcción, varias Instituciones delegan en el Ministerio de Obras Públicas (MOP) la gestión y fiscalización de los contratos, traspasándole los recursos financieros necesarios. Tal es el caso del Ministerio de Salud (MINSAL) para la construcción de Hospitales o de la Dirección de Aeronáutica Civil (DGAC) en el caso de los aeropuertos.

Todo este proceso debe ser transparente y cumplir con todos los protocolos establecidos en las leyes y reglamentos del país para, finalmente, ser revisado por la Contraloría General de la República.

En resumen, el contrato es un acuerdo entre una Institución Pública como dueña, o mandante en el caso de que ésta haya delegado su función al MOP u otra Institución Pública especializada, y un contratista encargado de la construcción.

## 5.2. Tipos de contratos

En el Estándar BIM se distinguen cuatro etapas de la ejecución de un proyecto:

1. Planificación
2. Diseño
3. Construcción
4. Operación

De estas etapas, en general ninguna las ejecuta directamente la Institución dueña o mandante, sino que son encargadas a un proveedor y a una contraparte de este proveedor para verificar el cumplimiento del encargo. A pesar de ello, la Institución Pública mantiene un funcionario a tiempo completo o parcial designado como Inspector Fiscal, que representa a la Institución en la relación contractual.

Cada una de estas etapas se pueden contratar de forma independiente o contratar en conjunto. En general la primera etapa de Planificación es independiente ya que en ésta se definen los objetivos sociales y de inversión, definiéndose el emplazamiento y las características básicas del proyecto. Las siguientes etapas pueden ser contratadas por separado o en conjuntos para lograr mayor eficiencia o menores plazos.

Tabla 13. Tipos de contratos

<b>Tipos de contratos por etapas</b>
- Diseño de forma independiente
- Construcción de forma independiente
- Diseño y Construcción en conjunto
- Diseño, Construcción y Equipamiento en conjunto. Esto se llama habitualmente “llave en mano” o “turn key job”, donde el mandante recibe el proyecto terminado y listo para iniciar su operación.
- Diseño, Construcción, Equipamiento y Operación en conjunto por un período establecido.

La última modalidad de la Tabla 13 aplica a las Concesiones, donde el ejecutor o “concesionario” recibe ingresos con la explotación de la edificación o infraestructura al cobrar un valor por uso a los usuarios. El caso más conocido es el de las carreteras concesionadas, las cuales reciben ingresos a través de los peajes de cada usuario por un período definido o hasta reunir un ingreso determinado.

### 5.3. Obligaciones de las partes

En todos los contratos, el contratista debe cumplir a cabalidad con sus obligaciones contractuales, para lo cual:

- Se debe establecer con claridad y precisión sus obligaciones en los proyectos y documentos administrativos.
- Cualquier modificación debe ser justificada y aprobada por el Inspector Fiscal y los representantes superiores de la Institución.
- Se deben aprobar los avances parciales de las obligaciones.
- Se debe aprobar y recibir la etapa o la obra terminada.

Por este motivo, junto a la Identificación de las partes y sus obligaciones, las Bases de la Licitación forman parte integrante del Contrato. Estas Bases están conformadas por las Bases Administrativas, que definen las relaciones administrativas y económicas del contrato, y las Bases y Documentos Técnicos, correspondientes al conjunto de información del proyecto que define con precisión las características y funcionalidad de la obra que se encarga.

En este sentido, y en relación con el Estándar BIM, la Solicitud de Información BIM que propone el estándar actúa como complemento o anexo a las Bases de Licitación. Este debe requerir la información siguiendo lo indicado en el estándar, dejando de lado los documentos en papel y utilizando los modelos BIM como medio para la entrega de información de un proyecto.

### 5.4. Requerimientos BIM dentro de las Bases de Licitación

En relación con BIM, dentro de lo que deben contener las Bases de Licitación se encuentran:

#### 1. Objetivos de la utilización de BIM

Esto incluye:

- Objetivos generales
- Objetivos específicos

#### 2. Definir los alcances de BIM asociados a los objetivos específicos

Esto incluye:

- Usos BIM que serán solicitados
- Estados de Avance de Información de los Modelos (EAIM) requeridos
- Niveles de Información (NDI) requeridos
- Tipos de Información (TDI) requeridos

### 3. Entregables BIM

Esto incluye:

- Plan de Ejecución BIM (PEB), el cual define el modelado, estándares a seguir, procedimientos, roles y responsabilidades.
- Modelos BIM requeridos, especificando sus entidades mínimas para cada modelo BIM, el Nivel de Información para cada entidad y, con los TDI solicitados, definir los parámetros mínimos que deben contener los modelos en base a la Matriz de Información de Entidades.
- Documentos relacionados a la etapa del proyecto, como planos, especificaciones técnicas, fichas técnicas, entre otros.

### 4. Entregas y sus formatos

Esto incluye:

- Especificar para cada entrega los EAIM asociados a cada uno de los modelos BIM solicitados (Anexo 7), los que pueden ser distintos para cada modelo<sup>7</sup>.
- Documentos y planillas de información de los modelos deben ser entregados en PDF, los modelos deben ser entregados utilizando como mínimo el formato IFC 2x3 y todos los entregables digitales se enviarán a través de soportes físicos como: CD, pendrive, discos duros o similares.

Y, en base a lo anterior, las Bases de Licitación también deben especificar:

- ✓ Plazos de entrega de Planes de Ejecución BIM, incluyendo plazos para entregar versiones corregidas en caso de existir observaciones.
- ✓ Plazos para la revisión de modelos BIM, incluyendo plazos para entregar versiones corregidas en caso de existir observaciones.
- ✓ Plazos para la instalación y actualización de los softwares requeridos por el Inspector Fiscal.
- ✓ Multas por incumplimientos de plazos u obligaciones en relación con la implementación de BIM.

---

<sup>7</sup> Ver ejemplo en la página 51 del Estándar BIM para Proyectos Públicos

# Capítulo 6

## Metodología para la implementación de BIM

### 6.1. Análisis sobre la implementación de BIM

Se ha analizado que BIM es una metodología basada en concentrar la información de un proyecto en una maqueta virtual o modelo tridimensional, generando un archivo de memoria digital. Esta información, con excepción de los datos sobre geometría que se representan directamente al dibujar el modelo, debe ser ingresada como una forma de “etiquetar” las características de cada uno de los elementos que componen la maqueta, características como especificaciones técnicas, fabricantes, entre otros.

Los modelos con su información incorporada se desarrollan y procesan a través de softwares, los que se instalan en equipos computacionales pudiendo además conectarse a la red y obtener información externa – asoleamiento, posición geográfica, clima, precios –, donde sin importar el tamaño de los modelos, estos se guardan en la memoria del mismo equipo o también de un servidor externo. Junto a ello varios equipos pueden conectarse entre sí permitiendo trabajar de forma colaborativa con más participantes.

Posteriormente, al momento de requerir ciertos “usos” de la maqueta virtual o consultarle por algún tipo de información, por medio de uno o más softwares se deberá leer en el modelo la geometría y la información etiquetada, pudiendo responder a dichos “usos” o consultas. Estas respuestas pueden ir desde la simple lectura de la geometría, relaciones simples como calcular cubicaciones y costos en tiempos mínimos, proponer modificaciones y recalcular los costos para optimizar la inversión, hasta simulaciones complejas de comportamiento en eventualidades o accidentes.

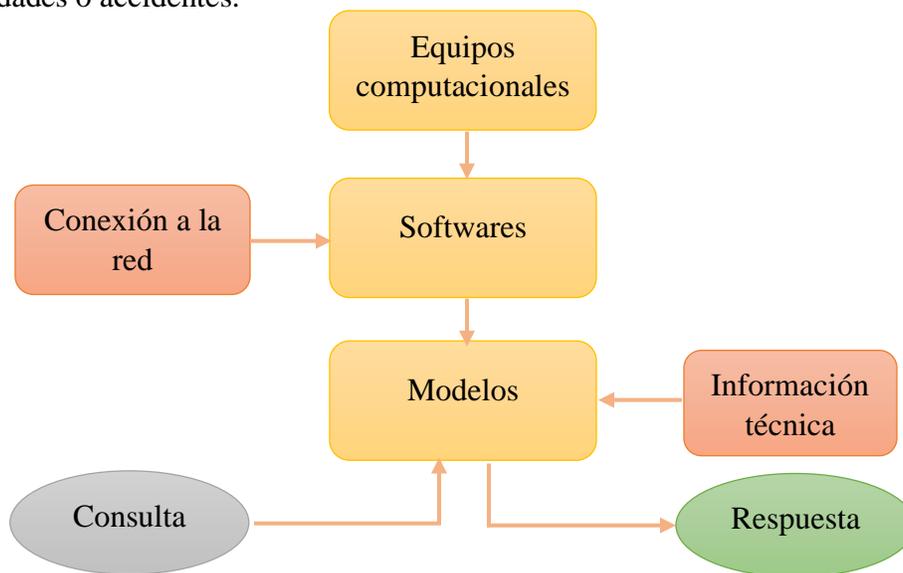


Figura 67. Proceso para el desarrollo de los modelos

Los usos que se le pueden otorgar a los modelos abarcan desde la simple obtención de la geometría, cálculo de cubicaciones y costos en tiempos mínimos, modificaciones y recálculo de los costos para optimizar la inversión, hasta llegar a usos más complejos como simulaciones del comportamiento de la edificación, entre otros.

A continuación, se describe una escala de niveles de usos o consultas de los modelos, desde los más simples como la visualización del modelo hasta simulaciones más avanzadas:

Tabla 14. Usos de los modelos nivel 1

<b>Nivel 1: Usos de lectura y obtención de cantidades</b>
<b>Visualización y lectura</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visualización del proyecto y la obtención de representaciones en planos u objetos 3D.</li> <li>- Superposición de la maqueta 3D con las especialidades (en otra o en la misma maqueta) para detectar interferencias o “choques”.</li> <li>- Lectura de trazado 3D y dimensiones.</li> <li>- Visualización de partes y sus especificaciones.</li> </ul>
<b>Operaciones posibles con los datos cargados en el modelo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cálculo de cubicaciones y costos (que se han adjuntado como “etiquetas”).</li> <li>- Cálculo de cubicaciones y costos de otras alternativas o modificaciones que se analicen en el modelo.</li> <li>- Establecer programas de mantenimiento de equipos considerando las especificaciones.</li> </ul>

Tabla 15. Usos de los modelos nivel 2

<b>Nivel 2: Usos que relacionan información externa estática con información del modelo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visualizar el avance de la construcción para un programa de tiempos siendo el tiempo un dato externo que se ingresa al modelo.</li> <li>- Cálculos de proyección en la etapa de diseño (ej. análisis estructural, de consumos de energía para climatización considerando las características proyectadas, el emplazamiento y la ubicación geográfica).</li> <li>- Lecturas de equipos y comparación con estándares en tiempo real para emitir aprobación o advertencias por mal funcionamiento.</li> <li>- Análisis de consumo eficiente de energía.</li> </ul>

Tabla 16. Usos de los modelos nivel 3

**Nivel 3: Usos que relacionan información externa dinámica con información del modelo**

- Toma de imágenes y análisis de comportamientos para emitir aprobación o advertencias.
- Simulaciones de construcción.
- Simulaciones de operación.
- Simulaciones de casos de eventualidades (condiciones extremas de clima, sismos), accidentales y emergencias.

