UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

USO DE TECNOLOGÍA BIM MEDIANTE SOFTWARE REVIT APLICADO A CASA HABITACIONAL DE 2 PLANTAS UBICADA EN LA COMUNA DE LA CRUZ

Trabajo de Titulación para optar al Título de Técnico Universitario en PROYECTOS DE INGENIERÍA

Alumno:
Felipe Ramírez Palma.

Profesor Guía:
Ing. Carlos Antillanca Espina.

2022

DEDICATORIA

En agradecimiento a
mis padres por su
incondicional apoyo, a
mis hermanas.
Gracias Javiera por
apoyarme en cada paso
y etapa importante

RESUMEN EJECUTIVO

KEYWORDS: BIM-PROJECT– CONTROL DE PROYECTO- COORDINACION.

En este documento se realizó el análisis de los beneficios y ventajas de la implementación de la metodología BIM en los procesos de diseño y redes en una vivienda en la cual se aplica un nuevo sistema de gestión y diseño que utiliza un modelo 3D paramétrico vinculado a única base de datos que ayudará a optimizar tiempos,costos, posibles demoras por interferencias, mayor previsibilidad de errores frente a procedimientos más complejos, en resumen, la ejecución del proyecto es más rápida, añadiendo a esto la producción de planos directamente desde la modelación 3D, entre otros beneficios, que no podrían ser previstos sin el uso de esta metodología.

En la Encuesta Nacional BIM 2018, realizada en Chile por el Departamento de Arquitectura de la Universidad de Chile, se visualiza que los usuarios directos BIM, utilizan en un 36% primero CAD y luego BIM y el 28% solo BIM. (Loyola, 2018), estos datos demuestran la motivación de realizar este trabajo de título, pues la metodología en su mayoría no es utilizada correctamente y este proyecto busca la acertada ejecución además del aprendizaje de esta.

Este trabajo se divide en dos capítulos, el primero contiene los antecedentes generales y documentación y el segundo la ejecución de la metodología BIM en el proyecto.

En el primer capítulo de este proyecto se exponen todos los antecedentes generales previos a la aplicación de esta tecnología en el proyecto, donde se definirá el alcance, especificaciones y normativas que son trascendentales para la ejecución del proyecto.

Además, se realiza un completo análisis del estado actual del BIM en Chile y con el apoyo de gráficas y figuras que proyectarán el motivo del gran interés que ha causado esta tecnología, debido a sus grandes aportes a la industria de la construcción. Durante el desarrollo de este proyecto se logró evidenciar el aporte de esta tecnología a la industria, siendo un único modelo virtual que abarca toda la informaciónde datos de cada especialidad, obteniendo con esto un eficiente control del proyecto y una mejora de la complejidad que existe en la actualidad, con el manejo y coordinación de gran información de distintas especialidades en el ciclo de vida de un proyecto.

Al enlazar la planificación realizada en el programa Project con el modelo paramétrico, consiguiendo la visualización de la futura construcción del proyecto y la detección temprana de posibles errores o interferencias en el diseño.

Este capítulo se organiza primero por los trabajos previos a la aplicación, luego se muestran los pasos de la ejecución BIM en el proyecto, posterior a esto se realiza la cubicación de materiales y luego se realiza el cálculo del costo del proyecto utilizando esta metodología.

Después de realizar la aplicación BIM se resumen los pasos que se efectuaron a través de un esquema de las etapas.

Y finalmente luego de concluir la ejecución del proyecto se realiza una síntesis de los beneficios del BIM en este proyecto en particular.

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO
SIGLA Y SIMBOLOGÍA
INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES Y DOCUMENTACIÓN 2
1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO 3
1.1.1. Objetivo general 3
1.1.2. Objetivos específicos 3
1.2. DIAGNÓSTICO Y METODOLOGÍA 3
1.2.1. Diagnóstico del entorno BIM en Chile y el mundo 4
1.2.2. Metodologías aplicadas en el proyecto 7
1.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS 9
1.3.1. Especificaciones técnicas generales del proyecto 10
1.3.2. Especificaciones técnicas especificas del proyecto 11
1.4. NORMATIVAS Y REGLAMENTOS 15
1.4.1. Normativas de dibujo técnico arquitectónico 15
1.4.2. Normativas constructivas 16
1.4.3. Normativas BIM 16
1.4.4. Estándares BIM 17

CAPÍTULO 2: EJECUCIÓN DE METODOLOGÍA BIM EN PROYECTO 22
2.1. PARÁMETROS PREVIOS A LA APLICACIÓN 23
2.1.1. Modelación arquitectónica 23
2.1.2. Modelación instalaciones sanitarias 24
2.1.4. Nivel de desarrollo (LOD 27
2.2. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EN EL PROYECTO 27
2.2.1. Vinculación y colaboración 28
2.2.2. Colaboración entre especialidades 28
2.2.3. Vinculación de softwares 32
2.2.4. Detección de interferencias 42
2.2.5. Modelación 4D 45
2.3. CUBICACIÓN Y COSTOS 47
2.3.1. Cubicación 47
2.3.2. Costos 50
2.4. ESQUEMA DE LAS ETAPAS BIM 51

2.5. BENEFICIOS DEL USO DE LA METODOLOGÍA BIM 52

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES 55
BIBLIOGRAFÍA 57
ANEXO A: PLANO DE ARQUITECTURA 59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Países con mandato BIM Latinoamérica..... 5
Figura 1-2. Entidades involucradas en el desarrollo…… 6
Figura 1-3. Hospital Bi Provincial de Quillota, BIM…….. 7
Figura 1-4. Softwares BIM utilizados en el proyecto…….. 13
Figura 1-5. Plano a mano alzada distribución de espacios. …… 14
Figura 1-6. Lista especificaciones cliente…… 15
Figura 1-7. Pilar en LOD 100…….. 18
Figura 1-8. Muro en LOD 200……. 19
Figura 1-9. Pilar en LOD 300…….. 19
Figura 1-10. Pilar en LOD 350…….. 20
Figura 1-11. Pilar en LOD 400…….. 20
Figura 2-1. Modelo 3D arquitectónico…… 23
Figura 2-2. Modelo 3D Instalaciones sanitarias…….. 24
Figura 2-3. Distribución del Tendido Eléctrico interior del domicilio..... 28
Figura 2-4. Pestaña collaborate…… 29
Figura 2-5. Sincronizar con archivo central……. 30
Figura 2-6. Sincronizar con archivo central - local…….. 30
Figura 2-7. Verificación archivo central…….. 31
Figura 2-8. Verificación archivo local 1…….. 32
Figura 2-9. Formato Navisworks……. 33
Figura 2-10. Añadiendo archivos de disciplinas…… 34
Figura 2-11. Visualización modelo Navisworks…… 35
Figura 2-12. Actualizar Modelo Revit desde Navisworks……. 35
Figura 2-13. Interfaz para abrir cuadro de diálogos……... 36
Figura 2-14. Creación carpeta conjuntos……... 36
Figura 2-15. Organización carpetas utilizada para vincular…….. 37
Figura 2-16. Añadir Programación, timeliner…… 38
Figura 2-17. Columnas agregadas a Project…….. 38

Figura 2-18. Selección de campos……. 39
Figura 2-19. Programación de obra creada…… 39
Figura 2-20. Actualización jerarquía de datos……... 40
Figura 2-21. Visualización programación en Navisworks……. 40
Figura 2-22. Enlace automático de tareas mediante reglas…… 41
Figura 2-23. Tareas vinculadas del modelo a la programación……. 41
Figura 2-24. Clash Detective, cuadro de dialogo……... 42
Figura 2-25. Nombres de especialidades a evaluar…… 42
Figura 2-26. Selección de especialidades para evaluar…….. 43
Figura 2-27. Interferencia necesaria…….. 44
Figura 2-28. Generación reporte interferencias……. 44
Figura 2-29. Reporte interferencia figura…….. 45
Figura 2-30. Casa renderizada……... 46
Figura 2-31. Sala de estar renderizada……... 46
Figura 2-32. Fachada renderizada……..…… 47
Figura 2-33. Esquema etapas BIM……..…….. 51
Figura 2-34. Comparación CAD-BIM……..……. 53
Figura 2-35. Funciones de softwares BIM……. 54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Roles BIM……..... 9
Tabla 1-2. Requerimientos de programas. ……. 13
Tabla 2-1. Carta Gantt……..... 25
Tabla 2-2. LOD, Muros, Tubería y radier…….. 27
Tabla 2-3. Cubicación muros……..... 48
Tabla 2-4. Cubicación cielo……..... 48
Tabla 2-5. Cubicación Radier-losa……. 49
Tabla 2-6. Cubicación techumbre…….. 49
Tabla 2-7. Cubicación tuberías 1…… 49
Tabla 2-8. Cubicación tuberías 2…… 50

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 2-1. Ruta crítica de la obra……... 26

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

A. SIGLAS

BIM : Building Information Modeling
CORFO : Corporación de Fomento de la Producción
GB : Gigabyte
LOD : Level of development
Nch : Norma Chilena
OCDE : Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
PMG : Programa de Mejoramiento de Gestión
RAM : Random Access Memory (Memoria de acceso aleatorio)
TDR : Términos de referencia
UF : Unidad de fomento
2D : Segunda dimensión
3D : Tercera dimensión
4D : Cuarta dimensión

B. SIMBOLOGÍA

% : Porcentaje
cm : Centímetros
cm^2 : Centímetros cuadrado
mm : Milímetros
% : Porcentaje

INTRODUCCIÓN

En este proyecto se desglosará el funcionamiento de una nueva tecnología ligada a una metodología de trabajo colectivo, la cual nos permite aumentar y optimizar la eficiencia de un proyecto de construcción en el cual pueden y tienen que subsistir distintas especialidades constructivas.

La industria de la construcción es uno de los sectores más importantes de la economía nacional en Chile. En los últimos quince años la industria de la construcción ha constituido en promedio el 6.5% del producto total de la economía chilena, con un aporte máximo de un 7.0% y un mínimo de 6.3% (Banco Central, 2018), asimilando así la influencia de la industria de la construcción en nuestro país.

El rubro de la construcción al ser uno de los más influyentes en la economía chilena nos entrega grandes beneficios, no obstante, es un rubro con muchas falencias, tanto como en la planificación, la programación y reprogramación de los plazos constructivos, además de la falta de comunicación entre las distintas especialidades que pueden estar involucradas en un proyecto.

En un sin número de países pertenecientes al primer mundo y otros subdesarrollados se ha decidido adoptar la metodología BIM (Building Information Modeling, en español Modelamiento de Información para la Construcción) como base para el desarrollo de la construcción, países como Inglaterra y Estados Unidos son pioneros en esto. La forma de trabajo BIM consta de una base de datos única que conecta las etapas de un ciclo constructivo.

El modelo BIM o metodología BIM proporciona una modalidad de trabajo eficaz y eficiente que apoyado por una base de datos única nos permitirá mediante softwares enlazar de la mejor manera los procesos de un proyecto. Fallidamente se piensa que BIM es un software de modelado 3D, pero BIM es más que solo un software, es una metodología de construcción que permite visualizar errores, fallas y distintos factores que influyen en este rubro.

En este proyecto se busca dejar en evidencia que el correcto uso de esta metodología nos permitirá optimizar tiempos de trabajo, mejorar diseño, visualizar factores de mantención y errores de programación y/o planificación, además de un sin fin de beneficios. Aplicando esta metodología quedará en evidencia la relevancia que puede jugar el modelo BIM en la industria de la construcción chilena.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES Y DOCUMENTACIÓN

1. ANTECEDENTES GENERALES Y DOCUMENTACIÓN

En el desarrollo del presente capítulo se reflejan los antecedentes considerados en el proyecto, metodología, bases y especificaciones que servirán para contextualizar y servir como guía para este.

1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Para definir los objetivos del proyecto se tomaron en consideración los avances tecnológicos que existen en la actualidad y la carencia de capital humano capacitado en el manejo de esta metodología.

1.1.1. Objetivo general

Aplicar la metodología BIM a un proyecto de rediseño de una vivienda particular ubicada en la comuna de La Cruz, región de Valparaíso.

1.1.2. Objetivos específicos

- Estudiar la metodología BIM y las herramientas tecnológicas empleadas en el proyecto.
- Identificar los beneficios del uso y manejo de la metodología y tecnologías BIM.
- Utilizar software Revit para modelar la vivienda en 3D y las instalaciones sanitarias.
- Utilizar el programa Ms Project (4D) para planificar la obra.
- Generar planimetría de planta arquitectónica, mediante uso de software BIM.
- Definir costos de aplicación de BIM en este proyecto.

1.2. DIAGNÓSTICO Y METODOLOGÍA

En la actual sección se expondrá el diagnóstico y metodología empleada para abordar este proyecto.

Logrando obtener conocimientos que permitirán cubrir necesidades detectadas

describiendo la realidad actual del BIM en Chile y el mundo, además de la definición de métodos que se ocuparán en este proyecto.

1.2.1. Diagnóstico del entorno BIM en Chile y el mundo

En la actualidad mundial los niveles de uso BIM avanzan exponencialmente, países desarrollados como Finlandia, Dinamarca y Noruega ya la están aplicando obligatoriamente.

Los países con mandato BIM vigente se visualizan en la Figura 1-1, siendo Chile un país con un mandato fijo en todos los proyectos de entidades públicas, este tema fue impulsado por un acuerdo público-privado el año 2016 donde se realizó una colaboración entre los ministerios de Obras Públicas, Vivienda y Urbanismo, Economía, Fomento y Turismo, Hacienda, CORFO (Corporación de Fomento), Cámara Chilena de la Construcción y el Instituto de la Construcción, luego en el año 2017 se sumó la Corporación Administrativa del Poder Judicial y posterior a eso para el 2018 se unió Carabineros de Chile, Policía de Investigaciones, Ministerio de Salud, Ministerio de Educación, Ministerio del Interior, Seguridad Pública, Servicio de Registro Civil e Identificación, Ministerio de Desarrollo Social y la Dirección General de Aeronáutica.

En el siguiente extracto del discurso del 2015 del encuentro nacional de la empresa -ENADE 2015- se demuestra el impulso que quiere lograr el gobierno de Chile a esta nueva tecnología, que ya tiene el respaldo del buen funcionamiento en otros países.

“En una perspectiva económica podemos resumirlo en un concepto: más productividad. Pero no de cualquier tipo, sino inteligente, equitativa y sustentable. Aquella que aumenta el valor de nuestro trabajo y nuestras inversiones que se sirve del uso intensivo de las nuevas tecnologías de la información y del conocimiento, y que mejora las relaciones de quienes participan directamente en los emprendimientos de éstos con sus comunidades y su entorno natural; aquella que crea cohesión y bienestar generalizado”. (Ex presidenta Michelle Bachelet, 26 de noviembre 2015)

Fuente: https://www.mop.cl/papel/descargables/Sesion1BIM.pdf.

Figura 1-1. Países con mandato BIM Latinoamérica.

El Plan BIM busca como objetivo principal incrementar la productividad y sustentabilidad promoviendo la modernización a lo largo de todo el ciclo de vida de una obra.

Algunos de sus objetivos específicos son:

- 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.
- Proveer mejores herramientas para la participación ciudadana de proyectos.

Para lograr estos objetivos es necesario promover esta metodología tanto a nivel público como privado también en el área de formación universitaria y técnica.

El Plan BIM fue gestado por un programa denominado Construye 2025, el cual impulsa una iniciativa del gobierno mediante la Corporación de Fomento (CORFO), para mejorar la productividad en la industria de la construcción y transformarla en un referente internacional, con esto se busca reducir costos de producción de las edificaciones y aumentar un 20% las edificaciones sustentables y disminuir en un 30% las emisiones de CO^2 desde la fecha al 2030.

En base a esta iniciativa, se proyecta que desde aquí a su culminación la implementación BIM en empresas chilenas pasará de ser una inversión optativa a una de carácter necesario para poder abordar y entrar a competir en el mercado de los proyectos públicos de construcción.

A partir de una encuesta realizada por PMG para CORFO que se muestra en la Figura 1-2, se logró sacar por conclusión que Chile tenía un bajo conocimiento de esta tecnología mencionada.

Fuente: https://www.mop.cl/papel/descargables/Sesion1BIM.pdf.

Figura 1-2. Entidades involucradas en el desarrollo

En la actualidad se utiliza de forma masiva entre los entendidos la herramienta CAD- CAE, estas herramientas han sido utilizadas para el próximo nivel que es el BIM (Building Information Modeling), este se define; como el proceso de generar y manejar información acerca de un edificio o proyecto durante todo su ciclo de vida. (colaboradores de BIM consulting, s.f.)

En la Figura 1-3 se muestra un proyecto realizado completamente con uso de la metodología BIM como requisito, este es uno de tantos proyectos con la misma condicionante, como por ejemplo el Hospital Biprovincial de Quillota, centro cultural Gabriel Mistral, Hospital Félix Bulnes, entre otros.

El proyecto Hospital Biprovincial consiste en la construcción de un nuevo centro de salud que remplazará al antiguo Hospital San Martin, operativo desde 1870.

El edificio tendrá más de 70.000 mt², y favorecerá a cerca de 320 mil personas de La Calera, La Cruz, Hijuelas, Nogales, Quillota, etc. La construcción está a cargo de un consorcio y tendrá una inversión de 3.268.361,7 UF. El diseño estructural del nuevo centro hospitalario está a cargo de VMB Ingeniería, quienes pusieron especial énfasis en la protección sísmica de la estructura. Se utilizó un sistema de aislación basal, es decir que al ubicar los disipadores sobre la zona de las fundaciones, maximiza las zonas protegidas y reduce la vulnerabilidad del centro de salud en caso de terremoto, la aplicación de BIM es la idónea y adecuada para afrontar un proyecto de esta índole por la cantidad de especialidades que convergen en la construcción de un hospital.