## 6.2. Manejo actual de la información sin la aplicación del PlanBIM

Previo a la creación del PlanBIM por Corfo, y hasta el día de hoy, existen proyectos donde toda la información de representación geométrica de una edificación se realiza en planos 2D y todas las características técnicas adicionales en distintos archivos impresos y digitales, tales como archivos de respaldo, estudios especiales de geotecnia, memorias de cálculo, entre otros.

Posteriormente, esta información “oficial” es formalizada, impresa y firmada para ser guardada por la Institución Mandante. Sin embargo, se ha observado en la práctica que, después de algunos años de terminada la construcción, es habitual que los archivos técnicos en papel estén dañados o perdidos y se deban realizar levantamientos y estimaciones nuevamente para llevar a cabo modificaciones en el uso, mantención preventiva o reparaciones.



Figura 68. Planos 2D en papel. Fuente: Página web [www.ingenierojuanbonet.com](http://www.ingenierojuanbonet.com)

### 6.3. Propuesta de implementación progresiva de la metodología BIM

Para implementar el sistema BIM en proyectos públicos se propone hacerlo de forma progresiva, reemplazando todos los archivos de información técnica actualmente en papel y digitales por modelos BIM como medio para almacenar la información técnica del proyecto.

Para lograr este objetivo se requiere que, previamente, se resuelva la formalización legal de los archivos digitales que constituyen los modelos, de manera que cuando estén aprobados por la Institución Mandante, queden guardados de manera segura sin posibilidad de cambios y sirvan de base de los Contratos o de las etapas de un Contrato. Con esto los “modelos oficiales” podrán ser utilizados de manera independiente por las partes, lo cual es de suma importancia para las relaciones contractuales.

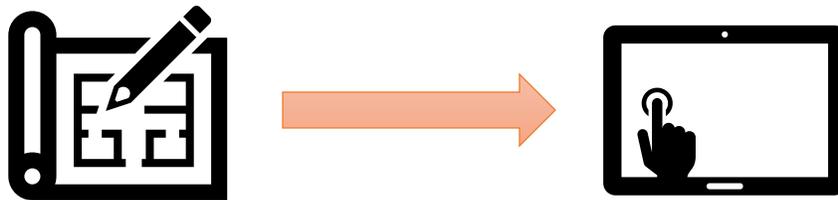


Figura 69. Evolución del archivo en papel al archivo digital

Dentro de los Contratos debe estar incluida la Solicitud de Información BIM definida por el Estándar BIM. Esta forma parte de las Bases de Licitación y debe indicar los Usos BIM que se requerirán en los modelos BIM. A partir de ello, se propone que en una primera etapa se establezca en los Contratos Usos del nivel 1, es decir aquellos relacionados con visualización y obtenciones de cantidades. Posteriormente, considerando que las obras públicas importantes tienen duraciones que alcanzan entre dos y cuatro años, avanzar a Usos de niveles más avanzados una vez terminada una primera etapa de cuatro años, previa evaluación y ajustes que sea necesario introducir.

# Capítulo 7

## Implementación de BIM en un proyecto público de edificación

### 7.1. BIM en las etapas de un proyecto

Las etapas de un proyecto en BIM se pueden definir como tres fases principales: diseño, construcción y operación, donde la aplicación de esta metodología en un proyecto de edificación abarca una serie de procesos, pero también genera flujos de trabajo entre los participantes encargados de diseñar, construir y gestionar u operar los servicios de forma colaborativa. Para cada una de estas etapas, la implementación de BIM trae consigo grandes ventajas tales como:

#### **En la etapa de Diseño permite:**

- Un trabajo colaborativo entre los participantes, arquitecto y especialistas de manera de integrar las partes y equipos evitando errores.
- Realizar una visualización “real” de la edificación en etapas intermedias de la construcción y cuando el proyecto está terminado, pudiendo analizar aspectos de la etapa de construcción y de operación, simulando situaciones normales o eventuales.
- Identificar riesgos eventuales y accidentales de daños a las personas, al medio ambiente y a los bienes físicos.
- Realizar análisis de sustentabilidad.
- Llevar un balance de los costos del proyecto en la medida que este avanza, lo que puede conducir a importantes economías de construcción y de operación.
- Realizar una planificación considerando múltiples factores, y visualizar los avances proyectados.

#### **En la etapa de Construcción permite:**

- En obra permitirá comparar en tiempo real el avance físico con el avance programado.
- Acceder a través del modelo BIM a la información necesaria para construir, con medios computacionales en obra, sin paquetes de planos o documentos.
- Poder contrastar la ejecución de la edificación respecto al modelo del proyecto de manera rápida y completa por parte de los supervisores de calidad.
- Registrar las condiciones “as-built” y las modificaciones al proyecto acordadas entre constructor y mandante.

### **En la etapa de Operación permite:**

- Planificar la mantención preventiva.
- Tener la información de operación en tiempo real para verificar el buen funcionamiento, o dar alarmas en caso de mal funcionamiento.
- Acceso inmediato a la información de construcción, catálogos y repuestos, permitiendo realizar reparaciones rápidas y llevar un registro de éstas.
- Registrar la información de funcionamiento para obtener estadísticas y conocimiento para modificaciones de optimización y también para ser la base de experiencia para otros proyectos.
- Optimizar la operación mediante el uso de algoritmos de inteligencia artificial.

Las ventajas indicadas se logran debido a que existe un “paquete de información” del proyecto en una memoria integrada, a la cual se accede con equipos computacionales que la pueden utilizar para visualizar, obtener relaciones internas o complementadas con información en línea en la red, realizar simulaciones complejas, o alimentar equipos automáticos de trabajo o de control.

## **7.2. Aprobación de los modelos en las etapas de un proyecto público**

Dentro de las etapas de Diseño, Construcción y Operación de un proyecto público, a través de BIM los participantes pueden trabajar colaborativamente actuando sobre la base de uno o más modelos. Para que este trabajo se realice de manera óptima y dichos modelos sean Aprobados en cada una de estas etapas, se debe cumplir con lo siguiente:

### **1. Etapa de Diseño:**

En la etapa de Diseño con BIM, ya no es necesario elaborar planos 2D, sino que a través de un modelo es posible definir directamente la información geométrica proyectada para la futura edificación, incorporando además la información no geométrica como los materiales utilizados, especificaciones técnicas, entre otros.

Para que los modelos BIM se consideren como “Aprobados” en esta etapa, independiente de sus respectivos EAIM requeridos en la Solicitud de Información BIM, se debe cumplir con lo siguiente:

- Plan(es) de Ejecución BIM correspondientes aprobados. Estos deben ser entregados en formato digital por los Proveedores (contratista o Concesionario) y ser revisados por el Solicitante (dueño o mandante de la institución pública). En caso de existir

observaciones, estas deben ser corregidas tantas veces sea necesario hasta que los PEB sean aprobados.

- Debe existir un acuerdo entre el contratista y el dueño o mandante del proyecto (Inspector Fiscal) en cuanto al diseño de la edificación o infraestructura a través de él o los modelos BIM. En caso de existir observaciones, el Contratista deberá modificar y actualizar los modelos de diseño hasta llegar al definitivo.
- Se deben cumplir las 12 pruebas del Manual Básico de Entrega de Información (MEI).

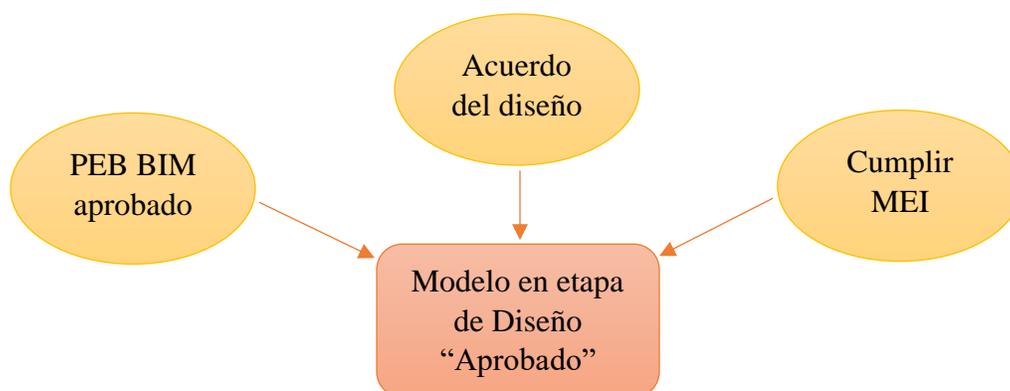


Figura 70. Aprobación de modelos en la etapa de Diseño

## 2. Etapa de Construcción:

En esta etapa se reciben los modelos cuya información está apta para avanzar desde Estados de Avance (EAIM) de Diseño a los de Construcción, donde comienza la ejecución de la obra.

En esta fase es común la ocurrencia de modificaciones en el diseño contemplado en la etapa anterior, ya sea por cambios en algunas dimensiones, cambios en la norma durante la realización del proyecto o por otros factores, modificaciones que finalmente implican ajustes en la información de los modelos para representar lo que realmente se construyó.

Para que los modelos BIM en la etapa de Construcción se consideren como “Aprobados”, independiente de sus respectivos EAIM requeridos en la Solicitud de Información BIM, se debe cumplir con lo siguiente:

- Plan(es) de Ejecución BIM correspondientes aprobados. Estos deben ser entregados en formato digital por los Proveedores (contratista o Concesionario) y ser revisados por el Solicitante (dueño o mandante de la institución pública). En caso de existir observaciones, estas deben ser corregidas tantas veces sea necesario hasta que los PEB sean aprobados.
- Todas las modificaciones en los modelos deben ser previamente autorizadas por el mandante, además de revisadas y aprobadas por él.
- Se deben cumplir las 12 pruebas del Manual Básico de Entrega de Información (MEI).

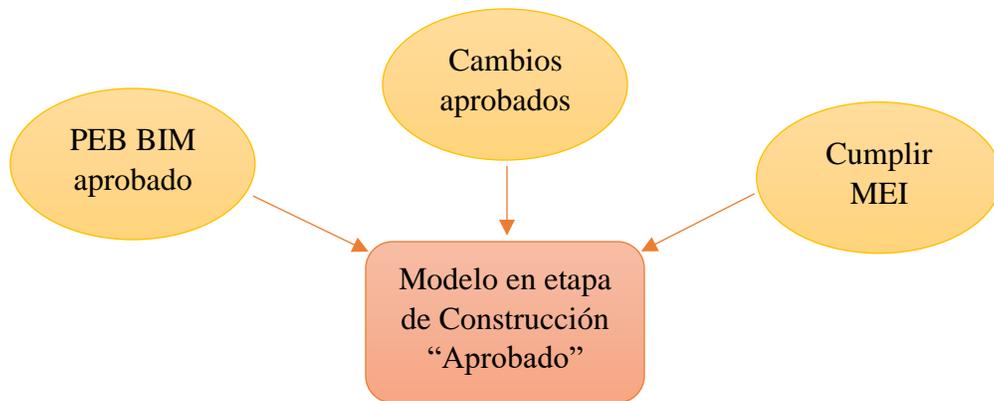


Figura 71. Aprobación de modelos en la etapa de Construcción

### 3. Etapa de Operación:

La etapa de Operación es la etapa productiva del proyecto donde se recoge el Modelo As-built “Aprobado” de la etapa de Construcción. En esta fase es posible cargar en los elementos del modelo información de funcionamiento, consumos, rendimientos, costos de mantención, entre otros, en base a sus respectivos EAIM. Adicionalmente, esta información se puede modificar y actualizar en el modelo en caso de reparaciones o reemplazos y que servirá de base de experiencia para mejorar futuros proyectos similares.

Para que los modelos BIM en la etapa de Operación se consideren como “Aprobados”, independiente de sus respectivos EAIM requeridos en la Solicitud de Información BIM, se debe cumplir con lo siguiente:

- Plan(es) de Ejecución BIM correspondientes aprobados. Estos deben ser entregados en formato digital por los Proveedores (contratista o Concesionario) y ser revisados por el Solicitante (dueño o mandante de la institución pública). En caso de existir observaciones, estas deben ser corregidas tantas veces sea necesario hasta que los PEB sean aprobados.
- Toda información incorporada y/o modificada dentro de los modelos ejecutada por el contratista debe ser autorizada, revisada y aprobada por el mandante.
- Se deben cumplir las 12 pruebas del Manual Básico de Entrega de Información (MEI).



Figura 72. Aprobación de modelos en la etapa de Operación

En resumen, una vez finalizada y cerrada cada una de las etapas, los modelos terminados y “Aprobados” por el mandante deben ser formalizados y guardados como patrón del acuerdo. Estos modelos luego podrán ser utilizados y servir de base en las etapas siguientes, estados de avance siguientes y en futuros proyectos, ya sea por el mismo contratista u otro según sea el tipo de contrato.

Es decir, hay dos situaciones a considerar para el o los modelos:

- Trabajo colaborativo en el desarrollo de cada etapa.
- Cierre y formalización de los modelos “Aprobados” al final de cada etapa.

### **7.2.2. Formalización de los modelos BIM**

La implementación de la metodología BIM en los proyectos públicos y el consiguiente uso de modelos 3D y archivos digitales, ha ido acabando o reduciendo al mínimo el uso del papel, por lo que se ha convertido en una necesidad el hecho formalizar electrónicamente los archivos digitales que resultan del uso de BIM, de forma de evitar modificaciones a menos que sea de común acuerdo entre los participantes.

En este sentido, el objetivo principal es el de poder formalizar de forma digital directamente los modelos BIM una vez finalizada y “Aprobada” cada etapa del proyecto, y empezar a abandonar el uso de planos tanto impresos como digitales.

Actualmente, siguen existiendo proyectos que trabajan con planos en papel que deben ser firmados para ser formalizados, pero al mismo tiempo, existe una modalidad en la que a partir de los modelos se obtienen todos los planos del proyecto de forma digital, formalizándose a través de firmas electrónicas que se tramitan a organismos encargados de legalizar dichas firmas.

Aun así, cabe mencionar que la firma electrónica sobre planos digitales no es un avance suficiente en la formalización de archivos digitales, ya que no se formalizan directamente los modelos y se siguen desarrollando planos.

Dentro de las opciones de firmas electrónicas, el Gobierno ofrece una modalidad de firma definida como el conjunto de datos digitales que identifican al firmante de un documento electrónico, y que vinculan la identidad del usuario con el documento con igual validez a la firma escrita en papel. Luego la firma debe ser certificada por una Autoridad Certificadora que entrega una clave pública, dando fe del vínculo entre el firmante y los datos de creación de la firma.

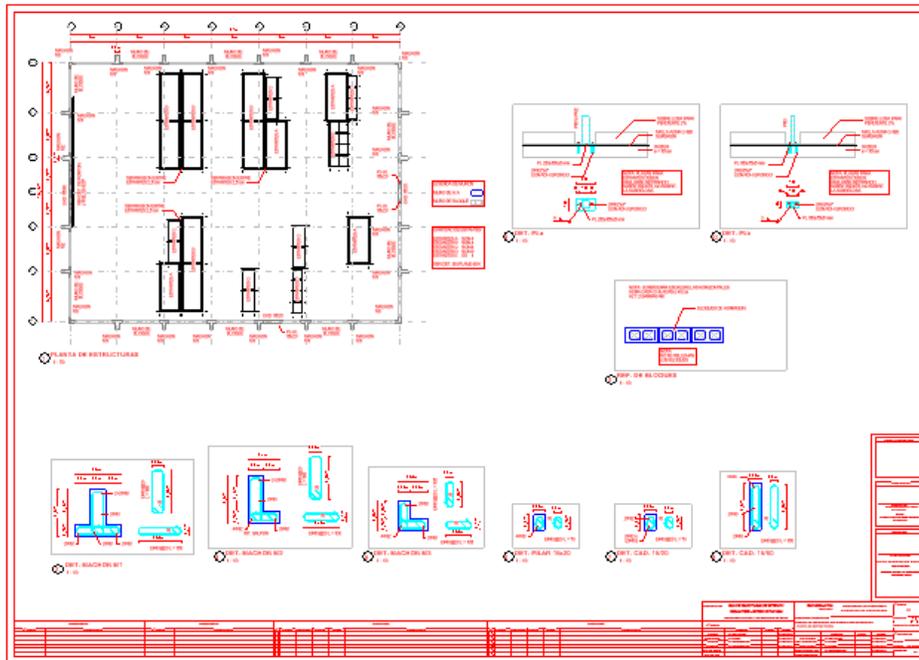


Figura 73. Ejemplo plano de planta de una estructura en Revit. Fuente: Archivos Ing. Eduardo Jerez

Adicional a la firma, ya sea que se firmen planos digitales o directamente los modelos, lo ideal para mantenerlos guardados y que no sean modificados sería entregar una copia también firmada a una tercera persona que garantice la conservación de los archivos.

### 7.2.3. Cargar y visualizar información en los modelos de forma práctica

Los modelos BIM que se manejan en las etapas de un proyecto están conformados por elementos cargados de información o entidades, tales como muros, pilares, instalaciones MEP, entre otros. Esta información abarca desde la “información geométrica” de los elementos, como altura, ancho, volumen, hasta la “información no geométrica”, como las especificaciones técnicas, números de serie, catálogos de equipamientos, entre otros, conformando en conjunto el “Bloque de Información del Proyecto”.

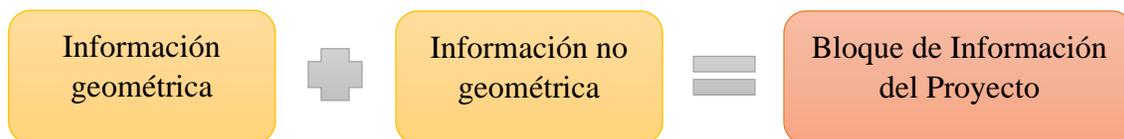


Figura 74. Conjunto de información de un proyecto utilizando BIM

La información geométrica se define y se incorpora de forma instantánea al desarrollar el o los modelos del proyecto, mientras que la no geométrica se debe adicionar de manera independiente, asociándola a los elementos que componen los modelos, abarcando desde

presupuestos o especificaciones de los fabricantes hasta documentos de equipos, imágenes, manuales de operaciones, entre otros.

Una forma práctica de cargar los datos no geométricos en modelos BIM con distintos estados de avance (EAIM), es crear parámetros dentro de los elementos del modelo que puedan ser cargados con la información no geométrica correspondiente a cada entidad y disciplina. Estos parámetros se pueden encontrar en la Matriz de Información de Entidades del Estándar BIM y se clasifican según el Nivel de Información y Tipo de Información.

En el caso particular del software Revit, este viene por defecto con algunos parámetros como: Costo, Código de montaje, Fabricante, entre otros. Pero, en caso de que un parámetro no se encuentre, para crearlo y asociarlo a uno o más elementos del modelo se procede de la siguiente manera:

1. Seguir el comando *Gestionar > Parámetros de proyecto* y abrir la ventana “Parámetros de proyecto”.
2. Presionar “Añadir” y abrir la ventana “Propiedades de parámetro”. En esta se podrá definir el nombre del parámetro, disciplina, tipo de parámetro, categoría de elementos al que se asignará, entre otros.