Fuente: https://www.mop.cl/papel/descargables/Sesion1BIM.pdf.

Figura 1-3. Hospital Bi Provincial de Quillota, BIM

Los impactos que tendrá el proyecto con el uso de este sistema son:

- Favorece el intercambio de información y reduce los posibles errores.
- Mejora la calidad y eficiencia en todo el ciclo de vida del proyecto.
- Reduce costos, plazos e ineficiencia a lo largo de todo el proyecto.
- Mejora la predicción de plazos y costos en la construcción.
- Optimiza la toma de decisiones, a través de la simulación preventiva.
- Permite la detección de interferencias entre disciplinas.

1.2.2. Metodologías aplicadas en el proyecto

La metodología constituye un capítulo de la epistemología relativo a las distintas maneras de investigar. La expresión metodología de diseño, como el diseño mismo abarca un ámbito extenso de un conjunto de disciplinas en las que lo fundamental es la concepción y el desarrollo de proyectos que permitan prever cómo tendrían que ser las cosas e idear los instrumentos adecuados a los objetivos prestablecidos para lograr un desarrollo efectivo.

A este informe se le dará la impronta de un enfoque cualitativo, basado en un método indagatorio y recopilador el cual se sustentará en métodos de recolección de datos no estandarizados en su totalidad. El investigador utiliza técnicas como la revisión de documentos.

En el primer capítulo se utiliza la investigación exploratoria para dar a conocer el tema y definir sus alcances.

En el segundo capítulo se utilizará la metodología descriptiva, la cual consiste en la caracterización de un hecho con el fin de establecer su estructura.

La metodología de diseño y gestión del proyecto será la metodología BIM, la cual recopila información en una única base de datos, teniendo como objetivo generar un modelo de información único del proyecto.

En BIM una de las herramientas predominantes es el trabajo colaborativo el cual abarca las más importantes dentro de un proyecto; diseño, construcción y mantenimiento.

A través de datos coordinados se nos permitirá agregar materiales y productos, características como resistencia, marca, peso, fabricante, etc. Así mismo, se podrán realizar cubicaciones de materiales, pues debido a su base de datos y a los parámetros ingresados podremos realizar cálculos aproximados y o exactos.

Según la investigación realizada en la página web de Plan BIM, la metodología BIM define roles de los participantes de ciclo de vida del proyecto, implicando responsabilidades específicas.

El rol puede ser ejercido por una o varias personas, también una persona puede ejercer más de un rol, tal cual se da en el presente proyecto.

Para cada rol definido se asignó un nombre, responsabilidad y acciones que corresponden a su relación con el ciclo del proyecto. Esto fue logrado por el “Plan BIM” impulsado por CORFO entre otras instituciones.

Para identificar los roles BIM primero debemos realizarnos distintas interrogantes, dentro de las cuales se podría desglosar ¿Qué es un rol BIM? La respuesta a esta interrogante se responde de la siguiente manera: Un rol BIM es una función ejercida en alguna etapa del desarrollo y operación de un proyecto por una o varias personas, como es el caso de este proyecto. Dichos roles son de vital importancia para la determinación de las capacidades BIM y los procesos formativos que requiere la fuerza laboral que participa de la industria de la construcción.

La herramienta predominante en BIM, es el trabajo colaborativo. El cual abarca las etapas principales de un proyecto; diseño, construcción y mantenimiento. La visión de esta metodología en la construcción es que el modelo será construido sobre la base de datos coordinados. Algunas de las características más utilizadas son que este permite agregar a los materiales y productos, características como resistencia, marca, peso, fabricante, etc. Asimismo, permite realizar la cubicación de los materiales, pues se agregan los parámetros suficientes para obtener un cálculo que se aproxime lo suficiente a lo real o exacto.

Según lo investigado en la página web del Ministerio de Obras Públicas la metodología BIM define roles de los participantes del ciclo de vida del proyecto, según las capacidades estos, implicando determinadas responsabilidades.

Para cada rol definido se asignó un nombre y las responsabilidades y acciones que corresponden a su relación con el ciclo del proyecto, esto fue logrado por el proyecto "Plan BIM" de Corfo, en octubre del 2016, en conjunto con representantes tanto del ámbito público como privado. (Sesión 5, Plan BIM, 2016)

Aun no se encuentran totalmente definido los roles a nivel país o mundial, estas definiciones que se entregan más adelante fueron obtenidas del proyecto "Plan BIM", con el que se intenta unificar conocimientos y estándares, pero es posible que se encuentren más definiciones en diferentes plataformas o en los distintos países que se utiliza la metodología, además de saber que en las diferentes empresas también cuentan con distintas definiciones de estos roles o se añaden más roles según lo requieran.

A continuación, en la Tabla 1-1, se muestran las acciones y responsabilidades de cada rol BIM, identificando 5 roles principales en los proyectos que utilizan la metodología: el revisor, modelador, coordinador, gestor y director BIM, cada rol no es superior u subordinado de otro, cada persona cumple su rol para que el equipo completo sea beneficiado de esta tarea y lograr la gestión integral del proyecto.

Tabla 1-1. Roles BIM

Planbim				REVISIÓN EN BIM	MODELACIÓN EN BIM	COORDINACIÓN EN BIM	GESTIÓN EN BIM	DIRECCIÓN EN BIM
			DEFINICIÓN DEL ROL:	Visualizar y verificar la información (geometría, y datos) de los modelos desarrollados en BIM, para cada etapa del ciclo de vida del proyecto.	Desarrollar modelos BIM de proyectos y componentes según especialidad, utilizando diferentes modos de representación de la información e intercambio de ella.	Desarrollar el proceso de integración y flujo de información entre los diferentes actores de un proyecto según etapa. Validar e integrar modelos de distintas especialidades, prever conflictos y conciliar soluciones.	Liderar la planificación, desarrollo y administración de los RRHH y tecnológicos para la implementación de una metodología BIM de trabajo colaborativo en una organización, un proyecto o administración de un activo.	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.
	TEMA		CAPACIDAD BIM					
A	Los pilares fundamentales del Mandato Nacional BIM al 2020 en el contexto internacional.	1	Las características y déficit del modelo productivo tradicional de la industria de la construcción actual a nivel nacional e internacional versus el modelo productivo BIM.	comprender	comprender	comprender	comprender / comunicar	comprender / comunicar
		2	Los pilares fundamentales de la metodología BIM relacionados con: estándares, procesos, tecnologías y capital humano.	comprender	comprender	comprender	comprender / comunicar	comprender / comunicar
		3	Las oportunidades en productividad, competitividad, sustentabilidad e innovación que conlleva la implementación de la metodología BIM.	comprender	comprender	comprender	comprender / comunicar / fomentar	comprender / comunicar / fomentar

Fuente: https://www.mop.cl/papel/descargables/Sesion1BIM.pdf/.

1.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Las presentes especificaciones técnicas se utilizarán para el proyecto de aplicación de metodología BIM en una casa particular, las cuales abordan especificaciones tecnológicas, arquitectura y del cliente.

1.3.1. Especificaciones técnicas generales del proyecto

El proyecto contempla la modificación de un diseño previo (planos) de una vivienda de dos pisos en la comuna de La Cruz, Región de Valparaíso, que será rediseñadapara aumentar los metros cuadrados habitables, distribuidos en dos plantas.

Se dispondrá de un baño en el segundo piso, por lo cual se desea saber cómo será la salida de sus cañerías, donde se empalmara, si tiene cabida o no, para esto el modelo en 3D con la coordinación de interferencia es de gran ayuda, al contar con espacios reducidos y ya construidos es de suma dificultad contar con grandes espacios y poder diseñar de cero, dándole prioridad a la salida del alcantarillado la cual se necesita pendiente, por eso que la gran mayoría de casas con segundo s pisos los baños no son funcionales.

- Arquitectura

  Se considera el desarrollo de la arquitectura, con planos y modelación 3D.

- Instalaciones

  Se efectuará la modelación 3D de agua potable, no siendo necesario realizar el cálculo y planos.

  Además, se efectuará la realización de carta Gantt donde se visualizará, tiempos estimados.

- Tecnológicas

  En términos generales las especificaciones técnicas de aplicar esta metodología requieren de unas cuantas medidas para lograr el óptimo uso de esta, a pesar de lo significativo de los programas y la capacidad de los computadores, la importancia o lo relevante al implementar el BIM es la coordinación que se logra con los programas y especialistas, pues no se debe confundir BIM con un software, es una metodología que implica un cambio de paradigma en la industria actual, pues sus bases son el trabajo colaborativo entre especialidades, estándares, tecnologías y capital humano.

- Cliente o mandante

  Se consideran los requerimientos del cliente en base a entrevistas, donde plantea la idea de ampliar esta casa de dos niveles, teniendo en cuenta un presupuesto y calendario antes establecido, donde realiza especial énfasis en la división de espacios y la mantenciónde costos en margen de lo solicitado.

1.3.2. Especificaciones técnicas especificas del proyecto

A continuación, se profundizará en las especificaciones técnicas generales ya mencionadas, siendo divididas de la misma manera para una mejor comprensión del lector.

a. Arquitectura

La disposición y distribución se hará de acuerdo con lo estipulado en los planos de arquitectura.

❖ Obras preliminares

Demolición: Para comenzar el proyecto se infiere que se ejecutaran los trabajos necesariosde limpieza y demolición para iniciar la obra gruesa.

❖ Obra gruesa

- Radier: será de hormigón G20 según Nch170, con un espesor de 200 mm según norma.
- Muros perimetrales: se considera la confección de un muro perimetral en la parte posterior del inmueble, se emplazará en el mismo sector del actual cierre. Este tipo de cierre tendrá que ser del largo que indica la planimetría. Para ello se tendrá que confeccionar una fundación de hormigón de 60x30 cm a lo largo de toda la división con la vivienda colindante. En la que se realizará un muro perimetral de ladrillos titan de 29x14x9.4 cm.
- Muros (tabiquería): en el segundo nivel los muros serán de perfiles de Metalcon. Los muros recibirán revestimientos, recubrimientos y pintado según corresponda, las planchas de recubrimiento serán de yeso cartón.
- Losa: la losa o plancha será fabricada a base de vigas estructurales, y planchas de conglomerado estructural con un espesor total de 20cm.
- Estructura Techumbre: la estructura que conformará la techumbre de este proyecto será en base a Metalcon con una cercha tipo, por definir, el entablado será de contrachapado y aleros de 20cm, la cubierta de techo será de teja asfáltica gravilla clásica 305x914mm.

❖ Terminaciones

- Pisos: cocina, comedor y pasillos serán de piso flotante, los baños con piso de cerámica a convenir.
- Cielo: serán de material yeso cartón (10mm) y aislados.
- Puertas y ventanas:
    - Puertas de acceso 80 cm x 200 cm. Material pino.
    - Puertas interiores 60 cm x 200 cm. Material terciado HDF.
    - Ventanas: pueden estar ubicadas en dormitorios, cocina y baño, el marco será de aluminio con vidrio simple y el espesor según especificación.
- Guardapolvos: Trupan pintados blanco.
- Artefactos sanitarios
    - 2 lavatorio de pedestal Fanaloza color blanco
    - 2 W.C. Fanaloza color blanco.
    - 2 Duchas color blanco.
    - -1 calefón Junker 15 Lts situado al exterior.
    - - Grifería marca Stretto modelo estándar.
- Pintura:
    - -Muros exteriores: dos manos de látex para exterior tajamar, color a elección.
    - -Muros interiores: dos manos de látex para interior tajamar, color a elección.
    - -Cielos dos manos de látex para exterior tajamar, color a elección.

❖ Instalaciones

- Instalación agua fría y caliente: se ejecutarán de HDPE (Polietileno de alta densidad.)

b. Tecnológicas

En el mercado mundial existe una amplia gama de softwares diseñados para modelar utilizando la metodología BIM, cada uno según su especialidad o también existen algunos como el software Revit los cuales sirven para más de una especialidad.

En este proyecto se utilizarán los softwares Revit, para realizar la modelación arquitectónica y de instalaciones sanitarias, y el software Navisworks para la etapa de análisis y la etapa de programación de obra se utilizará el programa Ms Project, en la Figura 1-4 se muestran los logos de estos softwares.

Fuente: Autodesk, Microsoft imagine, http://www.google.cl.

Figura 1-4. Softwares BIM utilizados en el proyecto

En la Tabla 1-2, se muestran los requerimientos mínimos que deben tener en los softwares BIM, Revit, Navisworks y Project que serán utilizados en este proyecto, los cuales serán versión estudiantil de Autodesk.

Revit es uno de los softwares más utilizados en BIM, también le sigue el programa Archicad, Allplan y otras alternativas son VectorWorks, Microstation, ACCA.

Softwares (Edificius). En Chile es más utilizado el software Revit, aun siendo el programa Archicad ligeramente más fácil de utilizar, siendo la desventaja de Revit el hecho que no sea compatible con Mac, el cual es un sistema operativo utilizado ampliamente por proyectistas, ingenieros y constructores.

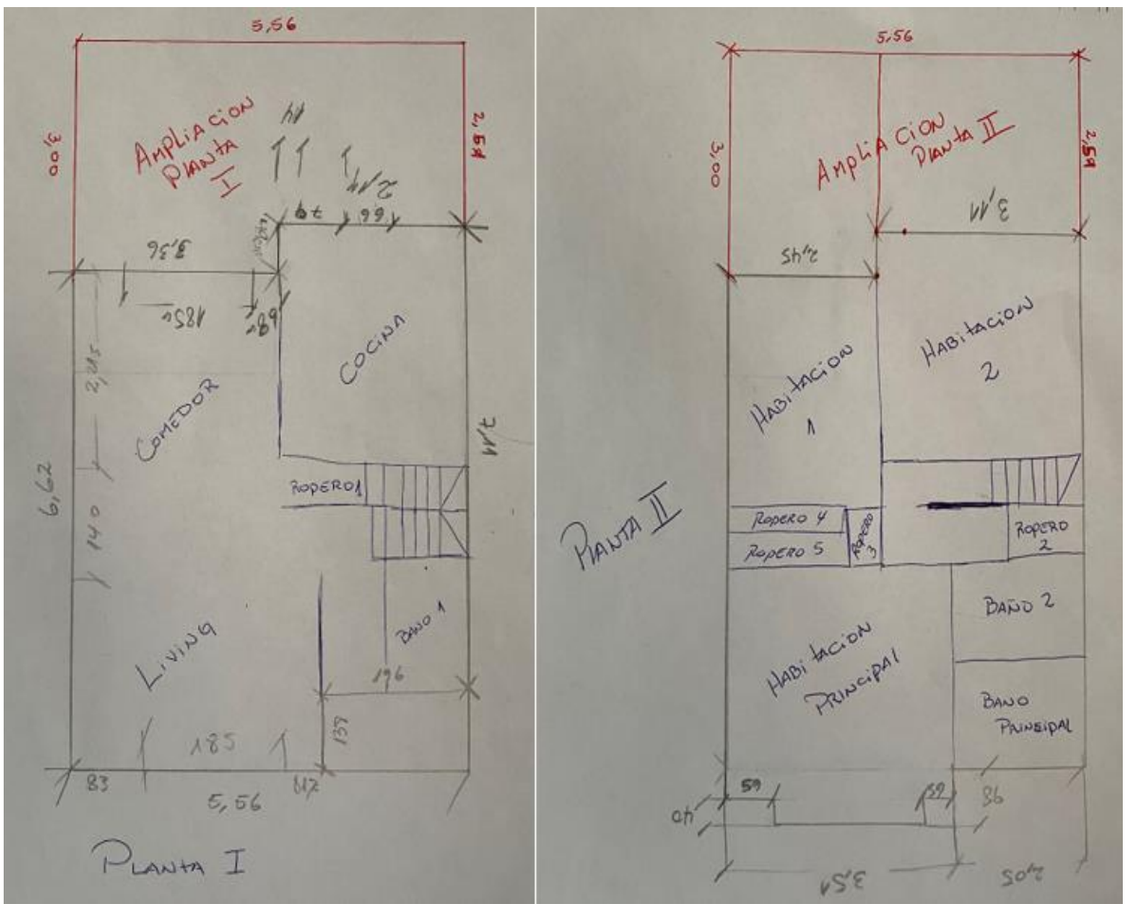
Tabla 1-2. Requerimientos de programas.