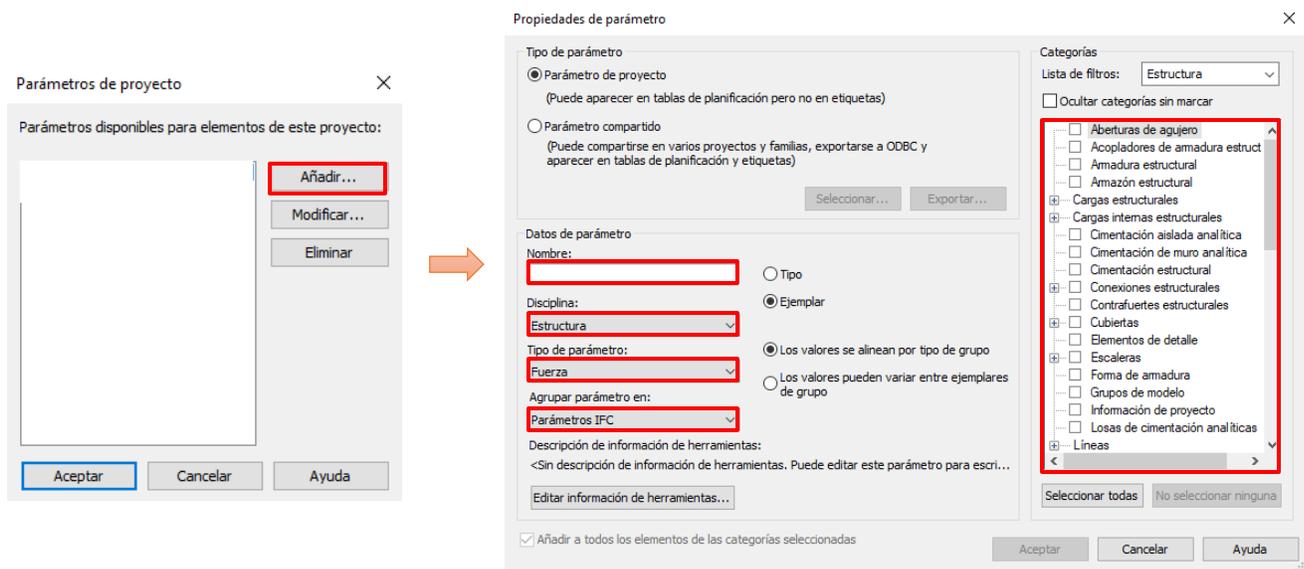


Figura 75. Creación de parámetro en Revit

3. Presionar “Aceptar” y el parámetro estará listo para ser cargado. Luego este se ubicará en la planilla de “Propiedades tipo” o “Propiedades de ejemplar” de los elementos pertenecientes a las categorías asignadas en la creación del parámetro.

4. Finalmente, con el cursor del computador es posible seleccionar dentro de la categoría definida todos aquellos elementos donde se desee cargar el parámetro creado, pudiendo cargar al mismo tiempo la información no geométrica correspondiente en cada uno de ellos.



A la par con lo anterior, en la etapa de Operación de una edificación, es posible utilizar softwares para la gestión de activos que permiten ver directamente del modelo información como imágenes, manuales de mantención, entre otros por medio de dispositivos móviles. Uno de estos programas es YouBIM, software basado en la nube que permite acceder a la información del edificio, cuyo modelo base pudo haber sido desarrollado en Revit u otros softwares BIM de modelado.

Este software es capaz de trabajar con el sistema BAS (Building Automation System) y también con el sistema BMS (Building Management System). El primero permite obtener información en tiempo real del funcionamiento de las instalaciones MEP del edificio a través de sensores, y el segundo entrega datos de gestión y operación de las instalaciones. Esto permite que, ante una falla en alguna instalación, el software mande una alerta y sea posible una pronta reparación.

Por ejemplo, si ocurre una falla en alguna instalación en la etapa de Operación, a través de YouBIM se puede ingresar al modelo, encontrar el elemento y enviar una orden de trabajo para su reparación. Luego el encargado de mantenimiento recibe un mail con un link que lo lleva directamente al elemento exacto que precisa ser reparado, teniendo acceso a toda la información del elemento como el piso donde se ubica, sus especificaciones, datos del fabricante, entre otros.

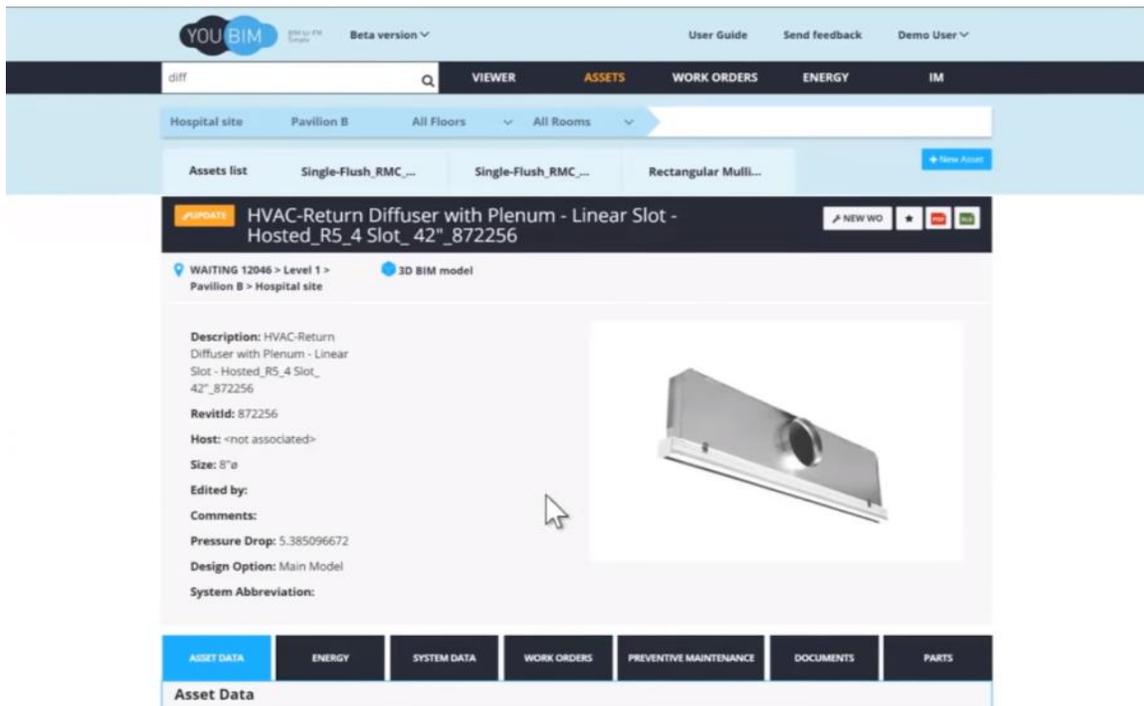


Figura 77. Información detallada del elemento seleccionado en YouBIM. Fuente: Página web [www.youbim.com](http://www.youbim.com)

YouBIM, al estar basado en la nube, cualquier persona puede acceder al modelo del edificio desde cualquier lugar y desde cualquier dispositivo. Lo único que se necesita es una conexión a internet, un nombre de usuario y una contraseña.

### 7.3. Estrategia de implementación contractual de BIM en las etapas de un proyecto público de edificación

Como se mencionó anteriormente, dentro de cada etapa, el objetivo es que exista un trabajo en conjunto entre el mandante y el contratista del proyecto a partir de un modelo “Aprobado”, el cual debe ser entregado y resguardado como base de los compromisos del contrato. Para lograrlo se propone:

#### 1. Los modelos iniciales desarrollados por el contratista en la etapa de Diseño y sus archivos adjuntos se entregarán por completo en archivos digitales para la revisión del mandante.

- Los modelos desarrollados en esta etapa, cualesquiera sean sus EAIM respectivos, serán entregados al mandante por parte del contratista de modo que cada parte cuente con el mismo modelo y cada uno los maneje de forma independiente.
- El mandante pondrá digitalmente sobre cada modelo entregado en esta etapa sus observaciones, proceso que se realizará de forma sucesiva hasta obtener la versión definitiva del Diseño, donde cada modificación que realice el contratista en el modelo debe ser posterior a la aprobación del mandante.
- Con el diseño aprobado por el mandante, el PEB BIM aprobado y las pruebas del MEI revisadas y aprobadas por el Inspector Fiscal se emite la calidad de “Aprobado” para cada uno de los modelos desarrollados en esta etapa.
- Una vez “Aprobados” cada uno de estos modelos, quedarán guardados para servir de punto de partida para la siguiente etapa o para el siguiente EAIM dentro de la misma fase.

#### 2. Cada modelo BIM, luego de ser “Aprobado”, será formalizado, resguardado y publicado.

- Una vez formalizado un modelo “Aprobado”, se deberá entregar una copia firmada de del mismo modelo a un tercer actor, de modo de garantizar su conservación e impedir modificaciones no acordadas. Esto servirá de respaldo para que ni mandante ni contratista modifiquen algo en el modelo sin notificar a la otra parte.
- El mandante podrá manejar la información de los modelos para realizar controles, mientras que el contratista podrá manejar la información para la gestionarla a medida que avanza el proyecto. Esta información también puede ser manejada por otros participantes y organismos de control de la gestión pública.

### 3. En las etapas de Construcción y Operación se establecerá un “sitio oficial” que permita un trabajo colaborativo sobre los modelos.

- Este sitio oficial será un Entorno de Datos Compartidos (CDE)<sup>8</sup>, el cual tendrá como finalidad servir en el desarrollo colaborativo y conjunto entre mandante y contratista. Este espacio asegurará un flujo de trabajo y almacenamiento de los modelos BIM con su información.
- A partir de esta plataforma las partes involucradas en el proyecto podrán descargar y manejar la información necesaria, con previa autorización del mandante. Al mismo tiempo, este espacio deberá permitir trabajar de forma independiente la información, pudiendo subir documentos que no necesariamente sean de pública visualización para todos.
- Para asegurar la validez de la información que se integra al modelo, y los eventuales ajustes y modificaciones durante estas etapas, el CDE deberá ser administrado por un especialista en BIM o “BIM Manager”, quien debe ser dependiente del mandante a través del Inspector Fiscal (IF), Asesoría al Inspector Fiscal (AIF) o Inspección Técnica de Obra (ITO).

Luego para poner en marcha esta estrategia de implementación de BIM, es necesario definir los siguientes puntos a considerar:

## 1. Roles

Al momento de implementar BIM en un proyecto, todos sus participantes, ya sea en mayor o menor grado, están involucrados en las actividades BIM, por lo que es importante reconocer el rol que cumple cada uno de ellos dentro del proyecto utilizando esta metodología. En un proyecto público de edificación donde se implementa BIM se reconocen:

Tabla 17. Rol del BIM Manager

<b>BIM Manager</b>
Encargado de:
<ul style="list-style-type: none"><li>- Supervisar la implementación de BIM.</li><li>- Administrar el Common Data Environment (CDE)</li><li>- Supervisar el correcto funcionamiento de los Usos BIM generando informes en relación con su desarrollo, aplicación y actualización.</li><li>- Asegurar validez de información y modificaciones en los modelos.</li><li>- Mantener la plataforma BIM on-line actualizada.</li><li>- Roles BIM del estándar BIM: Revisión en BIM, Gestión en BIM, Dirección en BIM.</li></ul>

<sup>8</sup> Estrategia de colaboración del Estándar BIM para Proyectos Públicos, pág. 67-68.

Tabla 18. Rol del Equipo BIM de la empresa contratista

Equipo BIM de la empresa contratista
Encargados de:
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generar los modelos BIM por especialidades (arquitectura, estructura e instalaciones).</li> <li>- Cumplir con los requerimientos BIM establecidos en las Bases de Licitación.</li> <li>- Definir un Coordinador BIM.</li> <li>- Entregar un modelo integrado, coordinado y consistente que pueda ser visualizado en la plataforma BIM on-line.</li> <li>- Roles BIM del Estándar BIM: Modelación en BIM, Coordinación en BIM.</li> </ul>

## 2. Infraestructura tecnológica necesaria

Se deben definir los softwares que se utilizarán para cada Uso BIM y de los cuales se extraerá la información en formato IFC, identificando también los requerimientos específicos en cuanto a capacidad técnica e infraestructura de los equipos con los que cuenten cada una de las empresas participantes.

## 3. Convención de nomenclaturas

Para unificar la entrega de documentos, modelos por especialidad dentro del proyecto, es necesario utilizar una nomenclatura de fácil identificación y una codificación establecida (Anexo 10). Para ello, el estándar nacional exige una estructura para el nombre de los archivos, la cual está definida en la página 69 sobre Organización de los modelos BIM, aspecto que se considera dentro de las pruebas que revisa el MEI (prueba 3.1 Nombre del archivo)

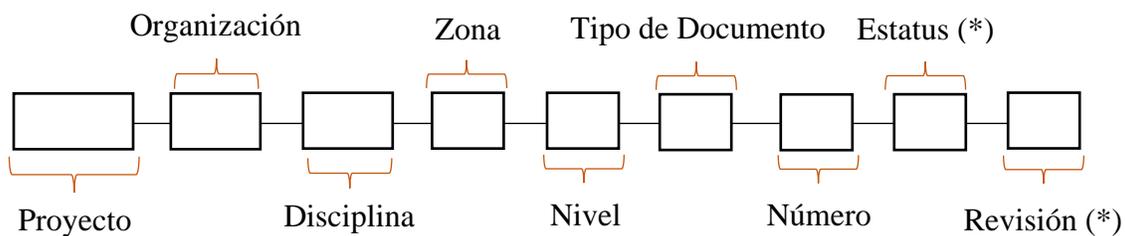


Figura 78. Estructura de nombre de archivos BIM

## 7.4. Equipos necesarios para el control por parte del mandante

En los contratos de obras de instituciones públicas existe el problema de la asignación de los fondos necesarios para el control de las obras. Idealmente debería existir un ítem o glosa del presupuesto para la gestión de control por parte del mandante, que debe incluir al funcionario representante de la institución, ya sea IF, AIF o ITO y los costos asociados a estas funciones, dentro de los cuales deben estar los equipos computacionales y de comunicación de las capacidades requeridas para el manejo BIM, y los softwares necesarios.

En los contratos de concesión que se financian por peajes, estos costos se cubren a través del concesionario, estableciendo cuotas de financiamiento que debe entregar el concesionario al mandante para cubrir esos costos.

Por ejemplo, en el caso particular de implementar BIM en un complejo hospitalario como lo es el actual proyecto del Hospital del Salvador, dada su complejidad y tamaño, hoy en día este proyecto trabaja con 122 modelos divididos por especialidad – Arquitectura, Estructura e Instalaciones MEP –, siendo de mayor tamaño aquellos modelos con más información y alta densidad de geometrías complejas. En este sentido, la primera entrega del Proyecto Definitivo de Ingeniería de Detalles del hospital tuvo un tamaño cercano a los 9 GB<sup>9</sup>, entrega que contenía una serie de archivos siendo los de mayor tamaño:

- Modelo de instalaciones de agua potable → 574 MB<sup>10</sup>
- Modelo de arquitectura → 702 MB

A partir de lo anterior, es necesario que, en los proyectos públicos que implementen BIM, los equipos computacionales utilizados tengan una alta capacidad de memoria y una buena tarjeta de video, pensando, sobre todo, en la posibilidad de manejar copias de los modelos para resguardar y respaldar la información contenida en ellos.

Tabla 19. Características equipos computacionales al implementar BIM

<b>Especificaciones del equipo con BIM</b>	
Memoria RAM	16 GB – 32 GB
Tarjeta de video	Dedicada

Adicionalmente, estos equipos pueden contar con uno o más discos internos que aumentan su capacidad de memoria y que permiten albergar softwares y sus archivos asociados, los que pueden llegar a los 1000 GB o más. Luego para traspasar información de un dispositivo a otro una opción es la Nube, aunque también existen discos duros externos con capacidades de 1000 GB, 4000 GB o incluso 8000 GB, donde es posible contener todos los modelos y archivos digitales de un proyecto y traspasarlos a otro dispositivo.

---

<sup>9</sup> Abreviación de Gigabyte.

<sup>10</sup> Abreviación de Megabyte.

# Capítulo 8

## Comentarios y conclusiones

### 8.1. Comentarios

A través del uso de la metodología BIM en un proyecto, es posible archivar toda su información en una réplica virtual o modelo, el cual permite concentrar en un solo “bloque de información” tanto la información geométrica como no geométrica de la edificación en un mismo lugar de forma digital, pudiendo almacenar toda la información necesaria para las distintas etapas del proyecto, desde la planificación, diseño, hasta la construcción y operación.

El uso de modelos BIM trae consigo una serie de ventajas, tales como la visualización del proyecto para su comprensión y coordinación de las especialidades involucradas, así como obtener imágenes, planos, especificaciones, cubicaciones, avances de obra hasta simulaciones del comportamiento de los materiales o instalaciones, usos que el estándar nacional define como “Usos BIM” y que marcan los objetivos de la utilización de BIM en un proyecto.

Para cumplir cada uno de estos Usos es recomendable definir los softwares que generen los modelos e incorporen en ellos la información necesaria en base a los EAİM, NDI y TDI solicitados por el mandante, información que el estándar exige que sea entregada en formato IFC a la Institución Solicitante – para garantizar su factibilidad de uso –, y que debe ser revisada por la misma según los criterios establecidos por el Manual Básico de Entrega de Información (MEI) que define el Estándar BIM.

A través de un convenio con la ordenanza municipal del PlanBIM, la revisión de la información de los modelos se lleva a cabo con BIMcollab ZOOM, programa que permite visualizar y revisar modelos en formatos IFC provenientes de otros softwares y que, en relación al estándar, permite evaluar cuáles pruebas del MEI se cumplen y cuáles no, de forma de poder identificar qué parámetros deben ser corregidos dentro de los modelos nativos. Si bien las correcciones se pueden hacer en sólo minutos, la revisión que realiza este software no es del todo segura, ya que algunos parámetros en IFC 4 no son visibles en BIMcollab, tal como ocurre con los materiales de puertas y ventanas. Y, en contraposición, existen también entidades de la Matriz de Información de Entidades del estándar que presentan problemas en su formato IFC, ya que son parte de la definición de IFC 4, pero no de IFC 2x3, como es el caso de los árboles dentro de los elementos geográficos.

Con la implementación de BIM, los modelos cargados de información pasan a ser los archivos del proyecto, es decir, poseen valor documental, y el ideal es que estos reemplacen en su totalidad a los archivos actuales en papel como planos 2D, especificaciones y antecedentes del proyecto. En busca de ello es que este trabajo se propone explicar clara y

pedagógicamente los alcances del uso de BIM en la gestión del contrato definiendo las bases, además de la ejecución y operación en todos los niveles organizacionales de los actores participantes, especialmente de los niveles superiores, sin necesidad de un uso especializado. Esto ayudará a incentivar la aplicación integral de BIM por la clara comprensión de las ventajas de su utilización.

En cuanto a los modelos BIM una vez “Aprobados”, estos deberán ser formalizados de manera que no puedan ser modificados por cualquiera de las partes y garantizar los acuerdos entre mandante y contratista, para lo cual se debe crear un mecanismo de registro independiente de las partes. Y sin perjuicio de lo anterior, también se pueden utilizar copias de los modelos para el uso de cada una de las partes.

Dentro de las formas de formalización de los modelos, existen modalidades en las que a partir de los modelos se deben obtener planos para firmarlos y formalizarlos. Sin embargo, este proceso podría simplificarse formalizando directamente los modelos BIM, sin necesidad de realizar planos y evitando una duplicidad de trabajo, diseñando únicamente un mecanismo de formalización de los archivos digitales.

Actualmente, en los contratos de proyecto y construcción del Ministerio de Obras Públicas (MOP) que utilizan BIM, son el contratista o la concesionaria quienes tienen dominio sobre el desarrollo y la administración de los modelos, lo cual no ha contribuido a la extensión y uso efectivo de BIM, esto debido a que el contratista no tiene interés en transparentar información o acciones de su gestión comercial ya que son de carácter privado, y no puede ser objetado por el derecho a la privacidad de sus acciones. Adicionalmente, el mandante o su representante (IF) y la asesoría que lo respalda (AIF) entran a los modelos del contratista, pero sin privacidad en sus acciones, administración que no parece lógica.

Es por lo anterior, que se propone que los modelos BIM desarrollados el contratista, luego de ser “Aprobados”, se formalicen y traspasen como un documento contractual para que lo utilice contratista y mandante por separado. En este sentido se podría exigir al contratista proveer al mandante de los medios técnicos necesarios para el uso eficiente de dicho modelo, como computadores y softwares, de modo de que los costos sean propios de la obra. Esto especialmente en las concesiones que se financian con sistemas de pago por peaje o servicio prestado durante un período de operación.

## **8.2. Conclusiones**

La propuesta de implementar BIM en los proyectos nacionales a través del PlanBIM de Corfo es un claro indicador de la necesidad que tiene la industria de la construcción de avanzar hacia una forma de trabajo digital, con nuevas tecnologías y de manera más eficiente. Y es a partir de ello que lo que busca PlanBIM es traspasar la información antes en papel de los proyectos a modelos tridimensionales que optimicen el manejo de esa información entre los participantes involucrados.

En base a lo anterior, este trabajo fue creado con el fin de evaluar cómo se aplica el estándar BIM nacional en proyectos de edificios públicos y establecer estrategias para hacerlo más práctico y eficiente desde un punto de vista “no técnico” y, de esa forma, lograr introducir con éxito su aplicación.

Por un lado, lo que entrega el estándar son los requerimientos BIM mínimos exigibles por las Instituciones Públicas dentro de las Bases de Licitación en los Contratos de los proyectos, los que forman parte de lo que el estándar denomina Solicitud de Información BIM (SDI BIM). Y, por otra parte, el estándar también proporciona la forma en que las empresas contratistas deben responder a dichos requerimientos a través de lo que se ha llamado Plan de Ejecución BIM (PEB BIM), donde se especifican todos los procesos involucrados en la elaboración de los modelos BIM que ahora pasan a tener el carácter de documentos del contrato, pudiendo ser despachados y recibidos formalmente.