Software v/s Hardware	Ms Project Profesional	Navisworks (versión estudiantil)	Revit 2017 (versión estudiantil)
Sistema operativo	Microsoft Windows 7 o superior	Microsoft Windows 7 o superior	Microsoft Windows 7 o superior
Procesador	Intel Core i5 o superior, AMD, Xenon.	Intel Core i5 o superior, AMD, Xenon.	Intel Core i5 o superior, AMD, Xenon.
Memoria RAM	2GB mínimo	4GB mínimo	4GB mínimo
Espacio libre en disco duro	5 GB	15 GB	5 GB
Internet	Permanente o paulatina para actualizaciones y/o extensiones	Permanente o paulatina para actualizaciones y/o extensiones	Permanente o paulatina para actualizaciones y/o extensiones
Tarjeta de gráficos	NVIDIA Gforce GTX	NVIDIA Gforce GTX	NVIDIA Gforce GTX

Fuente: Elaboración propia en base a: https://latinoamerica.autodesk.com, https://www.microsoft.com/es-cl/.

c. Cliente o mandante:

Las especificaciones especificas del cliente se ven reflejadas en las Figuras 1-5 y 1-6 donde se muestra la distribución de la primera planta, cantidad de dormitorios ubicación de la cocina y living, además del espacio designado para la escalera y se agrega en la Figura 1-6 la elección de algunos materiales que se muestran en las especificaciones constructivas como por ejemplo el material de las puertas, revestimiento de muros, tipo de tuberías, material del cielo, material de techo, entre otros



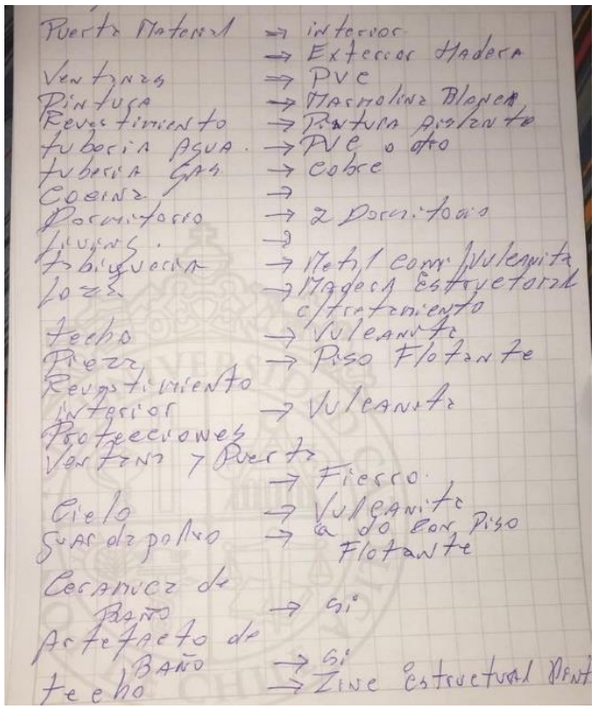
Fuente: Realizado por cliente.

Figura 1-5. Plano a mano alzada distribución de espacios.

Algunas de las especificaciones de material requeridas por el mandante fueron modificadas en el modelo 3D, para recomendar al cliente la utilización de otros materiales que favorecerían la construcción de la casa, estas modificaciones fueron previamente comentadas y aceptadas por el cliente para que fueran reflejadas en el modelo.

En efecto, esta situación es común en el ámbito constructivo, además con la utilización del software se pueden visualizar variables como la materialidad de los

elementos, logrando saber si estos son estéticos.



Fuente: Realizado por cliente.

Figura 1-6. Lista especificaciones cliente

1.4. NORMATIVAS Y REGLAMENTOS

En la presente sección se definirán las normativas que se utilizarán en el proyecto, estas se dividirán en normativas y reglamentos de dibujo, arquitectónicas y constructivas, metodología BIM.

Una norma establece el conjunto de reglas y requisitos para el proceso de normalización, cuyo cumplimiento es de carácter obligatorio, las mismas exigencias que año a año se van perfeccionando para que los riesgos sean menores.

1.4.1. Normativas de dibujo técnico arquitectónico

En los planos que se entregan de este proyecto están normalizados bajo las siguientes normas de dibujo.

- NCh 13: Norma chilena que especifica sobre el formato y elementos gráficos de la hoja de dibujo.

- NCh 16 of 77: Norma chilena que especifica sobre el dibujo técnico y sus dimensiones.
- NCh 1471 of 78: Norma chilena que especifica las escalas de dibujo técnico.
- NCh 656. of 1970: Norma chilena que especifica designación gráfica, terminología y clasificación general
- NCh 657 of 1970: Norma chilena que especifica formato y escalas de presentación.
- NCh 684 of 1978: Norma chilena que especifica de vocabulario y representación gráfica.
- NCh 711 of 1911: Norma chilena que especifica la designación gráfica de elementos para instalaciones sanitarias.
- NCh 746 of 1971: Norma chilena que especifica designación y representación gráfica de materiales y elementos.

1.4.2. Normativas constructivas

Toda obra de construcción o edificación debe siempre tener los permisos necesarios antes de iniciar. Esto es exigido por la ley para garantizar la seguridad y cualquier riesgo que implique a la comunidad, dichos permisos y trámites que deben ser realizados por profesionales competentes en el área.

- Ley N°20671: Norma que regula ampliaciones en bienes raíces.
- NCh 691: Agua potable, conducción regulación y distribución. NCh 2485: Instalaciones domiciliarias de agua potable.
- Nch 170: Hormigón requisitos generales.

1.4.3. Normativas BIM

En la actualidad Chile está en un proceso de adopción BIM es por este motivo que aún no existen estándares y normativa chilenas generales, a nivel mundial si existen normas y estándares que Chile puede aplicar en este proceso de adopción hasta alcanzar el desarrollo que debe vivir esta metodología para que se logre dominar y efectuar las normas del país. Aun así, en Chile se utiliza el TDR (Términos de referencia BIM), el cual es un documento acotado con estándares específicos, que sirve únicamente para la etapa de anteproyecto, este pretende ser el primer estándar nacional BIM de Chile, pero se debe ir mejorando progresivamente.

A continuación, se mostrarán y detallarán las normas existentes de BIM y las que servirán de guía para la ejecución de este proyecto, además se agrega información importante que explica los niveles de complejidad que puede llegar a tener un modelo.

- National BIM Stándard: Esta normativa fue redactada por el National Institute of Building Sciences de Estados Unidos, donde se especifica desde la planificación, diseño, construcción, operación abarcando todo el ciclo de vida del proyecto.
- BIM Technology Protocol_ Este protocolo escrito por AEC (UK) de Reino Unido donde se definen parámetros claros para la implementación del BIM, y adicionalmente tienen especificaciones llamadas, Project BIM Execution Plan y BIM Standar for Autodesk Revit.
- Términos de referencia (TDR): La finalidad de este documento es definir conceptos, requerimientos, métodos y ejemplos acerca del uso de las tecnologías BIM en proyectos nuevos de edificación pública y en términos de desarrollo del país apuntar a la creación de un Estándar BIM chileno.

  Otros países con mandato BIM han definido sus normas como lo es Hong Kong Institute of Building Information Modelling o Building and Construction Authority Singapore.

  En Chile se firmó un acuerdo público -privado llamado Plan BIM en enero del 2016, que fue respaldado por el MOP, MINVU, Ministerio de Economía, Ministerio de Hacienda, CORFO, Cámara Chilena de la Construcción y el Instituto de la Construcción.

  Este acuerdo público busca implementar la metodología en el ámbito privado y público, crear una red colaborativa que funcione para compartir información y acelerar la adopción en el país.

  Este proyecto se guiará con la norma BIM Technology Protocol del Reino Unido, la cual es la norma que mayoritariamente sirve como guía para proyectos BIM del ámbito público.

1.4.4. Estándares BIM

En el uso de softwares BIM existe un rango amplio de complejidad en la modelación, siendo catalogado el modelado como un proceso sin fin, un proyecto es factible con un modelado básico o un modelo en el cual se invierta más tiempo y por ende se obtenga más información que pueda ser utilizada en el proceso constructivo.

1.4.4.1. Nivel de desarrollo

El acrónimo LOD significa Level of Development, que se tiende a confundir con el nivel de detalle utilizado, esta es una de las diferencias que existen con la tecnología CAD en donde se puede modelar y lograr altos niveles de detalle a comparación de la metodología BIM donde se utiliza el termino LOD, el cual es

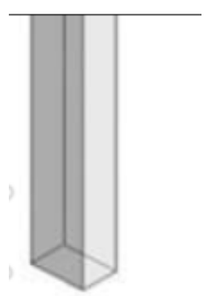
definido como “El nivel demadurez de información que posee un elemento del modelo”. (Architect, 2008)

Esta información de desarrollo está dispuesta para que los miembros de un proyecto puedan comprender qué esperar de dicho elemento del modelo.

Los distintos niveles de desarrollo se representan desde la Figura 1-7 a la Figura 1-12, a modo de explicaciones de cada nivel.

a. LOD 100 (Conceptual)

En este nivel el elemento del modelo es representado básicamente, se puede visualizar en forma de símbolo o representación genérica. Además, se enumeran los elementos conceptuales, cualquier información obtenida de este nivel se debe considerar como aproximado. El uso que se le da a este nivel es para el desarrollo de redacción del anteproyecto, se visualiza la representación de este LOD en la Figura 1-7.



Fuente: BIM 4 Arquitectos Chile

Figura 1-7. Pilar en LOD 100

b. LOD 200 (Geometría)

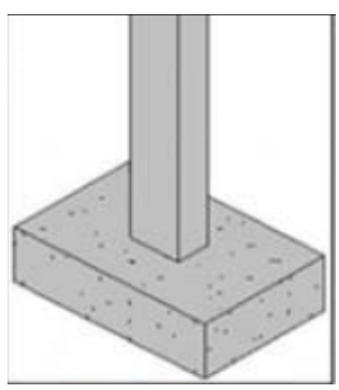
El elemento del modelo es representado gráficamente como un objeto o ensamble genérico, el cual debe especificar aproximadamente: cantidad, tamaño, forma y ubicación respecto al proyecto. Puede contener información no gráfica y su uso corresponde a un proyecto básico de arquitectura o ingeniería, se visualiza la representación de este LOD en la Figura 1-8.

Fuente: BIM 4 Arquitectos Chile.

Figura 1-8. Muro en LOD 200

c. LOD 300 (Construcción)

El elemento del modelo se grafica como un sistema, objeto o conjunto especifico el cual debe contener, dimensiones, cantidades, forma, tamaño, ubicación y orientación precisa. Los elementos contienen detalles específicos, que pueden ser ocupados para su identificación y orden de compra. Las medidas pueden ser obtenidas directamente del modelo, sin necesidad de corroborar con otro documento.

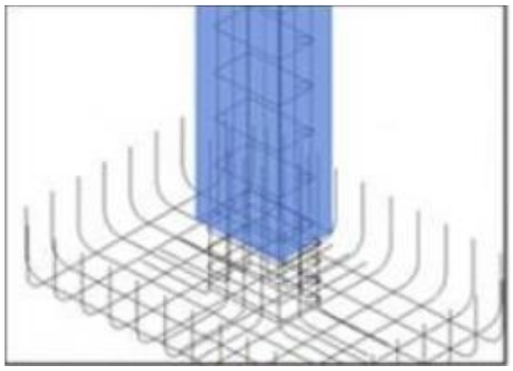


Fuente: BIM 4 Arquitectos Chile

Figura 1-9. Pilar en LOD 300

d. LOD 350 (Coordinación e interferencias)

Este modelo tiene lo ejecutado en el LOD 300, pero se añaden todas las disciplinas para la detección de interferencias en los distintos elementos del modelo. En este nivel se pueden realizar grandes modificaciones al proyecto, para la prevención de errores, se visualiza la representación de este LOD en la Figura 1-10.

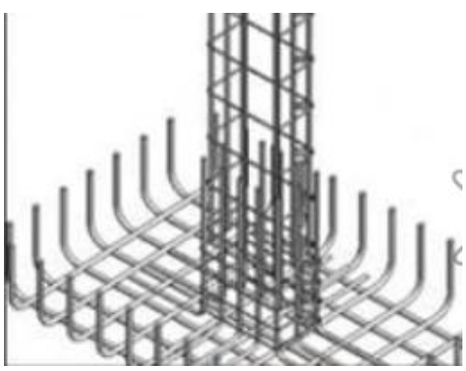


Fuente: BIM 4 Arquitectos Chile

Figura 1-10. Pilar en LOD 350

e. LOD 400 (Fabricación)

Los elementos del modelo están definidos geométricamente en detalle, posición, uso, montaje, dimensiones, forma, ubicación y orientación. En este nivel se entrega información suficiente para producir planos de detalle y fabricación. El LOD 400 puede estar transcurriendo durante el proceso de ejecución de obra, donde pueden surgir cambios en detalles constructivos, se visualiza la representación de este LOD en la Figura 1-11 donde se muestra la información de cada material agregado a cada elemento modelado, además de la comparación del LOD anterior se encuentra más detallado en este caso el conducto que está traspasando el muro.



Fuente: BIM 4 Arquitectos Chile

Figura 1-11. Muro en LOD 400

f. LOD 500 (As Built)

En este LOD se cumple con lo mismo que en el LOD 400, añadiendo la verificación de información del proceso constructivo finalizado. El uso de este nivel puede sufrir modificaciones, pues se basa en el futuro, teniendo en cuenta mantenciones o renovaciones.

CAPÍTULO 2: EJECUCIÓN DE METODOLOGÍA BIM EN PROYECTO

2. EJECUCIÓN DE METODOLOGÍA BIM EN PROYECTO

A continuación, se desarrolla la metodología BIM en el proyecto, para la realización de esta se requiere una serie de trabajos previos, los cuales son fundamentales para la correcta aplicación del BIM.

2.1. PARÁMETROS PREVIOS A LA APLICACIÓN

Con el fin de ejecutar la metodología es necesario efectuar una etapa inicial donde se encuentra la realización de la modelación 3D de arquitectura e instalaciones sanitarias. Además, la programación de obra y la toma de decisiones con respecto al nivel de detalle que tendrá el proyecto.

2.1.1. Modelación arquitectónica

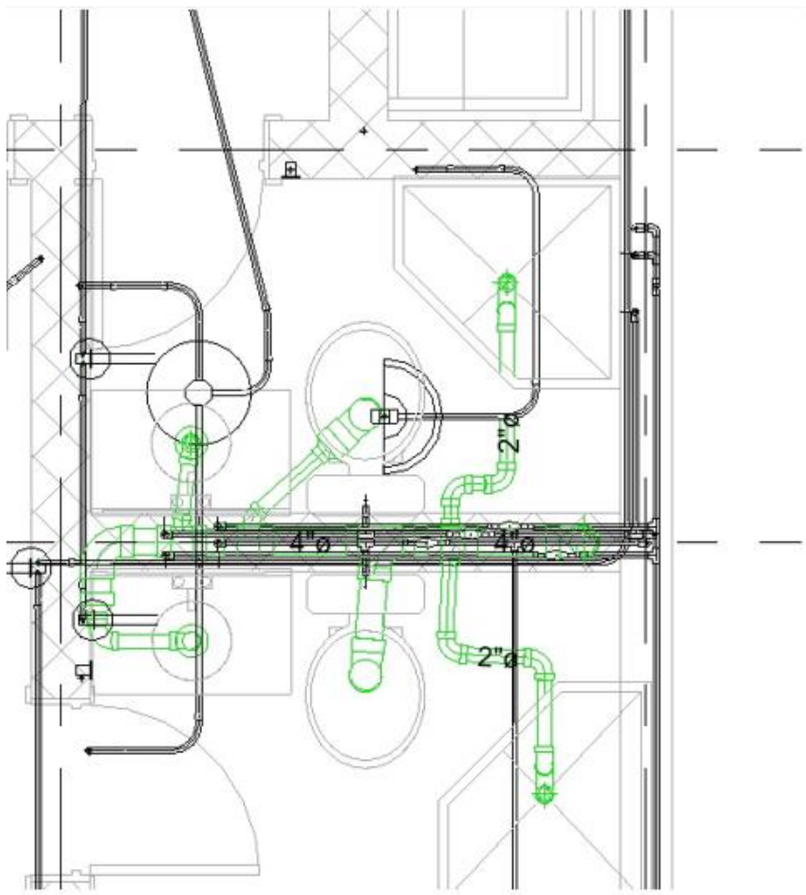
El modelo de arquitectura se diseñó en el software Revit, el cual fue basado en las especificaciones técnicas y del cliente, en este modelo 3D de la Figura 2-1, se encuentran plantas de distribución, muros, ventanas, diseño de interior, etc. En este modelo se utilizaron familias descargadas de páginas especializadas en la creación de familias BIM. Además, con este modelo se generó el plano de arquitectura que se encuentra en el anexo A, donde se muestran las plantas de los dos pisos, vistas de fachada, techumbrey emplazamiento.

Fuente: Autodesk Revit, creación propia

Figura 2-1. Modelo 3D arquitectónico

2.1.2. Modelación instalaciones sanitarias

El modelo 3D de las instalaciones sanitarias se visualiza en la Figura 2-2, comprende las tuberías de aguas servidas o residuales, tuberías de agua caliente y fría y accesorios. Este modelo se realizó por separado de la disciplina de arquitectura para efectuar el proyecto a similitud de cómo se realiza en proyectos reales en donde se utiliza BIM, el plano adjunto anexo B, especifica el plano de tubería de agua fría donde se entregan dimensiones, diámetro y material de estas.