Y, para revisar la información dentro de los modelos BIM entregados, el estándar además ha creado el Manual Básico de Entrega de Información (MEI) con el fin de poder compartir la información de los modelos de forma estructurada. Para llevar a cabo esta revisión, actualmente se está utilizando BIMcollab ZOOM, programa cuya instalación es gratuita y bastante fácil de utilizar, sobre todo considerando que uno de los revisores es el Inspector Fiscal, es decir, alguien que no es un especialista en el manejo de programas BIM.

A pesar de lo anterior, y considerando que BIMcollab está asociado al PlanBIM, el principal problema que presenta este programa es que no visualiza a todos los parámetros que se encuentran en IFC 4, aun cuando forman parte Matriz de Información de Entidades del PlanBIM. Esto puede generar inconsistencias en la revisión, pudiendo mostrar como incorrectos elementos del modelo que, ante ciertas pruebas, sí están con sus propiedades debidamente asignadas. En este sentido, se debiera hacer una corrección y agregar otro programa a la revisión de los modelos que permita visualizar aquellos parámetros en formato IFC 4 y de esa forma hacer una revisión completa. Y, por otro lado, tomar en cuenta que existen parámetros de la Matriz que no están en IFC 2x3. Para ello sería recomendable realizar breves capacitaciones sobre los formatos de los parámetros que propone el estándar y cuáles programas abarcan todos ellos para una correcta revisión.

En cuanto a las relaciones entre mandantes y contratistas, si bien son estos últimos los que cuentan con personal especializado en el uso de softwares BIM, hoy en día tienen total control sobre el desarrollo y manejo de los modelos, por lo que este trabajo lo que establece es que el mandante tenga un dominio mayor sobre los modelos que simplemente visualizarlos para realizar observaciones. En este sentido, la idea es que el mandante, además de revisar la información contenida en los modelos BIM basado en el MEI del estándar, pueda contar con los modelos originales desarrollados por el contratista y los pueda manejar de forma independiente, permitiendo una mayor transparencia en la gestión de la información entre ambas partes. De esta forma, una vez “Aprobados” los modelos BIM en sus distintos estados de avance, estos son formalizados digitalmente y traspasados, de modo que sean utilizados por contratista y mandante de forma individual, pero que a la vez se garantice que no serán modificados unilateralmente por ninguno de ambos.

# Bibliografía

- [1] Autodesk. *Tienda oficial de Autodesk*. Recuperado de [www.autodesk.com](http://www.autodesk.com).
- [2] Carvajal, D. 2020. *Análisis e evaluación de modelos de contrato con enfoque Lean en proyectos complejos de obras públicas* (Tesis de pregrado). Universidad de Chile.
- [3] Corfo, 2019. *Estándar BIM para Proyectos Públicos*. PlanBIM.
- [4] Contreras, F. 2020. *Guía para la implementación de Smart Building en hospitales y análisis del caso del nuevo Hospital del Salvador e Instituto Nacional de Geriátrica en Santiago de Chile* (Tesis de pregrado). Universidad de Chile.
- [5] Dirección de Arquitectura. Versión 1.19 (2018). *Términos de referencia BIM*. Ministerio de Obras Públicas
- [6] Escuela de Diseño de Madrid, 2018. *Objetivos y usos BIM*. Recuperado de [www.esdima.com](http://www.esdima.com).
- [7] Matus, D. 2020. *Esto es la memoria RAM, así funciona y esto es lo que necesitas*. Recuperado de [www.es.digitaltrends.com](http://www.es.digitaltrends.com).
- [8] Ministerio Secretaría General de la Presidencia. *Firma Digital*. Gobierno de Chile. Recuperado de [www.firma.digital.gob.cl](http://www.firma.digital.gob.cl)
- [9] MINVU 2020. *Solicitud de Información BIM. Programa de Integración Social y Territorial DS19 (Piloto)*. Versión 1.0, PlanBIM.
- [10] PlanBIM 2019. *Tutoriales MEI – Revit*. Canal de YouTube.
- [11] Salgado, M. 2019. *Plan de Implementación BIM*. Aeropuerto de Arica S.A. Revisión A.
- [12] Sotomayor, O. 2020. *Información de los modelos y entregas en el proyecto del Hospital del Salvador*.
- [13] Structuralia, 2018. *Las 7 dimensiones del BIM y las razones para su dominio*. Recuperado de [www.blog.structuralia.com](http://www.blog.structuralia.com).
- [14] Tabilo, M. 2019. *Estudio de la metodología BIM en la gestión de construcción y aplicación demostrativa* (Tesis de pregrado). Universidad de Chile.
- [15] Trejo, N. 2018. *Estudio de impacto del uso de la metodología BIM en la planificación y control de proyectos de ingeniería y construcción* (Tesis de pregrado). Universidad de Chile.

# Anexos

## Anexo 1: Modelos BIM

**Tabla 02. Tipos de modelos BIM**

En la siguiente tabla se muestran nueve tipos de modelos BIM que se pueden generar para proyectos de edificación o infraestructura, según corresponda:

Modelo BIM	Edificación	Infraestructura
Sitio		
Volumétrico		
Arquitectura o Diseño de Infraestructura		
Estructura		
Mecánico Eléctrico Sanitario (MEP por sus siglas en inglés)		
Coordinación (**)		
Construcción (***)		
As-Built		
Operación		

(\*\*): 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

*Elaborada por Planbim*

28 Bilal Succar, BIM Dictionary, <https://bimdictionary.com/es/bimmodel/1/>

Figura 79. Tipos de modelos BIM. Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos

## Anexo 2: Estados de Avance de la Información de los Modelos (EAIM)

**Tabla 04. Estados de Avance de la Información de los Modelos**

En la siguiente tabla se indican los diferentes Estados Avance de la Información de los Modelos:

Información de Planificación	DC Diseño Conceptual	Fase inicial del proceso de diseño, en la cual a partir de las especificaciones, requisitos y necesidades del Solicitante, se establece el conjunto de tareas necesarias para obtener una solución al problema planteado.
Información de Diseño	DA Diseño de Anteproyecto	Fase temprana del proceso de diseño, en la que se establecen los criterios generales de un proyecto, considerando los requerimientos y restricciones del Solicitante, tales como normativos y legales.
	DB Diseño Básico	Fase en la que se preparan los criterios y especificaciones generales de los sistemas que considera el proyecto.
	DD Diseño de Detalle	Fase en la que se elabora la documentación específica de cada elemento del proyecto, mediante una descripción completa de la información necesaria para la fabricación y/o construcción de éstos.
Información de Construcción	CC Coordinación de Construcción	Fase en la que se planifica el conjunto de actividades a ejecutar de un trabajo de construcción, ordenándolo de la manera más eficiente posible y planificando todas las acciones para su ejecución.
	CM Construcción, Manufactura y Montaje	Fase de ejecución de las actividades planificadas en el terreno o fuera de él (off-site), que da inicio a las tareas de fabricación, tanto manuales como industrializadas.
	AB As-Built	Fase en la que se registra el proyecto tal como se ha construido realmente en el lugar, incluyendo los cambios de diseño ocurridos en el curso del trabajo. En esta fase se realiza la entrega de la información de la construcción, concluyendo el contrato de ésta.
Información de Operación	PM Puesta en Marcha	Fase en la que se llevan a cabo las actividades de traspaso del activo al cliente, incluyendo también la información para el uso de ésta como por ejemplo, las garantías de los equipos instalados. Esta información sirve también para el desarrollo de eventuales proyectos de remodelación o ampliación. Esta fase considera las pruebas de funcionamiento del activo.
	GM Gestión y Mantenimiento del Activo	Fase en la que se ejecutan las tareas de mantenimiento de acuerdo al programa de servicios del activo. Esto incluye las actividades enumeradas en la estrategia de traspaso, la evaluación posterior a la ocupación y la revisión de desempeño del proyecto.

*Elaborada por Planbim*

*Nota: Los nombres de los EAIM podrán variar según las definiciones del Solicitante.*

Figura 80. Definición de los EAIM. Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos

## **Anexo 3: Definición de los Usos BIM según el Estándar BIM para Proyectos Públicos**

### **1. Levantamiento de condiciones existentes:**

Usar uno o más modelos BIM para identificar las condiciones existentes y futuras de un determinado emplazamiento para estudiar las repercusiones en el entorno que un edificio puede ocasionar a lo largo de todo su ciclo de vida.

### **2. Estimación de cantidades y costos:**

Usar uno o más modelos BIM para generar la extracción de cantidad y una estimación de costos temprana en el proceso de diseño, además de proporcionar el efecto de adiciones y modificaciones en los costos para ahorrar tiempo y dinero y evitar sobrecostos.

### **3. Planificación de fases:**

Usar un modelo 4D (modelos 3D con la dimensión de tiempo adicional) para planificar eficazmente la ocupación gradual en una remodelación o mostrar la secuencia de construcción y los requerimientos de espacio en un sitio.

### **4. Análisis del cumplimiento del programa espacial (zonificación):**

Usar uno o más modelos BIM para realizar un programa espacial y evaluar de manera eficiente y precisa el rendimiento del diseño respecto a los requisitos espaciales.

### **5. Análisis de ubicación:**

Usar uno o más modelos BIM en que se hayan utilizado las herramientas BIM/GIS para evaluar las propiedades en un área determinada y definir la ubicación óptima para un futuro proyecto.

### **6. Coordinación 3D:**

Usar uno o más modelos BIM para detectar interferencias entre los modelos de las diferentes especialidades, permitiendo eliminar los conflictos en la obra.

### **7. Diseño de especialidades:**

Uso en el que las distintas disciplinas involucradas en un proyecto generan sus propios modelos BIM con el fin de conectarlos en una potente base de datos.

### **8. Revisión del diseño:**

Usar uno o más modelos BIM para decidir por la mejor alternativa de diseño, revisando el diseño espacial, materialidad, iluminación, etc.

### **9. Análisis estructural:**

Usar uno o más modelos BIM para determinar el comportamiento de un sistema estructural y desarrollar el sistema más eficiente.

### **10. Análisis lumínico:**

Usar uno o más modelos BIM para determinar el comportamiento de un sistema de iluminación y crear sistemas eficientes.

### **11. Análisis energético:**

Usar uno o más modelos BIM para evaluar un proyecto en base a criterios energéticos incluyendo materiales, desempeños y/o procesos.

### **12. Análisis mecánico:**

Usar uno o más modelos BIM para analizar y evaluar la ingeniería de los sistemas mecánicos.

**13. Otros análisis de ingeniería:**

Usar uno o más modelos BIM para determinar el método de ingeniería no tradicional más conveniente, ej. simulaciones de rendimiento energético.