Fuente: Autodesk Revit, creación propia

Figura 2-2. Modelo 3D Instalaciones sanitarias

2.1.3. Programación de obra

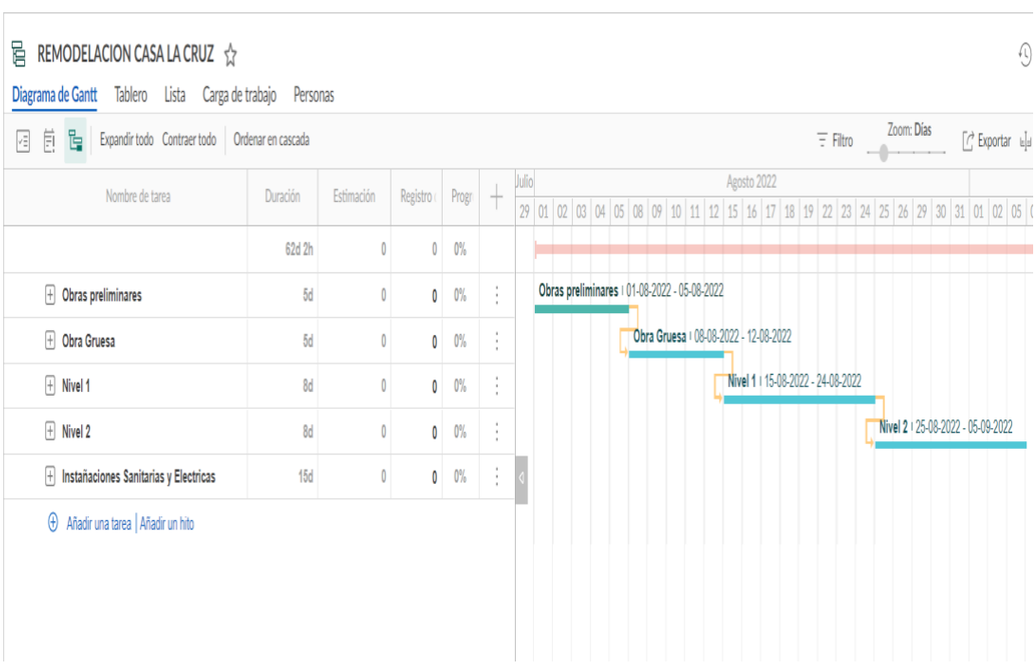
En el software Project se realizó la programación de obra, con la definición de tiempos para lograr la visualización del progreso de la obra en el modelo coordinado BIM.

El realizar la programación reduce el riesgo de pérdidas y mejora los resultados

del proyecto. El termino programar en este proyecto se refiere al desglose de actividades de la obra de remodelación, pudiendo tener dependencias entre tareas, esto significa que una tarea depende de que otra termine o comience para ella iniciar, este desglose abarca el ciclo completo del proyecto.

En la Carta Gantt de la Tabla 2-1, se pueden observar las etapas del proyecto, subdivididas en obras preliminares, obra gruesa y terminaciones, dentro de la obra gruesa se subdivide en radier, losa, nivel 1, nivel 2, instalaciones sanitarias y techumbre, a estas etapas se les fijo un tiempo promedio de trabajo, el cual fue consultado con un constructor civil, pero esta programación busca ser apoyo para la demostración de colaboración entre softwares, pudiendo tener modificaciones en el tiempo. En si Carta Gantt se define como una herramienta que define las actividades necesarias para completar el trabajo de un proyecto en un plazo determinado siendo fundamental cumplir con cada faena involucrada. Hoy más que nunca, los proyectos están afectos a cambios de cualquier índole durante su desarrollo. La información y supuestos de planificación pueden alterarse por nueva información disponible. Si el plan queda desactualizado, ya no es útil para guiar el desarrollo del proyecto. Independiente de cómo se originen, contar con una Carta Gantt dinámica e inteligente que se pueda adaptar a dichos cambios y mantenerse actualizada en todo momento es vital para guiar la ejecución y mantener un control permanente.

Tabla 2-1. Carta Gantt

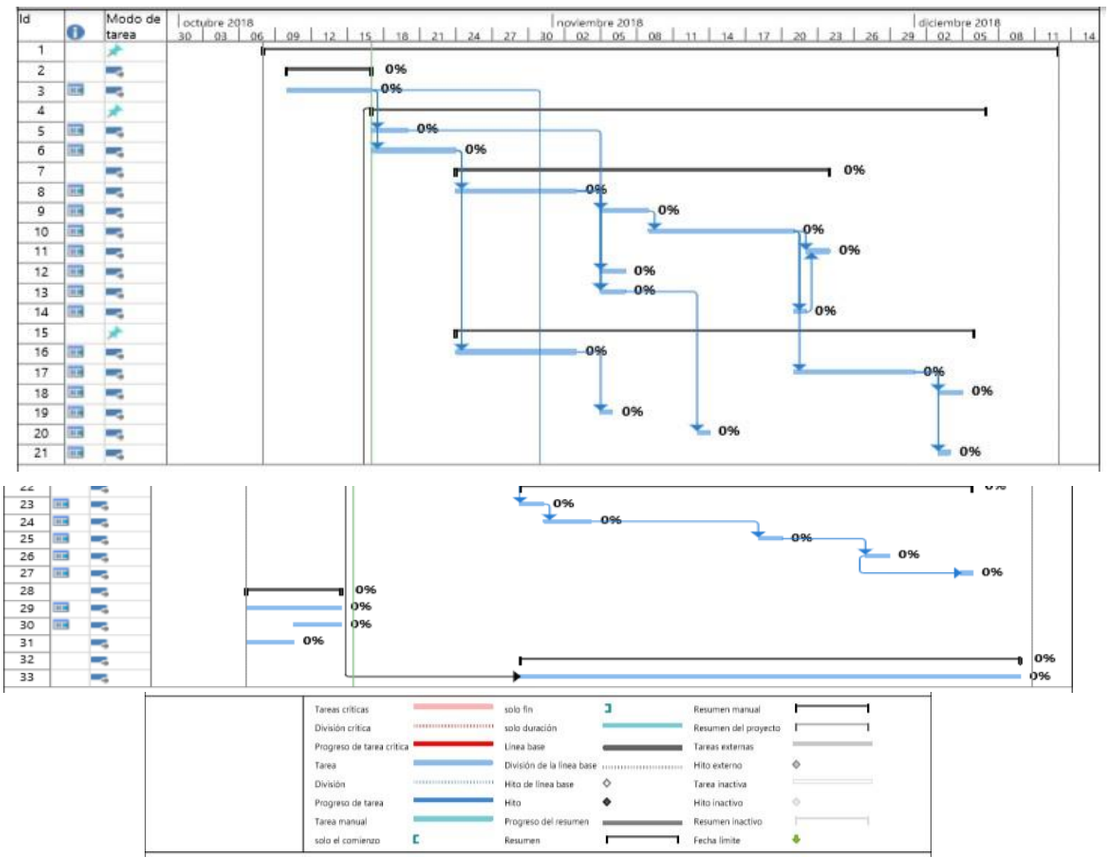


Fuente: Computador personal, software visualizador Project.

A continuación, se visualiza el Diagrama 2-1, la ruta crítica del proyecto que significa la opción o camino más largo del proyecto y demuestra las posibles actividades que puedan causar un estancamiento o demora en el proyecto, estas tareas serán las que se debe tener más preocupación de que no existan demoras o contratiempos.

Pues la demora de una de estas tareas “problemáticas” puede causar el retraso de todo el proyecto, causando estragos en tiempo y costos en la obra.

Algunos beneficios de utilizar el software Project son el conocer la fecha de término del proyecto con anterioridad, además de la antes mencionadas tareas críticas a las cuales deben darse más prioridad, para la creación de una correcta Carta Gantt o listado de tareas es necesario tener conocimiento del tiempo aproximado de ejecución de la obra o especialidad que se realizará es por esto que se consultó con un constructor civil para obtener datos aproximados de duración de las tareas a ejecutar en el proyecto.



Fuente: Software Project, creación propia

Diagrama 2-1 Ruta crítica de la obra

2.1.4. Nivel de desarrollo (LOD)

A continuación, se presenta la Tabla 2-2, en donde se entrega el LOD que fue logrado en los diferentes elementos que se evaluaron en este nivel BIM y también explicado en el Capítulo I de este proyecto.

Tabla 2-2. LOD, Muros, Tubería y Radier

ELEMENTO	LOD (Nivel de desarrollo)
Muros	350, Este nivel es logrado pues se añadieron todas las disciplinas para la detección de interferencias, logrando cambios en el modelo.
Tuberías	350, Este nivel es logrado pues se añadieron todas las disciplinas para la detección de interferencias, logrando cambios en el modelo.
RADIER /LOSA	300, Este modelo contiene dimensiones, cantidades, forma, tamaño, etc., y pueden consultar las medidas directamente del modelo.

Fuente: Página de Autodesck, Microsoft imagine.

2.1.5. Librerías BIM

Las librerías BIM son plataformas web con objetos BIM estandarizados y técnicamente validados, los cuales se pueden descargar de manera gratuita o pagada, para ser aplicadas en proyectos BIM.

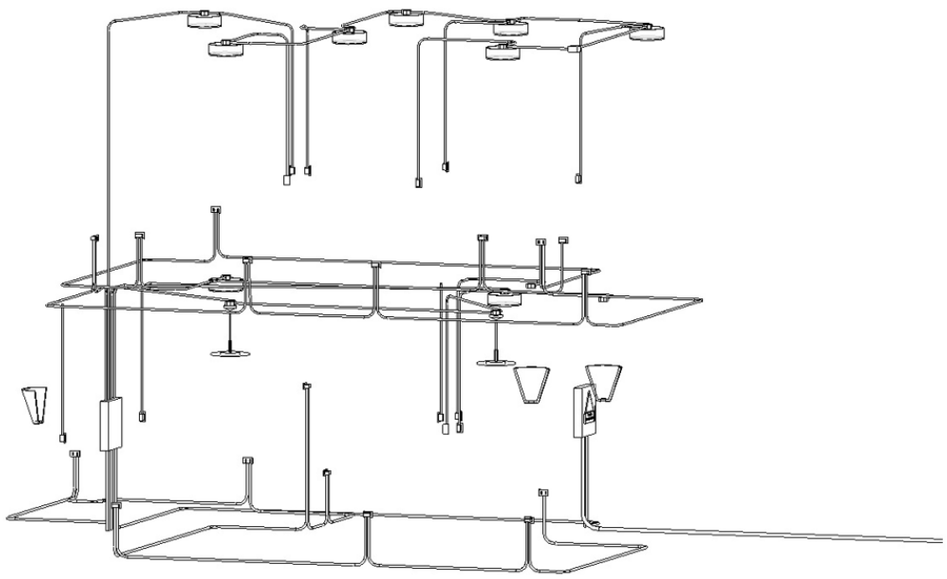
Las librerías utilizadas en este proyecto fueron dos, pero también se mencionará la librería nacional BIM chilena.

La mayoría de estos modelos o productos son creados por los mismos fabricantes o proveedores del mercado

2.2. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EN EL PROYECTO

En la actual sección se aplica la metodología BIM en el proyecto, explicando al

detalle los pasos para obtener la modelación en 4D. Ver Figura 2-3.



Fuente: Elaboración propia, basada en la distribución eléctrica de la casa.

Figura 2-3. Distribución del Tendido Eléctrico interior del domicilio.

2.2.1. Vinculación y colaboración

Para efectuar este proyecto parecido a la realidad en la industria se eligió la colaboración entre especialidades por sobre la unión de las diferentes especialidades que el software Revit realiza en un mismo modelo.

El motivo de elegir la colaboración es debido a que, en el entorno de trabajo real,cada especialidad es realizada por diferentes personas y este modo de trabajo permite tenerdiferentes archivos locales que luego pueden ser actualizados en un modelo central para obtener la modelación con todos los detalles agregados por las distintas disciplinas.

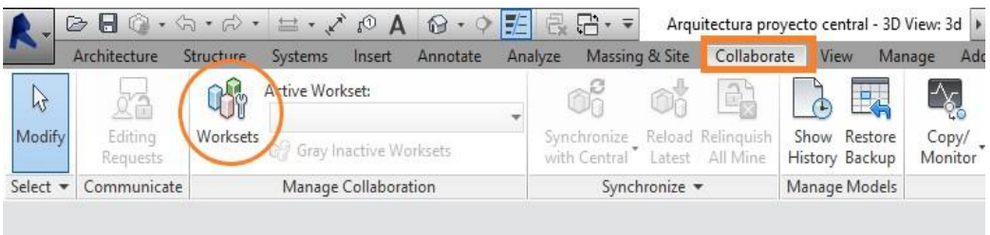
Además, se realiza la vinculación entre software Project y Navisworks y Revit con Navisworks, utilizando mecanismos fáciles y ordenados para la compresión y logro de los objetivos.

2.2.2. Colaboración entre especialidades

Lo previo a realizar la colaboración de especialidades es crear una carpeta de proyecto y según el número de especialidades o personas destinadas a modificar el modelo se crearon carpetas con el nombre proyecto local 1 y 2, según corresponda para

cada caso particular, en este serán tres carpetas; proyecto central, proyecto local 1 y proyecto local 2, el proyecto central es utilizado como archivo donde se unirán todas las especialidades, pero este archivo no se debe utilizar para modelar, la carpeta proyecto Local 1, será utilizada para la especialidad de arquitectura en este proyecto, y la carpeta proyecto local 2 será destinada para la especialidad de instalaciones sanitarias, estas carpetas son creadas para luego guardar los archivos que se explicaran a continuación.

El archivo de proyecto arquitectura previamente modelado en 3D se convierte en el proyecto central y lo primero para efectuar lo mencionado, es definir dentro de éste, los archivos los worksets o subproyectos. Para esto es necesario ir a la pestaña collaborate, dirigirse al grupo manage collaboration y cliquear Worksets.

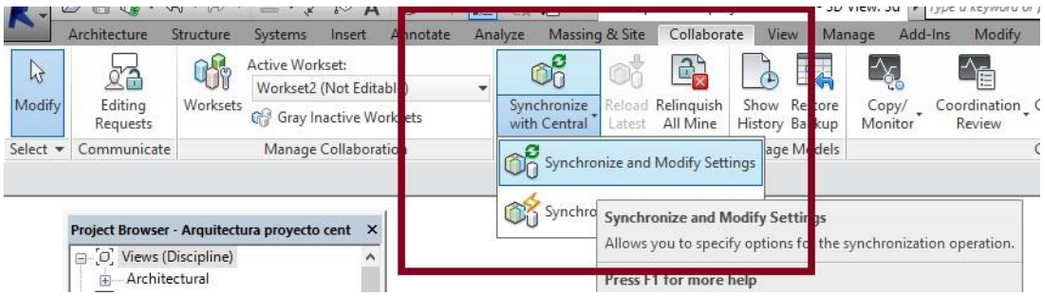


Fuente: Computador personal, Software Revit.

Figura 2-4. Pestaña collaborate

Para mejor entendimiento del proceso explicado anteriormente, se realizó un pantallazo con los pasos ejecutados y de esta manera se facilita la comprensión del lector de este trabajo de título para su posterior ejecución o aplicación.

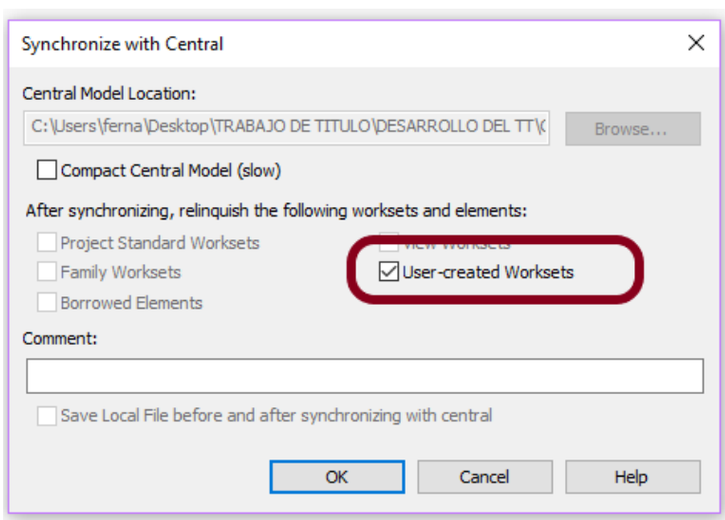
Como se van sincronizando con el archivo central es de suma importancia tener claro la secuencia de entendimiento, ya que cuando se vinculan las especialidades, las con más riesgos de normativa siempre es la Ley Eléctrica, como es de conocimiento en el rubro a lo que se le agregó la Ley 20.808 donde se debe tener todos los recintos para las telecomunicaciones y tener cableado lo que antiguamente correspondía a las compañías, para poder desarrollar el tendido eléctrico en Revit, se utilizan herramientas propias del sistema, este tendido lleva su propio color para identificarlo de las otras especialidades, siendo el eléctrico el que debe cumplir con más normas en la actualidad, como l zasonas de seguridad de los artefactos.



Fuente: Computador personal, software Revit.

Figura 2-5. Sincronizar con archivo central

Luego se abre el cuadro de diálogo para modificar configuración, dentro de este se activa la opción subproyecto creado por el usuario (User- created worksets) y se pulsa "Ok". Ver Figura 2-6.

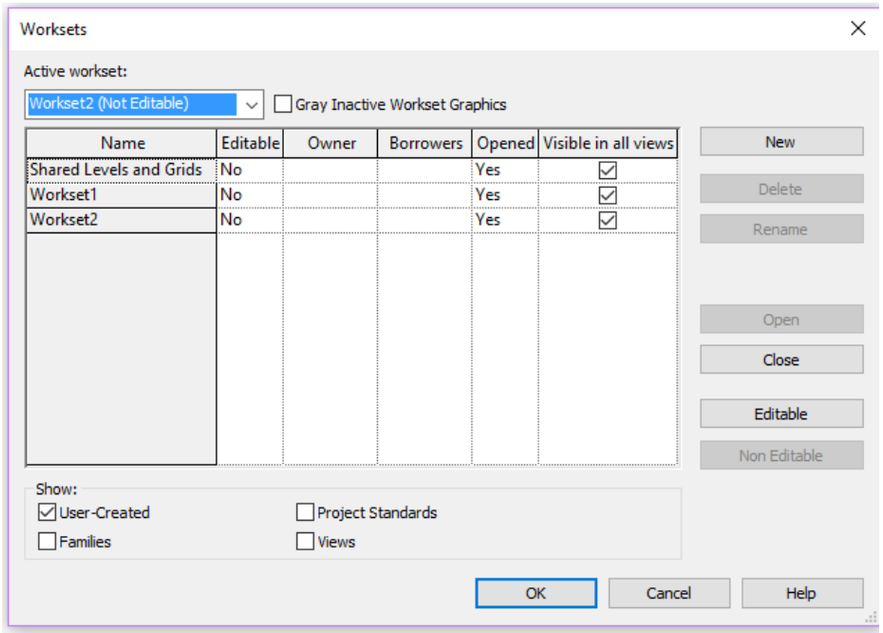


Fuente: Computador personal, software Revit.