**14. Evaluación de sustentabilidad:**

Usar uno o más modelos BIM para evaluar un proyecto en base a LEED u otros criterios sustentables, refiriéndose a materiales, rendimiento o un proceso.

**15. Validación normativa:**

Usar uno o más modelos BIM para revisar el cumplimiento de códigos y normas que aplican a un proyecto.

**16. Planificación de obra:**

Usar uno o más modelos BIM para planificar las actividades de los elementos de un proyecto durante su construcción.

**17. Diseño de sistemas constructivos:**

Usar uno o más modelos BIM para diseñar y analizar la construcción de un sistema de construcción complejo (por ejemplo, encofrado, acristalamiento, amarres, etc.).

**18. Fabricación digital:**

Utilizar la información digital de uno o más modelos BIM para facilitar la fabricación de elementos constructivos singulares, tales como acero, corte de tubería, etc.

**19. Control de obra:**

Usar uno o más modelos BIM para analizar, administrar y optimizar la construcción de una edificación.

**20. Modelación as-built:**

Usar uno o más modelos BIM para representar las condiciones físicas de los elementos que conforman la edificación y que contienen toda la información solicitada, tales como códigos, garantías, entre otros.

**21. Gestión de activos:**

Usar uno o más modelos BIM para gestionar de forma eficiente el mantenimiento y operación de un activo vinculándose con un modelo as-built.

**22. Análisis de sistemas:**

Usar uno o más modelos BIM para analizar el desempeño de un edificio referente a cómo funcionan los diferentes sistemas mecánicos y cuánta energía utiliza, por ejemplo.

**23. Mantenimiento preventivo:**

Usar uno o más modelos BIM para desarrollar la mantención funcional de la estructura de una edificación y su equipamiento MEP (mecánico, eléctrico, sanitario) durante su operación.

**24. Gestión y seguimiento de espacios:**

Usar uno o más modelos BIM para distribuir y gestionar los espacios del edificio en función de las necesidades reales, modificar usos de espacios, etc.

**25. Planificación y gestión de emergencias:**

Usar uno o más modelos BIM para prevenir incidencias accediendo a la información crítica de la edificación, actuando con mayor rapidez y eficacia en caso de cualquier catástrofe.

## **Anexo 4: Definición de los Tipos de Información BIM (TDI) según el Estándar BIM para Proyectos Públicos**

### **TDI\_A Información general del proyecto:**

Información básica del proyecto, como el tipo de edificio o infraestructura, nombre del proyecto, dirección, entre otros.

### **TDI\_B Propiedades físicas y geométricas:**

Información sobre las dimensiones de las entidades, como anchos, largos, altos, área, volumen, entre otros.

### **TDI\_C Propiedades geográficas y de localización espacial:**

Información sobre la ubicación espacial y geografía de las entidades, como la latitud y longitud, número de piso, nombre del espacio o zona, entre otros.

### **TDI\_D Requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor:**

Información para la fabricación y/o construcción de las entidades del modelo, como la materialidad, nombre de sus componentes, entre otros.

### **TDI\_E Especificaciones técnicas:**

Información de la especificación técnica de la entidad, como peso de transporte, nivel de ruido, entre otros.

### **TDI\_F Requerimientos y estimación de costos:**

Información para la estimación del costo total del activo, como el costo unitario referencial pudiendo incluir costo de ensamblaje, costo de transporte, entre otros.

### **TDI\_G Requerimientos energéticos:**

Información de las características energéticas de las entidades, como humedad, consumo de servicios, ventanas con propiedades de aislación térmica, entre otros.

### **TDI\_H Estándar sostenible:**

Información sobre condiciones de sustentabilidad, como requerimientos de calidad de iluminación, especificaciones de materiales sustentables, entre otros.

### **TDI\_I Condiciones del sitio y medioambientales:**

Información sobre las características generales del sitio donde se emplazará el proyecto, como condiciones sísmicas, uso del terreno, entre otras.

### **TDI\_J Validación de cumplimiento de programa:**

Información para validar el cumplimiento del programa del proyecto, como áreas planificadas, volumetría espacial y servicios requeridos, entre otros.

### **TDI\_K Cumplimiento normativo:**

Información para revisar el cumplimiento normativo y los requerimientos de seguridad de los ocupantes del proyecto, como requerimientos de control de fuego, anchos de accesos, entre otros.

**TDI\_L Requerimientos de fases, secuencia de tiempo y calendarización:**

Información que permita revisar las fases contempladas, orden de hitos del proyecto y orden de construcción, entre otros.

**TDI\_M Logística y secuencia de construcción:**

Información como el ID del material e ID de instalación, número de serie del componente instalado, entre otros.

**TDI\_N Entrega para la operación:**

Información para apoyar el funcionamiento de la entrega de la construcción, como nombre de las empresas o compañías participantes del proyecto, sus contactos, nombre de la disciplina y áreas de trabajo, entre otras.

**TDI\_O Gestión de activos:**

Información como tipos de productos, tipos de repuestos, fechas de inicio y fin de garantías, entre otros.

## Anexo 5: Niveles de Información NDI

**Tabla 08. Niveles de Información**

En la siguiente tabla se presenta una descripción de cada uno de los Niveles de Información (NDI):

Concepto	Descripción
 <b>NDI-1</b> Información inicial general	Información inicial, que puede ser estimativa, acerca de área, altura, volumen, localización y orientación de los elementos generales.
 <b>NDI-2</b> Información básica aproximada	Información básica del tamaño, forma, localización, cantidad y orientación de los sistemas y elementos generales y su ensamblaje.
 <b>NDI-3</b> Información detallada	Información detallada del tamaño, forma, localización, cantidad y orientación que sea relevante para el montaje de los elementos.
 <b>NDI-4</b> Información detallada y coordinada	Información detallada y coordinada respecto del tamaño, forma, localización, cantidad, orientación e interacción entre los sistemas de construcción y sus elementos de montaje específico.
 <b>NDI-5</b> Información detallada de la fabricación y montaje	Información detallada de la fabricación y montaje, considerando el tamaño, localización, cantidad, orientación e interacción entre los elementos.
 <b>NDI-6</b> Información detallada de lo construido y su puesta en marcha	Información detallada del tamaño, forma, localización, cantidad, orientación y de la puesta en marcha de los elementos construidos.

*Elaborada por Planbim, basado en G202-2013 - Project Building Information Modeling Protocol Form de AIA y en el Level of Development Specification de BIMForum USA*

Figura 81. Definición de los NDI. Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos

## Anexo 6: Relación entre entidades y modelos BIM

**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 15739-1:2018 y en el documento Matriz de Información de Entidades, disponible en repositorio digital de Planbim<sup>16</sup>.

Modelos BIM	Entidades																					
Sito																						
Volumétrico				*	*			*	*	*	*				*							
Arquitectura o Diseño de Infraestructura																						
Estructura												*										
MEP																						
Coordinación (*)																			*			
Construcción (**)																						
As-Built																						

● Elemento requerido, según el tipo de modelo. \* Elemento sugerido, según el tipo de modelo.  
 (\*\*\*) El modelo de construcción podrá considerar su utilización de otros de los nuevos tipos de modelos. Esta consideración debe realizarse por medio de modelos federados o integrados según lo indicado en el punto 5.8.2.  
 (\*) El modelo de coordinación debe realizarse por medio de modelos federados o integrados según lo indicado en el punto 5.8.2.  
 (\*\*) El modelo de construcción podrá considerarse por medio de modelos federados o integrados según lo indicado en el punto 5.8.2.

Figura 82. Entidades mínimas para cada modelo BIM. Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos

## Anexo 7: Modelos BIM según Estados de Avance de la Información

**Tabla 05. Modelos BIM que se pueden requerir según Estado de Avance de la Información**  
 En la siguiente tabla se indica cuáles son los tipos de modelos BIM que pueden ser requeridos en cada EAIM

EAIM	Modelos BIM	Sitio	Volumétrico	Arquitectura o Diseño de Infraestructura	Estructura	MEP	Coordinación	Construcción	As-Built	Operación
		 	 	 	 	 	 	 	 	 
Información de Planificación	DC Diseño Conceptual	•	•	•	•	•				
	Información de Diseño	DA Diseño de Anteproyecto	•	•	•	•	•			
		DB Diseño Básico	•	•	•	•	•	•		
Información de Construcción	DD Diseño de Detalle	•	•	•	•	•	•			
	CC Coordinación de Construcción						•	•		
	CM Construcción, Manufactura y Montaje							•		
Información de Operación	AB As-Built							•		
	PM Puesta en Marcha								•	•
	GM Gestión y Mantenimiento del Activo									•

Elaborada por Planbim

Figura 83. Tipos de modelos BIM que pueden ser requeridos en cada EAIM. Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos

## Anexo 8: Niveles de Información según entidades y EAIM

**Tabla 10. Niveles de Información por Entidad de Avance de la Información de los Modelos**

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

Entidad de Modelos	Información de Operación		Información de Construcción		Información de Diseño		Información de Fabricación	
	CM Gestión y Mantenimiento del Activo	PM Puentes en Marcha	AB As-Built	CM Construcción, Manufactura y Montaje	CC Coordinación de Construcción	DD Diseño de Detalle	DA Diseño Antiproyecto	DC Diseño Conceptual
Ejes (EoGrid)	NO-3	NO-3	NO-3	NO-3	NO-3	NO-3	NO-4	NO-4
Terreno (EoSite)	NO-3	NO-3	NO-3	NO-3	NO-3	NO-3	NO-4	NO-4
Elementos Geles (EoElement)	NO-4	NO-5	NO-5	NO-5	NO-4	NO-3	NO-4	NO-4
Elementos Geográficos (EoGeographicElement)	NO-4	NO-4	NO-4	NO-4	NO-3	NO-2	NO-4	NO-4
Fundaciones (EoFooting)	NO-4	NO-4	NO-4	NO-4	NO-3	NO-2	NO-4	NO-4
Zonas/Espacios (EoSpace-It-Zone)	NO-4	NO-5	NO-5	NO-5	NO-4	NO-3	NO-4	NO-4
Columnas (EoColumn)	NO-4	NO-4	NO-4	NO-4	NO-3	NO-2	NO-4	NO-4
Vigas (EoBeam)	NO-4	NO-4	NO-4	NO-4	NO-3	NO-2	NO-4	NO-4
Losas/Placas (EoSlab)	NO-5	NO-5	NO-5	NO-4	NO-4	NO-3	NO-4	NO-4
Muros (EoWall)	NO-4	NO-4	NO-4	NO-4	NO-3	NO-2	NO-4	NO-4
Muros Cortina (EoCurtainWall)	NO-4	NO-5	NO-5	NO-4	NO-3	NO-2	NO-4	NO-4
Ventanas (EoWindow)	NO-4	NO-5	NO-5	NO-4	NO-4	NO-3	NO-4	NO-4
Puertas (EoDoor)	NO-4	NO-5	NO-5	NO-4	NO-4	NO-3	NO-4	NO-4
Cubiertas/ Techumbres (EoRoof)	NO-4	NO-4	NO-4	NO-4	NO-3	NO-2	NO-4	NO-4
Cielos Fijos/ Acabados (EoCeiling)	NO-5	NO-5	NO-5	NO-4	NO-4	NO-3	NO-4	NO-4
Sistemas de Circulación/ Escaleras/ Rampas (EoTransportElement-It-Stair-Ramp)	NO-4	NO-4	NO-4	NO-4	NO-3	NO-2	NO-4	NO-4
Equipos e Instalaciones (EoUtilitySystem-It-Mechanical-Electrical-Plumbing)	NO-4	NO-4	NO-4	NO-4	NO-3	NO-2	NO-4	NO-4
Muebles (EoFurniture-It-SpaceFurnitureElement)	NO-4	NO-5	NO-5	NO-4	NO-3	NO-2	NO-4	NO-4
Estructuras Especiales (EoSpecialAssembly)	NO-4	NO-5	NO-5	NO-4	NO-3	NO-2	NO-4	NO-4
Equipamiento y Tableros MEP (EoEnergyConversionDevice-It-DistributionControlElement)	NO-4	NO-4	NO-4	NO-4	NO-3	NO-2	NO-4	NO-4
Distribución y Tuberías MEP (EoDistributionFlowElement)	NO-4	NO-4	NO-4	NO-4	NO-3	NO-2	NO-4	NO-4