Figura 2-6. Sincronizar con archivo central - local

Y luego, para verificar si se realizaron los cambios que se buscan, se cliquea en Workset y en la columna de editables debe aparecer no y en la columna de owner tiene que estar sin nombre (Vacío), esto indica que el archivo central está disponible para ser modificado por los archivos locales.

El archivo central no es utilizado para trabajar, la información se sincroniza a través de los archivos locales, los cuales son donde se ejecutan las especialidades, las cuales se unificarán en dicho archivo local. Ver Figura 2-7.



Fuente: Computador personal, software Revit.

Figura 2-7. Verificación archivo central

A continuación, se puede cerrar el archivo central, para comenzar con la creaciónde archivos locales.

Lo primero es abrir de nuevo el software Revit y en el logo de Revit cliquear y pulsar en opciones (Options) esto es uno de los pasos más sencillos por realizar, después de esto se abrirá un cuadro de diálogo de opciones y en la ficha general se cambiará el nombre de usuario a “Local 1”, este es el nombre que se definió en los pasosanteriores.

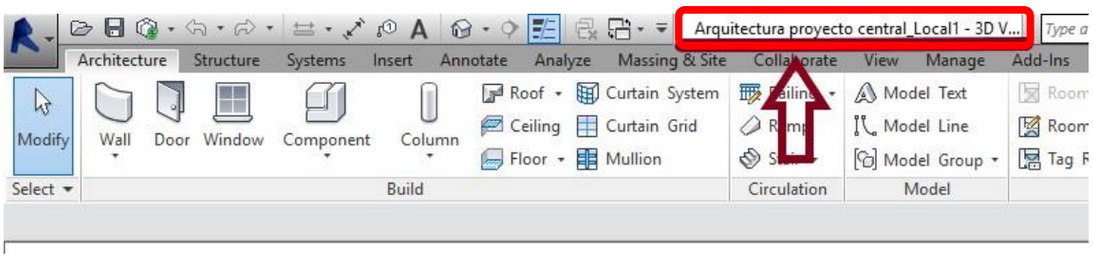
Cada usuario que modifique el archivo central debe tener su propio nombre de usuario (Username). Después en la pestaña “File location” se cambia la ruta por defecto para los archivos del usuario “Default path for users file”, indicando con esto donde se guardará el archivo que modificará el usuario “Local 1”. Entonces se busca la carpeta que se creó en un inicio para el proyecto local 1 y se cliquea la carpeta correspondiente y posteriormente se pulsa “Ok”.

Para mayor comprensión de los pasos descritos se puede acceder a la herramienta de ayuda de Autodesk, en las cuales se demuestra gráficamente con una marca circular roja donde se encuentra “options” al igual que en el desarrollo de este trabajo, también en un rectángulo con puntas redondeadas se indica donde secambia el nombre de usuario, mencionado anteriormente, además de visualizar las pestañas y archivos, con un rectángulo con puntas redondeadas se demuestra el lugar donde se cambia la ubicación del archivo, buscando la carpeta previamente creada en pasos

anteriores.

Posterior a este paso desde la pestaña Open en projects se busca el archivo central y de inmediato aparece la opción para crear un nuevo archivo local, ver Figura 2-8 donde se delimitó con rectángulos con puntas redondeadas las zonas de importancia.

Se pulsa Open para abrir un nuevo archivo local desde el archivo central y se puede verificar que se creó un nuevo archivo local 1 desde el archivo central en la carpeta que se eligió previamente.



Fuente: Computador personal, software Revit.

Figura 2-8. Verificación archivo local 1

Como último paso se abre la pestaña collaborate y se cliquea sincronizar y se pulsa “ok” para terminar la configuración de archivo central con archivo local. Para la creación de los archivos locales que se requieran se repite el procedimiento, en este proyecto se repetirá una vez más.

Para actualizar el modelo se debe ingresar a la pestaña collaborate y pulsar sincronizar and modify setting (en español, modificar ajustes), luego click en ok y el archivo se sincronizará, después el otro archivo local también se debe hacer el mismo proceso de sincronización y se podrávisualizar las modificaciones de los usuarios.

Luego de realizar esta colaboración de archivos se pueden realizar cambios en las distintas disciplinas y todas pueden colaborar en el proyecto, y con solo utilizar una actualización se pueden obtener los avances de cada usuario.

2.2.3. Vinculación de softwares

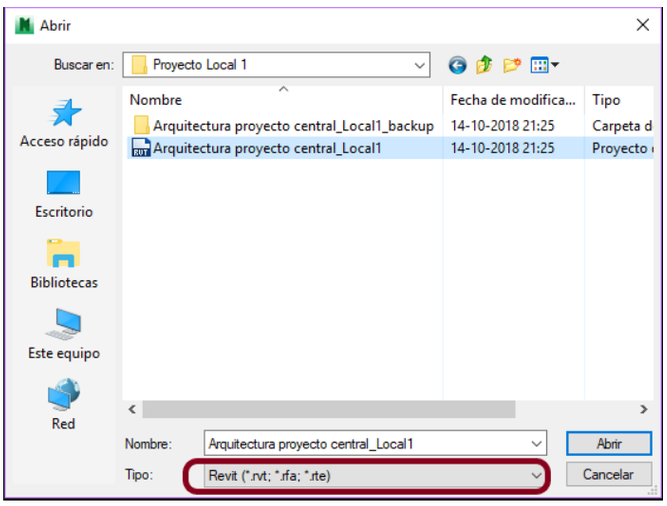
A continuación, se vinculará Revit con el software Navisworks que servirá para la detección de interferencias en la sección 2.2.2 y luego se vinculará Navisworks con el programa Project para la modelación en 4D.

Vinculación Revit-Navisworks

Para vincular el archivo Revit con Navisworks, existen diversas formas, pero la

que se presentará a continuación es la utilizada en BIM, pues permite el trabajo colaborativo entre especialidades.

Lo primero, en el software Naviswork, es abrir el proyecto local 1 de Revit, para poder visualizar el archivo Revit en la interfaz Navisworks, se cambia el tipo de archivo a Revit, y de esta manera se podrá seleccionar el archivo local 1 o Proyecto Local 1. Ver Figura 2-9.

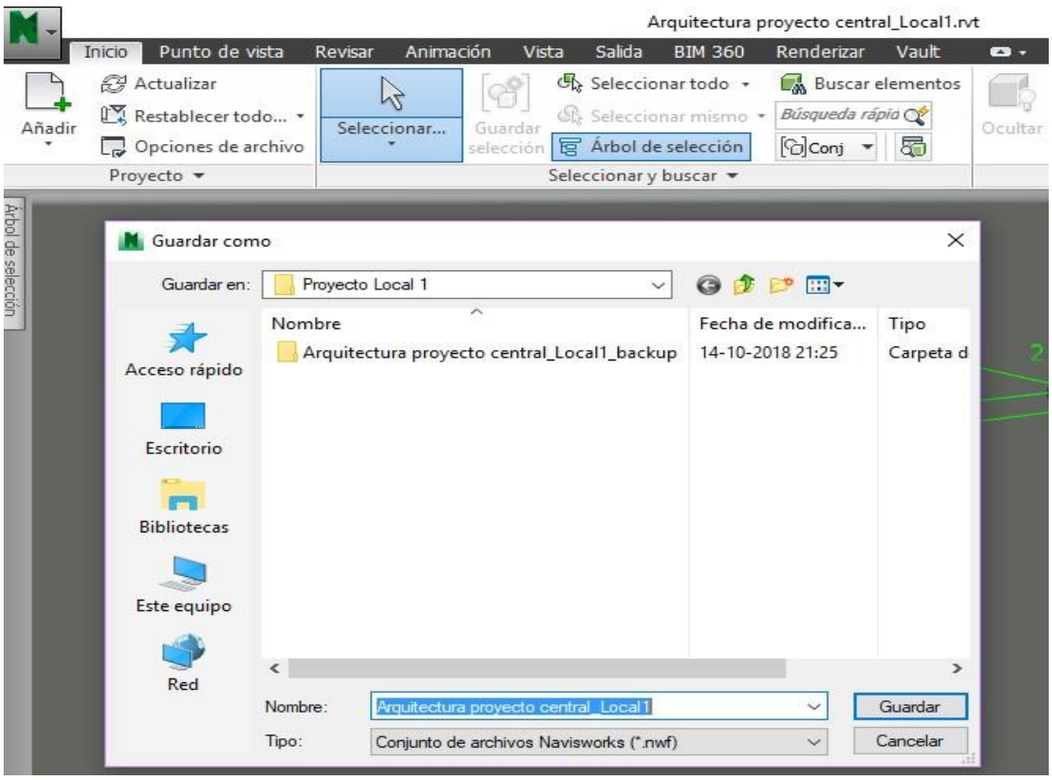


Fuente: Creación personal, software Navisworks.

Figura 2-9. Formato Navisworks

Luego de abrir el archivo se podrá visualizar la disciplina arquitectura que es lo que contiene el proyecto local 1, y se guarda en el tipo de archivo Navisworks (Nwf).

Así con todas las diferentes disciplinas, en este proyecto se añade una disciplina más que es la de instalaciones sanitarias. Ver Figura 2-10.



Fuente: Computador personal, software Navisworks.

Figura 2-10. Añadiendo archivos de disciplinas

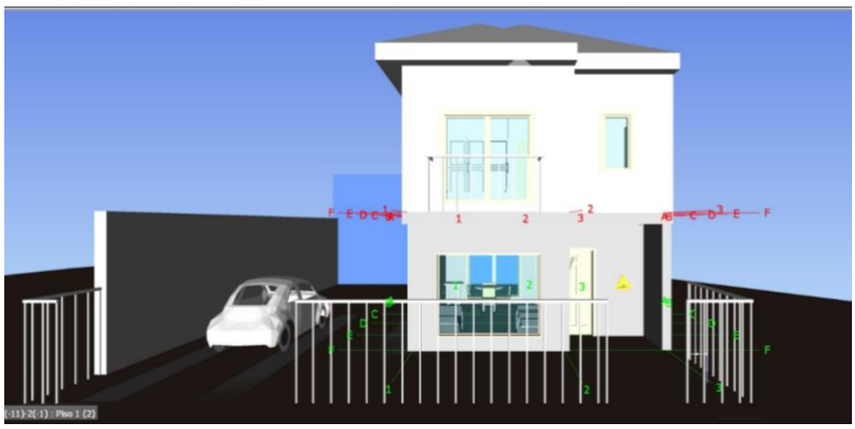
Luego de realizar el cambio de formato de Revit a Navisworks de las distintas especialidades cada una por sí sola, se debe crear un archivo único en Navisworks que contenga todas las especialidades.

Para realizar esto se debe abrir cada archivo ya transformado a Nwf y se pulsa la opción añadir. En este caso son solo dos archivos el que contiene la arquitectura y el de las instalaciones sanitarias con sus respectivas tuberías.

Posterior a esto se guarda en un archivo Nwf, en este caso el archivo se nombra “Todas las especialidades”.

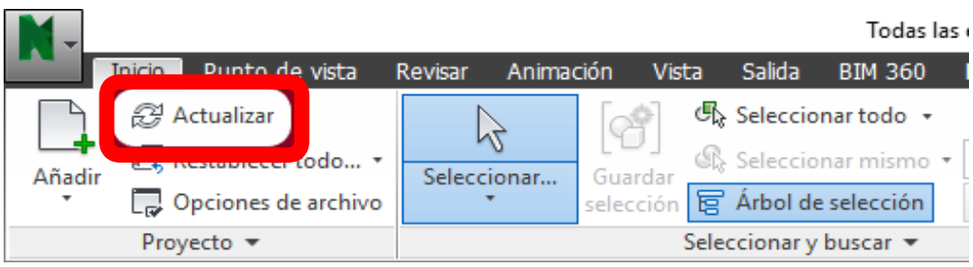
A continuación, se muestra una figura la cual demuestra la unificación de las distintas especialidades modeladas en Revit, ahora en el software Navisworks.

Este archivo está vinculado con Revit, es decir, si el archivo Revit tiene modificaciones u cambios, este archivo de Navisworks se modificará solo con pulsar el botón llamado actualizar, el modelo Navisworks se podrá visualizar de fácil acceso. Ver Figuras 2-11 y 2-12.



Fuente: Computador personal, software Navisworks.

Figura 2-11. Visualización modelo Navisworks



Fuente: Computador personal, software Navisworks.

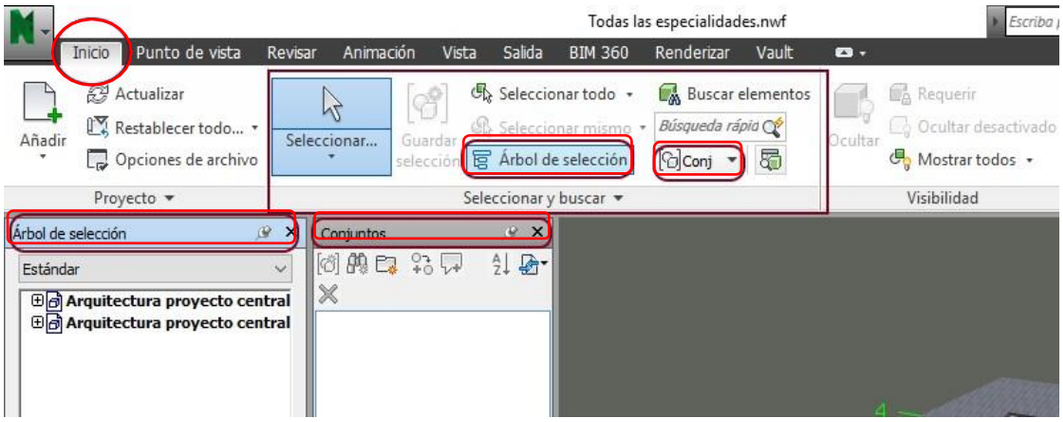
Figura 2-12. Actualizar Modelo Revit desde Navisworks

a. Vinculación Navisworks - Project

El programa de obra no es necesario que esté totalmente terminado puede sufrir modificaciones las cuales, con la vinculación, se pueden actualizar y de esta manera todoslos cambios efectuados en Project serán mostrados en Navisworks.

Para vincular el software Navisworks con el programa de obra realizado en Project, se realizaron los siguientes pasos.

Para comenzar en el programa Navisworks se abre el archivo de todas las especialidades en el formato Nwf, en él se ingresa a la pestaña Home (inicio), en el grupo Select & Search (seleccionar y buscar) y se pulsa árbol de selección (selection tree) y se abre un cuadro de diálogo, posterior se abre otro cuadro de diálogo del mismo grupo al seleccionar conjuntos (set), y se pulsa administrar conjuntos (manage sets), en donde se marca con rectángulos con puntas redondeadas las zonas de interés, que aclaran los pasos mencionados anteriormente, en esta se muestra el panel de trabajo de Navisworks. Ver Figura 2-13.

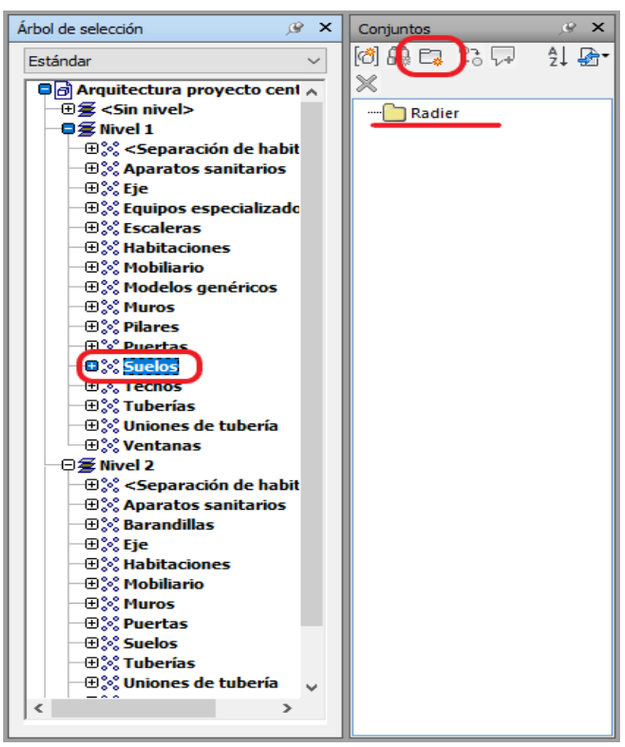


Fuente: Computador personal, software Navisworks.

Figura 2-13. Interfaz para abrir cuadro de diálogos

En el cuadro de diálogo de conjuntos se crearán nuevas carpetas basadas en la programación de obra, que se avanzó preliminarmente.

Entonces la primera carpeta es radier a la cual se le cambio el nombre pulsando el botón derecho y cliqueando cambiar nombre, ésta después de ser creada se buscará en el cuadro de diálogo del árbol de selección, para vincularla con el modelo. Ver Figura 2-14.



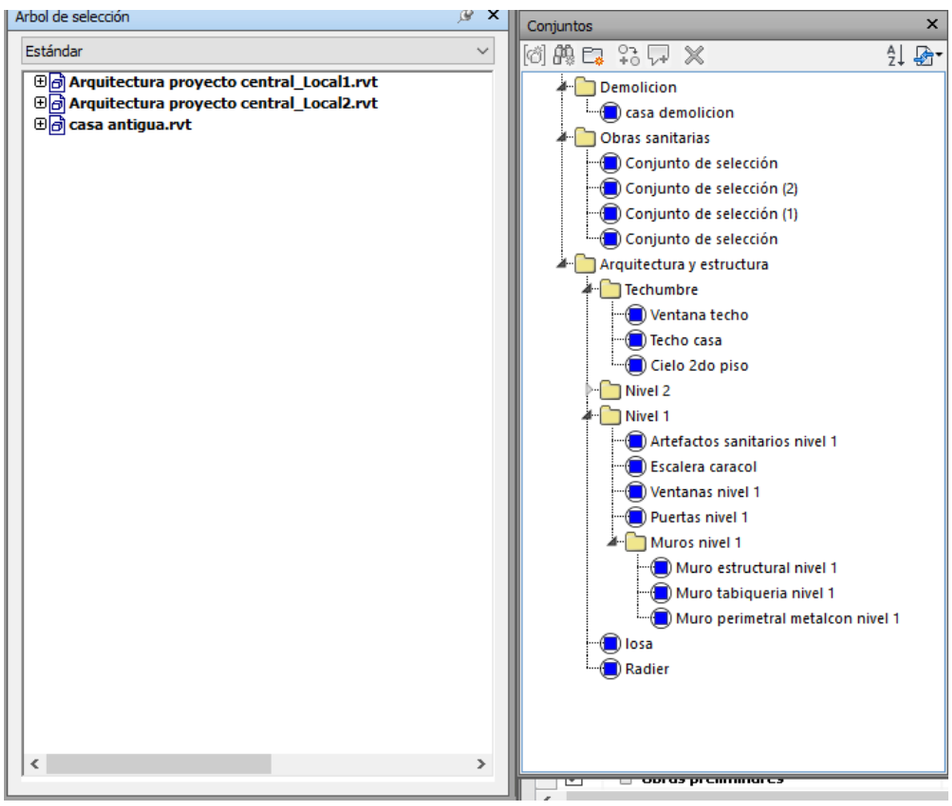
Fuente: Computador personal, software Navisworks.

Figura 2-14. Creación carpeta conjuntos

Estas carpetas son todos los elementos que se encuentran en el modelo antes vinculado desde Revit, y esta carpeta se mantiene pulsando con el botón izquierdo del mouse hasta llevarlo a la carpeta radier.

Este trabajo busca organizar el modelo para la posterior vinculación con Project, además este trabajo puede ser aún más específico si se requiere, vinculando cada elemento en particular para que la posterior visualización de la programación sea más exhaustiva yaparezca cada elemento con su propio tiempo de construcción.

En la Figura 2-15 se visualiza como quedaron organizadas las carpetas para la vinculación con Project.

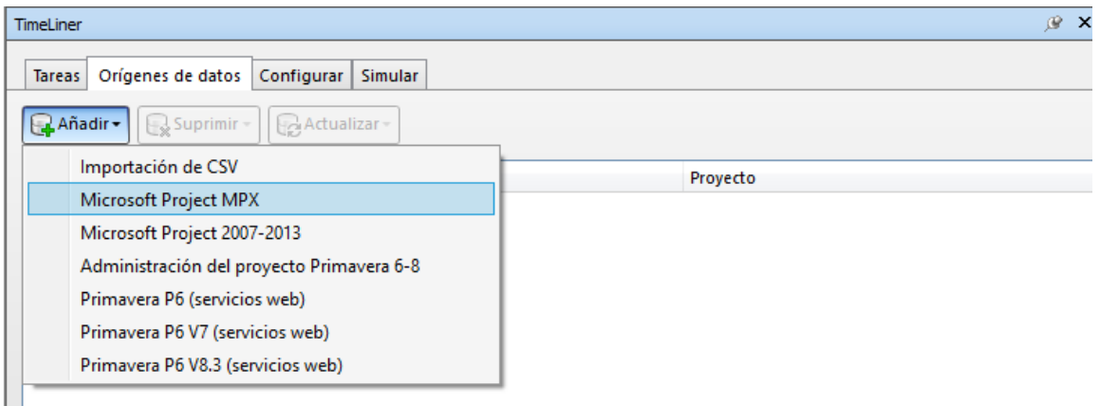


Fuente: Computador personal, software Navisworks.

Figura 2-15. Organización carpetas utilizada para vincular

Luego para vincular con el archivo Project que está previamente avanzado, se debe dirigir a la pestaña Home o inicio, y en el grupo tools (herramientas) se pulsa Timeliner (línea de tiempo). Después de pulsar esa casilla se abre un cuadro de diálogo donde se pulsa la pestaña orígenes de datos y se cliquea añadir, en esta pestaña desplegada seleccionaremos el archivo, esto dependerá del tipo de archivo que utilizaremos para la

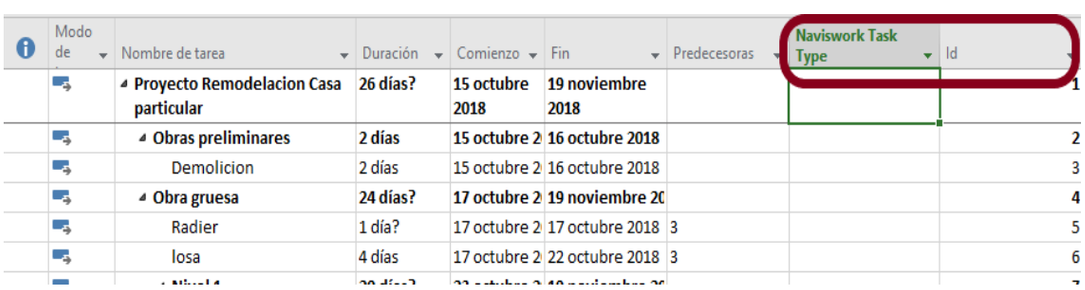
programación de obra, en este caso se utiliza el Microsoft Project 2007-2013, aun si el Programa Project es una versión superior a esta se elige esta selección. Ver Figura 2-16.



Fuente: Computador personal, software Navisworks.

Figura 2-16. Añadir Programación, timeliner

En el archivo Project se debe agregar una columna la cual se busca como indicador exclusivo, ésta entrega el número único que Project ingresa para cada tarea, esto servirá para anexar las tareas a Navisworks, Project de inmediato rellena cada celda con cada número único, además se agrega una columna llamada Naviswork Task type (Ver Figura 2-17 que en este caso es el texto 1, para luego vincularla con una columna que aparece en Navisworks, que sirve para definir el tipo de trabajo que hace esa tarea.



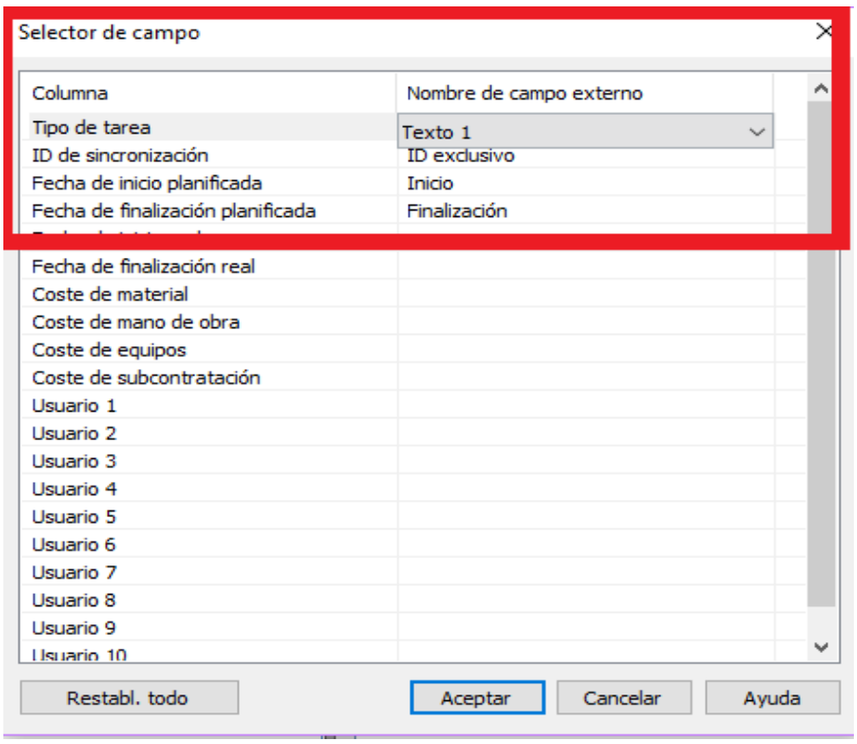
Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Naviswork Task Type	Id
	Proyecto Remodelacion Casa particular	26 días?	15 octubre 2018	19 noviembre 2018			1
	Obras preliminares	2 días	15 octubre 2	16 octubre 2018			2
	Demolicion	2 días	15 octubre 2	16 octubre 2018			3
	Obra gruesa	24 días?	17 octubre 2	19 noviembre 20			4
	Radier	1 día?	17 octubre 2	17 octubre 2018	3		5
	losa	4 días	17 octubre 2	22 octubre 2018	3		6

Fuente: Computador personal, software Navisworks.

Figura 2-17. Columnas agregadas a Project

Para continuar, si en Project están todas las columnas ya mencionadas, aparte de

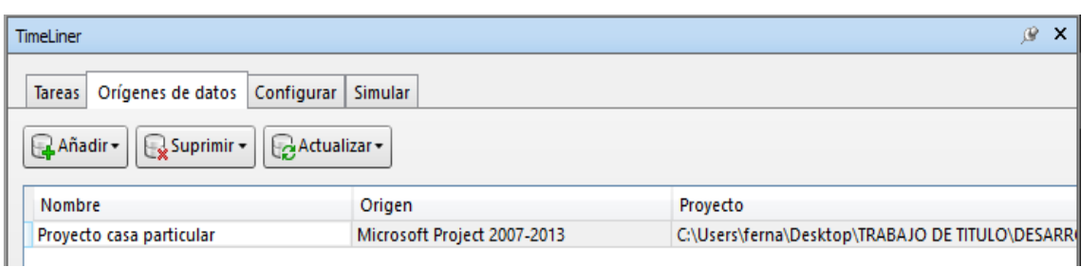
las que sirven para programar como, por ejemplo, las predecesoras, se prosigue en el software Navisworks después de añadir el archivo Project, aparece un cuadro de diálogo que sirve para enlazar cada columna de Project con la información que tiene Navisworks.



Fuente: Computador personal, software Navisworks.

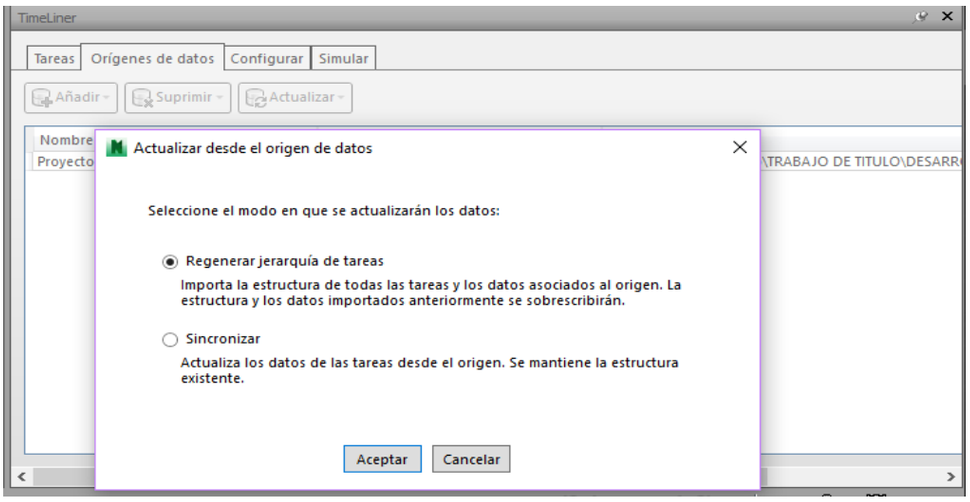
Figura 2-18. Selección de campos

Se procede a enlazar cada columna como se muestra en la Figura 2-18, después se cliquea aceptar y se crea una nueva programación, a este archivo se le puede modificar el nombre, en este proyecto se le nombró “Proyecto casa particular”. Ver Figura 2-19.



Fuente: Computador personal, software Navisworks.

Figura 2-19. Programación de obra creada

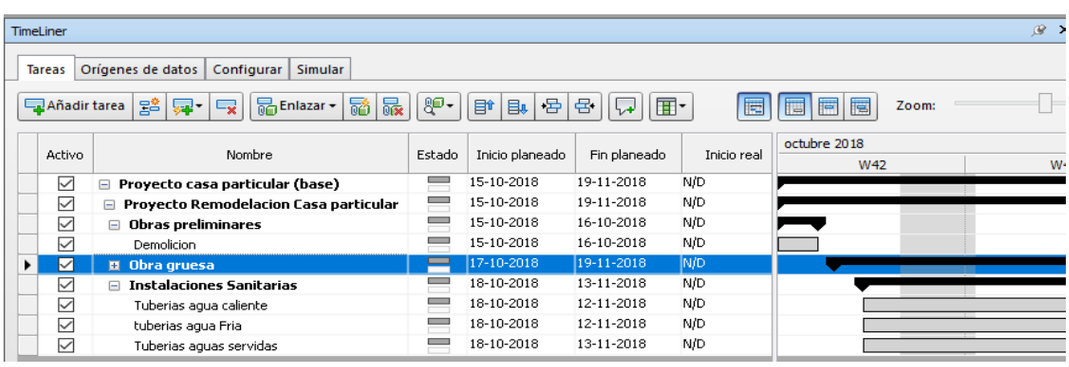


Fuente: Computador personal, software Navisworks.

Figura 2-20. Actualización jerarquía de datos

Luego se pulsa actualizar todos los datos de origen y se abrirá una pestaña de diálogo y se selecciona regenerar jerarquía de tareas y luego aceptar y con esto la programación está vinculada a Navisworks. Ver Figura 2-20.

Esta programación se puede actualizar de la misma manera que se explicó anteriormente, pero solo si son cambios de tiempo se selecciona la otra opción llamada sincronizar. Ver Figura 2-21.

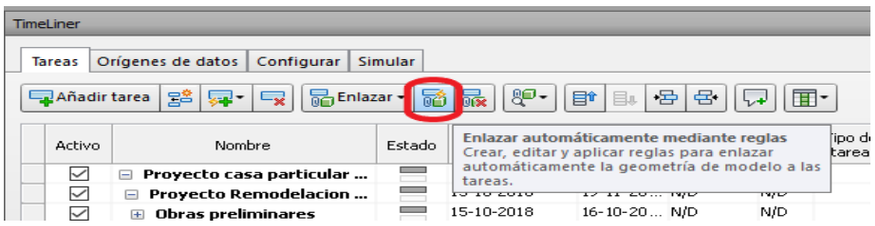


Fuente: Computador personal, software Navisworks.

Figura 2-21. Visualización programación en Navisworks

Luego de este proceso se deben enlazar las tareas vinculadas de Project a las carpetas de conjuntos creadas anteriormente.

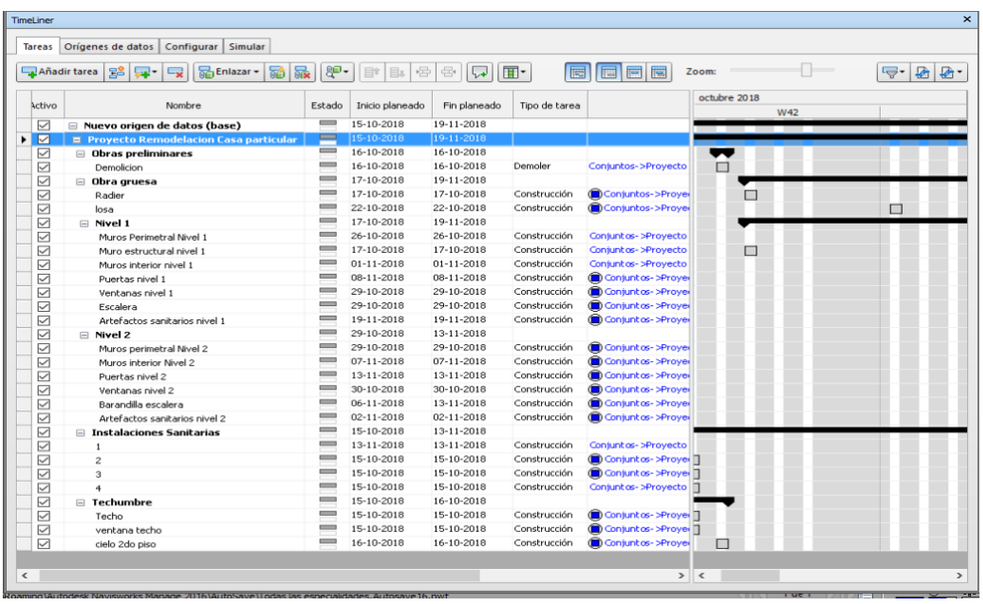
Esto se realiza pulsando” enlazar automáticamente” y se selecciona desde la columna nombre hasta conjunto o se puede realizar tarea por tarea, seleccionando en botón derecho en la programación y se desplegará una pestaña donde se pulsa “enlazar conjunto” y luego se busca la carpeta que se creó para esa tarea y se hace clic en “elemento”, y de esta manera se vinculan todas las tareas o si no funciona de esta manera, se pueden seleccionar y arrastrar desde el árbol de selección mencionado anteriormente y soltar en la tarea de el TimeLiner. Ver Figura 2-22.



Fuente: Computador personal, software Navisworks.

Figura 2-22. Enlace automático de tareas mediante reglas

El TimeLiner se debería visualizar cuando está correctamente vinculado de la manera graficada en la Figura 2-23, este vinculado se realiza antes de revisar los tiempos que se demora la obra, pues el vincular antes el proyecto ayuda al aporte de especialidades y para una rápida modificación si así se requiere.



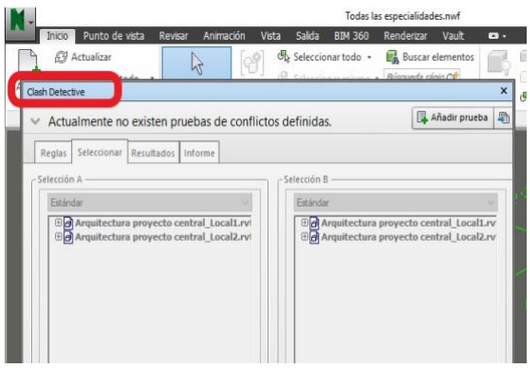
Fuente: Computador personal, software Navisworks.

Figura 2-23. Tareas vinculadas del modelo a la programación

El objetivo de la vinculación entre Navisworks y Project es obtener la modelación 4D, la cual será desarrollada posterior a la detección de interferencias.

2.2.4. Detección de interferencias

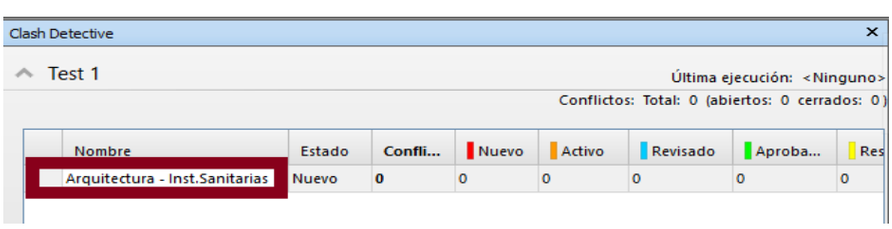
Para comenzar a detectar interferencias en el software Navisworks, se busca la pestaña home o inicio, en el grupo herramientas se pulsa “Clash detective”, desplegándose un cuadro de diálogo como se visualiza en la Figura 2-24.



Fuente: Computador personal, software Navisworks.

Figura 2-24. Clash Detective, cuadro de dialogo

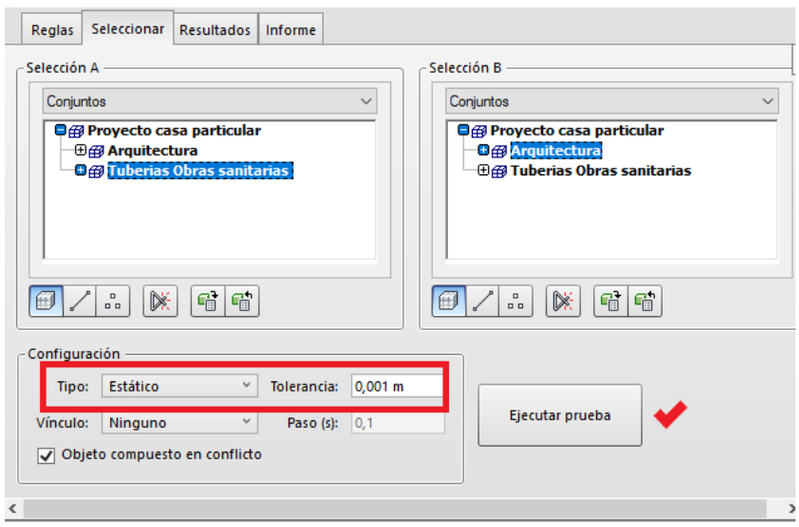
Luego se selecciona “añadir prueba”, y en la tabla de especialidades que se desprende, se añade el nombre de las distintas especialidades a evaluar para la primera evaluación de interferencias, en este proyecto se detectarán las interferencias entre las instalaciones sanitarias y la arquitectura, es por esto por lo que el test 1 de detección de interferencias se nombra como “Arquitectura – Instalaciones sanitarias”. Ver Figura 2-25.



Fuente: Computador personal, software Navisworks.

Figura 2-25. Nombres de especialidades a evaluar

Posterior al paso mencionado, se seleccionan las especialidades a evaluar, en este caso en la selección A, se eligen las instalaciones sanitarias y en la selección B se pulsa la arquitectura. En la zona de configuración se puede definir el tipo de análisis que se realiza, existe el estático, estático conservador, de espacio libre o duplicados, esto se refiere al objetivo que tendrá la detección de interferencias. Al lado derecho de tipo se encuentra tolerancia, la cual se usa para definir un parámetro de distancia de la cual será permitido la interferencia, luego se debe hacer clic en ejecutar prueba, y de esta forma Navisworks identifica todas las interferencias. Ver Figura 2-26.

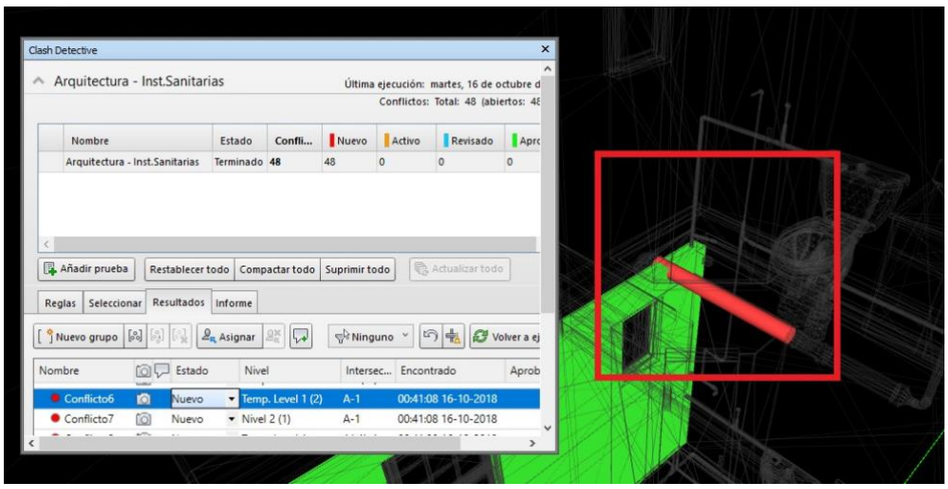


Fuente: Computador personal, software Navisworks.

Figura 2-26. Selección de especialidades para evaluar

Se deben mencionar dos tipos de interferencias las necesarias y las innecesarias. Las interferencias necesarias son lasque, por ejemplo, se pueden dar con un muro y una tubería o losa con tuberías, se asume que estas interferencias se pueden dar en el modelo porque no siempre se modelan estos espacios por los que pasan tuberías, pero las innecesarias pueden ser el cruce entre tuberías de distintas especialidades las cuales podrían generan retrasos, sobrecostos es por estos motivos que esta herramienta de detección temprana de interferencias puede ayudar a disminuir el tiempo y costos que se pueden ahorrar con la previsión de estos errores o interferencias

Además de producir informes o reportes de estas interferencias gracias a la metodología BIM, se logra visualizar con el software Naviswork la incompatibilidad entre especialidades. Ver Figura 2-27.

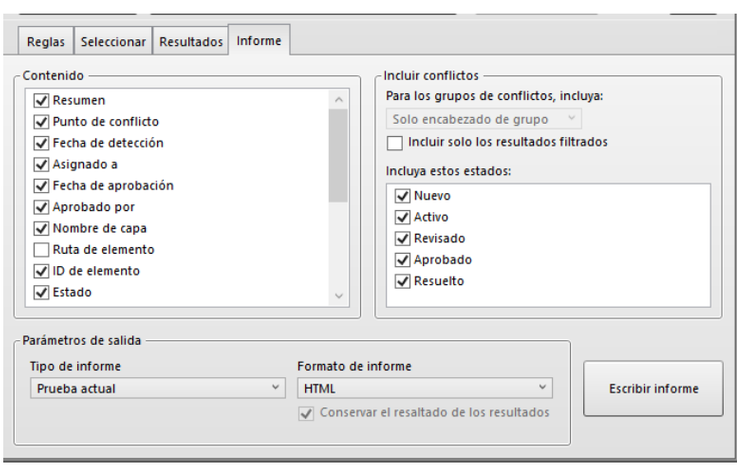


Fuente: Computador personal, software Navisworks.

Figura 2-27. Interferencia necesaria

En este modelo se utiliza esta herramienta de detección de interferencias para crear los orificios para el paso de tuberías que lo requerían aún en conocimiento de que estas interferencias son manejadas en la industria como interferencias necesarias.

Es posible generar un reporte de la detección de interferencias, seleccionando la pestaña informe en el cuadro de diálogo de Clash detective.



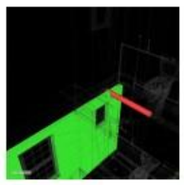
Fuente: Computador personal, software Navisworks.

Figura 2-28. Generación reporte interferencias

En la pestaña informe se pueden definir los parámetros de contenido del reporte también los estados de las interferencias pudiendo seleccionar que el problema fue

resuelto, revisado, etc. Y en los parámetros de salida podemos definir si queremos realizar el reporte con la prueba actual o combinarla con otra prueba o también seleccionar todas las pruebas hechas y realizar el reporte cada una por si sola.

Para esta detección se realizó el reporte con la prueba actual utilizando un formato hml, por consiguiente, se genera el reporte de cada elemento que mostró interferencia. A modo de representación de la interferencia mostrada anteriormente se muestra la tabla de información generada en el reporte de esta interferencia en particular en la Figura 2-28. Ver Figura 2-29.



Nombre	Conflicto6
Distancia	-0.102m
Descripción	Estático (conservador)
Estado	Nuevo
Punto de conflicto	-15.039m, 10.225m, 2.120m
Ubicación de rejilla	A-1 : Temp. Level 1
Fecha de creación	2018/10/16 03:41:08

Elemento 1

ID de elemento	772907
Capa	Temp. Level 1
Elemento Nombre	Tipos de tubería
Elemento Tipo	Tuberías: Tipos de tubería: PVC - DWV

Elemento 2

ID de elemento	210488
Capa	Nivel 1
Elemento Nombre	Siding, Clapboard
Elemento Tipo	Sólido

Fuente: Computador personal, software Navisworks.

Figura 2-29. Reporte interferencia figura

2.2.5. Modelación 4D

Luego del enlace realizado en la sección “Vinculación de softwares” de los softwares Navisworks y Project, se obtuvo el modelo paramétrico 4D BIM, con el cual se puede realizar una simulación 4D del avance de la obra en base a la carta Gantt.

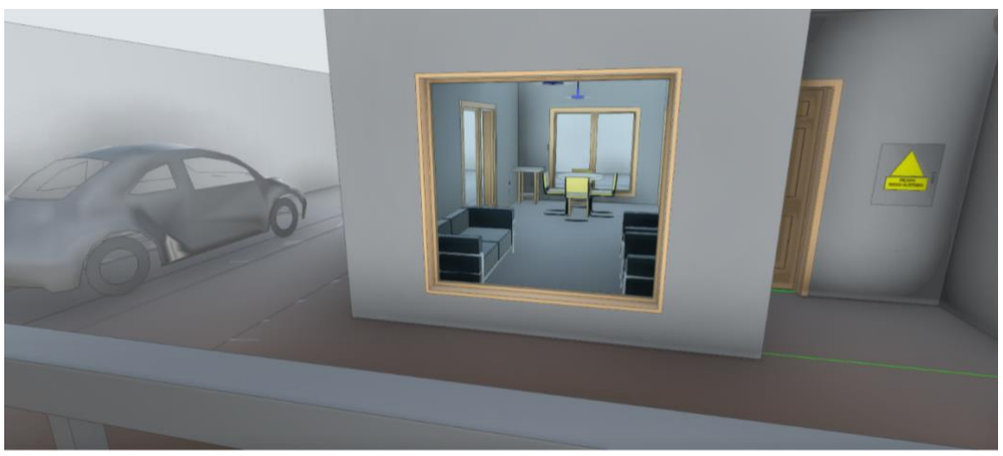
La cuarta dimensión BIM busca cambiar el modelo 3D estático al modelo 4D con tiempo agregando el dinamismo y el mundo de la construcción e industria al siguiente nivel.

Revit y también render realizados desde el programa Revit, pero renderizados en la nube de Autodesck. Ver Figura 2-30.

Fuente: Computador personal, software Revit.

Figura 2-30. Casa renderizada.

En la Figura 2-31, se encuentra un render del living de la casa, además en la Figura 2-32, se visualiza otro renderizado de la fachada de la casa.



Fuente: Computador personal, software Revit.

Figura 2-31. Sala de estar renderizada

Fuente: Computador personal, software Revit.

Figura 2-32. Fachada renderizada

2.3. CUBICACIÓN Y COSTOS

A continuación, se muestra la cubicación con tablas generadas automáticamente por Revit de la cubicación de las tuberías, los muros, radier, losa cielo y techumbre se realiza la cubicación que se estima en costo, pero va sujeto a donde prefiera comprar el mandante.

2.3.1. Cubicación

Las Tablas de Cubicaciones, se generaron agregando ciertos parámetros que se consideraron importantes para la cubicación, largo, ancho, volumen, espesor, área, entre otros.

En la Tabla 2-3, se cubicaron los muros del proyecto, siendo los parámetros más importantes largo, volumen, espesor, área y especificación de materialidad.

Tabla 2-3. Cubicación muros

<Tabla de muros>										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Width	Volume	Thermal Resistanc	Solución Constructi	Resistencia Al Fue	Función	Espesor	Creado por	Certificado Resiste	Area	Aislación Acústica
0.11	1.93 m³	2.6214 (m²·K)/W	Volcometal®	F30	Muro perimetral	106 mm	Unidad BIM - IDIEM	DICTUC_C.930.	17 m²	38 dB(A)
0.11	0.54 m³	2.6214 (m²·K)/W	Volcometal®	F30	Muro perimetral	106 mm	Unidad BIM - IDIEM	DICTUC_C.930.	5 m²	38 dB(A)
0.11	0.18 m³	2.6214 (m²·K)/W	Volcometal®	F30	Muro perimetral	106 mm	Unidad BIM - IDIEM	DICTUC_C.930.	2 m²	38 dB(A)
0.11	0.42 m³	2.6214 (m²·K)/W	Volcometal®	F30	Muro perimetral	106 mm	Unidad BIM - IDIEM	DICTUC_C.930.	4 m²	38 dB(A)
0.11	1.45 m³	2.6214 (m²·K)/W	Volcometal®	F30	Muro perimetral	106 mm	Unidad BIM - IDIEM	DICTUC_C.930.	13 m²	38 dB(A)
0.11	1.11 m³	2.6214 (m²·K)/W	Volcometal®	F30	Muro perimetral	106 mm	Unidad BIM - IDIEM	DICTUC_C.930.	10 m²	38 dB(A)
0.07	0.37 m³	1.0857 (m²·K)/W	Volcometal®	F60	Tabique Interior	73 mm	Unidad BIM - IDIEM	IDIEM_C.448.73	5 m²	38dB(A)
0.07	0.35 m³	1.0857 (m²·K)/W	Volcometal®	F60	Tabique Interior	73 mm	Unidad BIM - IDIEM	IDIEM_C.448.73	5 m²	38dB(A)
0.11	0.85 m³	2.5714 (m²·K)/W	Volcometal®	F30	Muro perimetral	106 mm	Unidad BIM - IDIEM	DICTUC_C.930.	8 m²	38 dB(A)
0.11	1.93 m³	2.6214 (m²·K)/W	Volcometal®	F30	Muro perimetral	106 mm	Unidad BIM - IDIEM	DICTUC_C.930.	17 m²	38 dB(A)
0.11	0.88 m³	2.6214 (m²·K)/W	Volcometal®	F30	Muro perimetral	106 mm	Unidad BIM - IDIEM	DICTUC_C.930.	8 m²	38 dB(A)
0.11	1.93 m³	2.6214 (m²·K)/W	Volcometal®	F30	Muro perimetral	106 mm	Unidad BIM - IDIEM	DICTUC_C.930.	17 m²	38 dB(A)
0.11	1.02 m³	2.6214 (m²·K)/W	Volcometal®	F30	Muro perimetral	106 mm	Unidad BIM - IDIEM	DICTUC_C.930.	9 m²	38 dB(A)
0.07	0.91 m³	1.0857 (m²·K)/W	Volcometal®	F60	Tabique Interior	73 mm	Unidad BIM - IDIEM	IDIEM_C.448.73	12 m²	38dB(A)
0.07	1.07 m³	1.0857 (m²·K)/W	Volcometal®	F60	Tabique Interior	73 mm	Unidad BIM - IDIEM	IDIEM_C.448.73	15 m²	38dB(A)
0.07	0.42 m³	1.0857 (m²·K)/W	Volcometal®	F60	Tabique Interior	73 mm	Unidad BIM - IDIEM	IDIEM_C.448.73	6 m²	38dB(A)
0.07	0.46 m³	1.0857 (m²·K)/W	Volcometal®	F60	Tabique Interior	73 mm	Unidad BIM - IDIEM	IDIEM_C.448.73	6 m²	38dB(A)
0.07	0.41 m³	1.0857 (m²·K)/W	Volcometal®	F60	Tabique Interior	73 mm	Unidad BIM - IDIEM	IDIEM_C.448.73	6 m²	38dB(A)
0.07	0.46 m³	1.0857 (m²·K)/W	Volcometal®	F60	Tabique Interior	73 mm	Unidad BIM - IDIEM	IDIEM_C.448.73	6 m²	38dB(A)

Fuente: Computador personal, software Revit.

En la Tabla 2-4, se utilizaron parámetros de área, perímetro y volumen además de familia y tipo de cada cielo instalado en el modelo. En Revit se puede seleccionar los parámetros de importancia para cada caso en especial.

Tabla 2-4. Cubicación cielo

<Cielo>				
A	B	C	D	E
Area	Family and Type	Assembly Name	Volume	Perimeter
25 m²	Compound Ceiling: 600 x 1200mm grid		1.29 m³	31.60
35 m²	Compound Ceiling: GWB on Mtl Stud		1.97 m³	47.43

Fuente: Computador personal, software Revit.

En la Tabla 2-5 se visualiza la cubicación de radier del primer piso y la losa del segundo piso, pudiendo con esto obtener el metraje para posterior cálculo de cerámica o piso flotante. En la Tabla 2-6, se puede visualizar la cubicación de la techumbre.

Tabla 2-5. Cubicación Radier-losa

<Radier/ losa>				
A	B	C	D	E
Area	Level	Family and Type	PerimetRO	VolumeN
46 m²	Nivel 1	Floor: Generic Floor 200mm	27.90	9.25 m³
44 m²	Nivel 2	Floor: Generic Floor 200mm	34.74	8.75 m³

Fuente: Computador personal, software Revit.

Tabla 2-6. Cubicación techumbre

<Techumbre>			
A	B	C	D
Area	Volume	Type	Family and Type
63 m²	13.08 m³	Wood Rafter 184m	Basic Roof: Wo

Fuente: Computador personal, software Revit.

Tabla 2-7. Cubicación tuberías 1

<Tabla de planificación de uniones de tubería>			
A	B	C	D
Clasificación de sistema	Familia	Tamaño	Recuento
Agua caliente doméstica	M_Codo - PVC - Serie 40	1/2"ø-1/2"ø	16
Agua caliente doméstica	M_Te - PVC - Serie 40	1/2"ø-1/2"ø-1/2"ø	5
Agua caliente doméstica	M_Reductor concéntrico - PVC - Serie 40	5/8"ø-1/2"ø	1
Agua caliente doméstica: 22			22
Agua fría doméstica		1/2"ø-1/2"ø	22
Agua fría doméstica	M_Te - PVC - Serie 40	1/2"ø-1/2"ø-1/2"ø	8
Agua fría doméstica	M_Cruz - PVC - Serie 40	1/2"ø-1/2"ø-1/2"ø-1/2"ø	1
Agua fría doméstica	M_Reductor concéntrico - PVC - Serie 40	5/8"ø-1/2"ø	1
Agua fría doméstica: 32			32
Sanitario		2"ø-2"ø	13
Sanitario	M_Sanitario con te de reducción - PVC - Serie 40 - DWV	2"ø-2"ø-2"ø	1
Sanitario	M_Tapón - PVC - Serie 40 - DWV	4"ø	1
Sanitario	M_Reductor - PVC - Serie 40 - DWV	4"ø-2"ø	5
Sanitario	M_Codo - PVC - Serie 40 - DWV	4"ø-4"ø	5
Sanitario	M_Sanitario con te de reducción - PVC - Serie 40 - DWV	4"ø-4"ø-2"ø	5
Sanitario	M_Sanitario con te doble con reducción - PVC - Serie 40 - DWV	4"ø-4"ø-2"ø-2"ø	1
Sanitario	M_Sanitario con te de reducción - PVC - Serie 40 - DWV	4"ø-4"ø-4"ø	3
Sanitario: 34			34
Total general: 88			88

Fuente: Computador personal, software Revit.

La cubicación de tuberías de la casa se centró en las aguas residuales, instalaciones sanitarias de agua fría y caliente, los parámetros utilizados para estos cálculos fueron el diámetro de cada tubería, el diámetro interior de la tubería, largo total de esta y la información en detalle del material.

Estas tablas fueron divididas en el primer y segundo piso, es por esto que en la Tabla 2-7 y 2-8, se encuentra información de las tuberías de la vivienda.
Los materiales utilizados en tuberías de la modelación fueron PVC.

Tabla 2-8. Cubicación tuberías 2

<Tabla de planificación de tuberías>			
A	B	C	D
Clasificación de sistema	Tipo	Diámetro	Longitud
Agua caliente doméstica	TUBERIA CPVC AGUA CALIENTE	1/2"	18.35 m
Agua fría doméstica	TUBERIA PVC AGUA FRIA	1/2"	28.04 m
Sanitario	TUBERIA PVC Sanitario	2"	7.39 m
Sanitario	TUBERIA PVC Sanitario	4"	17.94 m
Sin definir	TUBERIA PVC AGUA FRIA	1/2"	0.02 m
Total general: 117			71.74 m

Fuente: Computador personal, software Revit.

2.3.2. Costos

Los costos del trabajo BIM se investigaron y se llegó a un promedio de los cobrospor esta metodología, este trabajo se aborda como cualquier otro trabajo.
El total incluye distintos puntos que se mencionan a continuación.

- Costo trabajo en BIM (m^2)
- Licencia software.
- Detalles

Según lo investigado el precio del mercado para los proyectos BIM, es de 1,2 UF por m^2. A continuación se muestra según los metros cuadrados de la casa modelada el costo final por este proyecto.

- UF 14 de Julio del 2022: 33,253

$$72\ m^2 x\ 1.2\ uF = 2.873.059.$$

El precio de venta es definido por el mercado, el trabajar con la metodología BIM permite un alto rendimiento para el usuario, logrando ofrecer un mayor valor al cliente, pudiendo contar con coordinación de diferentes disciplinas, apoyo en el área de costos disminuyendo tiempos, y mejoras en el área comercial en base a la modelación la cual será visualizada por el cliente.

2.4. ESQUEMA DE LAS ETAPAS BIM

Para esquematizar las etapas BIM usadas en el proyecto, es necesario definir el objetivo de un esquema, este busca alcanzar la comprensión total de algo, en este caso la aplicación de la metodología BIM, en específico lograr la modelación 4D BIM.

Fuente: Just Crea Proyectos BIM.

Figura 2-33. Esquema etapas BIM

El esquema de la Figura 2-33 se encuentra en el objetivo, para este es necesario contar con la arquitectura, obras sanitarias, obras eléctricas, estas se vinculan en el software Revit al mismo nivel que el software Project del que se obtiene la carta Gantt, estas etapas son vinculadas en el software Navisworks para finalmente obtener el modelo.

2.5. BENEFICIOS DEL USO DE LA METODOLOGÍA BIM

Los beneficios del uso de esta metodología en este proyecto y en general en los proyectos de la industria de la construcción son múltiples y estas ventajas son reforzadas con la aplicación de esta, en este proyecto.

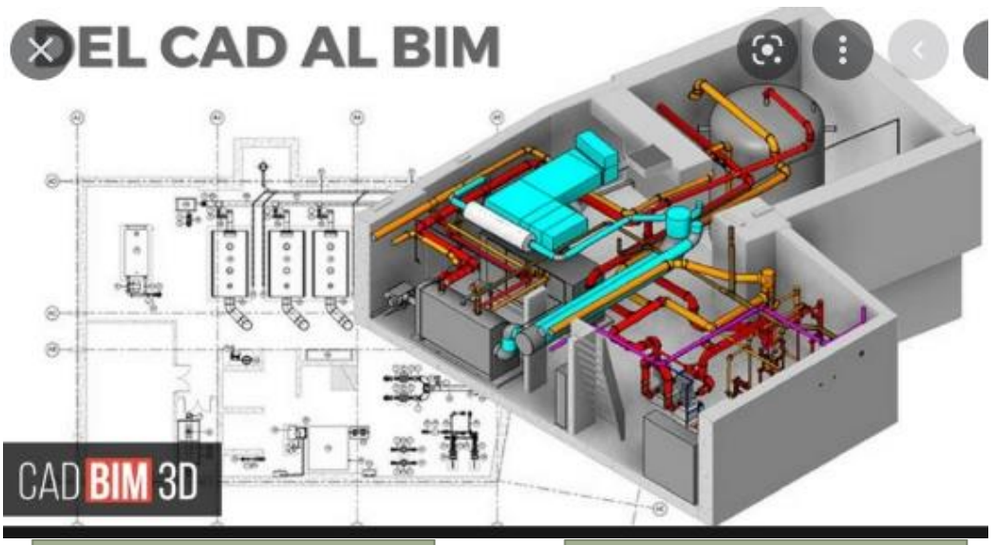
Es necesario destacar que BIM no es un software es un sistema integrado de trabajo, el cual se sustenta de las diferentes herramientas tecnológicas de diseño y modelación. Funcionando como una maqueta digital, que integra todas las disciplinas que se requiera, utilizando bases de datos que permiten la actualización del modelo a tiempo real con avances o modificaciones en el proyecto, además de la generación de planos, secciones vistas desde este mismo modelo

Los beneficios apreciados en este proyecto son los siguientes:

- La reducción de errores también es un beneficio pues al utilizar la herramienta Clash detective se puede anteponer cualquier error que se esté pasando por alto. Además, que también sirve la vinculación de softwares o colaboración, pues si existe un error en algún software BIM, este modelo 4D puede ser actualizado obteniendo la nueva información correcta.
- Trabajo en colaboración de las distintas disciplinas en un mismo modelo, pudiendo compartir información al mismo momento en que fue cambiada o creada.
- Al generar desde la modelación los planos se disminuye considerablemente el tiempo, pues en la tecnología CAD primero se debía realizar el 2D y luego modelarla, en este caso se modeló la casa en 3D y posterior a eso se eligió el rotulo el cual se importó a Revit y se generó la plantilla dónde se trasladaron los planos de planta arquitectónica del primer y segundo nivel y las elevaciones norte, sur, este, oeste y también se efectuó un corte para visualizar los niveles de la vivienda con sus altura, además en la plantilla se creó el emplazamiento del sitio y casa.
- Reducción de costos también es un beneficio de esta metodología, al necesitar menos tiempo de creación de este modelo, se conoce que en la industria gastar bastante tiempo en una tarea determinada para un menor tiempo es un aumento de costos, pues se deben arrendar herramientas por más tiempo, cancelar más días a los trabajadores e incluso multas por incumplimiento de contrato.
- Por último, el control también es un beneficio de esta metodología, al tener en

cuenta interferencias, programación, modelación multidisciplinaria, se puede comprobar si todo está correctamente ejecutado y en orden antes de comenzar con la construcción real, previendo con esto futuros errores

A continuación, se visualiza un esquema simple comparativo, donde se distinguen las principales diferencias entre estas tecnologías, según los beneficios antes mencionados se infiere que una de las más beneficiosas para la industria es la posibilidad de tomar decisiones antes de efectuar el proyecto, evitando gastos y pérdida de tiempo. Ver Figura 2-34.



CAD	BIM
• Dimensión 2D • Trabajo no colaborativo • Todas las vistas se realizan por separado. • Las decisiones son tomadas posterior a efectuar los planos. • Las cubicaciones se realizan luego de tener los planos	• Dimensión 3D, 4D, 5D, 6D, 7D • Trabajo colaborativo • Las vistas se obtienen de un único modelo • Las decisiones son tomadas en conjunto con la realización del modelo(interferencias, tiempo, dificultades) • Las cubicaciones se pueden realizar con el modelo 3d, aun cuando esta en proceso este.

Fuente: Rafael Millano, Experto en BIM

Figura 2-34. Comparación CAD-BIM

En la Figura 2-35, se entregan las funciones BIM de los softwares utilizados en el proyecto, los cuales son Revit, Project y Navisworks.

Fuente: Información resumida de la investigación, creación propia

Figura 2-35. Funciones de softwares BIM

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Luego de finalizar el proyecto e investigación se logra evidenciar el conocimiento que hay en la industria sobre la metodología BIM, la cual ha revolucionado el rubro, pues ha demostrado ser eficiente y eficaz en todo el ciclo del proyecto, desde que se inicia hasta incluso las renovaciones o mantenciones. Teniendo en cuenta lo analizado con el personal, se identifica que el 38,1% de las personas de la Facultad de Arquitectura, de la Universidad de Chile conocen sobre las metodologías BIM y las implementan en el desarrollo de sus proyectos, capacitándose para el uso de estas nuevas tecnologías, facilitando su trabajo, siendo más rápido y eficiente.

Algunas empresas no implementan estas nuevas tecnologías por el miedo al alto costo en la inversión inicial en cuanto a las herramientas, equipos tecnológicos y la capacitación del personal, quedando atrasados en cuanto a la innovación y las experiencias que brindan al cliente respecto a las empresas que si lo implementan.

En la comparación que se realizó entre las metodologías tradicionales CAD y BIM se evidenció que se tienen menos errores con la implementación de la metodología BIM ya que se unen en un mismo modelo, mientras que en CAD se hace de manera más arcaica por medio de líneas, donde es difícil identificar los errores por la falta de información y detalles en los planos.

Las metodologías BIM tienen grandes beneficios para el desarrollo en la industria de la construcción, permitiendo ahorrar tiempo, ya que se pueden trabajar las diferentes disciplinas en un mismo modelo, evitando interferencias en el proyecto cuando se hace la integración del diseño arquitectónico, diseño estructural y el diseño de redes hidráulica, sanitaria, eléctrica, entre otras. De esta manera se economizan costos, generando más utilidad en la empresa y teniendo una mayor competencia en el mercado.

Los gobiernos de los diferentes países están optando para que la implementación de las metodologías BIM sea obligatorio en el desarrollo de sus proyectos para la obtención de las licitaciones, especialmente en los países pioneros como lo son: Reino Unido, Estados Unidos, Inglaterra, China y Finlandia

Durante el proceso realizado por medio de las pasantías laborales, se adquirió gran conocimiento en todas las áreas de la construcción, por medio de las experiencias vividas en las visitas a campo, donde se pudo evidenciar de forma más clara y precisa los procesos que se llevan a cabo en las construcciones, además de las capacitaciones realizadas por la empresa en el área de diseño con el software Revit y de los conocimientos adquiridos por parte de cada uno de los profesionales que laboran en la empresa.

Esta tecnología llega a facilitar el trabajo de los distintos trabajadores que son

parte de proyectos constructivos, quienes cumplen los distintos roles que se requieren para efectuar la metodología.

Durante este proyecto se ha validado el aporte de esta metodología, demostrando la eficiencia que entrega ésta, logrando que desde un modelo paramétrico se puedan coordinar las distintas especialidades y compartir las diferentes informaciones de éstas, además de la generación de planos.

Las ventajas más significativas son la reducción de tiempo y costo, agregando la disminución del error humano, pues este modelo paramétrico permite visualizar el avance de la obra e interferencias que pudiesen ocurrir y utilizando esta herramienta tecnológica se puede prever.

El avance de estándares que se han creado en Chile permite una mayor coordinación entre proyectos de origen público y privado normalizando estos proyectos, teniendo en cuenta que aún faltan avances y normas que faciliten el trabajo con esta metodología, logrando la unificación de conocimientos.

Con los conocimientos adquiridos en este proyecto se realiza una recomendación la cual sugiere que la modelación en la utilización de la metodología BIM, pasa a ser fundamental para una correcta utilización del BIM, para esto se deben utilizar las librerías BIM que contienen abundantes modelos ya certificados en BIM, además de agregarle información al modelo real y directa de los proveedores y fabricantes.

Como última recomendación luego del largo trabajo de investigación de este trabajo de título además del conocimiento adquirido en la práctica profesional que fue realizada en una empresa que se desempeña realizando proyectos con BIM, se recomienda que los proyectos que cuenten con BIM, se deben centrar en la información que contenga el modelo y los elementos en él, ya que si con el modelo que se obtenga los encargados no logran tomar decisiones que afecten positiva o negativamente al proyecto, pudiendo prevenir posibles errores que costarían a la empresa tiempo y dinero, esto no sería un modelo donde se utilice la metodología BIM.

BIBLIOGRAFÍA

- Architect, t. A. (2008). *Bim42.* Obtenido de https://www.bim42.com/2012/11/level-of-development/

- ARQHYS, E. d. (2012). *www.arqhys.com.* Obtenido de http://www.arqhys.com/construccion/normas-dibujo-arquitectonico.html

- *BIM chile.* (2013). Obtenido de http://bim-chile.com/wp-content/uploads/2016/07/TDR_BIM-MOP_v16_publico.pdf

- Colaboradores de bim consulting. (s.f.). *bim consulting*. Obtenido de https://www.bimconsulting.cl/bim

- Expresidenta Michelle Bachelet. (26 de noviembre 2015). Discurso De la ex presidenta de la república, Encuentro Nacional de la empresa XXXVII, ENADE 2015. *Dirección de prensa.*

- Loyola, M. (2016). *Encuesta nacional BIM 2016.* Universidad de Chile, Departamento de arquitectura, Santiago. Obtenido de www.bim.uchilefau.cl

- Sesión 5, Plan BIM. (2016). *Metodología y tecnología para una construcción colaborativa.* Obtenido de https://www.mop.cl/papel/descargables.html

- *Sinnaps*. (s.f.). Obtenido de https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/metodología-de-un-proyecto

- Fotografías e información. Obtenido de https://www.mop.cl/papel/descargables/Sesion1BIM.pdf

- Información y tablas, Obtenido de https://latinoamerica.autodesk.com

- Información Obtenido de https://www.microsoft.com/es-cl

- Catálogo de productos BIM. Obtenido de https://www.bimtool.com/

- Información de productos BIM. Obtenido dehttp://www.librerianacionalbim.cl

- Catálogo de productos BIM. Obtenido dehttps://www.bimobject.com/es

ANEXO A: PLANO DE ARQUITECTURA