Elaborado por Punchb, basado en GBQ-2013 - Project Building Information Modeling Protocol Form de AIA y en el Level of Development Specification de Interne USA

Figura 84. Niveles de Información para cada entidad y EAIM. Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos



## Anexo 10: Organización de los modelos BIM

<b>Tabla 11. Nombres de archivos y carpetas</b>			
<b>Campo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Carpeta</b>	<b>Archivo</b>
<b>Proyecto</b>	Se debe definir un código único de proyecto al inicio de éste, independiente y distinto del número de trabajo interno que tenga la organización. Se recomienda que éste coincida con algún código de contrato existente. El código para el proyecto y cualquier subproyecto debe ser de dos a seis caracteres.	PR1	PR1
<b>Organización</b>	Se debe definir un código único para la organización solicitante. Éste debe ser de tres a seis caracteres.		ABC
<b>Disciplina o sistema</b>	Se debe indicar un código para cada disciplina o sistema dentro del proyecto (Tabla 13). Este código debe ser de tres caracteres.		ARQ
<b>Zona</b>	Se debe indicar un código para la zona de la edificación o infraestructura al cual pertenece el archivo. Éste debe ser de uno a dos caracteres. Nota: Cuando un archivo representa todas las zonas de una edificación o infraestructura debe indicarse como: · ZZ: Todas las zonas		Z1
<b>Nivel o ubicación</b>	Se debe definir un código único para cada nivel si es una edificación y para cada localización si es una infraestructura. Este código debe ser de dos caracteres. · ZZ: Niveles múltiples · XX: No hay nivel aplicable · 01: Piso 1 · 02: Piso 2, etc. · E1: Entrepiso por encima del nivel 01 · E2: Entrepiso por encima del nivel 02, etc. · S1: Subterráneo 1 · S2: Subterráneo 2, etc.		01
<b>Tipo de documento</b>	Se debe indicar un código único para cada tipo de documento (Tabla 12). Este código debe ser de dos caracteres.		MO
<b>Número (opcional)</b>	Cuando un archivo pertenece a una serie que no se distingue por ninguno de los campos anteriores se debe indicar un número secuencial. Este código debe ser de cuatro dígitos.		0001
<b>Descripción (opcional)</b>	El texto descriptivo puede utilizarse para expresar distinciones que permitan el reconocimiento entre documentos. Este texto debe ser corto y preciso en su redacción.		Puertas
<b>Estatus (opcional)</b>	Los códigos de identificación y gestión del estatus de las carpetas y de los archivos pueden seguir lo indicado en la sección de Estatus del Entorno de Datos Compartidos (5.8.1.1). Este código debe ser de uno a tres caracteres. · T: Trabajo en progreso · C: Compartido · P: Publicado · A: Archivado	C	C
<b>Revisión (opcional)</b>	Las carpetas y los archivos pueden indicar la versión de revisión de la información contenida. Este código debe ser de uno a dos caracteres y deben ser asignados de manera secuencial.	A	A
<b>Resultado carpeta: PR1-C-A</b>			
<b>Resultado archivo: PR1-ABC-ARQ-Z1-01-MO-0001-C-A</b>			

Elaborada por Planbim, basado en la norma ISO 19650-2: 2018

Figura 86. Nomenclatura de archivos y carpetas. Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos

**Tabla 12. Códigos de documentos**

Sigla	Documento
CO	Corte
CV	Circulaciones verticales con sus detalles
DE	Detalles exteriores
DH	Detalles zonas húmedas
DI	Detalles interiores
DP	Detalles de planta generales
EL	Elevaciones (interiores y exteriores)
ES	Escantillón
ET	Especificaciones técnicas
GE	Generalidades y notas generales respecto al proyecto
ME	Memoria (arquitectónica, de cálculo, entre otros)
MO	Modelos
PC	Plantas de cielo
PL	Planta
PM	Plan maestro
PO	Programa oficial
PT	Presupuesto
TP	Trabajos previos (demolición, trabajos de sitio, instalación de faenas, trabajos)

*Elaborada por Planbim*

Figura 87. Codificación de documentos. Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos

Tabla 13 - Códigos y colores por disciplina y/o sistema					
Disciplina	Sigla	Color	R	G	B
Arquitectura	ARQ				
Audio y Acústica	ACU				
Audio	AUD		190	120	10
Acústica	ACU		230	230	30
Cálculo estructural	EST		165	165	165
Carga combustible	CCB				
Redes de combustible	RCB		255	255	0
Escape de gases	EDG		255	215	0
Circuito cerrado de TV	CTV		230	160	0
Climatización	CLI				
Inyección de aire	INY		230	30	100
Extracción de aire	EXT		135	15	80
Retorno de aire	RET		155	40	175
Aire fresco	FRE		215	0	250
Refrigerante	REF		100	60	180
Equipos	EQU		100	30	255
Evacuación condensación	CON		80	110	255
Control centralizado	CCT		30	150	240
Electricidad	ELE				
Fuerza	FRZ		105	160	55
Corrientes débiles	COD		120	255	0
Alumbrado	ALU		205	220	55
Voz y datos	VOD		200	255	0
Extracción de Basura	BAS		110	210	75
Iluminación	ILU		75	175	80
Obras civiles	OCV		55	85	35
Protección contra incendio	PCI				
Detección de incendio	DET		255	20	70
Extinción de incendio	EXT		0	175	255
Red húmeda	RHU		230	60	50
Red seca	RSE		215	165	70
Radiocomunicación	RAD		0	230	255
Redes de gases clínicos	RGC				
Gases clínicos	GCL		100	255	220
Red de aire comprimido	RAC		0	150	135
Residuos clínicos	RCL		0	230	120
Sanitario	SAN				
Agua caliente	ACA		255	60	0
Agua fría	AFR		65	195	255
Aguas negras	ANE		50	65	160
Aguas grises	AGR		125	30	160
Aguas tratadas	ATR		195	25	90
Aguas lluvias	ALL		255	85	35
Riego	RIE		120	85	70
Suministro de gas	GAS		255	235	60
Tecno vigilancia	TVG		115	115	115

Elaborada por Planbim

Figura 88. Colores asociados a los códigos. Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos

## Anexo 11: Roles BIM

**Tabla Roles 01. Acciones, responsabilidades y experiencia previa para cada Rol BIM**

 <p><b>Revisión en BIM</b></p>	<p>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).</p>	<p>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.</p>
 <p><b>Modelación en BIM</b></p>	<p>Desarrollar modelos BIM de proyectos según la especialidad, utilizando diferentes tipos de representación y extracción de la documentación técnica de ellos. Dominar el intercambio de la información en diferentes formatos. Modelar los elementos agregando o actualizando la información requerida. Usar y crear nuevas entidades.</p>	<p>Conocimiento y competencias sobre los objetivos técnicos y normativos del tipo de proyecto, especialidad y etapa a modelar.</p>
 <p><b>Coordinación en BIM</b></p>	<p>Desarrollar el proceso de integración y flujo de información entre los diferentes actores según la etapa de un proyecto. Validar e integrar modelos de distintas especialidades, prever conflictos y conciliar soluciones. Comunicarse con los especialistas para recopilar información y asegurar la correcta modelación del diseño. Organizar sesiones de coordinación entre las disciplinas. Configurar el entorno de modelación para desarrollar las entregas según lo especificado en el PEB. Mantener el/los modelo(s) actualizado(s) y liviano(s). La(s) persona(s) en este rol son el principal punto de contacto entre los modeladores.</p>	<p>Conocimiento y competencias sobre el desarrollo de proyectos, los objetivos técnicos y normativos del tipo de proyecto, especialidad y etapa a coordinar. Liderazgo de equipos.</p>
 <p><b>Gestión en BIM</b></p>	<p>Liderar la planificación, desarrollo y administración de los RRHH y tecnológicos para la implementación y actualización de la metodología BIM en una organización, un proyecto o en la administración de un activo. Definir el entorno de modelación, los estándares que se usarán, los modelos que se crearán, cómo se vincularán entre sí, cómo se ordenará y organizará la información en los modelos, la configuración de la infraestructura de TI y los protocolos de comunicación. Definir un cronograma para las entregas y organizar reuniones del equipo BIM. La(s) persona(s) en este rol son el punto de contacto para el (los) gerente(s) del proyecto y para los diversos coordinadores de un proyecto.</p>	<p>Competencias en alguna de las siguientes responsabilidades: estandarización y optimización de procesos tecnológicos, planificación y administración de proyectos, operación y mantenimiento de activos. Liderazgo de equipos.</p>
 <p><b>Dirección en BIM</b></p>	<p>Liderar y fomentar la implementación de BIM en una organización, de acuerdo a las necesidades, estrategias y toma de decisiones relativas a proyectos e inversiones, según la etapa del ciclo de vida del proyecto (idea, diseño, construcción y operación).</p>	<p>Experiencia en gestión estratégica de proyectos y/o de organizaciones. Liderazgo.</p>

*Elaborada por Planbim*

Figura 89. Definición de cada rol BIM. Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos