

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE

FACULTAD DE INGENIERÍA



Uso de BIM-3D para el modelado y documentación de las especialidades de arquitectura y estructuras en la etapa de diseño de una vivienda de cuatro pisos

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Nelson Molocho Quintos

ASESOR

Julio Christian Quesada Llanto

Rioja, Perú

2023

METADATOS COMPLEMENTARIOS**Datos del autor**

Nombres	NELSON
Apellidos	MOLOCHO QUINTOS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	74433906
Número de Orcid (opcional)	

Datos del asesor

Nombres	JULIO CHRISTIAN
Apellidos	QUESADA LLANTO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	42831273
Número de Orcid (obligatorio)	0000-0003-4366-4926

Datos del Jurado**Datos del presidente del jurado**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	

Datos del segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	

Datos del tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	

Datos de la obra

Materia*	Modelo BIM, interferencias, Revit, vivienda, documentación
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado: enlace	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03
Idioma (Normal ISO 639-3)	SPA - español
Tipo de trabajo de investigación	Trabajo de Suficiencia Profesional
País de publicación	PE - PERÚ
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	Ingeniero Civil
Grado académico o título profesional	Título Profesional
Nombre del programa	Ingeniería Civil
Código del programa Consultar el listado: enlace	732016

*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).

FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA N° 028-2024-UCSS-FI/TPICIV

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Los Olivos, 29 de febrero de 2024

Siendo el día 29 de febrero de 2024, en la Universidad Católica Sedes Sapientiae, se realizó la evaluación y calificación del siguiente informe de Trabajo de Suficiencia Profesional.

Uso de BIM-3D para el modelado y documentación de las especialidades de arquitectura y estructuras en la etapa de diseño de una vivienda de cuatro pisos

Presentado por el bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil de la Filial Rioja: Nueva Cajamarca:

MOLOCHO QUINTOS, NELSON

Ante la comisión evaluadora de especialistas conformado por:

LOPEZ SILVA, MAIQUEL
FLORES LOAYZA, JULIA ELENA

Luego de haber realizado las evaluaciones y calificaciones correspondientes la comisión lo declara:

APROBADO

En mérito al resultado obtenido se expide la presente acta con la finalidad que el Consejo de Facultad considere se le otorgue al Bachiller MOLOCHO QUINTOS, NELSON el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

En señal de conformidad firmamos,



Dr. LOPEZ SILVA, MAIQUEL
Evaluador especialista 1



Mg. FLORES LOAYZA, JULIA ELENA
Evaluador especialista 2

Anexo 2

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

Los Olivos, 28 de enero de 2024

Señor
Manuel Ismael Laurencio Luna
Coordinador del Programa de Estudios de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad Católica Sedes Sapientiae

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que el informe de trabajo de suficiencia profesional, bajo mi asesoría, con título: **“Uso de BIM-3D para el modelado y documentación de las especialidades de arquitectura y estructuras en la etapa de diseño de una vivienda de cuatro pisos”**, presentado por MOLOCHO QUINTOS, NELSON con código 2015101478 y DNI: 74433906 para optar el título profesional de Ingeniero Civil, ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser evaluado y calificado por la comisión evaluadora de especialistas.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 1 %**.^{*} Por tanto, en mi condición de asesor, firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



Julio Christian Quesada Llanto
DNI N°: 42831273
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4366-4926>
Facultad de Ingeniería - UCSS

^{*} De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo principal usar la metodología BIM-3D para el modelado y documentación de las disciplinas de estructuras y arquitectura, en la etapa de diseño para una vivienda de cuatro niveles, en la empresa Constructora Alvarado I & ACG SAC. Para llegar al objetivo, se utilizó como software principal el Revit de Autodesk versión 2021, con este se realizó el modelado de las especialidades y la documentación, además, se detectaron interferencias con el uso del software Navisworks versión 2023. Como resultado, se generaron dos modelos en las especialidades de arquitectura y estructuras. A partir de estos modelos, se determinó un total de 25 interferencias e incompatibilidades a las cuales se dieron solución; además, se obtuvo la documentación de planos tanto de arquitectura como de estructuras de manera automatizada y compatibilizada. Se concluye que el uso de BIM-3D ayuda a optimizar el tiempo de trabajo, automatiza los procesos y permite la detección temprana de interferencias, evitando los sobrecostos y paralizaciones de obra en la etapa de ejecución.

Palabras clave: Modelo BIM, interferencias, Revit, vivienda, documentación.

Abstract

The main objective of this research was to use the BIM-3D methodology for the modeling and documentation of the disciplines of structures and architecture, in the design stage for a four-story home, in the company Constructora Alvarado I & ACG S. A. C. To reach the objective, Autodesk Revit version 2021 was used as the main software, with this the modeling of the specialties and documentation was carried out, and interferences with the use of the Navisworks software version 2023 were also detected. As results, they generated two models in the specialties of architecture and structures. From these models, a total of 25 interferences and incompatibilities existing in the models were determined, and the documentation of both architectural and structural plans was obtained in an automated and compatible manner. It is concluded that the use of BIM-3D helps optimize work time, automates processes and allows early detection of interferences, avoiding cost overruns and work stoppages in the execution stage.

Keywords: BIM model, interferences, Revit, housing, documentation.

Índice General

ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
INTRODUCCIÓN	10
TRAYECTORIA DEL AUTOR.....	12
Descripción de la Empresa.....	12
Organigrama de la Empresa Constructora Alvarado S. A. C.....	12
Áreas y Funciones Desempeñadas.....	13
Experiencia Profesional Realizada en la Organización	13
PROBLEMÁTICA	14
Planteamiento del Problema	14
Definición del Problema	15
<i>Problema Principal</i>	16
<i>Problemas Específicos</i>	16
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos.....	16
Justificación	17
<i>Justificación Teórica</i>	18
<i>Justificación Práctica</i>	18
<i>Justificación Metodológica</i>	18
Alcances y Limitaciones	18
MARCO TEÓRICO.....	20
Antecedentes.....	20

<i>Antecedentes Internacionales</i>	20
<i>Antecedentes Nacionales</i>	22
Bases Teóricas	23
<i>BIM</i>	23
<i>Detección de Interferencias e Incompatibilidades</i>	33
<i>Documentación de Planos con BIM-3D</i>	34
<i>Estimación de Cantidades</i>	35
<i>Edificaciones con un Sistema Aporticado y Albañilería Confinada</i>	35
Definición de Términos Básicos.....	37
PROPUESTA DE SOLUCIÓN	38
Metodología de la Solución	38
Desarrollo de la Solución.....	38
<i>Elaboración del Modelo BIM-3D Estructuras</i>	40
<i>Elaboración del Modelo BIM-3D Arquitectura</i>	50
<i>Detección de Interferencias e Incompatibilidades</i>	54
<i>Documentación de Planos</i>	60
<i>Medición de Cantidades</i>	66
Factibilidad Técnica Operativa	78
Cuadro de Inversión.....	79
ANÁLISIS DE RESULTADOS	80
Análisis Costos-Beneficio.....	80
Aportes más Destacables a la Institución.....	81
Conclusiones.....	83

Recomendaciones	85
Referencias.....	86
Anexos	89

Índice de Tablas

Tabla 1 Resistencia de la Albañilería.....	36
Tabla 2 Tipos de Mortero	37
Tabla 3 Interferencias e Incompatibilidades entre Arquitectura y Estructuras.....	58
Tabla 4 Resumen de las Interferencias e Incompatibilidades.....	60
Tabla 5 Resumen de Cuantificación de Materiales del Modelo BIM Arquitectura	70
Tabla 6 Resumen del Metrado de Materiales de la Especialidad de Estructuras.....	77
Tabla 7 Inversión de la Empresa.....	79

Índice de Figuras

Figura 1 Organigrama de la Empresa	12
Figura 2 Entorno Común de Datos	25
Figura 3 Nivel de Información.....	26
Figura 4 Nivel de Detalle.....	28
Figura 5 Dimensiones BIM.....	29
Figura 6 Usos de la Metodología BIM	30
Figura 7 Curva de MacLeamy	31
Figura 8 Detección de Conflictos	33
Figura 9 Selección de Plantilla de Trabajo	40
Figura 10 Creación de Rejillas o Ejes de la Vivienda	41
Figura 11 Establecimiento de los Niveles de la Vivienda	41
Figura 12 Modelado de Zapatas Z-1 y Zapata Corrida.....	42
Figura 13 Modelado de Acero en Zapatas	43
Figura 14 Modelado de Vigas de Cimentación, Cimientos Corridos y Sobrecimientos	44
Figura 15 Armado de Vigas de Cimentación.....	44
Figura 16 Dimensiones Columna C-1.....	45
Figura 17 Modelado de Columnas y Vigas.....	45
Figura 18 Modelado de Acero Estructural en Columnas y Vigas	46
Figura 19 Modelado de Muros Estructurales.....	47
Figura 20 Modelado de Losa en una Dirección y Viguetas.....	48
Figura 21 Acero en la Losa Aligerada	48
Figura 22 Modelado de Escalera con la que se llega al Mezanine de la Vivienda	49

Figura 23 Modelado de Acero en Escalera.....	49
Figura 24 Modelo BIM-3D Estructuras.....	50
Figura 25 Modelado de Columnas, Piso Terminado y Muros del Primer Piso	51
Figura 26 Modelado de Tabiquería, Puertas y Ventanas	52
Figura 27 Modelado de Escalera.....	53
Figura 28 Modelo BIM Arquitectura.....	54
Figura 29 Exportación desde Revit en Formato NWC	55
Figura 30 Archivos de Especialidades Exportados.....	55
Figura 31 Abrir Archivos Exportados.....	56
Figura 32 Archivos Visualizados en Navisworks.....	56
Figura 33 Ejecución de la Herramienta Clash Detective	57
Figura 34 Planos de Distribución A-1	61
Figura 35 Plano de Cortes A-2.....	62
Figura 36 Plano de Elevaciones A-3.....	63
Figura 37 Plano de Cimentación E-1	64
Figura 38 Plano de Aligerado E-2	65
Figura 39 Plano de Detalle de Escalera E-3.....	66
Figura 40 Metrado del Área para Ladrillo KK-18h.....	67
Figura 41 Metrado del Área de Ladrillo Pandereta	67
Figura 42 Metrado de Tarrajeo en Muros	68
Figura 43 Metrado de Tipo y Cantidad de Puertas	69
Figura 44 Metrado de Tipo y Cantidad de Ventanas	69
Figura 45 Metrado de Concreto Simple en Solado.....	70

Figura 46	Metrado de Volumen de Concreto Armado en Zapatas y Cimentación de Escalera ...	70
Figura 47	Metrado de Volumen de Concreto en Vigas de Cimentación.	71
Figura 48	Metrado de Volumen de Concreto Ciclópeo en Cimiento Corrido.....	71
Figura 49	Metrado de Volumen de Concreto Ciclópeo en Sobrecimiento.....	72
Figura 50	Metrado de Acero en Zapatas.....	72
Figura 51	Metrado de Acero Longitudinal en VC-101.....	72
Figura 52	Metrado de Acero de Estribos en VC-101	73
Figura 53	Metrado de Concreto en Columnas	73
Figura 54	Metrado de Acero Longitudinal en Columnas	73
Figura 55	Metrado de Acero de Estribos en Columnas	74
Figura 56	Metrado de Concreto en VP-101	74
Figura 57	Metrado de Acero Longitudinal en Vigas	74
Figura 58	Metrado de Acero de Estribos en Vigas.....	75
Figura 59	Metrado de Concreto en Losa Aligerada.....	75
Figura 60	Tabla de Metrado de Ladrillo de Techo	75
Figura 61	Metrado de Acero en Losa Aligerada.....	76
Figura 62	Metrado de Acero en Muro de Concreto Armado.....	76
Figura 63	Metrado de Acero en Muro de Concreto Armado.....	76
Figura 64	Metrado de Concreto en Escaleras	77
Figura 65	Metrado de Acero en Escaleras	77
Figura 66	Requisitos del Sistema Operativo.....	78
Figura 67	Resumen de las Incompatibilidades e Interferencias en la Vivienda	81

Introducción

En la actualidad, la creación de nuevas metodologías de trabajo avanza de manera considerable en los diferentes tipos de industrias, lo que permite a la sociedad optimizar el tiempo de trabajo, mejorar la economía, etc. Hace aproximadamente 20 años, en el ámbito de la ingeniería civil, los planos se elaboraban a mano alzada, este método ha sido remplazado por el dibujo en 2D y 3D en computadora; asimismo los cálculos estructurales se realizaban de forma manual, mediante diversos métodos de cálculo, actualmente esto se ha remplazado por el cálculo asistido por computadora, lo cual permite una gran optimización del tiempo de trabajo para los profesionales involucrados en el diseño y construcción de obras civiles.

La metodología BIM (Building Information Modeling) es una forma de gestionar las obras de construcción mediante el uso de modelos digitales que contienen toda la información importante sobre el diseño, la ejecución y el mantenimiento. Esta metodología se ha difundido a nivel mundial en los últimos años, gracias al reconocimiento de sus beneficios y al impulso de las políticas públicas y privadas que promueven su adopción. Uno de los países pioneros en adoptar obligatoriamente la metodología BIM fue Finlandia en el año 2007 y es conocida como una de las mayores influencias e impulsoras del BIM en el mundo.

Entre los gobiernos que adoptaron la metodología BIM en la gestión pública, se encuentran los siguientes: Australia, Finlandia, Holanda, Corea del sur, Noruega, Nueva Zelanda, Estados Unidos y Singapur. El BIM ha sido utilizado en diversos proyectos de construcción de gran envergadura e impacto, como el Canal de Panamá, el Chelsea Harbour Development en Londres, el Puente de Pumajero en Colombia o el Aeropuerto Internacional de Estambul, entre muchos otros.

En nuestro país, durante los últimos 10 años, se han venido adoptando iniciativas de mejora para el desarrollo de las inversiones en sus diferentes etapas, tanto en el nivel público y privado. En el año 2019, el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) ve necesario la adopción del BIM y desarrolla el Plan BIM Perú, a fin de buscar una adecuada ejecución de las inversiones para mejorar la calidad y eficiencia de estas a lo largo del ciclo de inversión (MEF 2023, p. 19); además, el Perú forma parte de la red BIM de Gobiernos Latinoamericanos.

El propósito de esta investigación es la evaluación del uso del BIM-3D en la fase de diseño para la construcción de una vivienda, que permita optimizar el tiempo de modelado, coordinación y documentación de las especialidades de arquitectura y estructuras.

Es conveniente señalar que, en la etapa de diseño, se logran subsanar diferentes errores de diseño y coordinar especialidades, de manera que cuando se realice la construcción no se presenten problemas que conlleven a la demolición de algún componente de la edificación y genere pérdida de materiales y retrasos.

La importancia de este trabajo de investigación radica en que determina las ventajas que se tiene al utilizar el software BIM en el modelado de edificaciones que usan el sistema estructural de concreto armado y de albañilería confinada, ya que estas representan aproximadamente entre un 70% y 80% de las construcciones existentes en las ciudades del país.

Trayectoria del Autor

Descripción de la Empresa

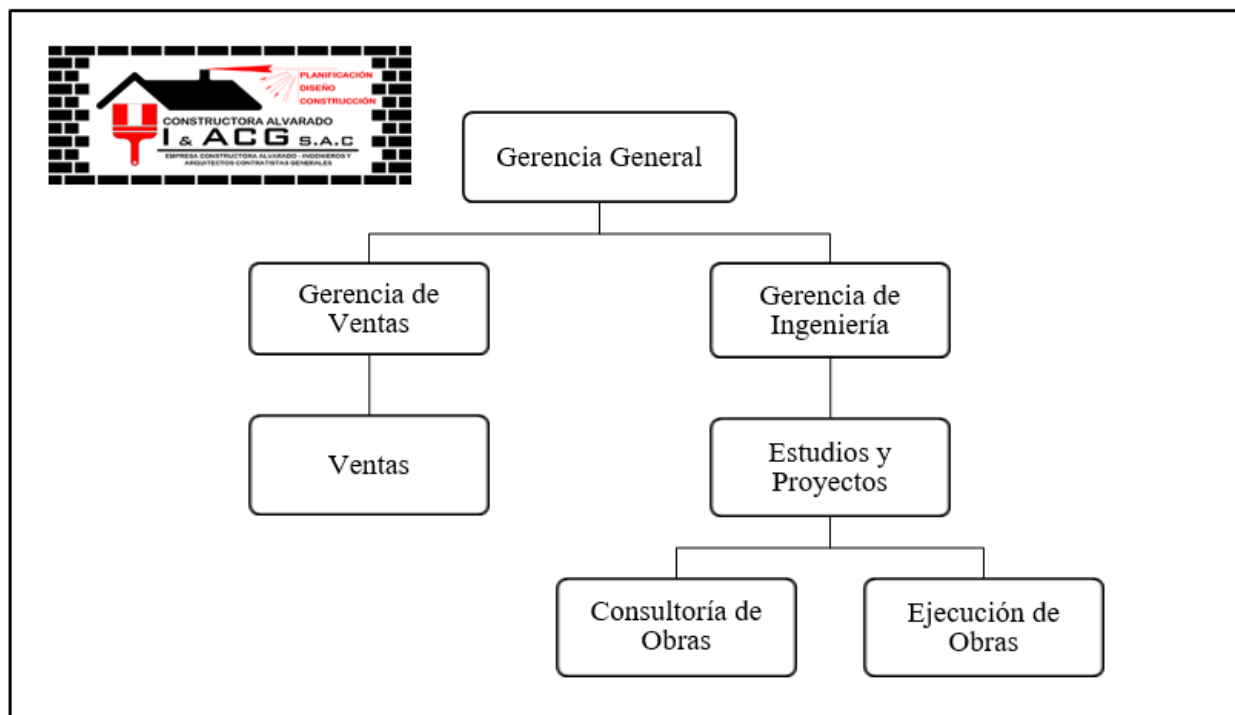
La empresa constructora Alvarado I & ACG S. A. C., con número de RUC: 20570894821, se encuentra ubicada en la calle Los Eucaliptos s/n, Cutervo, Cutervo, Cajamarca. Empresa dedicada a la elaboración de expedientes técnicos de edificaciones y habilitaciones urbanas, saneamiento, construcción de edificaciones con fines de comercio y vivienda; además, vende y distribuye insumos de construcción y herramientas de ferretería.

La empresa viene aplicando nuevas metodologías de trabajo a fin de ayudar a sus clientes a reducir los sobrecostos y optimizar los tiempos al momento de la ejecución de sus proyectos.

Organigrama de la Empresa Constructora Alvarado S. A. C.

Figura 1

Organigrama de la Empresa



Nota. Elaboración propia

Áreas y Funciones Desempeñadas

Durante el tiempo laborado en la Empresa Constructora Alvarado I & ACG S. A. C., el autor trabajó en el área de consultoría de obras, en la elaboración de expedientes técnicos para edificaciones unifamiliares, multifamiliares, comercio, habilitaciones urbanas y saneamiento.

Así también en el área de ejecución de obras donde se realizó inspecciones en la construcción de edificaciones con fines de comercio y vivienda, para verificar el correcto proceso constructivo y el cumplimiento de lo indicado en los planos.

Además, el autor trabajó de manera independiente en la elaboración de diseños para la edificación de estructuras de viviendas en la ciudad de Cutervo, utilizando las herramientas BIM como Autodesk Revit, Navisworks y ARSAP.

Experiencia Profesional Realizada en la Organización

Durante la permanencia en la Constructora Alvarado S. A. C. como ingeniero proyectista de apoyo, se realizó diferentes expedientes técnicos de edificaciones, habilitaciones urbanas, así como diferentes inspecciones oculares y visitas inopinadas a las diferentes construcciones ejecutadas por la empresa.

Igualmente, se realizaron los informes de los estudios básicos de cada proyecto: topográficos y mecánica de suelos; también se elaboraron cuidadosamente las memorias descriptivas, presupuesto de obra, especificaciones técnicas y memorias de cálculo de las diferentes especialidades.

Asimismo, se elaboró el modelado de las diferentes edificaciones en Revit y se realizó en análisis y diseño estructural; finalmente se generaron los diferentes planos de cada especialidad del proyecto.

Problemática

Planteamiento del Problema

Hoy en día, a nivel mundial, una de las necesidades más indispensables en la vida de las personas es tener un lugar para vivir, el cual debe contar con los servicios básicos, ser seguro y sostenible, de tal forma que sus habitantes vivan de manera digna.

Del mismo modo, la necesidad de contar con una vivienda propia en nuestro país ha llevado a las personas a la informalidad, dado que la mayoría de edificaciones han sido autoconstruidas sin la utilización de algún código de diseño, con un sistema estructural mal definido y sin la presencia de un profesional capacitado para la supervisión del proceso constructivo. Esto se debe a que genera un costo adicional que pocas personas están dispuestas a pagar, lo cual conlleva a la contratación de un maestro de obra empírico sin ningún conocimiento de temas estructurales y, en consecuencia, estas viviendas se vuelven muy vulnerables ante la presencia de eventos sísmicos.

Según SENCICO (2013), la autoconstrucción informal representa un 60% de las viviendas del país y además un 50% de estas han sido realizadas sin planos.

Asimismo, Ccallomamani (2022) da a conocer que el crecimiento anual poblacional para el 2021 fue de 1.3% y 1.1% el 2022, lo que generó la necesidad de construir una vivienda y en su mayoría la población optó por construir de manera informal.

Por otra parte, Horna (2022) afirma que en la región Amazonas, la mayoría de viviendas no han sido diseñadas para soportar eventos sísmicos y que se vio reflejado en el último sismo ocurrido en noviembre del 2021, el cual destruyó 223 viviendas.

Por otro lado, a nivel mundial, la creación de nuevas herramientas y metodologías hacen que el análisis y diseño de ingeniería civil sean más eficientes. En la gran mayoría de países, se

ha vuelto popular una nueva metodología para el manejo de obras de construcción conocido como BIM, que es una estrategia de trabajo que implica colaboración y simultaneidad, que permite identificar interferencias desde la etapa de diseño, minimizando así los retrasos y costos adicionales en la construcción.

Dicho lo anterior, en el Perú, el plan BIM nace a partir del Plan Nacional de Competitividad y Productividad para modernizar y digitalizar los sistemas de planificación, ejecución y operación de proyectos públicos de inversión.

Además, según estudios realizados sobre la adopción de la metodología BIM en Lima Metropolitana y Callao, se afirma que el 39.1% ha adoptado BIM (Murguía, 2021, p. 10).

A su vez, BIM es una metodología que se puede aplicar en cualquier fase o especialidad de un proyecto de construcción, por tal motivo es de gran importancia que se preste atención a la etapa de diseño, ya que esta viene a ser la parte fundamental de un proyecto.

Lo que se busca en esta investigación es la evaluación del uso de software BIM para realizar el modelado y documentación de las especialidades de arquitectura y estructura que ayuden a optimizar el proceso que encierra realizar los planos de dichas especialidades mediante el software Autodesk Revit 2021.

Definición del Problema

La necesidad de contar con una vivienda propia es una de las necesidades principales de la población tanto a nivel mundial y nacional. Según la (UN-Habitat, 2020) se estima que más de 100 millones de personas a nivel mundial no tienen un hogar y una de cada 4 personas vive en condiciones dañinas para su salud; asimismo menciona que en los países desarrollados y subdesarrollados el acceso a tener una vivienda en la zona urbana es muy limitada.

En consecuencia, esta investigación busca evaluar el uso de software BIM utilizado para realizar el modelado y documentación de las disciplinas de estructuras y arquitectura para un proyecto de vivienda de pequeña envergadura, ya que en los últimos años no han contado con la presencia de un profesional en ninguna de sus etapas.

Problema Principal

¿Cómo se usa BIM-3D para el modelado y documentación de las especialidades de arquitectura y estructuras en la etapa de diseño de una edificación de 4 pisos?

Problemas Específicos

- ¿De qué manera se realiza el modelado BIM-3D de arquitectura y su documentación en la etapa de diseño de una edificación de 4 pisos?
- ¿Cómo se realiza el modelado BIM-3D de estructuras y su documentación en la fase de diseño para una vivienda de 4 pisos?
- ¿Cómo se genera la coordinación con el modelado BIM-3D de las disciplinas de estructuras y arquitectura en la etapa de diseño de una vivienda de 4 pisos?
- ¿De qué manera se detecta las incompatibilidades e interferencias entre las disciplinas de arquitectura y estructuras en el modelado BIM-3D de una vivienda de 4 pisos?

Objetivo General

Evaluar el uso del BIM-3D para el modelado y documentación de las especialidades de arquitectura y estructuras de una edificación.

Objetivos Específicos

- Realizar el modelado BIM-3D de arquitectura y la documentación en la etapa de diseño de una edificación de 04 pisos.

- Realizar el modelado BIM-3D de estructuras y la documentación en la etapa de diseño de una vivienda de 04 pisos.
- Generar la coordinación con el modelado BIM-3D de las disciplinas de estructuras y arquitectura en la etapa de diseño de una vivienda de 04 pisos.
- Detectar las incompatibilidades e interferencias entre las disciplinas de arquitectura y estructuras en el modelado BIM-3D de una vivienda de 04 pisos.

Justificación

En la actualidad, la tecnología avanza de manera considerable en los diferentes tipos de industrias, permitiendo a la sociedad optimizar el tiempo de trabajo, mejorar la economía, etc. En el campo de la ingeniería civil, hace aproximadamente de 20 años se generaba planos a mano alzada, esto pasó a ser remplazado por el dibujo en 2D Y 3D en computadora, y los cálculos estructurales se realizaban de forma manual mediante diversos métodos de cálculo; actualmente esto se ha remplazado por el cálculo asistido por computadora que permite gran optimización del tiempo de trabajo para los profesionales involucrados en el diseño y construcción de obras civiles.

En países europeos, como España, la metodología BIM tuvo su introducción a inicios del año 2013, principalmente en escuelas de arquitectura y edificación, especialmente el diseño arquitectónico y con poca integración el resto de las disciplinas (Liébana & Gómez, 2013).

En el Perú, el BIM se presenta hoy como una nueva metodología (combinación de información y tecnología) de trabajo para la industria de la construcción que se puede utilizar en cualquier etapa del ciclo de vida de un proyecto. La presente investigación busca justificar la importancia del uso de software BIM para el modelado y documentación de las especialidades de arquitectura y estructuras de edificaciones, en otros términos, se trata de crear estructuras

tridimensionales en un entorno virtual antes de su construcción física. Esto permite prever posibles problemas y solucionarlos de antemano. Al hacerlo, se mejora la eficiencia en la planificación, cálculo y construcción de una edificación.

Justificación Teórica

La alta competencia en el sector construcción hace que la mayoría de empresas dedicadas a este rubro implementen nuevas metodologías de trabajo y el uso de nuevas herramientas tecnológicas que logren optimizar el tiempo de trabajo, que los proyectos estén bien desarrollados y que beneficien directamente a los clientes.

Justificación Práctica

Los resultados facilitarán la comprensión de cómo la implementación de la metodología BIM y sus diferentes aplicaciones dan respuestas a varios desafíos comunes que se suscitan diariamente en el ámbito ingenieril y en la industria de la construcción, como por ejemplo permite la creación de un modelo 3D detallado y preciso, además permite la identificación de interferencias entre disciplinas, esto permite optimizar el tiempo y ahorrar costos.

Justificación Metodológica

Los resultados que se obtengan al trabajar con la metodología BIM-3D serán de gran importancia en esta investigación y servirán de ayuda para futuras investigaciones, asimismo, estos resultados van a permitir explicar la validez del uso del software para el modelado y documentación.

Alcances y Limitaciones

El alcance de esta investigación se enfoca al uso de software BIM para realizar el modelado y documentación de las especialidades de arquitectura y estructuras, a partir de un proyecto de edificación realizado por la empresa Constructora Alvarado I & ACG SAC. La

edificación a modelar tiene una estructuración que usa un sistema de albañilería confinada en la dirección X y de sistema aporticado en la dirección Y.

Se usó el software Revit 2021 de la empresa Autodesk para el modelado y Navisworks para la determinación de incompatibilidades e interferencias; en lo referente a las estructuras, se modelaron las cimentaciones, columnas, vigas, muros portantes, losas y su debido detalle de acero, a partir de la exhaustiva revisión de la memoria de cálculo estructural de la edificación; las demás disciplinas no se tocaron a fondo.

Marco Teórico

Antecedentes

Antecedentes Internacionales

Trejo (2018) estudió el impacto de la aplicación del método BIM en la planificación y dirección de obras de construcción e ingeniería. La encuesta fue realizada a diferentes profesionales con una distribución equitativa, con un 42% perteneciente a construcción y 58% a ingeniería. Los resultados resaltan que un 36.5% tienen un nivel de conocimiento bajo sobre BIM, el 40.4% posee un nivel medio y 23.1% un nivel alto de conocimiento, además que 39% de los encuestados usa software BIM de manera regular y el 61% usa AutoCAD. Trejo concluye que gracias a la metodología BIM se puede coleccionar y gestionar información de manera centralizada, permite la detección temprana de interferencias, se pueden determinar cantidades y generar diferentes entregables a partir del modelo.

Chavez (2022) analizó la utilización de las metodologías BIM e Integrate Project Delivery (IPD) en la gestión de los proyectos de construcción civil. El análisis fue realizado en 2 proyectos, el edificio 6 de agosto y el Colegio San Calixto. Los resultados obtenidos al trabajar con BIM e IPD fueron los siguientes: El presupuesto del edificio fue de Bs/. 12'208'605.89 y del colegio Bs/.18'177'238.35, en ambos proyectos se encontraron 20 interferencias tipo estáticas entre las especialidades de arquitectura y estructuras, además el autor concluye que ambas metodologías fueron eficientes y se caracterizaron por estar conformado principalmente por un equipo especializado, además, al emplear un modelo 3D común en el que todos los miembros BIM o IPD aportaron información durante el transcurso de desarrollo, se aseguró que cada participante tuviera un conocimiento sólido acerca de las características del proyecto.

Loyola (2018) tuvo como objetivo programar una aplicación que incorpore el acero en un modelo BIM, en los muros de un edificio de concreto reforzado. Como resultado obtuvo una

aplicación para el detallado de los aceros estructurales en los muros del edificio modelado en el software Revit. El autor concluye que la aplicación desarrollada posiciona el refuerzo de forma correcta en el modelo de Revit, los tiempos de ejecución están por debajo de los 3 minutos, significando un progreso al realizar la misma tarea con herramientas nativas de Revit; aunque los modelos SBIM no tienen tanta demanda como se podría esperar en un estado como Chile, que tiene planes de integración en el mundo BIM, su utilización puede ofrecer contribuciones significativas en la fase de diseño estructural; finalmente el autor recalca que es un desafío tanto para las academias e industrias, crear ambientes para el avance de nuevas aplicaciones que, mediante la codificación y el uso de software, simplifiquen las tareas de los profesionales.

Cortés Escobar (2022) implementó una revisión bibliográfica sobre la metodología BIM para definir su actual importancia en el sector construcción en Colombia, de los cuales 180 fueron artículos y 10 páginas web especializadas, cuyos resultados fueron que la implementación de la metodología BIM en obras de construcción mejora hasta en un 60% la productividad, logra generar ahorros de costos en obras públicas en un 10%, integra toda la información del proyecto de construcción en todo su ciclo de vida; en un modelo realizado en 3D, en cambio al usar software CAD se genera dibujos digitales en 2D y 3D sin la información necesaria, además BIM coordina las diferentes disciplinas permitiendo detectar interferencias e incompatibilidades, esto no se puede realizar con software CAD. El autor concluyó que la metodología BIM es extensa, su implementación y adopción en proyectos de construcción en Colombia es un reto, pero una vez entendida y aceptada, los beneficios son significativos; además, para implementar BIM lo esencial no radica en el tipo de software o hardware que se utilice, sino en la filosofía de colaboración que es verdaderamente importante en esta metodología.

Antecedentes Nacionales

Cusirimay (2022) aplicó la metodología BIM en una obra de construcción pública: Construcción del centro rústico de aprendizaje y alternancia Agoiganaera Maganiro de la comunidad de Shima. Los resultados obtenidos al realizar los metrados con BIM-Expediente Técnico fueron: en la partida de concreto se registró una variación promedio del 12.27%, 32.14% en la partida de encofrado y un 11.18% en las partidas de acero, además se detectó y corrigió las interferencias entre disciplinas. El autor concluye que la institución pública encargada del proyecto, presenta brechas en lo que concierne a tecnología e implementación de procesos, además que BIM automatiza, estandariza y simplifica los procedimientos que se deben llevar a cabo en una edificación a lo largo de su ciclo de vida.

Callupe et al. (2021) tuvieron como objetivo aplicar la metodología BIM en la fase de diseño para un edificio de 05 niveles y un semisótano. Se obtuvieron los siguientes resultados: el presupuesto para la obra fue de S/ 1 367 118.67, menor a los generados tradicionalmente, la duración del proyecto estimado fue de 05 meses y 19 días. Los autores concluyeron que al trabajar con la metodología BIM, en la etapa de diseño demanda un 50% de tiempo más con respecto al flujo de trabajo CAD, sin embargo, para la documentación y coordinación, BIM hace uso del 20% del tiempo empleado por los trabajos CAD, los modelos BIM detectan interferencias entre disciplinas por lo que se soluciona de forma anticipada con la participación de todos los interesados y permite realizar un trabajo colaborativo que es la base de esta metodología.

Ccallomamani (2022)–tuvo como objetivo aplicar el modelo S-BIM para mejorar el procedimiento de análisis y diseño estructural en edificaciones mixtas sismorresistentes, obtuvo como resultado que la aplicación del modelo S-BIM es muy eficiente y productiva en un 22% y

9%, respectivamente; concluyó que al aplicar el modelo S-BIM en edificaciones mixtas para realizar el análisis y diseño estructural se logra optimizar el proceso, además, es una buena alternativa para la detección de interferencias entre disciplinas y dar solución temprana a incompatibilidades durante la etapa de diseño.

Alfonse (2022) tuvo como objetivo implementar el método BIM en el análisis y diseño estructural de una vivienda de concreto reforzado, cuyos resultados fueron que al realizar el análisis estático y dinámico de la estructura con las dimensiones finales adoptadas, los valores de las derivas se encuentran dentro del rango aceptable según la norma técnica de Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, además, el autor concluye que la aplicación del método BIM para analizar y diseñar la estructura, reduce el tiempo de trabajo y disminuye las incompatibilidades entre especialidades debido a la coordinación existente.

Bases Teóricas

Se ha llevado a cabo la indagación de conceptos en diversos medios de información, que satisfagan las necesidades de conocimiento para que sirvan como base para lograr el objetivo de este informe de suficiencia profesional.

BIM

Es una metodología de trabajo en equipo que implica la generación de un modelo gráfico digital, en el que se recopila de manera completa la información que se necesita para el diseño y gestión de un proyecto de construcción. A continuación, se citan definiciones de diferentes autores.

El Ministerio de Economía y Finanzas (2022) define a BIM como una metodología de trabajo en equipo para la administración de información de los fondos del Estado, que utiliza un modelo de información generado por las partes asociadas.

Además, la N.T.P-ISO 19650-1:2021 define a BIM como “uso de una representación digital compartida de un activo compartido, para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación, con la finalidad de contar con una base confiable para la toma de decisiones”, citada por el Ministerio de Economía y Finanzas (2023, p. 19).

Según Rodríguez (2016), BIM “es un modelo rico en información, orientado a objetos representados de forma inteligente y paramétrica del cual puede ser extraído información para ser analizada y así tomar una decisión para mejorar los procesos de entrega del proyecto” (p. 3).

Para Garber (2014), “El modelado de información de construcción (BIM) proporciona el diseño completo y equipo de construcción con la capacidad de coordinar digitalmente el a menudo complejo proceso de construcción antes de la construcción real” (p. 15).

Zaje (2011) define al BIM como un método de creación y administración de información del edificio a lo largo de su existencia, que incluye la geometría de la edificación, las interacciones espaciales, los datos geográficos, también las cantidades y características de los componentes del edificio.

Según Zaje (2011), el BIM ayuda a:

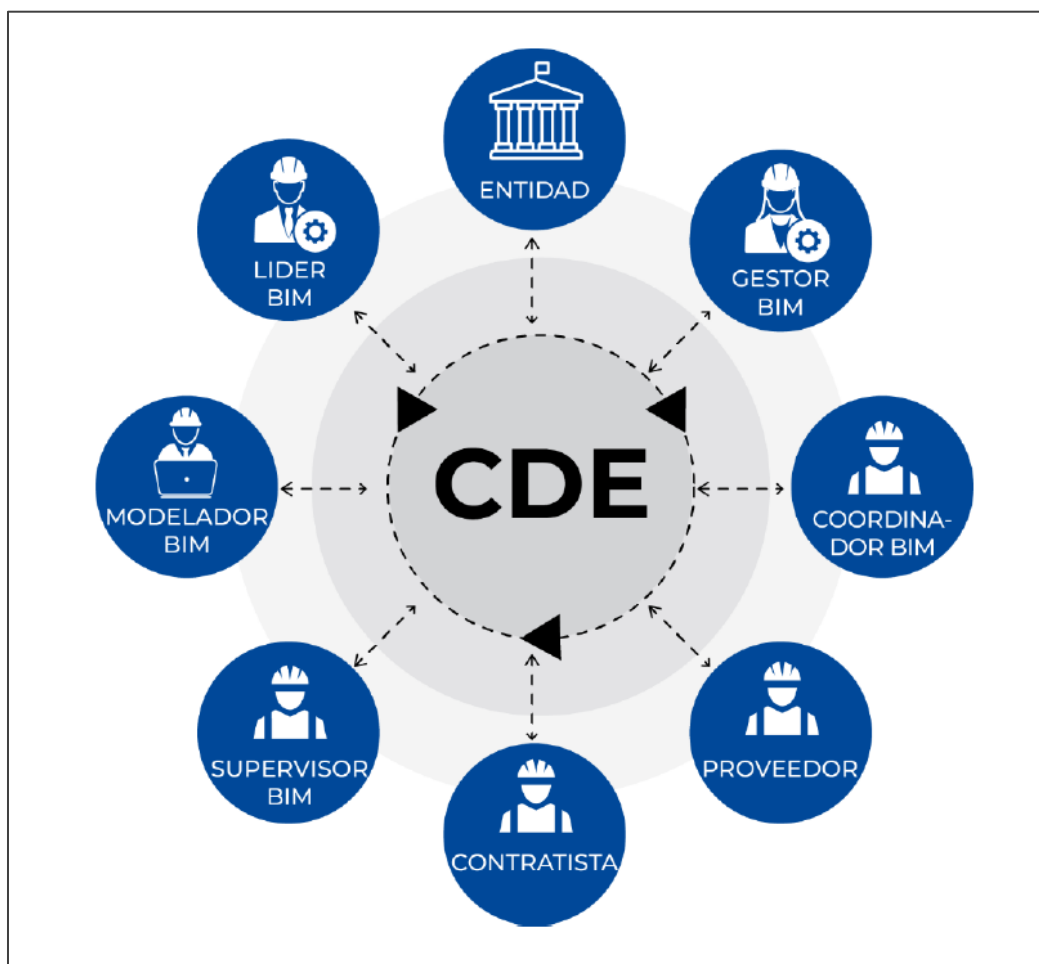
- Optimizar la calidad y agilizar el desarrollo de la toma de decisiones con relación a los proyectos.
- Mejorar en la gestión de las cadenas de proveedores.
- Mejorar la secuencia de flujo de trabajo.
- Los datos son más exactos.
- Disminuye el tiempo que se dedica al diseño.
- Simplificación en la resolución de conflictos de ingeniería.
- Mayor interacción entre equipos de trabajo, procesos, materiales, equipos e información.

Conceptos BIM. La metodología BIM se viene desarrollando por más de 30 años y en este proceso se han ido adoptando diferentes conceptos de los cuales se describe algunos a continuación:

Entorno de datos comunes (CDE). Fuente de información establecida para cualquier proyecto, que permite la gestión estructurada del intercambio de datos entre los equipos involucrados.

Figura 2

Entorno Común de Datos



Nota. Adaptado de la Guía Nacional BIM 2023

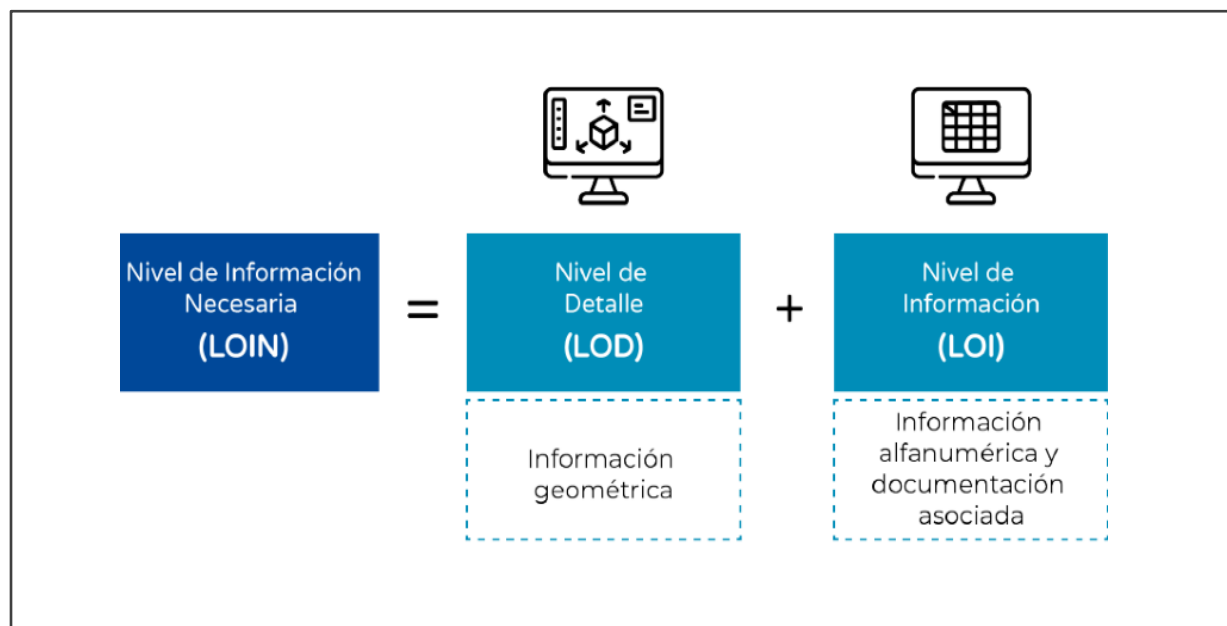
Modelo BIM. Reproducción tridimensional y digital de la información geométrica y alfanumérica de un elemento, señala sus propiedades físicas, así como funcionales. Es construido en un software especializado que admite la interoperabilidad de dicho objeto y el ingreso de datos de forma paramétrica (MEF 2023, p. 38).

Elemento BIM. Componente de un modelo 3D, por ejemplo: Viga, zapata, ventana, muros, puertas.

Nivel de Información Necesaria (LOIN). Según el Ministerio de Economía y Finanzas (2023), es el grado de necesidad de información de cada entregable según los objetivos de la etapa del ciclo de inversión en la que se encuentre la inversión, está conformado por el nivel de detalle y nivel de información.

Figura 3

Nivel de Información



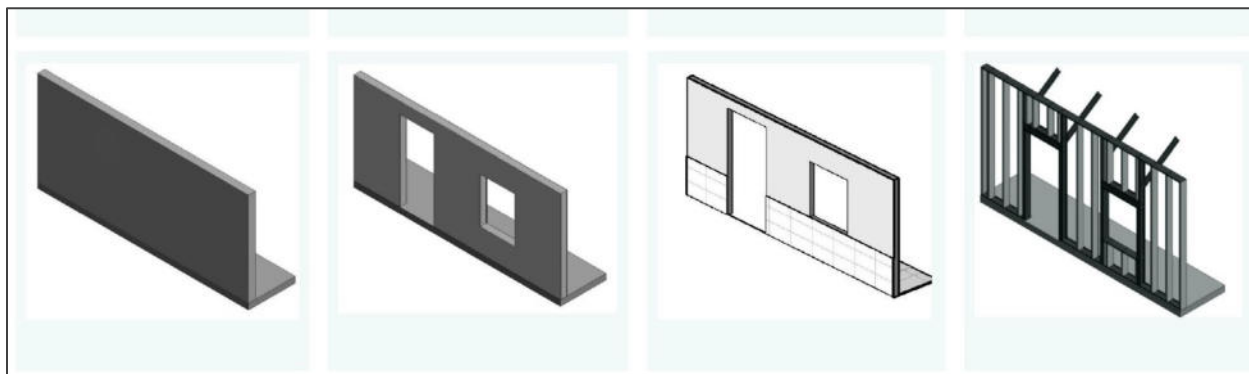
Nota. Adaptado de MEF (2023)

Nivel de Detalle (LOD). Nivel de detalle y precisión gráfica asociada a cada uno de los objetos modelados en 3 D (Figura 4). Según la Guía Nacional BIM 2023, se tienen los siguientes:

- LOD 1: Se refiere a elementos representados de forma conceptual, los elementos BIM contienen una volumetría, una masa, de forma esquemática, se consideran características como la transparencia y los colores en la superficie para la representación de los tipos de elementos.
- LOD 2: Los elementos BIM se modelan como un sistema con características de tamaño y forma genérica, lo que facilita determinar las dimensiones. No representan los detalles o los elementos adicionales y permiten analizar las interferencias del modelo.
- LOD 3: Son elementos representados de forma definida y modelados como un sistema u objeto específico, tienen características de cantidad, forma y tamaño definido, admiten el análisis de las interferencias de los elementos; asimismo, las características del elemento BIM muestran poca probabilidad de cambio en las etapas posteriores.
- LOD 4: Se refiere a elementos representados con características de cantidad, tamaño y forma detallada, posee elementos de diseño necesarios para la fabricación, información paramétrica necesaria, improbable variación de las características del modelo BIM.
- LOD 5: Representación de elementos verificados (As-Build), representan el tamaño, forma, ubicación, cantidad, orientación relevante del proyecto concluido.

Figura 4

Nivel de Detalle



Nota. Adaptado de Guía Nacional BIM (MEF, 2023)

Nivel de Información (LOI). Según el Ministerio de Economía y Finanzas (2023), es el nivel de información no visual que se relaciona con las especificaciones técnicas y documentación registrada, vinculada o adjuntada, a fin de aumentar la información visual contenida en los modelos de información (p. 39), tal como se describe a continuación:

- LOI 1: Incluye la información necesaria para identificar la viabilidad preliminar.
- LOI 2: Los datos proporcionados son suficientes para llevar a cabo la investigación y la viabilidad.
- LOI 3: Contiene los datos necesarios para realizar el diseño.
- LOI 4: Con la información que contiene es suficiente para dar inicio con la construcción.
- LOI 5: Esta información es suficiente para realizar el mantenimiento y la gestión de activos.

Interoperabilidad. Es la capacidad de intercambiar datos a través del uso de software BIM, que permite un flujo de trabajo uniforme y facilita la automatización de los diferentes procesos durante el ciclo de vida de un proyecto (MEF, 2023).

Dimensiones BIM. Son datos y niveles de información ingresados a un modelo 3D con el uso de un software BIM, que proporcionan una visión integral del ciclo de vida de un proyecto de manera completa, desde el diseño hasta el mantenimiento.

Figura 5

Dimensiones BIM



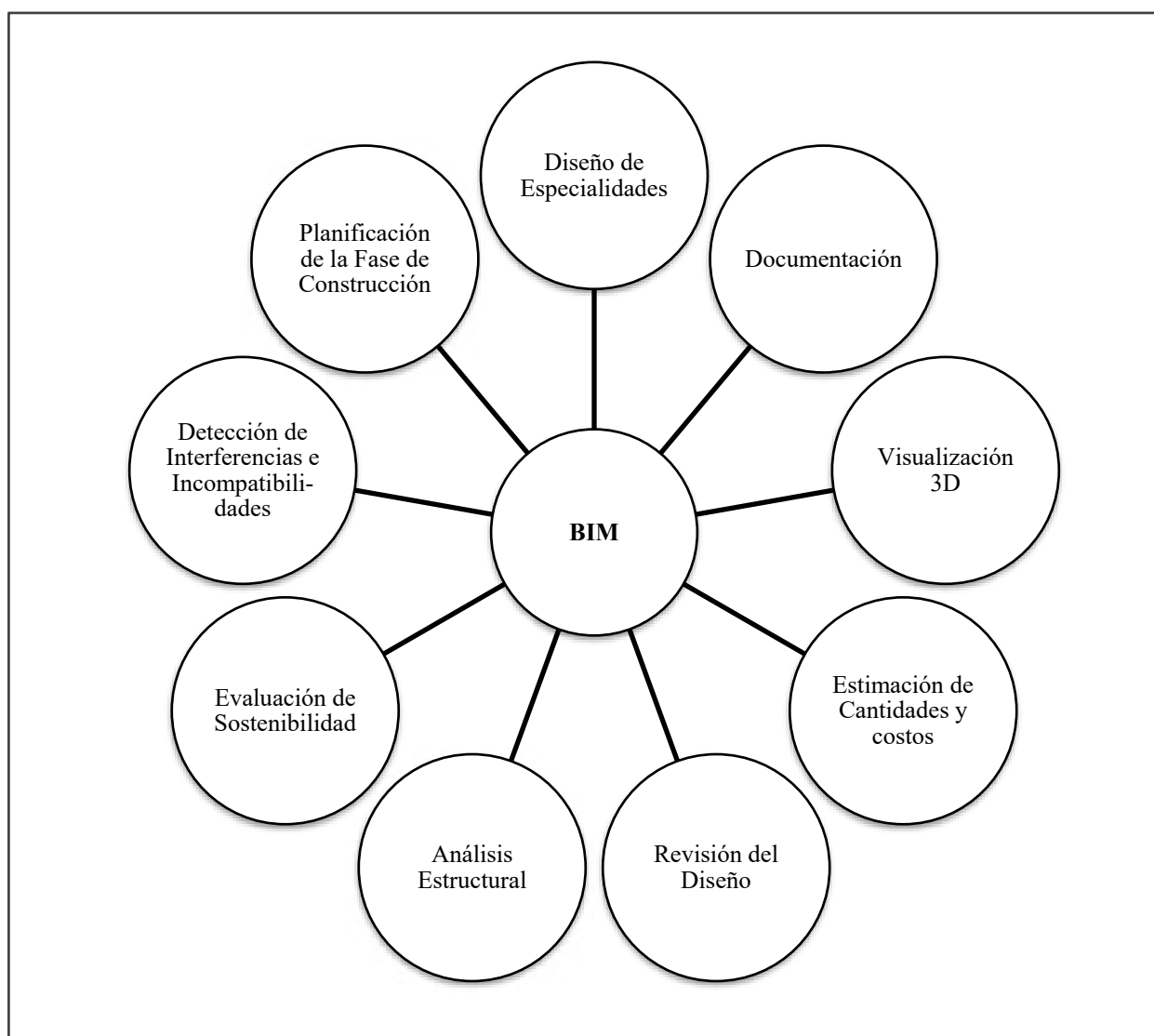
Nota. Adaptado de la Guía Nacional BIM (MEF, 2023)

Usos BIM. BIM puede ser utilizado en todas las fases de un proyecto, y hacerlo de esta manera maximiza la eficiencia de la metodología. Sin embargo, dividirlo puede ser beneficioso, según la fase del proyecto en la que se encuentre.

A continuación, en la Figura 6 se mencionan algunos usos de la metodología BIM según la Guía Nacional BIM 2023.

Figura 6

Usos de la Metodología BIM

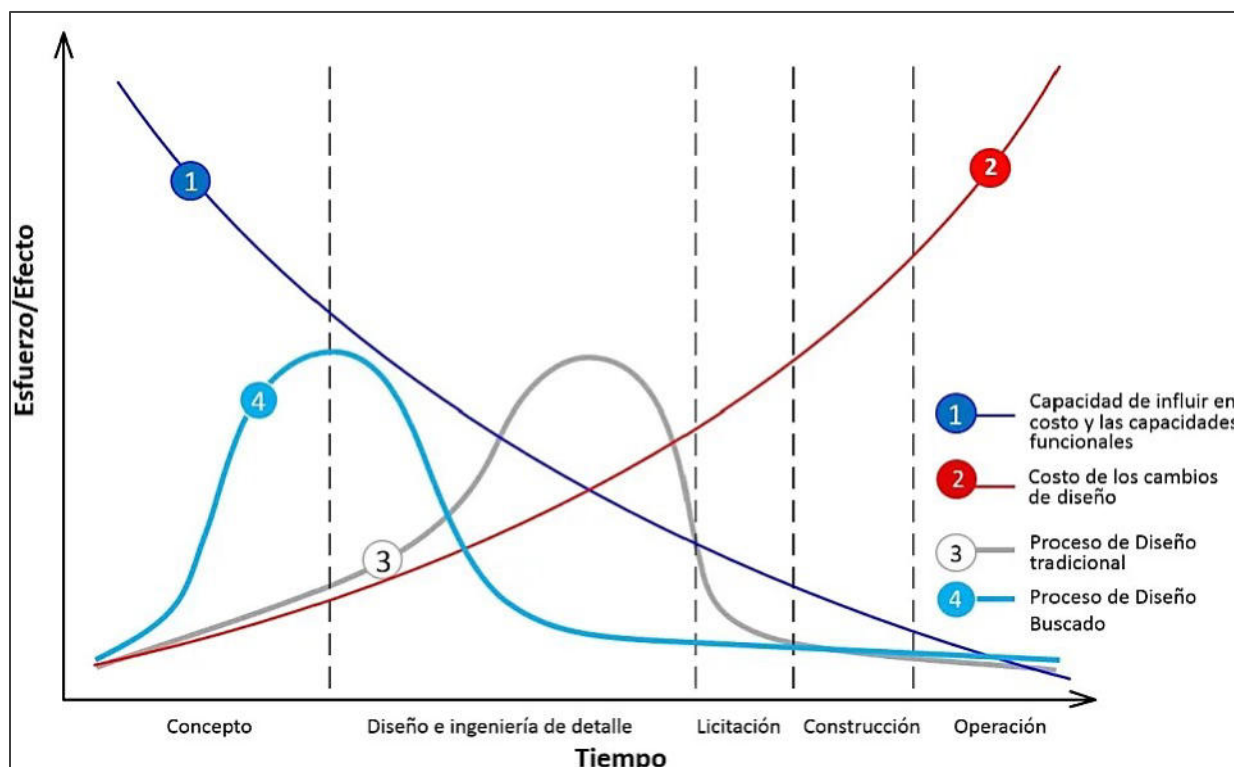


Nota. Elaboración propia

BIM durante la Etapa de Diseño. En la fase de diseño BIM se puede usar en la generación del diseño, en el análisis estructural, análisis energético, entre otros análisis de ingeniería, además para realizar la coordinación entre diferentes especialidades y evitar las interferencias, haciendo uso de uno o más modelos BIM a través de una revisión visual o mediante procesos automatizados con el uso de software especializado y posteriormente para extraer la documentación.

Figura 7

Curva de MacLeamy



Nota. Adaptado de Beneficios BIM en el Diseño de Proyectos (Jurado, 2014)

Los Software Usados en la Metodología BIM. Son aplicaciones informáticas que generan modelos en 3D basado en objetos, ricos en información, que se combinan con diferentes herramientas de software especializado con la finalidad de generar diversos entregables.

Autodesk Revit. Revit es un producto de Autodesk, es un software fundamental para la planificación y el diseño de proyectos de construcción; además, este software de diseño robusto y eficiente ha transformado la manera en que los ingenieros y arquitectos llevan a cabo su trabajo en diseño arquitectónico, ingeniería estructural y las disciplinas de mecánica, electricidad y plomería (MEP). La principal ventaja de Revit es su capacidad para trabajar en conjunto con la metodología BIM (Losada, 2023).

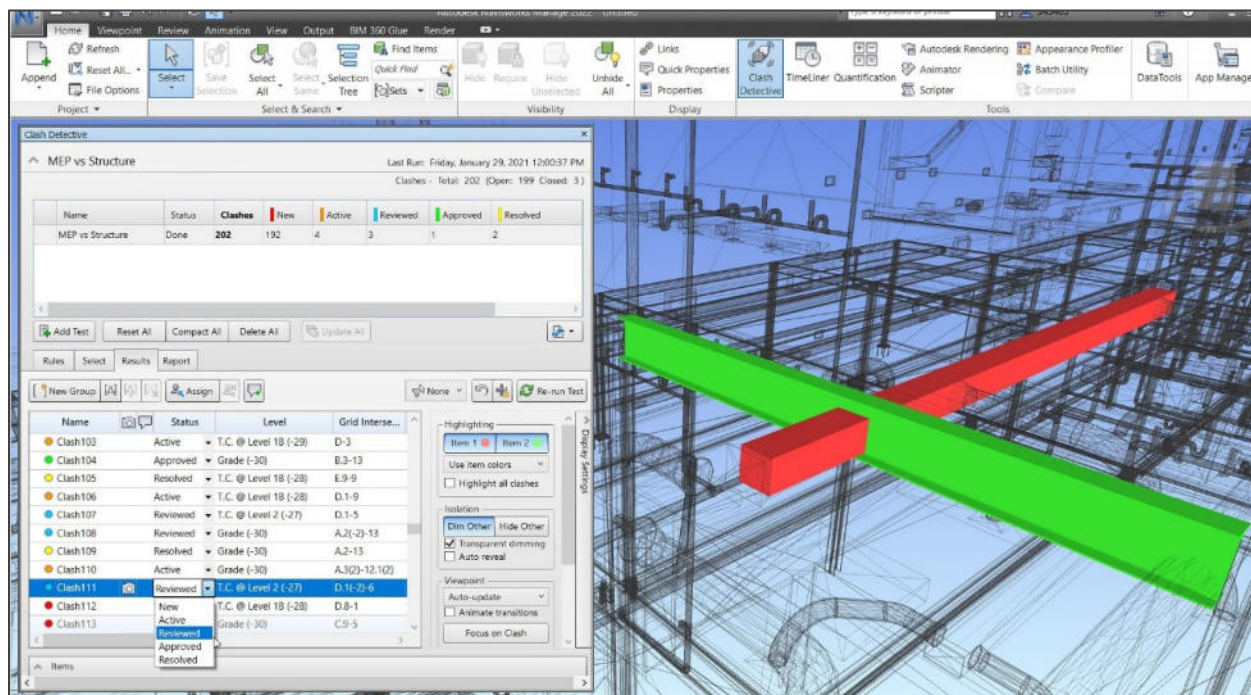
Revit Estructuras. En la interfaz del software encontramos la especialidad de estructuras, que sirve para realizar el modelado y análisis de los diferentes componentes estructurales de cualquier obra de ingeniería, también se pueden establecer conexiones automáticas entre los componentes del proyecto, lo que facilita una gestión correcta de los cambios. Se puede modelar desde cero y a base de la importación o vinculación de un archivo CAD.

Revit Arquitectura. Con esta disciplina se pueden insertar elementos inteligentes como puertas, ventanas y a partir de estos el software realiza planos de planta, elevaciones, cortes vistas en 3D y 2D, y renderizados de manera precisa y rápida, además se puede realizar el modelado de distintos tipos de muros y columnas arquitectónicas.

Autodesk Navisworks. Según Autodesk (2023), es una aplicación utilizada en el sector de construcción que complementa los paquetes de diseño 3D como Revit, AutoCAD y MicroStation; además, es una herramienta especializada para la revisión y gestión obras de ingeniería civil y arquitectura. Se puede realizar la detección de conflictos en un modelo, cuantificar cantidades, realizar simulaciones y visualizar modelos. En este trabajo se usó esta aplicación para la detección de interferencias e incompatibilidades.

Figura 8

Detección de Conflictos



Nota. Adaptado de (Autodesk, 2023)

Detección de Interferencias e Incompatibilidades

En la etapa de construcción se generan muchos problemas, estos pueden ser debido a que en la etapa de diseño no se realiza un trabajo coordinado entre especialidades o los profesionales no le dedican tiempo al diseño, lo que genera cambios de diseño muchas veces de alto costo y retrasa la finalización de los proyectos; es por tal motivo que al usar BIM-3D se pueden solucionar estos inconvenientes de manera rápida antes de la fase de ejecución, con el uso de herramientas adecuadas.

Según Taboada et al. (2011), las incompatibilidades se dan a causa de una mala representación gráfica de los detalles de un elemento, y esta no guarda una coordinación en los diferentes planos del proyecto (p. 4). Se pueden tener los siguientes tipos de incompatibilidades:

Incompatibilidades e interferencias de diseño. Estas surgen a partir del cruce entre disciplinas del proyecto, la falta de detalle e incongruencia en los planos, y si no son detectados a tiempo, estos errores tienen una gran incidencia negativa en los plazos y costos del proyecto.

Incompatibilidades e interferencias de construcción. Estos problemas surgen cuando algún elemento diseñado no es viable en su construcción o existen procesos constructivos no coherentes.

Incompatibilidades e interferencias necesarias. Estas son las que no se pueden evitar en el diseño y que son útiles para la construcción, que pueden ser las instalaciones de equipos, cruce de instalaciones en elementos estructurales, recubrimiento de elementos, entre otros, estas se deben revisar para que no afecten el comportamiento estructural de la edificación.

Para la detección de incompatibilidades e interferencias, se debe realizar el modelado BIM de las especialidades del proyecto en un software BIM como Revit, pues esta herramienta tiene la capacidad de detectar los distintos errores del modelo y darle una corrección inmediata, asimismo, se puede usar el programa Navisworks para realizar este proceso.

Documentación de Planos con BIM-3D

Para realizar la generación de planos se debe tener el modelo 3D en un software BIM, que incluya los detalles de estructuras, arquitectura y sistemas de la edificación; a partir del modelo se crean vistas ya sea de plantas, cortes e isometrías de los elementos necesarios, se añaden las acotaciones, las notas y los detalles para el buen entendimiento de los planos, además es posible obtener mediciones y cantidades que permiten realizar un cálculo estimado de los costos.

Estimación de Cantidades

La estimación de cantidades es de gran utilidad para poder generar los presupuestos de distintas obras de construcción a partir de un modelo BIM. Con Revit se pueden generar tablas de planificación para diferentes categorías de elementos como puertas, muros, áreas, etc., las cuales permiten una visualización y edición de las propiedades de los elementos del modelo (Autodesk, 2023).

Edificaciones con un Sistema Aporticado y Albañilería Confinada

Son aquellas edificaciones que tienen una configuración de sistemas estructurales diferentes en cada una de sus direcciones, este tipo de edificaciones son muy usadas en la zona urbana, comercio y últimamente en instituciones educativas.

En nuestro país, la albañilería confinada sigue siendo el sistema más utilizado en la ejecución de proyectos de viviendas de baja y mediana altura. La Norma Técnica E.070 Albañilería recomienda que las edificaciones con este tipo de sistema deben realizarse hasta un máximo de 5 pisos, aunque la mayoría de personas infringe la norma y construye más niveles. En estas construcciones, generalmente, se tiene ambientes con dimensiones medianas que varían entre 3.0 a 4.5 m, por lo que es conveniente que los elementos verticales que se usan para limitar espacio, tengan también funciones estructurales (Abanto, 2017, p. 19).

Componentes de la Albañilería Confinada. A continuación, se hace una rápida descripción de los elementos del sistema de albañilería confinada, con el motivo de resaltar su importancia, al momento de realizar el diseño y modelado.

Unidad de Albañilería. Es el elemento principal de la albañilería y, generalmente, están compuestos de arcilla cocida y concreto. Su clasificación depende del material y del área ocupada por los orificios (Tabla 1).

Tabla 1*Resistencia de la Albañilería*

Resistencias características de la albañilería MPa (kg/cm²)				
Material	Nombre común	Und (F'b)	Pilas (F'm)	Muretes (V'm)
Arcilla	King-Kong artesanal	5.4 (55)	3.4 (35)	0.5 (5.1)
	King-Kong industrial	14.2 (145)	6.4 (65)	0.8 (8.1)

Nota. Adaptado de Abanto (2017)

Acero o barras de construcción. Las barras de construcción son de acero corrugado, rectas, de sección circular, con relieves que permiten una alta adherencia con el concreto (Abanto, 2017, p. 146), al usar acero de refuerzo conjuntamente con el concreto da lugar al concreto armado que tiene alta resistencia a la compresión y tracción.

En el Perú, las empresas SIDERPERÚ y Aceros Arequipa; son las que producen barras de acero de grado 60 con un esfuerzo de fluencia de 4200 kg/cm² conocido como Fy' (Abanto, 2017, p. 53)

Concreto. El concreto es una mezcla de cemento portland, arena gruesa, piedra chancada y agua en proporciones adecuadas de acuerdo a la resistencia que se quiera obtener.

La calidad del concreto se puede determinar gracias a la propiedad de resistencia a la compresión que es medida en kg/cm², más conocida por la abreviatura F'c en los diferentes planos de proyectos.

Mortero. El mortero cumple la función de asumir las inevitables irregularidades de las unidades y, sobre todo, la de unir las o adherirlas con relativa estabilidad en el proceso constructivo, generando rigidez en la hilada para permitir el asentado de la siguiente hilada, y formar en última instancia, un conjunto impermeable, duradero y con alguna resistencia a la

tracción (Gallegos y Casabonne, 2005, p. 129). En la siguiente tabla, se pueden apreciar los tipos de mortero.

Tabla 2

Tipos de Mortero

Tipos de mortero				
Tipo	Componentes			Usos
	Cemento	Cal	Arena	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 1/2	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros no Portantes

Nota. Adaptado de Abanto (2017)

Definición de Términos Básicos

- **BIM.** Modelado de la información del edificio.
- **Planos.** Es un documento legal técnico, que contiene gráficamente los detalles para una construcción, que se adhiere a normas que aseguran su adecuada comprensión.
- **Columna.** El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009), lo define como un “Elemento con una relación entre altura y menor dimensión lateral mayor que tres, usado fundamentalmente para absorber la fuerza axial de compresión”.
- **Estribo.** Acero de refuerzo ubicado ortogonalmente o en ángulo con relación al acero longitudinal, que se emplea para soportar los esfuerzos de cortante y de torsión en un elemento estructural (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2009).
- **Viga.** Elemento estructural que trabaja principalmente a flexión y cortante.
- **Interferencias.** Problemas debido a una incorrecta representación gráfica en los planos.
- **Edificación.** Construcción diseñada para cumplir un objetivo funcional o una necesidad.

Propuesta de Solución

Metodología de la Solución

La empresa Constructora Alvarado I & ACG S.A.C. viene formulando y ejecutando distintos proyectos, en los cuales se ha tenido problemas de incompatibilidades en los planos de especialidades, esto hace que el equipo técnico demande de más tiempo para dar solución, además, genera retrasos en los procesos constructivos y muchas veces la pérdida de materiales del cliente.

Como parte del equipo de trabajo de esta empresa, a partir de un proyecto de una edificación de cuatro pisos con un área de 104.5 m² con fines de comercio y vivienda, se recopiló la información necesaria concerniente a la especialidad de estructuras, y con respecto a la arquitectura se modeló de manera preliminar en el software Revit, a partir de esto se hizo uso de BIM-3D.

Con la información existente se realizó el modelado de las especialidades escogidas, se hizo la coordinación de las disciplinas, se corrigieron las diferentes incompatibilidades encontradas, finalmente se realizó la documentación de dichas especialidades y se estimaron las cantidades. Se utilizaron los software Revit y Navisworks.

Desarrollo de la Solución

Para realizar el desarrollo, se describen de manera general las características de la vivienda.

Características estructurales

La edificación está estructurada con un sistema aporticado en el sentido X y de albañilería confinada en la dirección Y. Los entrepisos corresponden a losas aligeradas de 17 cm de espesor, armadas en una sola dirección, las cuales se apoyan sobre los pórticos y muros.

Materiales

Se usan barras de acero corrugado $f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$.

El concreto especificado para todos los elementos estructurales tienen la resistencia cilíndrica a la compresión de $f_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$.

El ladrillo utilizado para los muros confinados es King Kong 18 huecos con un 30% de vacíos y una resistencia a la compresión de $f_m = 65 \text{ kgf/cm}^2$.

Suelos

La cimentación se diseñó para una capacidad de carga estimada de 0.95 kgf/cm^2 . Se consideró una profundidad de cimentación $D_f = -1.5\text{m}$. con respecto al N.T.N, se utilizó cemento Portland Tipo I en las estructuras de concreto armado.

Para cumplir con lo que dicta el R.N.E, se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

La estructura fue analizada y diseñada para resistir las fuerzas verticales de uso y fuerzas horizontales de sismo que se estipulan en la norma E 0.30 2018 del RNE. Se han utilizado los siguientes parámetros sismorresistentes.

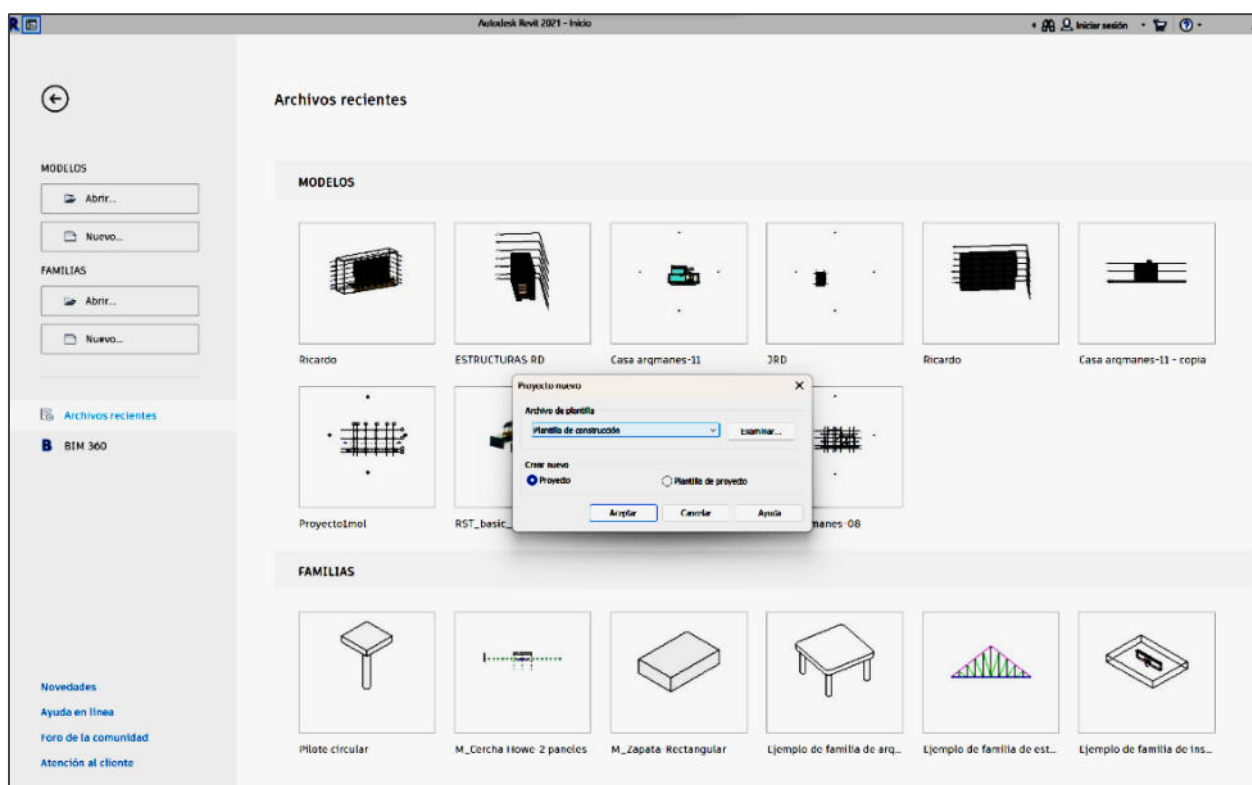
- Factor de zona (Z) = 0.25 zona 2, Cutervo-Cajamarca
- Factor de uso (U) = 1 edificación común, vivienda.
- Factor de suelo (S) = 1.2 suelos intermedios.
- Periodo de vibración del suelo $T_P = 0.6$, $T_L = 2$
- Regularidad estructural $I_a = 1$, $I_p = 1$.
- Coeficiente básico de reducción $R_{ox} = 7$, $R_{oy} = 3$
- Factor de reducción $R_x = 7$, $R_y = 3$

Elaboración del Modelo BIM-3D Estructuras

Para realizar el modelo, se abre el software Revit, a continuación se selecciona la plantilla deseada como se observa en la figura 9, además se realiza la configuración de las unidades del proyecto.

Figura 9

Selección de Plantilla de Trabajo

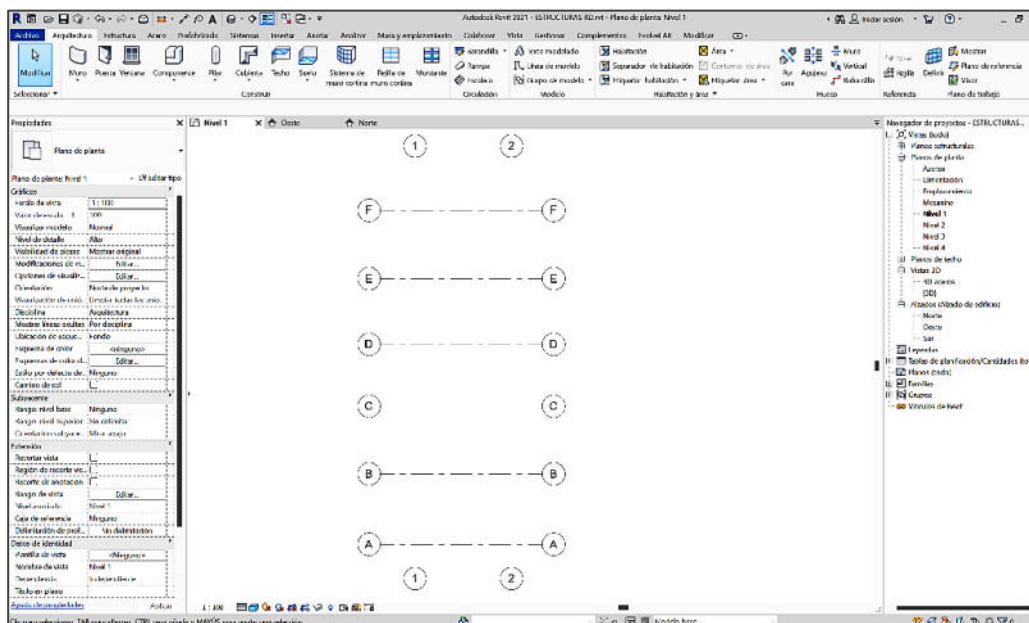


Nota. Elaboración propia

Seguidamente, se colocan los ejes de acuerdo a los planos estructurales, esto se encuentra en Revit como rejillas, tal como se observa en la figura 10; además se establecen los niveles con los cuales se trabajará (figura 11).

Figura 10

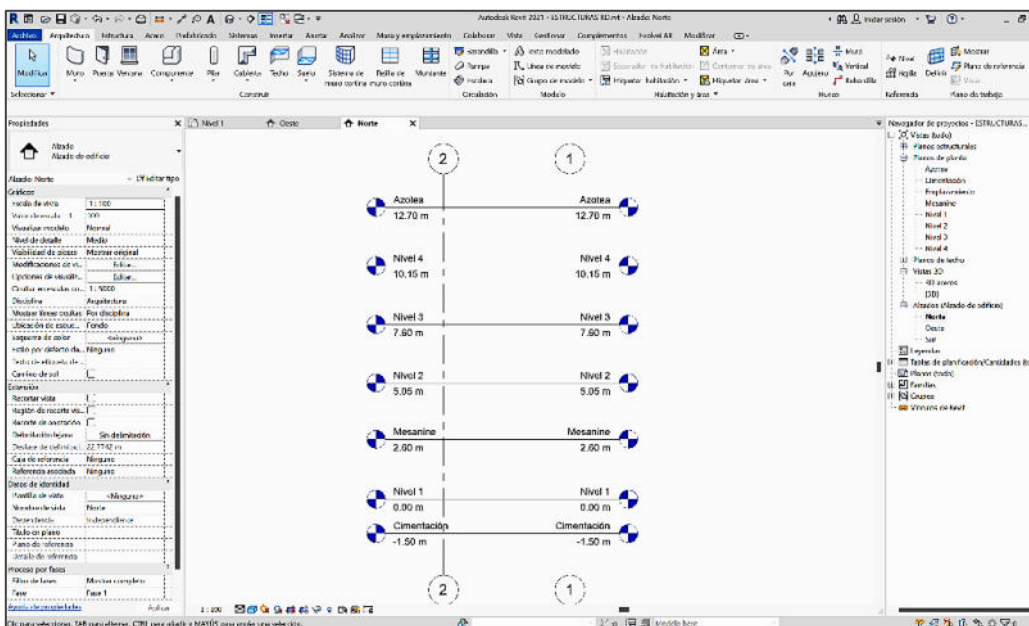
Creación de Rejillas o Ejes de la Vivienda



Nota. Elaboración propia

Figura 11

Establecimiento de los Niveles de la Vivienda



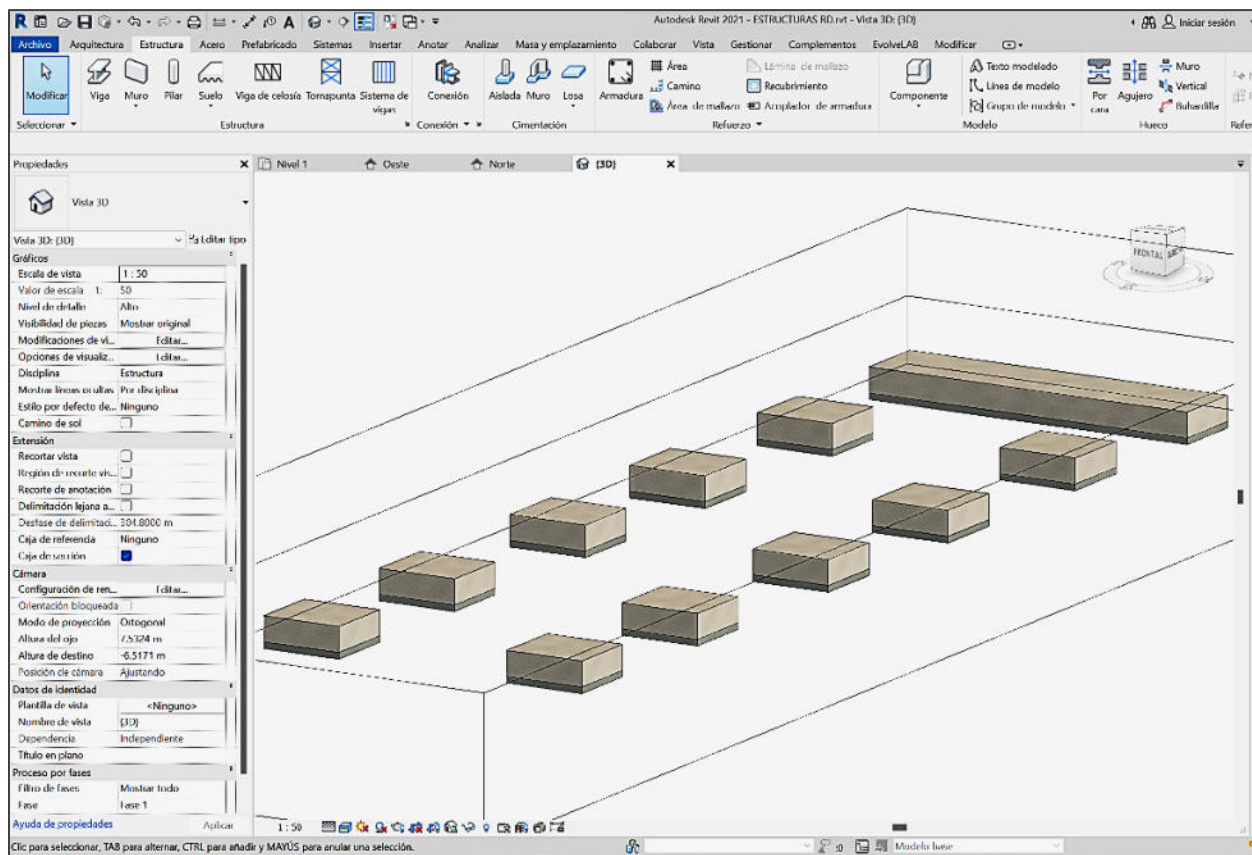
Nota. Elaboración propia

Modelado de Cimentaciones. Para comenzar con el modelado de las cimentaciones, se realiza la configuración de la familia a utilizar y sus respectivos niveles de información; las zapatas utilizadas en esta vivienda fueron de las siguientes dimensiones (ver figuras 12 y 13):

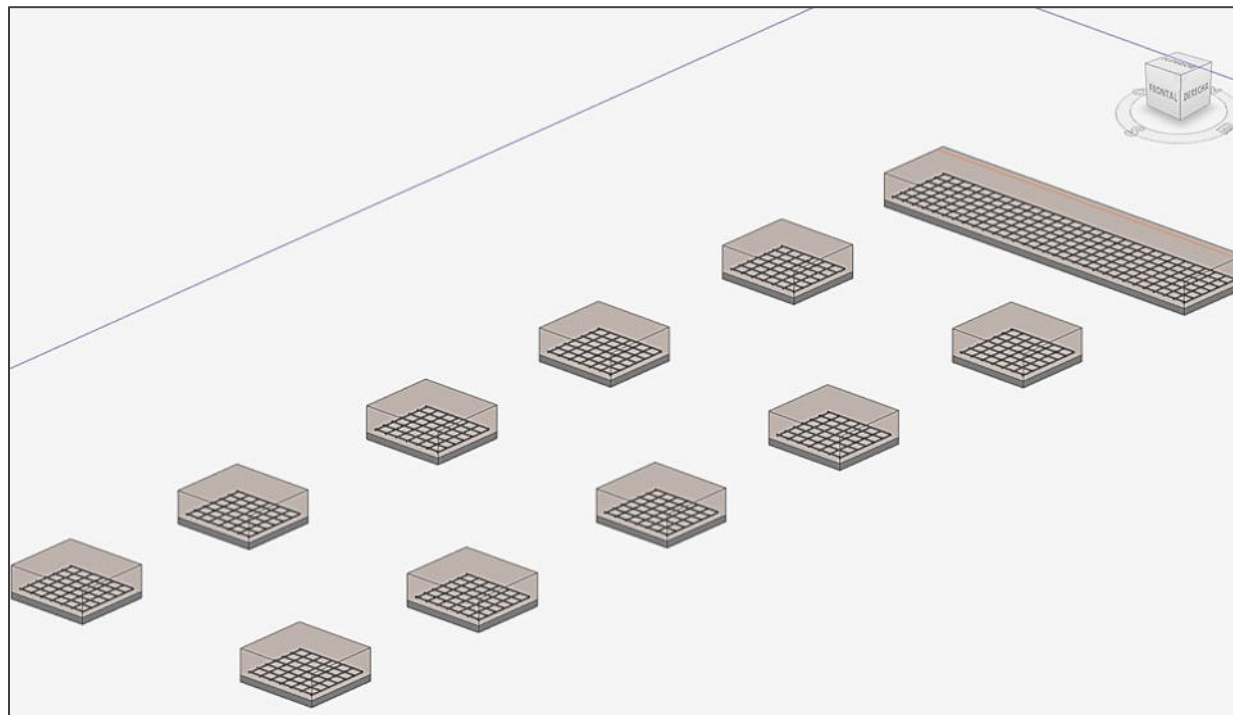
- Largo (x) = 1.30m.
- Ancho (y) = 1.20m.
- Altura = 0.50m.

Figura 12

Modelado de Zapatas Z-1 y Zapata Corrida



Nota. Elaboración propia.

Figura 13*Modelado de Acero en Zapatas*

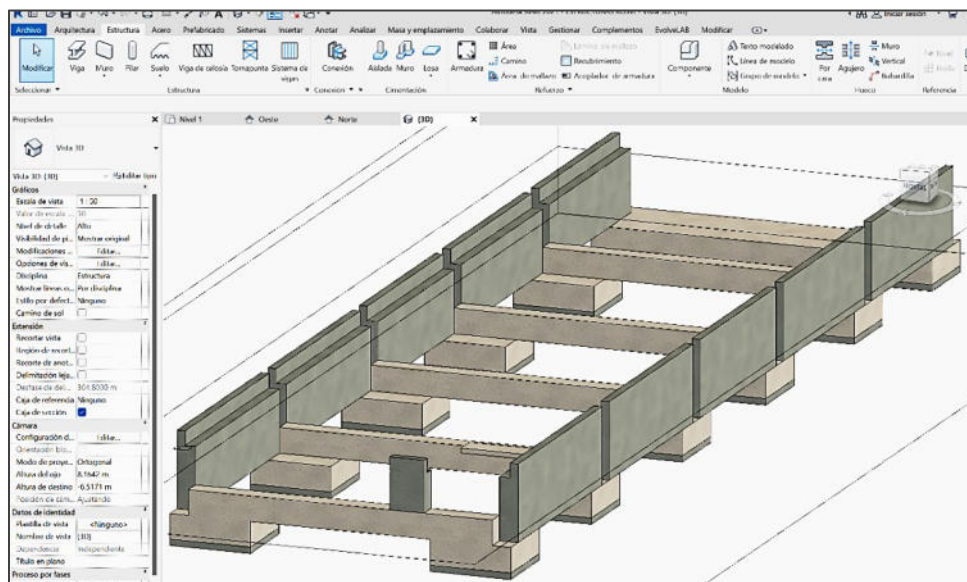
Nota. Elaboración propia

Para el modelado de las parrillas de las zapatas se han utilizado barras de acero corrugado con un esfuerzo de fluencia $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ de diámetro $5/8''$ y con un espaciamiento de 17cm.

Siguiendo con el modelado, se realizan las vigas de cimentación, los cimientos corridos y sobrecimientos, teniendo en cuenta los cálculos previos por parte del especialista en estructuras (figuras 14 y 15).

Figura 14

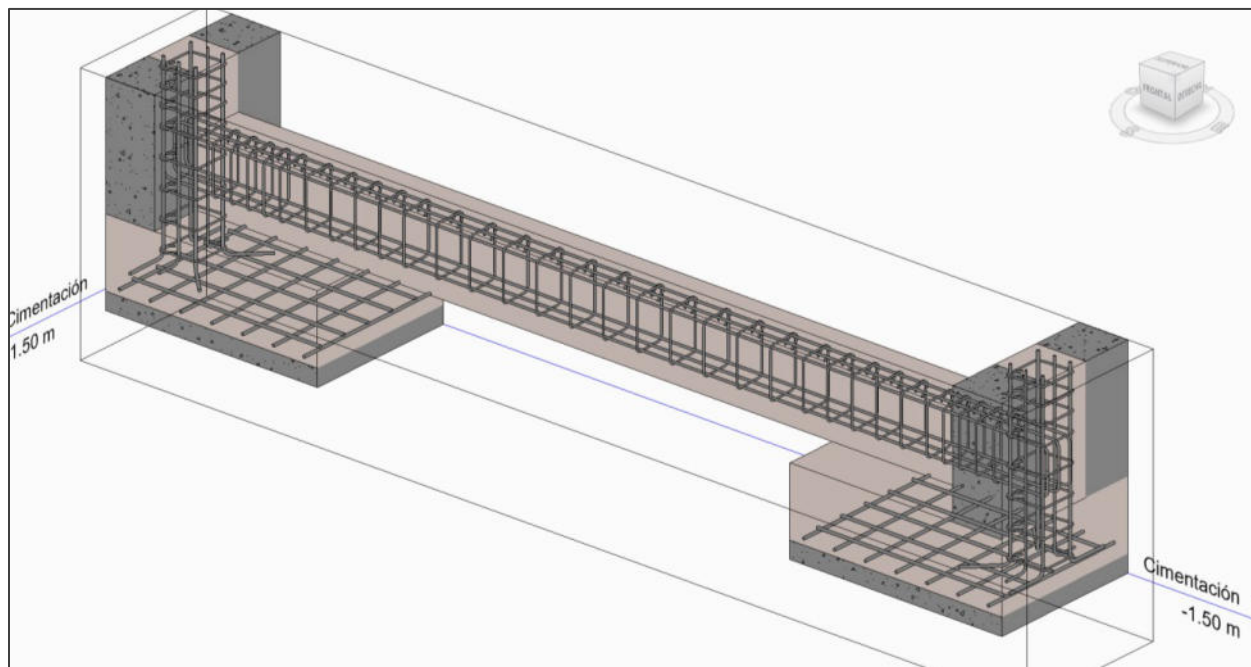
Modelado de Vigas de Cimentación, Cimientos Corridos y Sobrecimientos



Nota. Vista 3D de la cimentación. Elaboración propia

Figura 15

Armado de Vigas de Cimentación

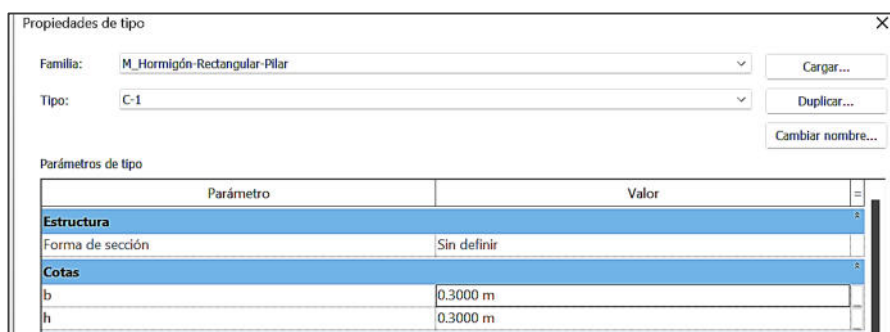


Nota. Elaboración propia

Modelado de Columnas y Vigas. Las vigas y columnas se modelaron a base de la configuración estructural del proyecto, como se aprecia en las figuras 16 y 17, para ello se establecieron las familias con las cuales se iba a trabajar y se asignaron los parámetros correspondientes; para esta vivienda se utilizó un solo tipo de columnas C-1 de una sección de 30cmx30cm, también columnetas de 15cmx25cm y 15cmx30cm, respectivamente.

Figura 16

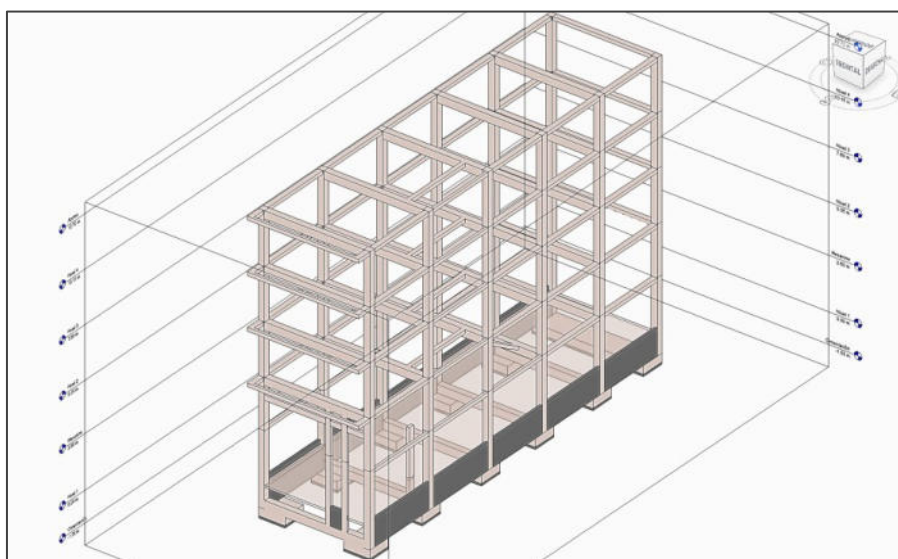
Dimensiones Columna C-1



Nota. Elaboración propia

Figura 17

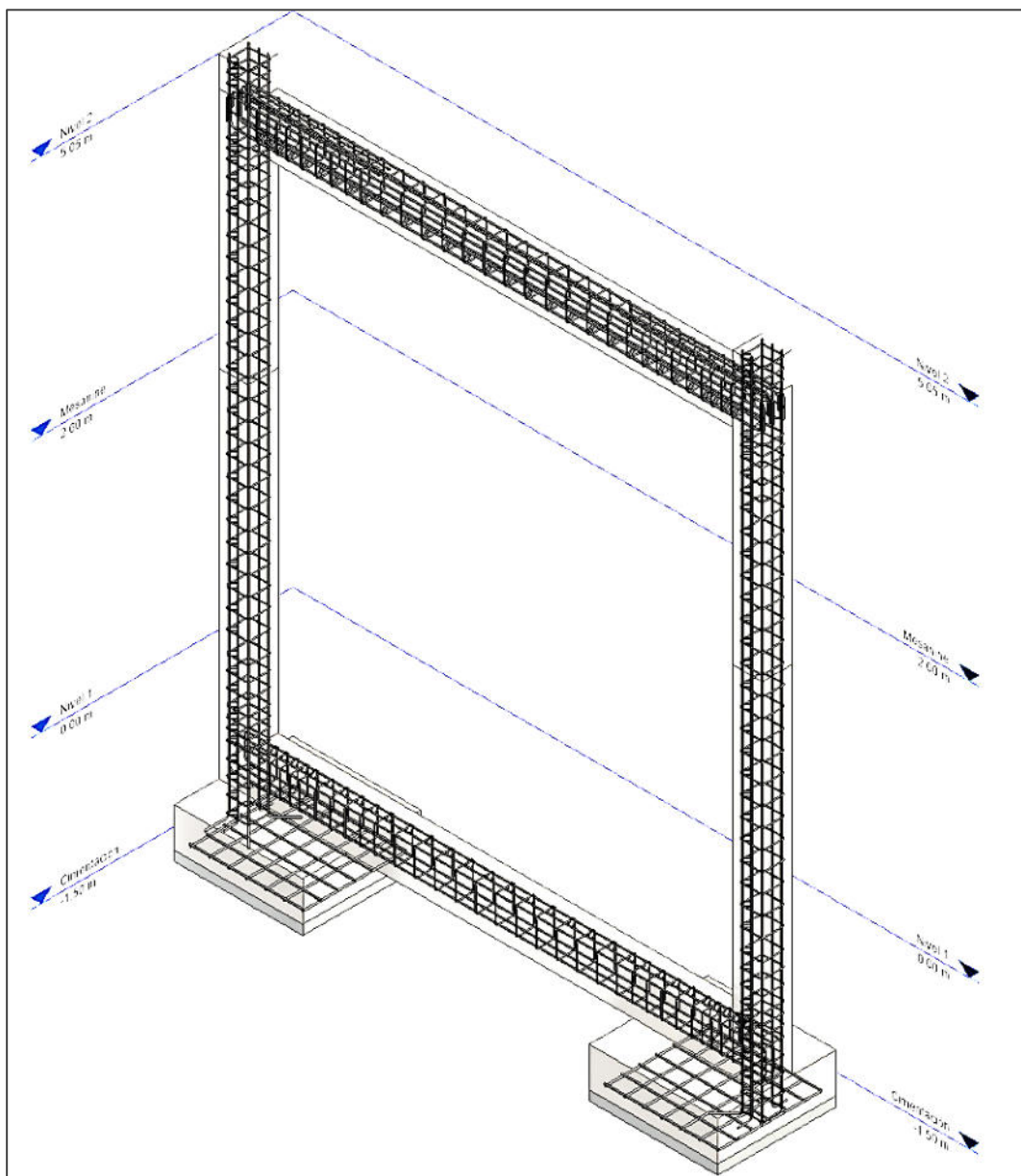
Modelado de Columnas y Vigas



Nota. Elaboración propia

Figura 18

Modelado de Acero Estructural en Columnas y Vigas



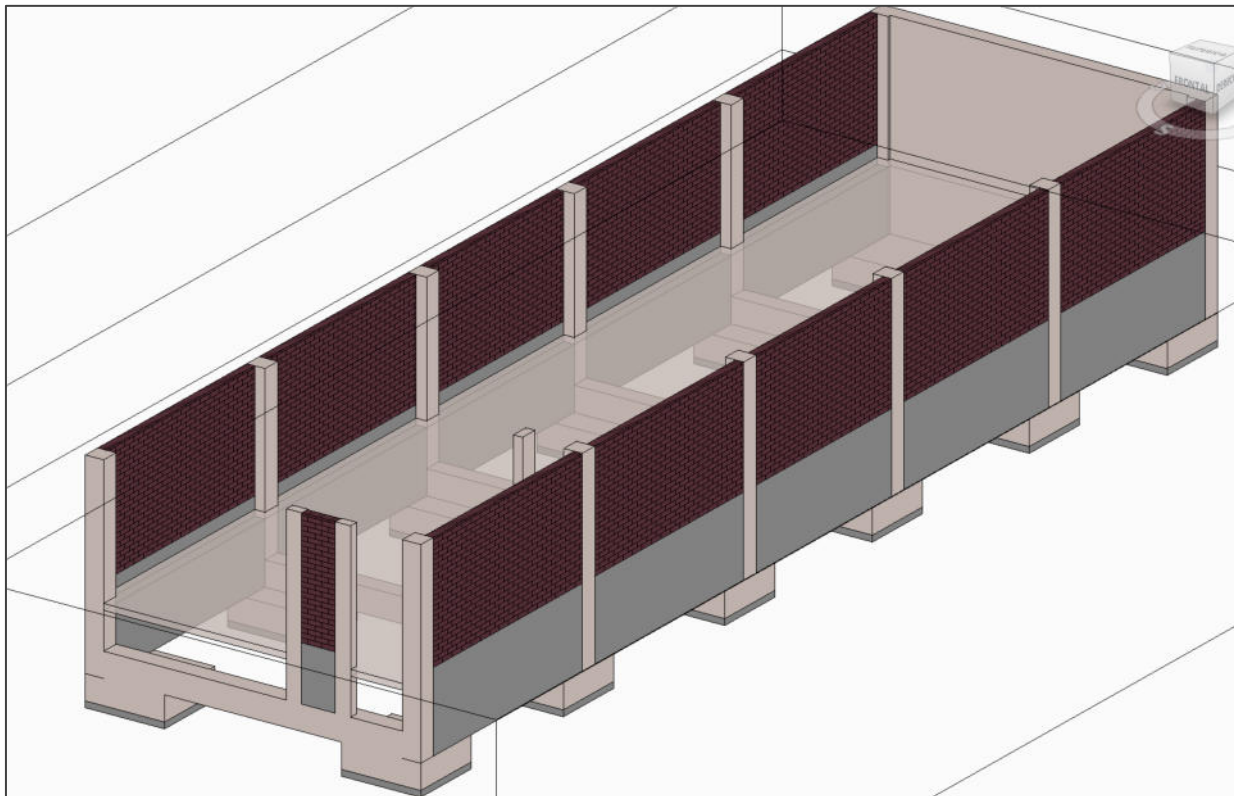
Nota. Acero estructural en pórtico. Elaboración propia

Las columnas principales están compuestas de 4 varillas de acero corrugado de $\text{Ø}= 5/8''$ y 2 varillas de $\text{Ø}=1/2''$, y las vigas principales con 6 aceros de $\text{Ø}= 5/8''$ y 2 de $\text{Ø}=3/8''$, además los estribos son de $\text{Ø}=3/8''$ tanto para columnas y vigas.

Modelado de Muros de Ladrillo Portantes. Los muros modelados (Figura 19) son compuestos de ladrillo industrial de arcilla King Kong de 18 huecos, el espesor del muro es de 13cm.

Figura 19

Modelado de Muros Estructurales

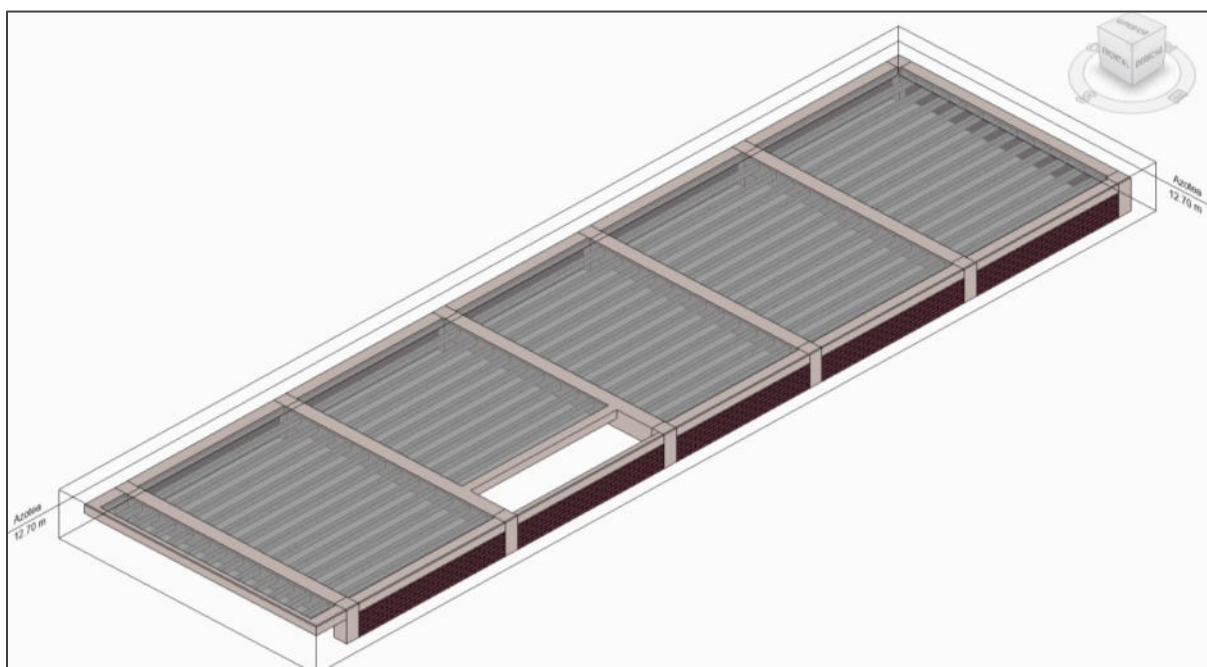


Nota. Elaboración propia

Modelado de Losas Aligeradas. Todas las losas de entrepiso fueron aligeradas y armadas en una sola dirección (Figuras 20 y 21), además estas tuvieron un espesor de 17 cm, todas las viguetas fueron de 10cm de ancho y se utilizó ladrillo de arcilla hueco para techo de 30x30cm.

Figura 20

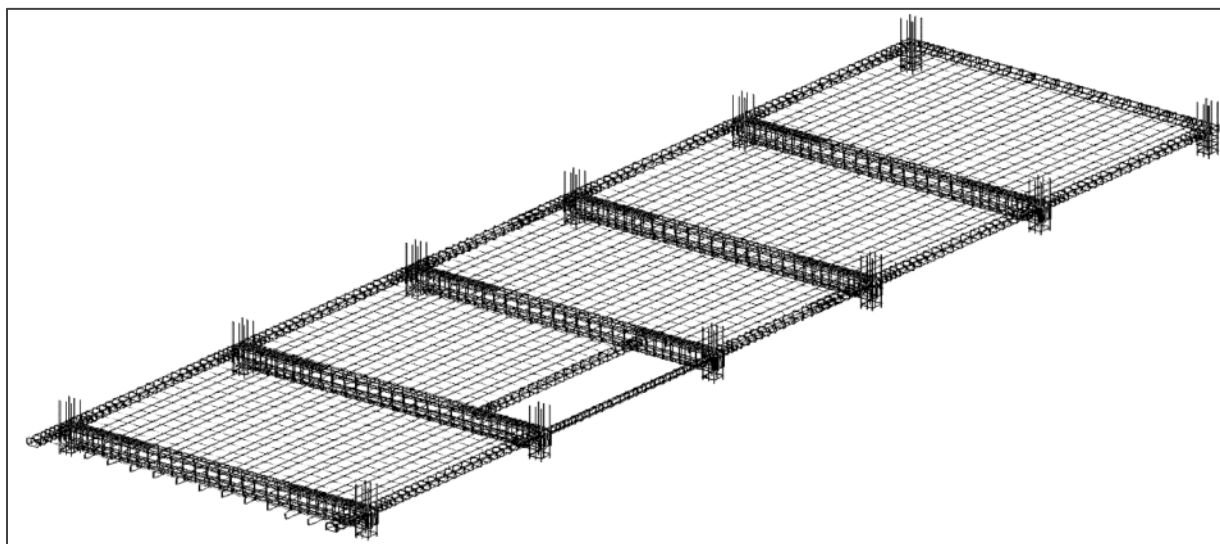
Modelado de Losa en una Dirección y Viguetas



Nota. Elaboración propia

Figura 21

Acero en la Losa Aligerada

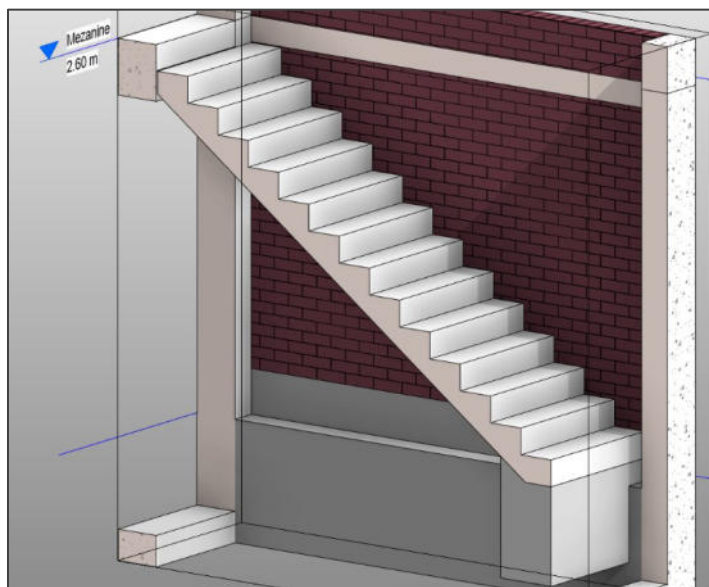


Nota. Se muestra el uso del acero de viguetas y de temperatura. Elaboración propia

Modelado de Escaleras. Para la vivienda se consideró 3 escaleras, las cuales son de 1m de ancho, 17.5 cm de contrapaso y 25cm de paso, tal como se aprecia en las siguientes figuras:

Figura 22

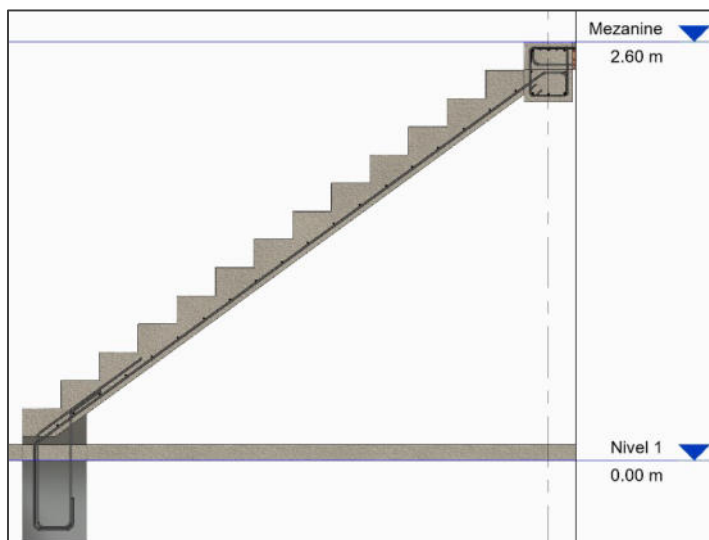
Modelado de Escalera con la que se llega al Mezanine de la Vivienda



Nota. Elaboración propia

Figura 23

Modelado de Acero en Escalera

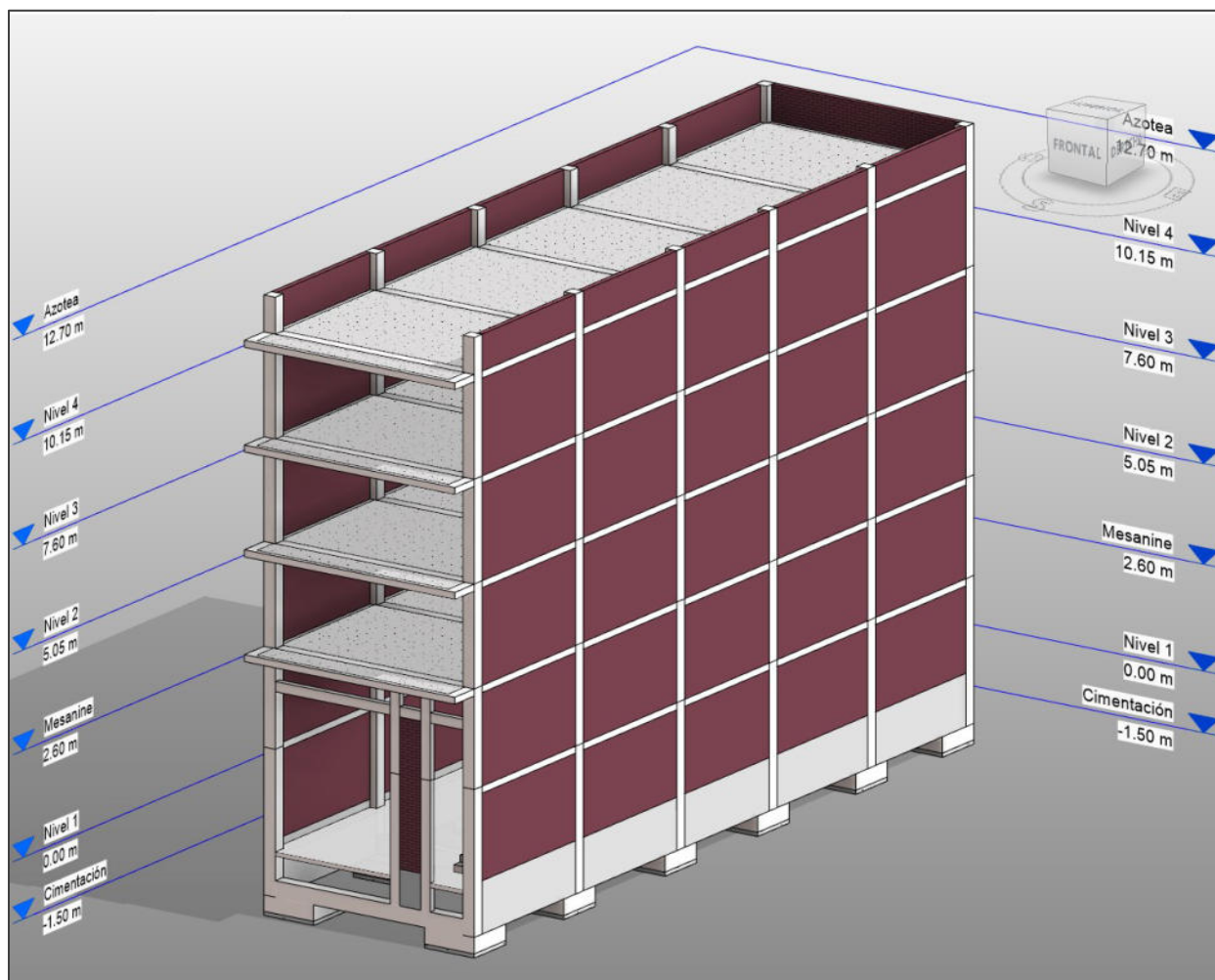


Nota. Elaboración propia

Modelo BIM-3D Estructuras Completo

Figura 24

Modelo BIM-3D Estructuras



Nota. Elaboración propia

Elaboración del Modelo BIM-3D Arquitectura

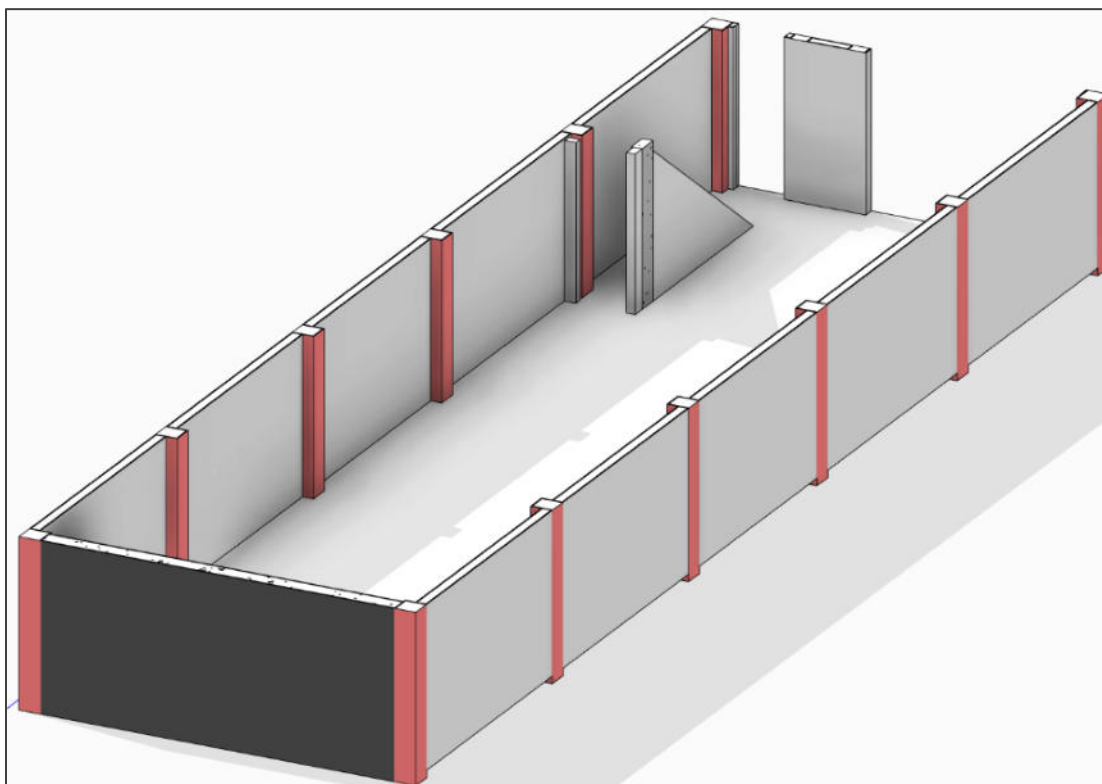
Para realizar el modelado de la arquitectura de la vivienda, se tuvo en cuenta las directrices para distribuir correctamente los espacios, dimensionar según lo estipulado en el R.N.E. El modelado se realizó coordinadamente con el modelo estructural (Figura 24), del cual se copiaron y supervisaron los ejes al igual que los niveles, para de esta forma tener el modelo en

las mismas coordenadas para su posterior aprovechamiento en la detección de interferencias con el software Navisworks, se configuraron debidamente las familias a usar con sus respectivos parámetros.

Modelado de columnas y muros. Estos elementos se modelaron como arquitectónicos porque existen en el modelo de estructuras, el espesor de los muros terminados es de 15cm, tal como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 25

Modelado de Columnas, Piso Terminado y Muros del Primer Piso

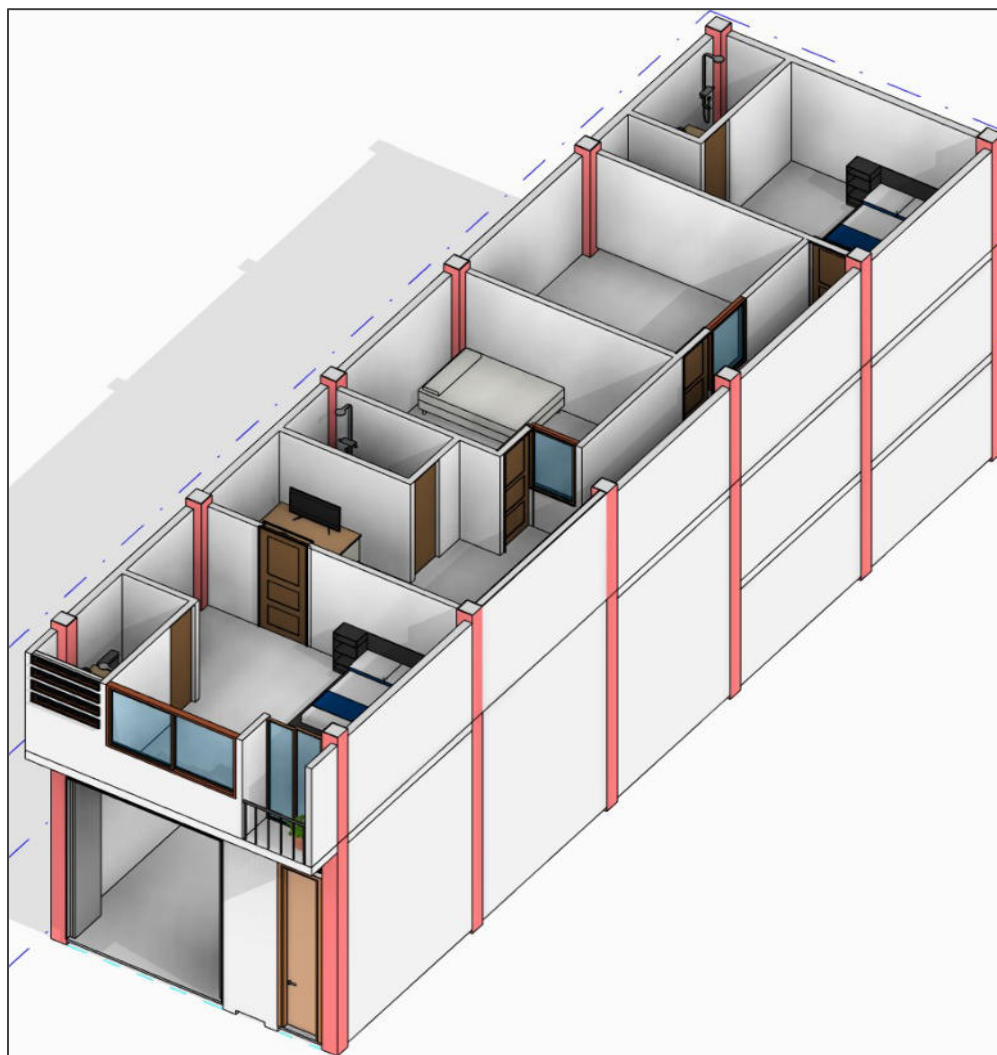


Nota. Elaboración propia

Modelado de Tabiquería, Puertas y Ventanas de la Vivienda. La tabiquería está compuesta de ladrillos pandereta con dimensiones 23x11x9cm, con asentado de soga, los muros de tabiquería terminados tienen un espesor de 12cm (Figura 26).

Figura 26

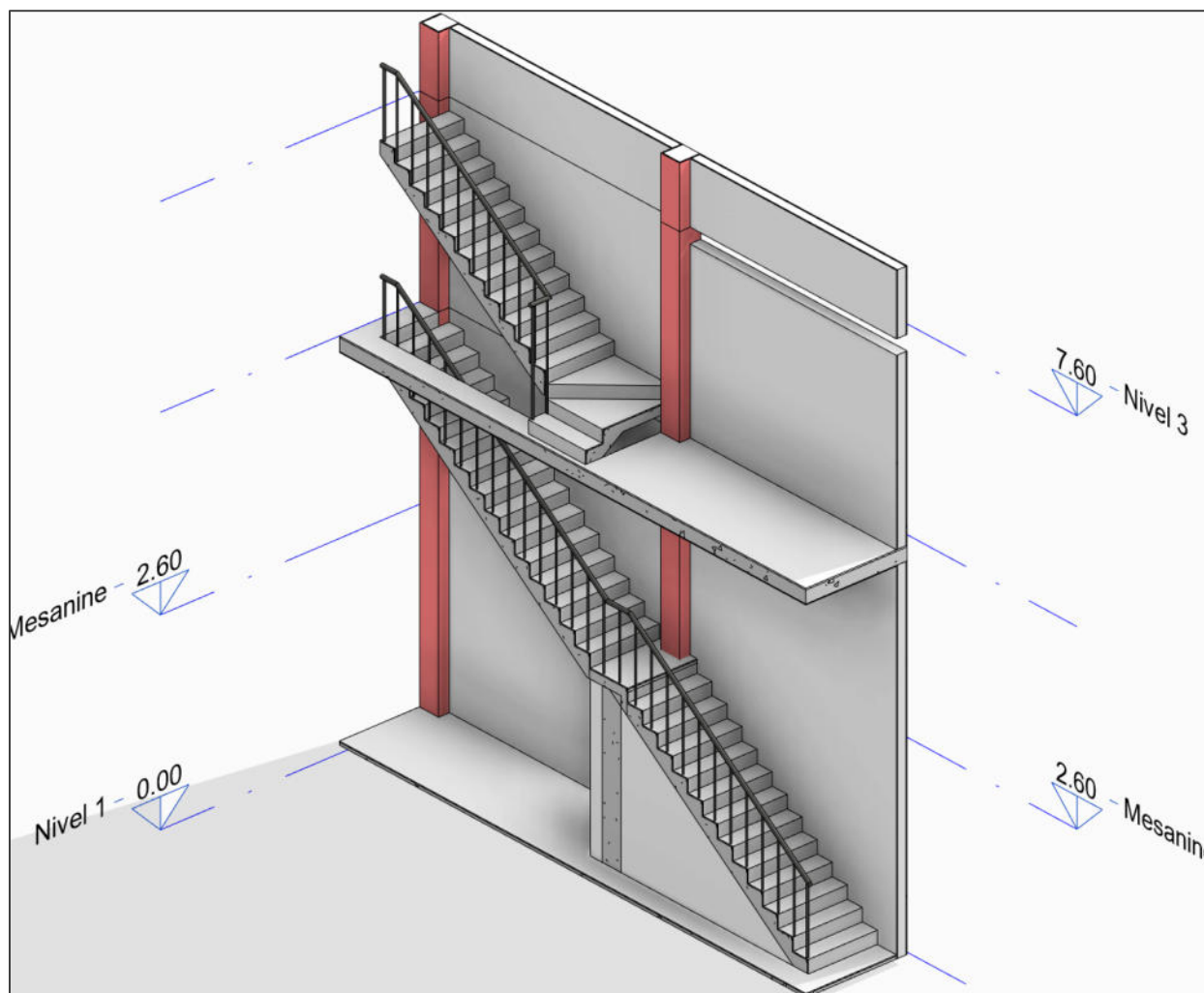
Modelado de Tabiquería, Puertas y Ventanas



Nota. Elaboración propia

Con el fin de insertar puertas y ventanas, los muros se modelaron de forma completa, sin dejar vanos para dichos elementos, de lo contrario no se podrían insertar.

Modelado de Escaleras. Para modelar las escaleras se tuvo en cuenta la especialidad de estructuras a fin de definir correctamente el espesor de la garganta de la escalera, es importante respetar las medidas mínimas de paso y contrapaso (ver Figura 27).

Figura 27*Modelado de Escalera*

Nota. Se muestra la escalera del 1º nivel y la típica. Elaboración propia.

Las escaleras modeladas tienen un paso de 25 cm, 17.5 cm de contrapaso y 1m de ancho, de tal manera que permita una normal circulación de las personas.

Modelo BIM-3D Arquitectura

Figura 28

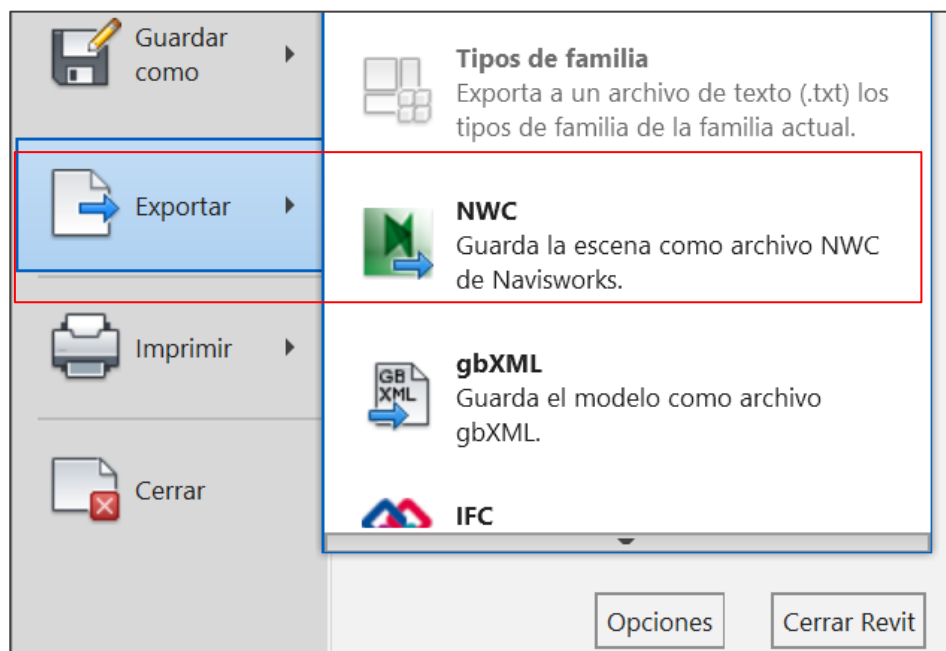
Modelo BIM Arquitectura



Nota. Elaboración propia



Detección de Interferencias e Incompatibilidades

Para realizar el proceso de la detección de interferencias e incompatibilidades, se realizó el modelo BIM de la especialidad de arquitectura y estructura por separado, pero coordinadamente con el software Revit.

Figura 29*Exportación desde Revit en Formato NWC**Nota.* Elaboración propia

Con los modelos BIM de arquitectura y estructuras listos, se procedió a exportar cada archivo en formato NWC para poder abrirlo en Navisworks, con este proceso se logra tener un archivo más liviano (ver figuras 30, 31 y 32).

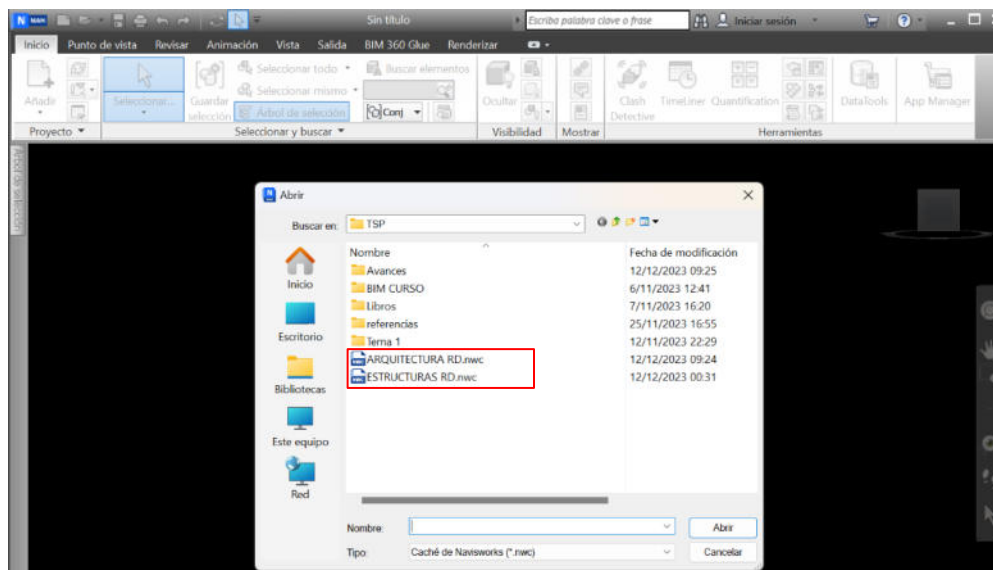
Figura 30*Archivos de Especialidades Exportados*

 ARQUITECTURA RD.nwc	12/12/2023 09:24	Navisworks Cache
 ESTRUCTURAS RD.nwc	12/12/2023 00:31	Navisworks Cache

Nota. Elaboración propia

Figura 31

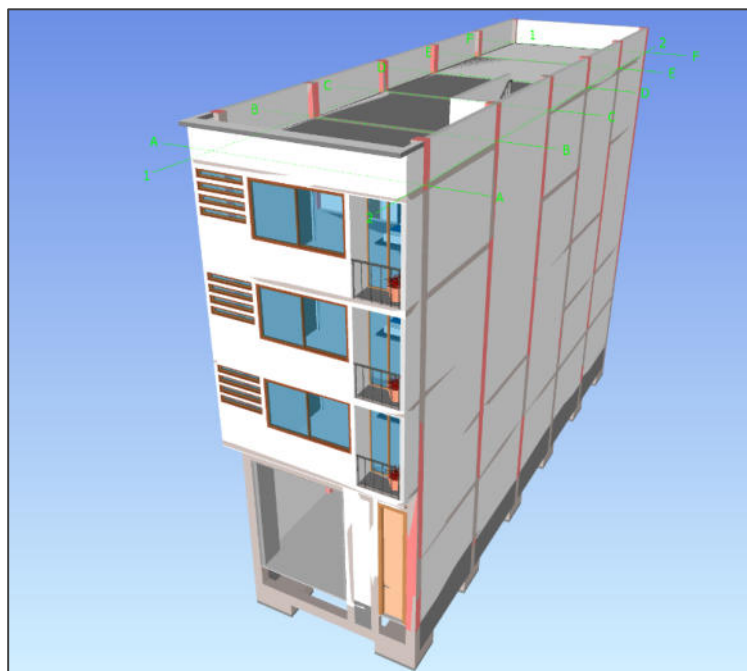
Abrir Archivos Exportados



Nota. Elaboración propia

Figura 32

Archivos Visualizados en Navisworks

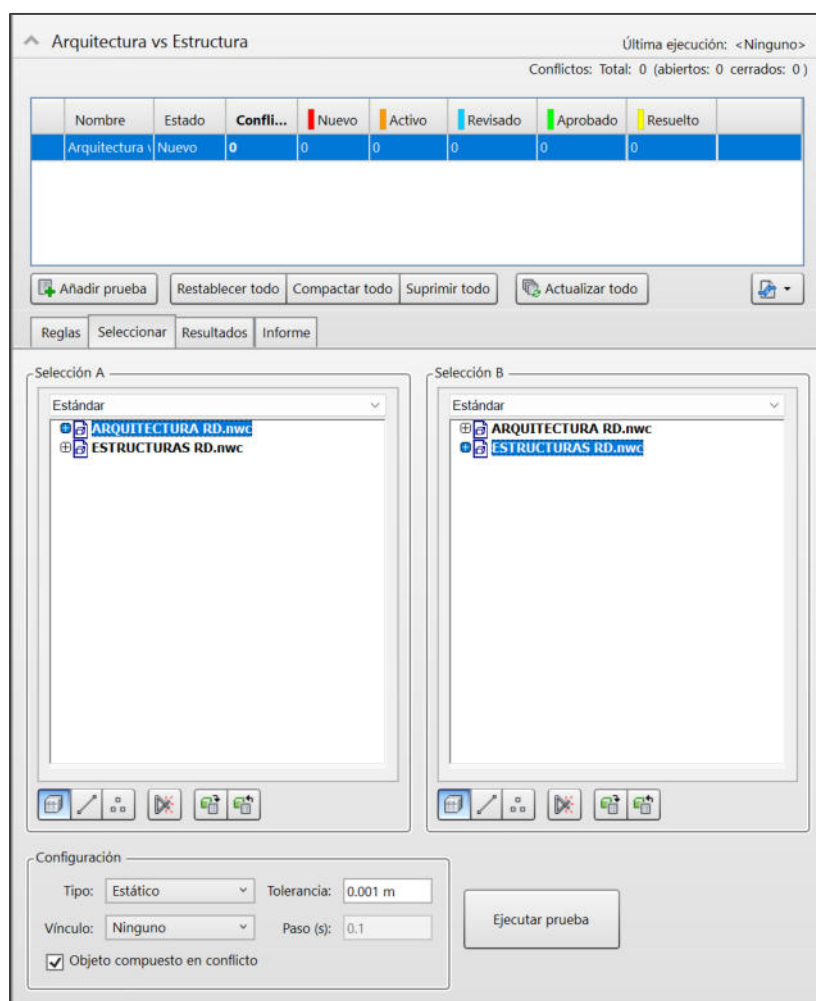


Nota. Elaboración propia

Con la herramienta Clash Detective generamos un análisis entre arquitectura y estructura, se ejecuta la prueba y Navisworks genera el informe de interferencias, como se puede apreciar en la figura 33.

Figura 33

Ejecución de la Herramienta Clash Detective



Nota. Elaboración propia

Enseguida, se presentan dos tablas con la información de las interferencias detectadas por el software Navisworks, entre las especialidades de arquitectura y estructuras (Tablas 3 y 4):

Tabla 3

Interferencias e Incompatibilidades entre Arquitectura y Estructuras

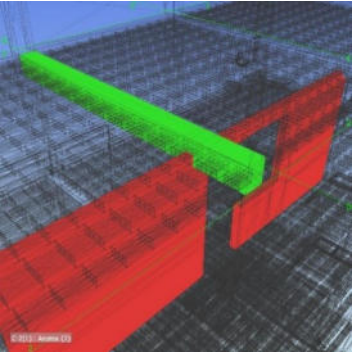
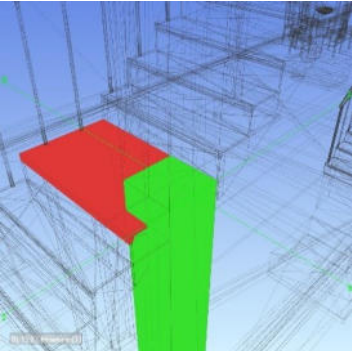
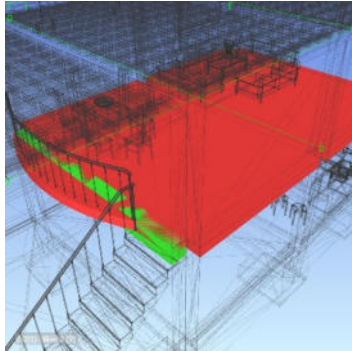
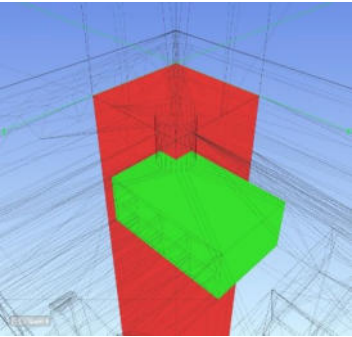
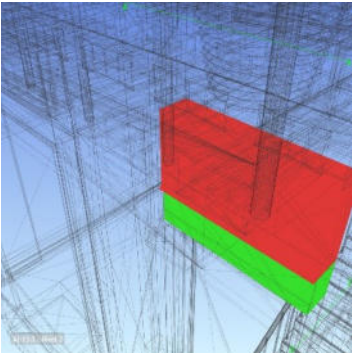
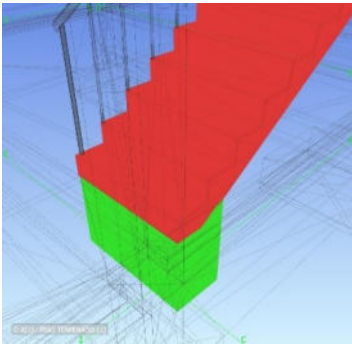
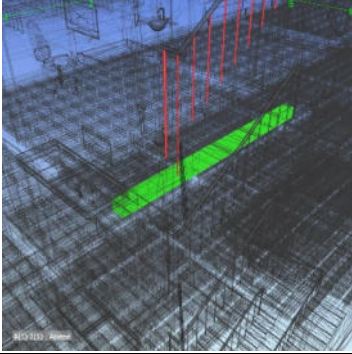
Imagen	Tipo de Incompatibilidad	Observación	Cantidad
	Diseño	Corregir altura de tabiquería, que no intercepte a elemento estructural.	03
	Diseño	Modificar el descanso de la escalera, para que no se intercepte en la columna.	04
	Construcción	Verificar si es adecuado o funcional.	01

Imagen	Tipo de Incompatibilidad	Observación	Cantidad
	Construcción	Cortar ladrillo para que no intercepte con la columna estructural.	10
	Diseño	Corregir altura de ventana para que no se intercepte con la viga estructural.	02
	Construcción	Corregir el Tarrajeo de la escalera, que no se solape con la base de la escalera.	02
	Necesaria	Se debe verificar que el anclaje de la baranda de la escalera afecte estructuralmente a la viga.	03
Total de incompatibilidades e interferencias			25

Nota. Elaboración propia

Tabla 4*Resumen de las Interferencias e Incompatibilidades*

Especialidades	Tipo			Cantidad
	Diseño	Construcción	Necesaria	
Arquitectura vs Estructura	09	13	03	25
Total				25

Nota. Elaboración propia

Con el informe de interferencias e incompatibilidades, se procedió a corregir los modelos, y a partir de estos, se realiza la documentación y estimación de cantidades.

Documentación de Planos

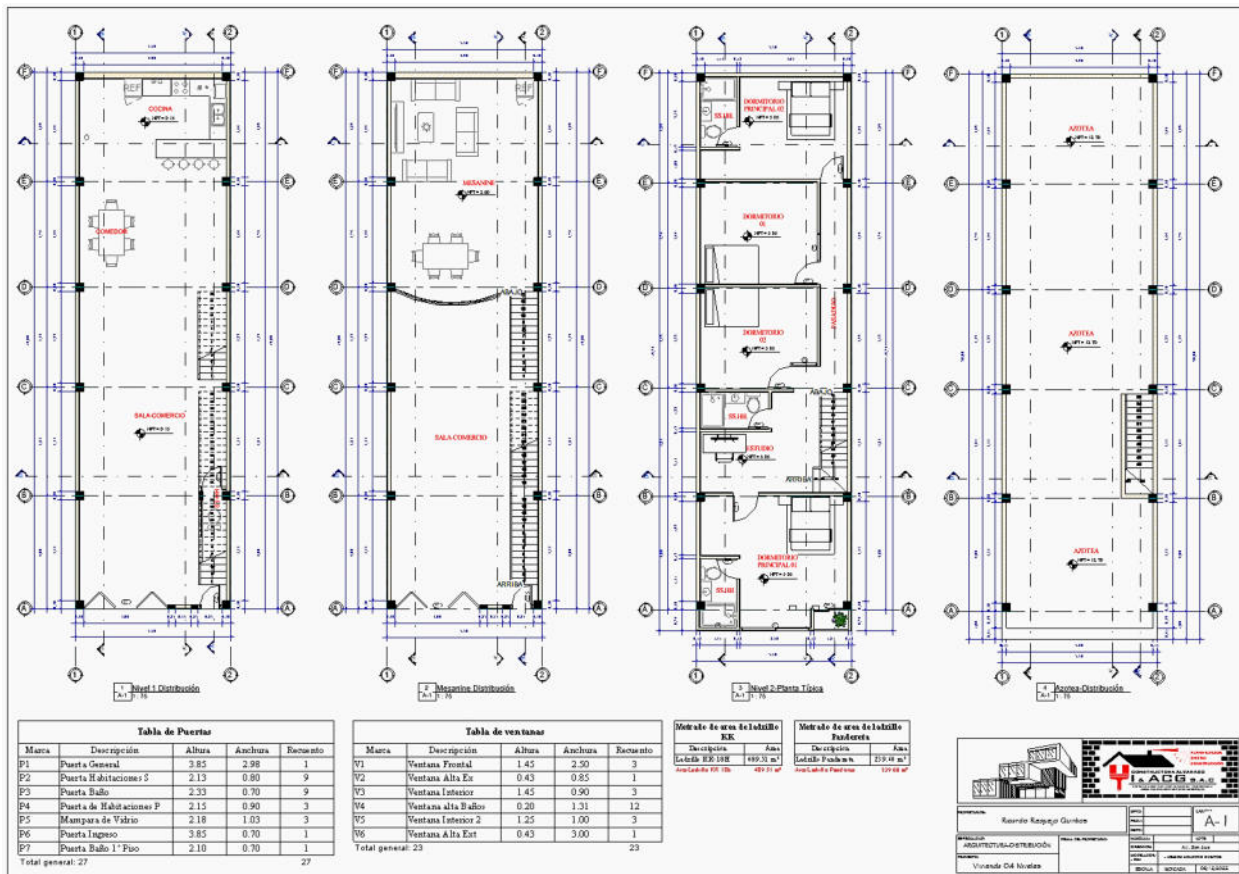
Con los modelos BIM corregidos se procedió a realizar los planos de las especialidades de arquitectura y estructuras de la vivienda de 04 niveles, de tal manera que se tengan contemplados todos los detalles, vistas, isometrías, cortes, etc., para su correcta interpretación y ejecución, todo esto a partir del uso del software Revit.

Según la Guía Técnica para Edificaciones BIM (2023), el uso de la metodología BIM para la documentación, permite la elaboración de la documentación desde una base confiable de información, reduce el tiempo en el proceso de elaboración, además puede ayudar a reducir el uso de documentación física al ser remplazada por el uso de herramientas digitales.

Planos de Arquitectura. Para esta especialidad se generaron tres planos, en uno de ellos se detallan las distribuciones en planta de la vivienda (Figura 34), el segundo señala los cortes (Figura 35) y el tercero, las elevaciones (Figura 36).

Figura 34

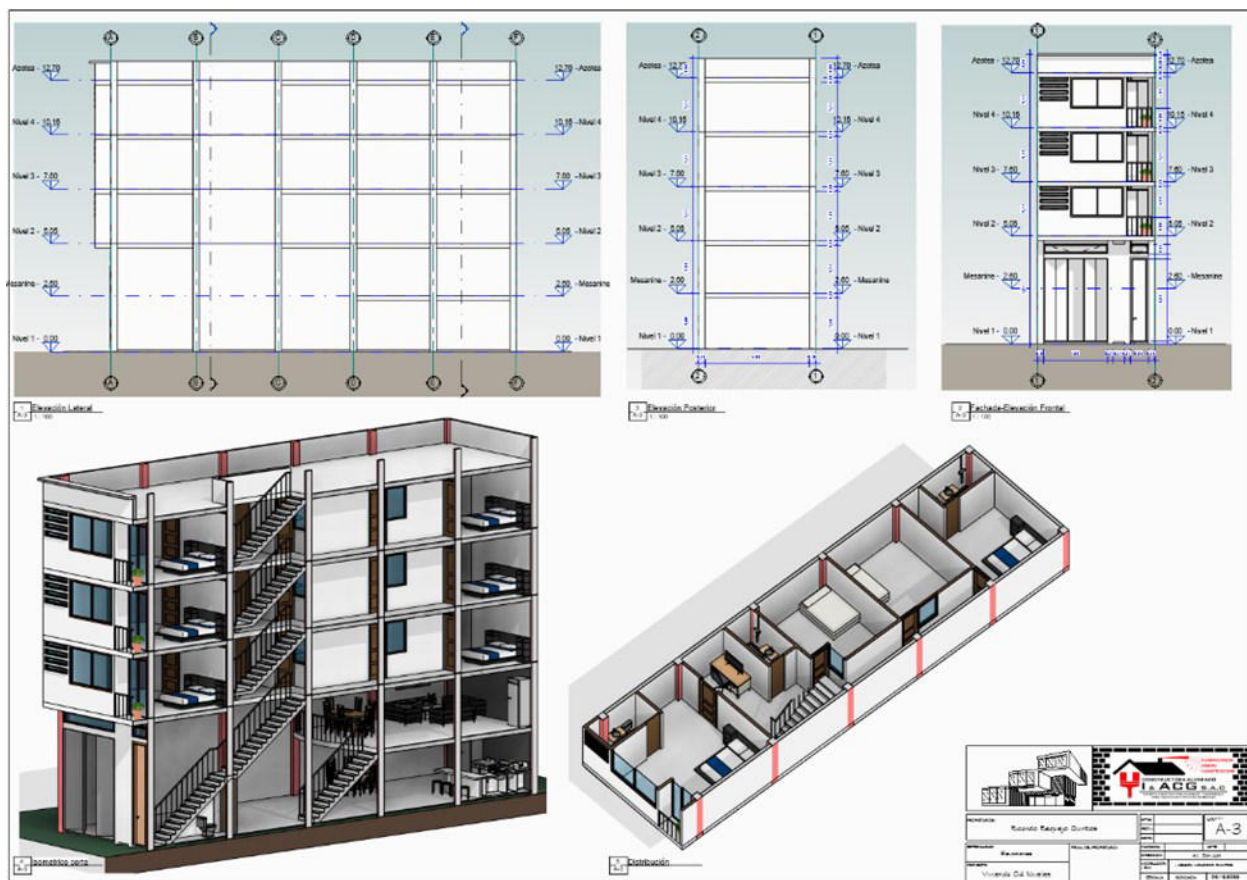
Planos de Distribución A-1



Nota. Elaboración propia

Figura 36

Plano de Elevaciones A-3

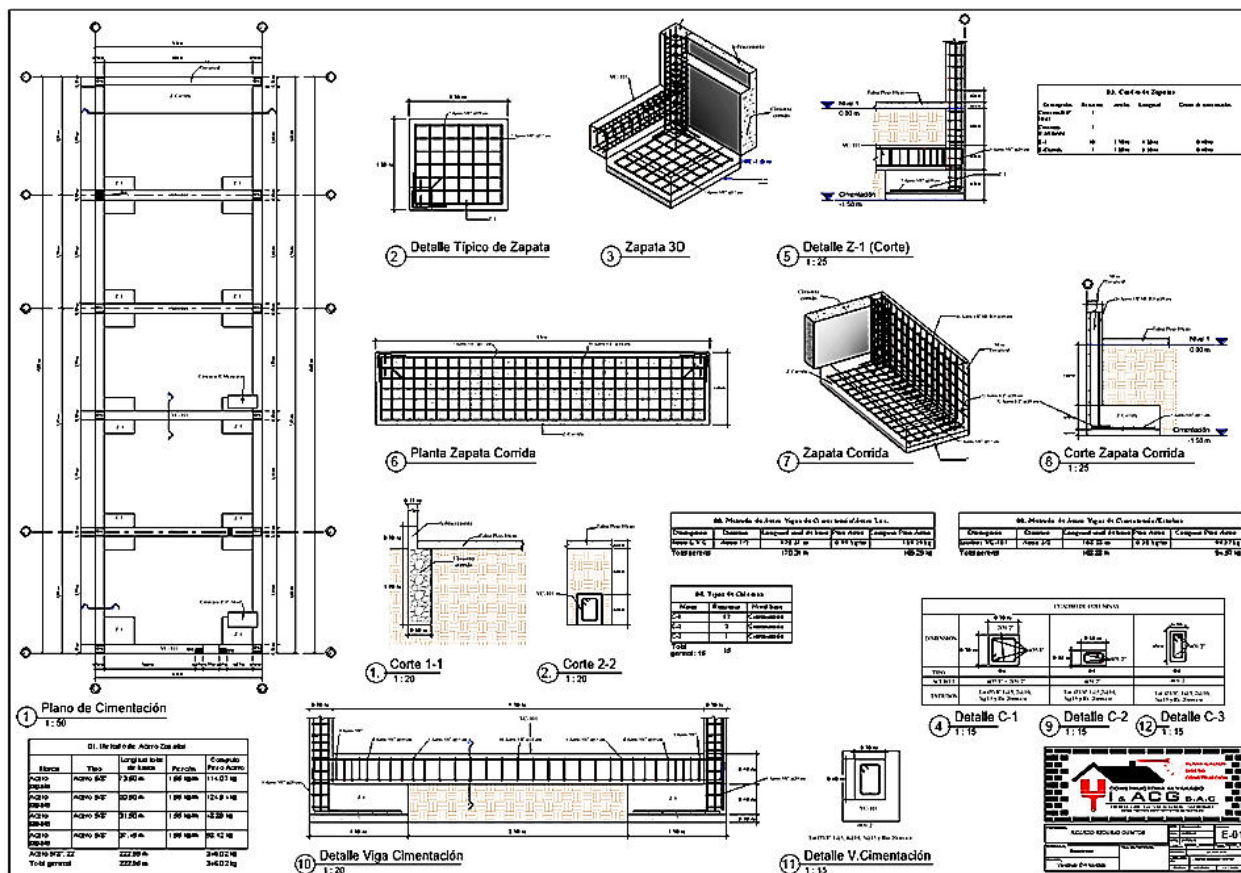


Nota. Elaboración propia

Planos de Estructuras. Para esta especialidad se generaron 02 planos en tamaño A1 y 01 en A2, en el primero se muestra la cimentación de la vivienda y detalles de elementos (Figura 37), el segundo contiene los detalles de las losas aligeradas (Figura 38) y el tercero detalla las escaleras (Figura 39).

Figura 37

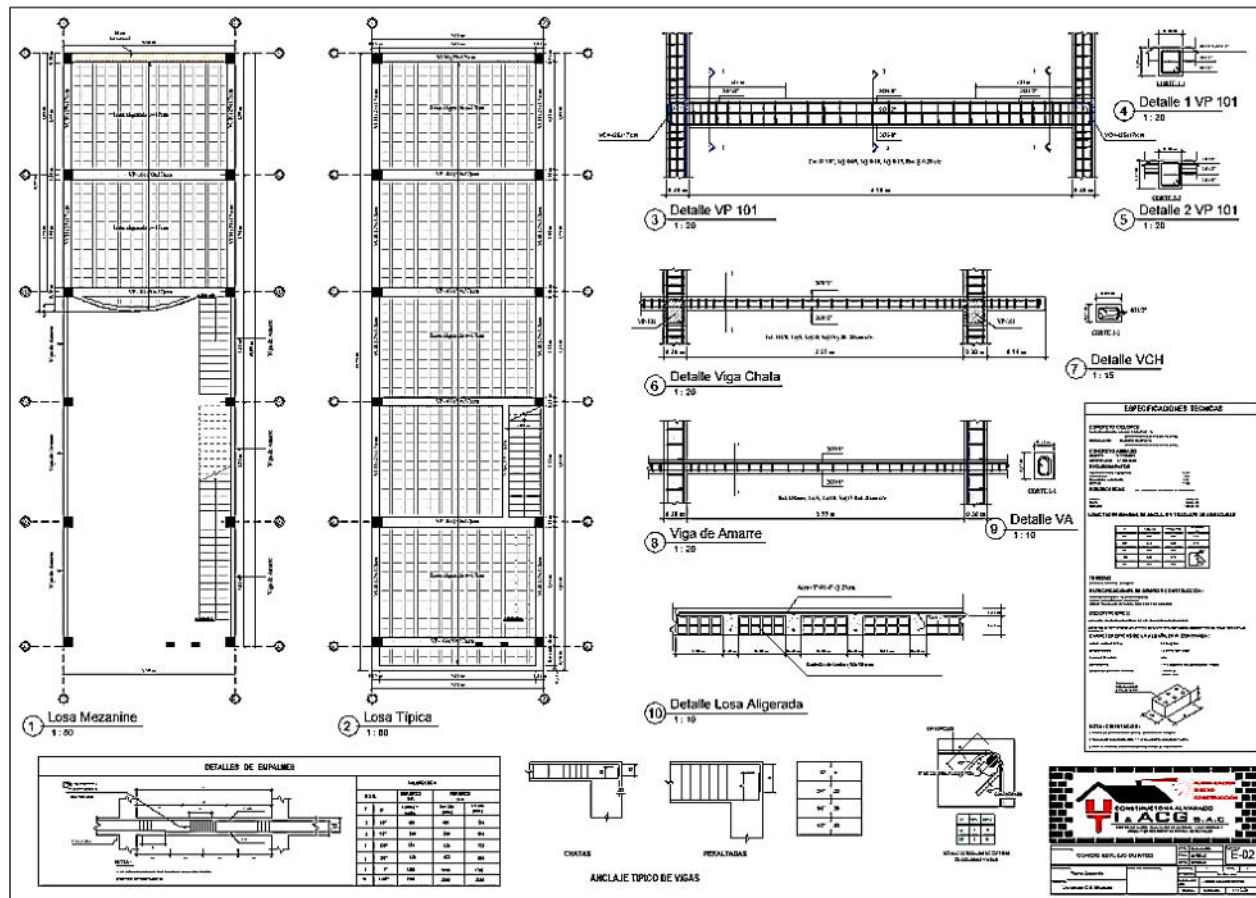
Plano de Cimentación E-1



Nota. Elaboración propia

Figura 38

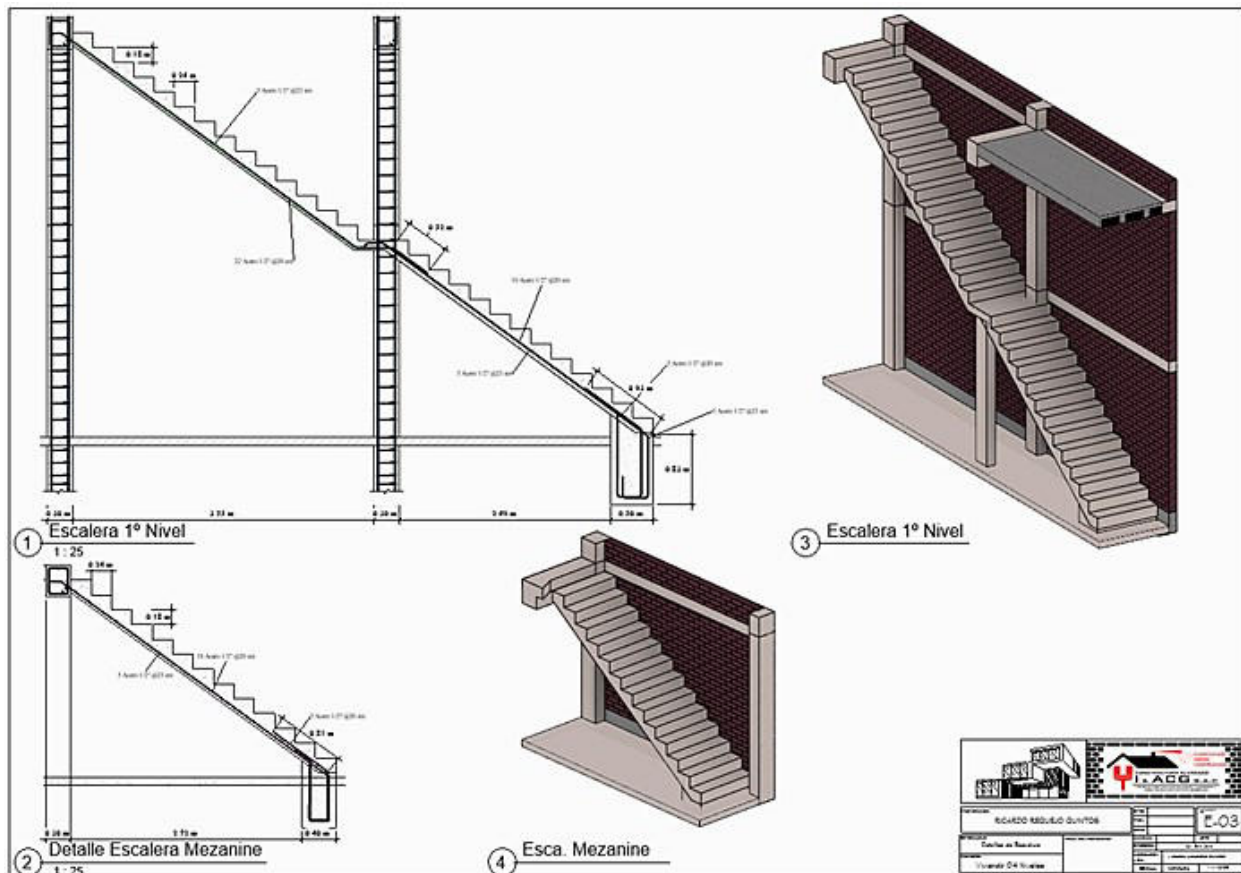
Plano de Aligerado E-2



Nota. Elaboración propia

Figura 39

Plano de Detalle de Escalera E-3



Nota. Elaboración propia

Medición de Cantidades

A partir de los modelos BIM generados, podemos generar tablas de estimación de cantidades o comúnmente conocidos como metrados en la sección Vistas y generar tablas, se han extraído la cuantificación más importante y necesaria.

Estimación de Cantidades de la Especialidad de Arquitectura. La cuantificación de las siguientes cantidades se realizó a partir del modelo BIM de arquitectura, como se puede apreciar en las Figuras 40 y 41.

Figura 40*Metrado del Área para Ladrillo KK-18h*

<Metrado de area de ladrillo KK>			
A	B	C	D
Descripción	Longitud	Cantidad	Área
Ladrillo KK-18H	0.50	1	0.37 m ²
Ladrillo KK-18H	0.55	1	2.52 m ²
Ladrillo KK-18H	0.67	2	1.06 m ²
Ladrillo KK-18H	0.91	1	0.88 m ²
Ladrillo KK-18H	1.89	1	1.28 m ²
Ladrillo KK-18H	3.22	10	81.79 m ²
Ladrillo KK-18H	3.44	24	172.00 m ²
Ladrillo KK-18H	3.55	20	183.18 m ²
Ladrillo KK-18H	3.63	1	3.20 m ²
Ladrillo KK-18H	4.90	4	38.96 m ²
Ladrillo KK-18H	5.35	1	4.28 m ²
Area Ladrillo KK 18h			489.51 m²

Nota. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021**Figura 41***Metrado del Área de Ladrillo Pandereta*

<Metrado de area de ladrillo Pandereta>			
A	B	C	D
Descripción	Longitud	Recuento	Área
Ladrillo Pandereta	0.13	1	0.41 m ²
Ladrillo Pandereta	0.68	3	5.22 m ²
Ladrillo Pandereta	0.74	6	9.98 m ²
Ladrillo Pandereta	0.92	3	0.43 m ²
Ladrillo Pandereta	0.95	1	0.92 m ²
Ladrillo Pandereta	1.00	1	0.37 m ²
Ladrillo Pandereta	1.06	2	2.06 m ²
Ladrillo Pandereta	1.40	3	4.98 m ²
Ladrillo Pandereta	1.42	6	18.89 m ²
Ladrillo Pandereta	2.54	3	16.92 m ²
Ladrillo Pandereta	2.55	3	12.95 m ²
Ladrillo Pandereta	2.61	3	12.52 m ²
Ladrillo Pandereta	2.99	1	2.73 m ²
Ladrillo Pandereta	3.09	3	20.60 m ²
Ladrillo Pandereta	4.04	3	26.03 m ²
Ladrillo Pandereta	4.05	3	14.53 m ²
Ladrillo Pandereta	4.90	6	53.18 m ²
Ladrillo Pandereta	6.52	3	36.89 m ²
Area Ladrillo Pandereta			239.60 m²

Nota. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021

Como se observa en la Figura 42, se obtuvo el metrado del área que será tarrajada en la vivienda, se cuantifico tomando las dos caras de todos los muros y tabiques modelados, esto gracias al modelo BIM de arquitectura generado.

Figura 42

Metrado de Tarrajeo en Muros

<Metrado de Tarrajeo Muros>		
A	B	C
Descripción	Longitud	Tarrajeo 2 Caras
Ladrillo KK-18H	0.50	0.73 m ²
Ladrillo KK-18H	0.55	5.04 m ²
Ladrillo KK-18H	0.67	2.13 m ²
Ladrillo KK-18H	0.91	1.76 m ²
Ladrillo KK-18H	1.89	2.56 m ²
Ladrillo KK-18H	3.22	163.58 m ²
Ladrillo KK-18H	3.44	344.00 m ²
Ladrillo KK-18H	3.55	366.36 m ²
Ladrillo KK-18H	3.63	6.39 m ²
Ladrillo KK-18H	4.90	77.91 m ²
Ladrillo KK-18H	5.35	8.56 m ²
Ladrillo Pandereta	0.13	0.81 m ²
Ladrillo Pandereta	0.68	10.43 m ²
Ladrillo Pandereta	0.74	19.96 m ²
Ladrillo Pandereta	0.92	0.85 m ²
Ladrillo Pandereta	0.95	1.84 m ²
Ladrillo Pandereta	1.00	0.74 m ²
Ladrillo Pandereta	1.06	4.11 m ²
Ladrillo Pandereta	1.40	9.95 m ²
Ladrillo Pandereta	1.42	37.79 m ²
Ladrillo Pandereta	2.54	33.84 m ²
Ladrillo Pandereta	2.55	25.91 m ²
Ladrillo Pandereta	2.61	25.04 m ²
Ladrillo Pandereta	2.99	5.47 m ²
Ladrillo Pandereta	3.09	41.20 m ²
Ladrillo Pandereta	4.04	52.06 m ²
Ladrillo Pandereta	4.05	29.07 m ²
Ladrillo Pandereta	4.90	106.35 m ²
Ladrillo Pandereta	6.52	73.78 m ²
Muro C°A°	4.90	45.57 m ²
Area Tarrajeo		1503.80 m²

Nota. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021

En las Figuras 43 y 44, se puede apreciar que la vivienda tiene un total de 27 puertas y 23 ventanas, con sus dimensiones respectivas; además, se logró cuantificar de manera rápida y precisa a partir del modelo de arquitectura generado (Tabla 5, Figuras 43-48).

Figura 43

Metrado de Tipo y Cantidad de Puertas

<Tabla de Puertas>				
A	B	C	D	E
Marca	Descripción	Altura	Anchura	Recuento
P1	Puerta General	3.85	2.98	1
P2	Puerta Habitaciones S	2.13	0.80	9
P3	Puerta Baño	2.33	0.70	9
P4	Puerta de Habitaciones P	2.15	0.90	3
P5	Mampara de Vidrio	2.18	1.03	3
P6	Puerta Ingreso	3.85	0.70	1
P7	Puerta Baño 1° Piso	2.10	0.70	1
Total general: 27				27

Nota. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021

Figura 44

Metrado de Tipo y Cantidad de Ventanas

<Tabla de ventanas>				
A	B	C	D	E
Marca	Descripción	Altura	Anchura	Recuento
V1	Ventana Frontal	1.45	2.50	3
V2	Ventana Alta Ex	0.43	0.85	1
V3	Ventana Interior	1.45	0.90	3
V4	Ventana alta Baños	0.20	1.31	12
V5	Ventana Interior 2	1.25	1.00	3
V6	Ventana Alta Ext	0.43	3.00	1
Total general: 23				23

Nota. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021

Tabla 5

Resumen de Cuantificación de Materiales del Modelo BIM Arquitectura

Descripción	Unidad	Cantidad Total
Ladrillo Pandereta	m ²	239.60
Ladrillo	m ²	489.51
Tarrajeo en Muros	m ²	1503.80

Nota. Elaboración propia

Estimación de Cantidades Especialidad Estructuras

Figura 45

Metrado de Concreto Simple en Solado

<Concreto en Solado>					
A	B	C	D	E	F
Descripción	Material	Cantidad	Ancho	Longitud	Area
Solado e=10cm	Concreto Simple	10	1.30 m	1.20 m	15.60 m ²
Solado e=10cm	Concreto Simple	1	5.50 m	1.20 m	6.60 m ²
Total general					22.20 m ²

Nota. Se muestra el cálculo del concreto simple del solado de la Z-1 y la zapata corrida, que tiene un espesor de 10cm. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021

Figura 46

Metrado de Volumen de Concreto Armado en Zapatas y Cimentación de Escalera

<Concreto en Zapatas y Cimentación de Escalera>				
A	B	C	D	E
Descripción	Material	Cantidad	Altura	Volumen
Cimiento E.1° Nivel	Concreto fc 210 kgf/cm ²	1		0.45 m ³
Cimineto E.Mezanine	Concreto fc 210 kgf/cm ²	1		0.27 m ³
Z-1	Concreto fc 210 kgf/cm ²	10	0.40 m	6.24 m ³
Z-Corrida	Concreto fc 210 kgf/cm ²	1	0.40 m	2.64 m ³
Total general				9.60 m ³

Nota. Concreto de Resistencia F'c = 210 kgf/cm² para las zapatas. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021.

Figura 47

Metrado de Volumen de Concreto en Vigas de Cimentación.

<Concreto en Vigas de Cimentación>			
A	B	C	D
Marca	Material estructural	Recuento	Volumen
VC-101	Concreto fc 210 kg	1	0.59 m ³
VC-101	Concreto fc 210 kg	1	0.59 m ³
VC-101	Concreto fc 210 kg	1	0.59 m ³
VC-101	Concreto fc 210 kg	1	0.59 m ³
VC-101	Concreto fc 210 kg	1	0.59 m ³
Total general: 5			2.94 m ³

Nota. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021

Figura 48

Metrado de Volumen de Concreto Ciclópeo en Cimiento Corrido

< . Concreto en Cimiento Corrido>			
A	B	C	D
Descripción	Material	Recuento	Volumen
Cimiento Corrido	Concreto Ciclópeo	1	0.97 m ³
Cimiento Corrido	Concreto Ciclópeo	1	0.94 m ³
Cimiento Corrido	Concreto Ciclópeo	1	1.03 m ³
Cimiento Corrido	Concreto Ciclópeo	1	1.03 m ³
Cimiento Corrido	Concreto Ciclópeo	1	1.03 m ³
Cimiento Corrido	Concreto Ciclópeo	1	1.03 m ³
Cimiento Corrido	Concreto Ciclópeo	1	1.07 m ³
Cimiento Corrido	Concreto Ciclópeo	1	1.01 m ³
Cimiento Corrido	Concreto Ciclópeo	1	1.07 m ³
Cimiento Corrido	Concreto Ciclópeo	1	1.07 m ³
Cimiento Corrido	Concreto Ciclópeo	1	0.10 m ³
Total general: 11			10.34 m ³

Nota. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021

Tal como se observa en la Figura 48, se calculó el volumen de concreto ciclópeo del cimiento corrido de la vivienda, esto gracias a los parámetros establecidos en el modelo BIM de estructuras, que facilitan obtener la cuantificación de manera más sencilla y rápida.

Figura 49*Metrado de Volumen de Concreto Ciclópeo en Sobrecimiento*

< . Concreto en Sobrecimiento >			
A	B	C	D
Descripción	Material	Recuento	Volumen
Sobrecimiento	Concreto Ciclopeo	1	0.14 m ³
Sobrecimiento	Concreto Ciclopeo	1	0.14 m ³
Sobrecimiento	Concreto Ciclopeo	1	0.14 m ³
Sobrecimiento	Concreto Ciclopeo	1	0.13 m ³
Sobrecimiento	Concreto Ciclopeo	1	0.13 m ³
Sobrecimiento	Concreto Ciclopeo	1	0.13 m ³
Sobrecimiento	Concreto Ciclopeo	1	0.13 m ³
Sobrecimiento	Concreto Ciclopeo	1	0.13 m ³
Sobrecimiento	Concreto Ciclopeo	1	0.13 m ³
Sobrecimiento	Concreto Ciclopeo	1	0.14 m ³
Sobrecimiento	Concreto Ciclopeo	1	0.02 m ³
Total general: 11			1.36 m ³

Nota. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021**Figura 50***Metrado de Acero en Zapatas*

< . Metrado de Acero Zapatas >				
A	B	C	D	E
Descripción	Tipo	Longitud total de barra	Peso/m	Computo Peso Acero
Acero zapata	Acero 5/8"	222.950 m	1.55 kg/m	346.02 kg
Total general		222.950 m		346.02 kg

Nota. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021**Figura 51***Metrado de Acero Longitudinal en VC-101*

< . Metrado de Acero Vigas de Cimentación/Acero Lon.>				
A	B	C	D	E
Descripción	Diametro	Longitud total de barra	Peso Acero	Computo Peso Acero
Acero L.V.C	Acero 1/2"	170.314 m	0.99 kg/m	169.29 kg
Total general		170.314 m		169.29 kg

Nota. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021

Figura 52*Metrado de Acero de Estribos en VC-101*

< Metrado de Acero Vigas de Cimentación/Estribos >				
A	B	C	D	E
Descripción	Diametro	Longitud total de barra	Peso Acero	Computo Peso Acero
Estribos VC-101	Ø 3/8"	168.881 m	0.56 kg/m	94.57 kg
Total general		168.881 m		94.57 kg

Nota. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021**Figura 53***Metrado de Concreto en Columnas*

<Concreto en Columnas >				
A	B	C	D	E
Descripción	Material	Nivel base	Cantidad	Volumen
C-3	Concreto f c 210	Cimentación	1	0.13 m ³
C-2	Concreto f c 210	Cimentación	2	0.24 m ³
C-2	Concreto f c 210	Mezanine	2	0.18 m ³
C-1	Concreto f c 210	Cimentación	12	3.89 m ³
C-1	Concreto f c 210	Mezanine	12	2.65 m ³
C-1	Concreto f c 210	Nivel 2	12	2.75 m ³
C-1	Concreto f c 210	Nivel 3	12	2.75 m ³
C-1	Concreto f c 210	Nivel 4	12	3.73 m ³
Volumen Total de Concreto			65	16.32 m ³

Nota. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021**Figura 54***Metrado de Acero Longitudinal en Columnas*

< . Acero Longitudinal en Columnas >				
A	B	C	D	E
Descripción	Diametro	Longitud total de barra	Peso Acero	Computo Peso Acero
Acero L C-1	Acero 1/2"	375.243 m	0.99 kg/m	372.99 kg
Acero L C-1	Acero 5/8"	764.780 m	1.55 kg/m	1186.94 kg
Acero L C-2	Acero 1/2"	46.013 m	0.99 kg/m	45.74 kg
Acero L C-3	Acero 1/2"	13.627 m	0.99 kg/m	13.55 kg
Total general		1199.663 m		1619.21 kg

Nota. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021

Figura 55*Metrado de Acero de Estribos en Columnas*

< . Concreto en Vigas >			
A	B	C	D
Descripción	Material	Recuento	Volumen
VA	Concreto f'c 210	20	1.78 m ³
VCH	Concreto f'c 210	55	7.07 m ³
VP-101	Concreto f'c 210	22	11.94 m ³
Volumen Total			20.80 m ³

Nota. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021**Figura 56***Metrado de Concreto en VP-101*

< . Acero de Estribos en Columnas >				
A	B	C	D	E
Descripción	Diametro	Longitud total de barra	Peso Acero	Computo Peso Acero
Estribos C-1	Ø 3/8"	1027.500 m	0.56 kg/m	575.40 kg
Estribos C-2	Ø 3/8"	42.752 m	0.56 kg/m	23.94 kg
Estribos C-3	Ø 3/8"	14.212 m	0.56 kg/m	7.96 kg
Total general		1084.463 m		607.30 kg

Nota. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021

Para calcular la cantidad de acero en los diferentes elementos estructurales de la vivienda se debe asignar el parámetro de marca, este facilita la cuantificación (Figuras 57 y 58).

Figura 57*Metrado de Acero Longitudinal en Vigas*

< . Acero Longitudinal en Vigas >				
A	B	C	D	E
Descripción	Diametro	Longitud total de barra	Peso Acero	Computo Peso Acero
Acero L V.CH	Acero 1/2" viga chata	828.111 m	0.99 kg/m	823.14 kg
Acero L VA	Ø 3/8"	124.228 m	0.56 kg/m	69.57 kg
Acero L VP-101	Acero 1/2"	382.069 m	0.99 kg/m	379.78 kg
Acero L VP-101	Acero 5/8"	771.724 m	1.55 kg/m	1197.72 kg
Total		2106.132 m		2470.20 kg

Nota. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021

Figura 58*Metrado de Acero de Estribos en Vigas*

< . Acero de Estribos en Vigas >				
A	B	C	D	E
Descripción	Diametro	Longitud total de barra	Peso Acero	Computo Peso Acero
Estribos V CH	Acero 8mm	17.414 m	0.40 kg/m	6.88 kg
Estribos V CH	Ø 3/8"	833.097 m	0.56 kg/m	466.53 kg
Estribos VA	Acero 8mm	104.619 m	0.40 kg/m	41.32 kg
Estribos VP	Ø 3/8"	770.853 m	0.56 kg/m	431.68 kg
Total		1725.984 m		946.42 kg

Nota. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021**Figura 59***Metrado de Concreto en Losa Aligerada*

< . Concreto en Losa Aligerada >			
A	B	C	D
Descripción	Material: Descripción	Nivel	Volumen
Losa Aligerada	Concreto f'c 210	Mezanine	2.82 m ³
Losa Aligerada	Concreto f'c 210	Nivel 2	6.73 m ³
Losa Aligerada	Concreto f'c 210	Nivel 3	6.73 m ³
Losa Aligerada	Concreto f'c 210	Nivel 4	6.73 m ³
Losa Aligerada	Concreto f'c 210	Azotea	6.73 m ³
Total general: 5			29.74 m ³

Nota. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021**Figura 60***Tabla de Metrado de Ladrillo de Techo*

< . Cantidad de Ladrillo de Techo >		
A	B	C
Descripción	Nivel	Cantidad
Ladrillo de Techo	Mezanine	317
Ladrillo de Techo	Nivel 2	757
Ladrillo de Techo	Nivel 3	757
Ladrillo de Techo	Nivel 4	757
Ladrillo de Techo	Azotea	757
Total		3345

Nota. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021

Figura 61*Metrado de Acero en Losa Aligerada*

< . Acero en Losa Aligerada >				
A	B	C	D	E
Descripción	Diametro	Longitud total de barra	Peso Acero	Computo Peso Acero
Acero T°	Acero 1/4"	1697.074 m	0.25 kg/m	420.87 kg
Acero Vigueta	Acero 1/2" Vigueta	2031.291 m	0.99 kg/m	2019.10 kg
Total		3728.365 m		2439.98 kg

Nota. Acero de temperatura en losa y acero de viguetas. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021

Figura 62*Metrado de Acero en Muro de Concreto Armado*

< Concreto en Muro >		
A	B	C
Marca	Material: Descripción	Material: Volumen
Muro Armado	Concreto f'c 210	7.20 m ³
Total general		7.20 m³

Nota. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021

Se observa en la figura 63, la cuantificación del peso del acero embebido en el muro de concreto, además este estuvo compuesto de varillas de acero de Ø 5/8" de forma vertical y de acero de Ø 1/2" de manera horizontal.

Figura 63*Metrado de Acero en Muro de Concreto Armado*

< Acero en Muro Armado >				
A	B	C	D	E
Descripción	Diametro	Longitud total de barra	Peso Acero	Computo Peso Acero
AceroL.Muro	Acero 1/2"	363.737 m	0.99 kg/m	361.55 kg
AceroL.Muro	Acero 5/8" MURO	349.351 m	1.55 kg/m	542.19 kg
Total		713.088 m		903.75 kg

Nota. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021

Figura 64*Metrado de Concreto en Escaleras*

<Concreto en Escaleras>		
A	B	C
Marca	Material: Descripción	Material: Volumen
Escalera 1º Nivel	Concreto f'c 210	1.56 m ³
Escalera Mezanine	Concreto f'c 210	0.72 m ³
Total general: 2		2.28 m ³

Nota. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021**Figura 65***Metrado de Acero en Escaleras*

< . Acero en Escaleras>				
A	B	C	D	E
Descripción	Diametro	Longitud total de barra	Peso Acero	Computo Peso Acero
Acero Es. Mezanine	Acero 1/2"	54.889 m	0.99 kg/m	54.56 kg
Acero Escalera	Acero 1/2"	111.004 m	0.99 kg/m	110.34 kg
Total		165.893 m		164.90 kg

Nota. Elaboración propia, Autodesk Revit 2021**Tabla 6***Resumen del Metrado de Materiales de la Especialidad de Estructuras*

Descripción	Unidad	Cantidad
Concreto Simple F'c: 145 Kg/cm ²	m ³	2.22
Concreto Ciclópeo	m ³	11.70
Concreto F'c: 210Kg/cm ²	m ³	88.88
Acero Corrugado F'y: 4200 Kg/cm ²	Kg	9761.64
Ladrillo de Techo	Und	3345

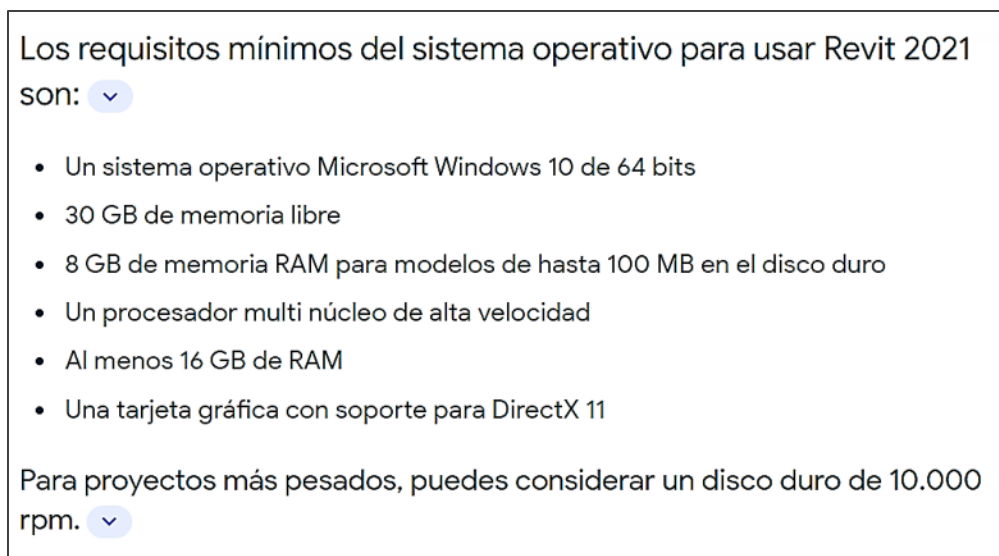
Nota. Cuantificación de materiales a partir del Modelo BIM Estructuras. Elaboración propia

Factibilidad Técnica Operativa

Para poder hacer uso de software BIM en la empresa Constructora Alvarado I & ACG SAC., es primordial contar con equipos tecnológicos que puedan soportar y correr el software Revit de manera adecuada con las características mínimas que se muestran en la Figura 66.

Figura 66

Requisitos del Sistema Operativo



Nota. Adaptado de Autodesk, 2021

La empresa contaba con 03 computadoras de escritorio, de las cuales una era usada específicamente para el tema administrativo y 02 por la parte técnica, las cuales sí contaban con los requisitos mínimos para poder utilizar el software Revit versión 2021.

Además, la empresa tiene que contar con el personal técnico capacitado en los temas de BIM para que se use en la fase de diseño de obras con fines de vivienda.

Con el uso de BIM-3D para el proyecto de una edificación de 4 niveles elaborado por la empresa Constructora Alvarado I & ACG SAC, se logró identificar las interferencias entre las disciplinas modeladas, de esta manera se pudo corregir dichos problemas de manera temprana y coordinar con el equipo de trabajo, además, al usar un modelo BIM se pudo realizar a partir del

mismo la documentación de planos, estos a la vez ofrecen un mayor detalle y sin errores de dibujo.

Cuadro de Inversión

Tabla 7

Inversión de la Empresa

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/	Precio Parcial S/
Computadoras	Und	02	3800.00	7600.00
Software Revit	Paquete	01	1500.00	1500.00
Especialista BIM	Hh	30	25.00	750.00
Ploteos planos	und	10	5.00	50.00
Total				9900.00

Nota. Elaboración propia

Análisis de Resultados

Análisis Costos-Beneficio

Para la implementación de la metodología BIM-3D en la empresa Constructora Alvarado I & ACG SAC, se tuvo un costo de S/. 9900.00 como se muestra en la Tabla N° 3; a raíz de esta inversión, la empresa obtiene muchos beneficios, los cuales se describen a continuación:

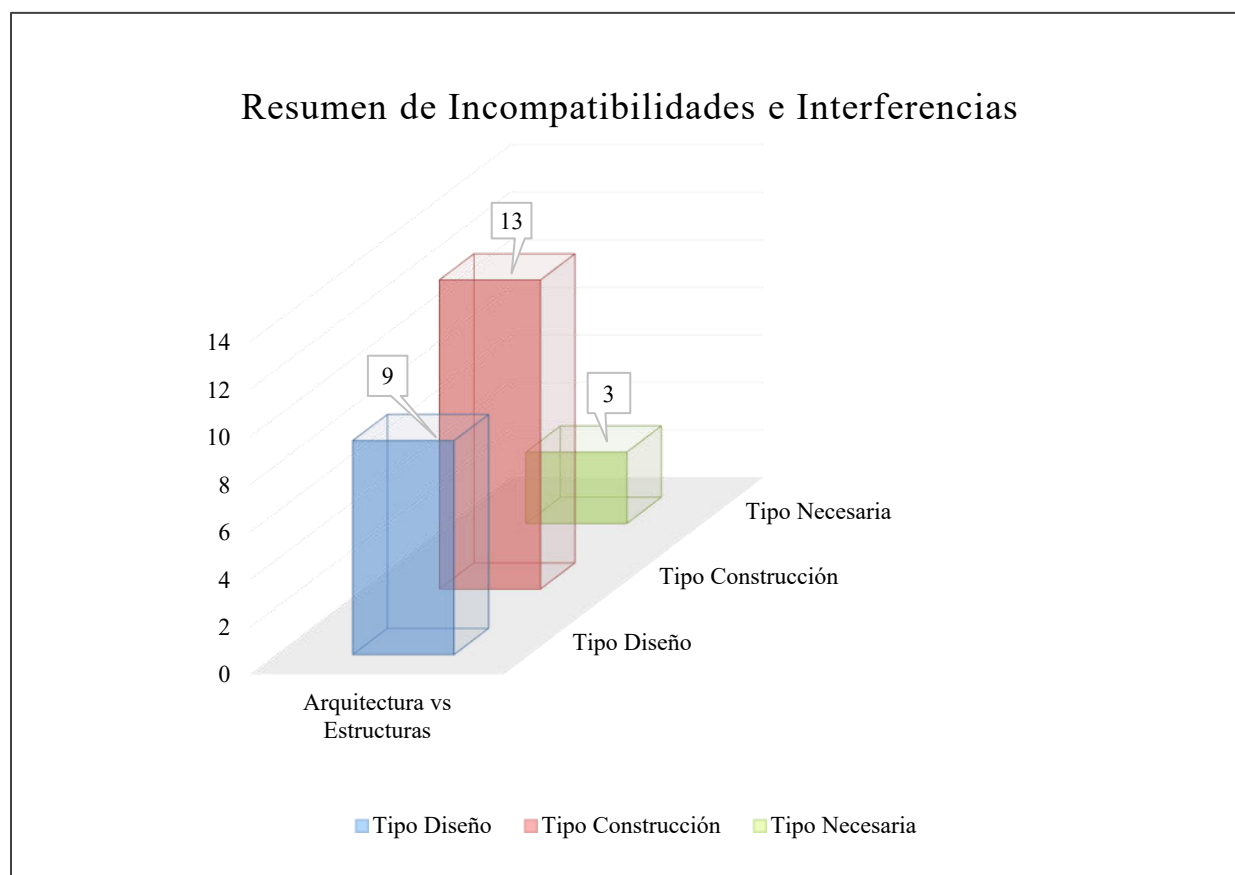
- BIM-3D permite generar vistas en 2D y 3D de manera rápida y precisa, esto es de mucha conveniencia para los profesionales involucrados, ya que se optimiza el tiempo de trabajo.
- Navisworks a partir de los modelos BIM obtenidos, permite verificar las incompatibilidades entre disciplinas y esto es beneficioso tanto para el cliente como para la empresa, puesto que al no corregir las incompatibilidades cuando se encuentre en la etapa de construcción, se generará pérdida de materiales, paralizaciones de obra, modificaciones, las cuales pueden ser perjudiciales para el comportamiento estructural, todo esto trae consigo pérdida de dinero del cliente.
- Obtener información a detalle de los diferentes elementos estructurales de manera precisa y rápida.
- Realizar el modelado BIM-3D es construir digitalmente el edificio, esto permite anteponerse a los problemas que van a suceder en la etapa de construcción y dar una solución rápida y coordinada.

Como se muestra en la Figura 67, se han encontrado un total de 25 interferencias entre las especialidades de arquitectura y estructuras, esto con el uso del software Navisworks. Según los resultados, el 36% de las interferencias son de tipo de diseño, lo cual significa que se debe de corregir el modelado, el 52% de las interferencias son de tipo construcción, lo que implica que estos elementos deben ser replanteados o, en su defecto, plantear el proceso a seguir en su

construcción, además el 12% de las incompatibilidades son necesarias para la construcción de algunos elementos de la vivienda.

Figura 67

Resumen de las Incompatibilidades e Interferencias en la Vivienda



Nota. Elaboración propia

Aportes más Destacables a la Institución

Con la realización esta investigación de suficiencia profesional y la implementación de la metodología BIM-3D, los aportes más significativos para la institución se contemplan a continuación:

- Usar el software Revit para el modelado y documentación de los planos de las distintas especialidades, ya que en la empresa se venía trabajando con AutoCAD y este necesita una

gran cantidad de horas hombre para realizar planos, además tiene mucha imprecisión al realizar detalles.

- Al hacer uso de la metodología BIM-3D para proyectos de vivienda o similares, se aprende a trabajar en equipo y de manera coordinada con la participación de todos los profesionales involucrados.
- Entrega de los expedientes técnicos de edificaciones con una base de datos más confiables.
- La empresa puede brindar visualizaciones 3D previas a la construcción de la vivienda, esto genera más confianza al cliente.
- Genera plantillas de arquitectura y estructuras que la empresa puede utilizar en sus proyectos venideros.
- Utilizar un software BIM como Navisworks para la detección de interferencias e incompatibilidades.

Conclusiones

El trabajo de suficiencia profesional trató sobre el uso del BIM-3D para el modelado y documentación de las disciplinas de estructuras y arquitectura de una vivienda de 4 pisos, por lo que se ha llegado a las siguientes conclusiones:

En esta investigación se evaluó el uso del BIM-3D para el modelado y documentación de las especialidades de arquitectura y estructuras de una edificación y se lograron grandes niveles de detalle, lo cual es beneficioso para los profesionales dedicados a este rubro de la ingeniería.

Además, se concluye que, cuando se realizó la documentación de los planos de la edificación a partir del modelo BIM-3D, el software Revit generó diferentes vistas en 2D y 3D de manera automática, precisas y en un tiempo mínimo, lo que permitió al profesional dedicar menos horas de trabajo.

También se llegó a la conclusión de que el uso del modelado BIM-3D para la especialidad de arquitectura permitió modelar con facilidad elementos como, por ejemplo, puertas, ventanas, pisos y escaleras, esto debido a las diferentes familias paramétricas que incorpora Revit.

Cuando se realizó el modelado BIM-3D, se logró generar una coordinación fácil y rápida entre las especialidades de arquitectura y estructura; además, al coordinar las especialidades de manera correcta, el modelador evita problemas futuros en la etapa de construcción, que demandan tiempo para dar solución y muchas veces esto se ve reflejado en pérdida de dinero por parte del cliente. Un modelo de un proyecto correctamente coordinado tiene como consecuencia un ahorro de dinero y tiempo sin alejamiento de la planificación.

Se detectaron incompatibilidades con el uso del modelo BIM-3D en el software Navisworks, entre las especialidades de arquitectura y estructuras, de manera fácil y rápida.

Finalmente, se concluye que, cuando se usó BIM-3D los mayores esfuerzos realizados se dieron en la etapa del modelado de las especialidades, los cuales rindieron frutos a medida que se avanzaba con el desarrollo, esto se vio reflejado cuando se realizó la generación de planos, cortes, elevaciones y estimación de las cantidades de manera rápida.

Recomendaciones

Dado que en este trabajo de suficiencia profesional se utilizaron el software Revit y Navisworks para el modelado, documentación y detección de interferencias y se obtuvieron buenos resultados:

Se recomienda implementar el modelado BIM-3D en diferentes proyectos, también con el uso de diversos software de modelado para comprobar su efectividad.

De igual modo, usar tecnología BIM en este tipo de proyectos ya que ofrece muchas ventajas en la etapa de diseño, pues permite detectar de manera temprana las incompatibilidades y darle una correcta solución antes de que se ejecute el proyecto.

Es aconsejable el uso de otro software BIM para la detección de interferencias como por ejemplo el Navisworks, pues esta herramienta permite visualizar el modelo de manera más eficiente y arroja de forma automática el listado de incompatibilidades.

Además, se sugiere la aplicación de la metodología BIM en un proyecto completo, ya que esta metodología se utiliza en todas las especialidades y durante el ciclo de vida del proyecto, de esta manera se puede maximizar el beneficio de la metodología BIM.

En cuanto a la realización del modelado BIM-3D, se aconsejable contar con un equipo con las características adecuadas para no tener problemas durante el desarrollo.

Finalmente, es recomendable capacitar al equipo técnico en el uso de herramientas BIM para poder competir con las demás empresas del sector.

Referencias

- Abanto, T. (2017). *Análisis y Diseño de Edificaciones de Albañilería* (Vol. 2).
- Alfonse, R. (2022). *Aplicación de la Metodología BIM en el Análisis Estructural de una Edificación de Concreto Armado Tacna, 2022*. <http://hdl.handle.net/20.500.12969/1567>
- Autodesk. (2023). *¿Qué es Navisworks? ¿Qué es Navisworks?*
<https://www.autodesk.es/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/ESP/What-is-Navisworks.html>
- Callupe, B., Ccaccro, J., y Gago, J. (2021). *Aplicación de la Metodología BIM en la Etapa de Diseño de una Vivienda Multifamiliar de 05 Niveles y un Semisótano en Villa El Salvador-Lima*. <https://hdl.handle.net/20.500.14005/11590>
- Ccallomamani, J. (2022). *Aplicación del modelo S-Bim para la optimización del proceso de análisis y diseño estructural sismorresistente en edificaciones mixtas*.
- Chavez, V. (2022). *Gestión de Proyectos de Construcción Mediante Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project Delivery (IPD) en Bolivia. Análisis y Estudio de un Caso*. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/32322>
- Cortés, G. A. (2022). *Metodología Building Information Modeling (BIM) en proyectos de construcción*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/2aaa686e-73c7-4557-bd2d-8750dd3e893f/content>
- Cusirimay, E. (2022). *Implementación de la Metodología BIM en el Proyecto de Infraestructura Pública: Instalación del Centro Rural de Formación en Alternancia Agoiganaera Maganiro de la Comunidad de Shimaa, Distrito de Echarate, La Convención-Cuzco*.
<https://hdl.handle.net/20.500.12394/11788>

- Gallegos, H., y Casabonne, C. (2005). *Albañilería Estructural* (3.^a ed.).
<https://doi.org/https://doi.org/10.18800/9789972427541>
- Garber, R. (2014). BIM Design. En *BIM Design* (pp. 244-248). Wiley.
<https://doi.org/10.1002/9781118914694.index>
- Horna, G. (2022). *Diseño estructural de edificio para uso de vivienda multifamiliar de 4 pisos aplicando Softwares Robot Structural y Revit – Chachapoyas - 2022*.
- Jurado, C. (2014, agosto). *Beneficios del BIM en el diseño de proyectos*. Revista Costos.
<http://www.suma.pe/2014/08/01/beneficios-del-bim-en-el-diseno-de-proyectos/>
- Liébana, O. y Gómez, M. (2013). *S-BIM in the structural building education S-BIM en la docencia*. <https://doi.org/10.13140/2.1.3387.4246>
- Losada, D. (2023, noviembre 13). *¿Qué es Revit, para qué sirve y cómo puede ayudarte en tu carrera profesional?* Docenzia. <https://docenzia.com/blog/para-que-sirve-revit-y-como-puede-ayudarte/>
- Loyola, L. I. (2018). *Desarrollo de aplicación en software BIM para la interoperabilidad entre el análisis y la representación 3D del refuerzo estructural en muros de edificios de hormigón armado*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168503>
- Ministerio de Economía y Finanzas, M. (2022). *Lineamientos para la Adopción Progresiva de BIM en las Fases del Ciclo de Inversión*.
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3830987/anexo_RD0007_2022EF6301.pdf.pdf?v=1668189287
- Ministerio de Economía y Finanzas, M. (2023). *Guía Nacional BIM Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM Versión 2023 Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones*.

- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2009). *Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado*. www.construccion.org
- Murguía, D. (s. f.). *Segundo Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima y Callao*.
- Rodríguez, J. (2016). *Ejemplo de Proyecto o BIM en la Ingeniería Estructural*. 1-31.
<https://www.autodesk.com/akn-aknsite-article-attachments/7eb54f5f-a0df-4f39-9a12-3e64c1fb8f8a.pdf>
- Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción. (2013, agosto 7). *Un 60% de Viviendas en el Perú es Autoconstruida*. Sencico: Un 60% de viviendas en el Perú es autoconstruida. <https://gestion.pe/tu-dinero/inmobiliarias/sencico-60-viviendas-peru-autoconstruida-45051-noticia/>
- Taboada, J., Alcántara, V., Lovera, D., Santos, R. y Diego, J. (2011). *Detección de Interferencias e Incompatibilidades en el Diseño de Proyectos de Edificaciones Usando Tecnologías BIM*. 1-9. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/672/526>
- Trejo, N. (2018). *Estudio de Impacto del Uso de la Metodología BIM en la Planificación y Control de Proyectos de Ingeniería y Construcción*.
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168599>
- UN-Habitat. (2020). *Annual progress report, 2019*. Un-Habitat. <https://unhabitat.org/annual-report-2019>
- Zaje, S. (2011). *BIM (Modelos de información para la Construcción)*. https://www.sonda-mcolatam.com/pdfs/BIM-ExpoConstruccion_Sonda-Autodesk.pdf

Anexos

Modelos y planos de la obra

Figura A1.

Modelo de Arquitectura y Estructuras Coordinados



Nota. Elaboración propia

Figura A2.

Acero Estructural Total de la Vivienda

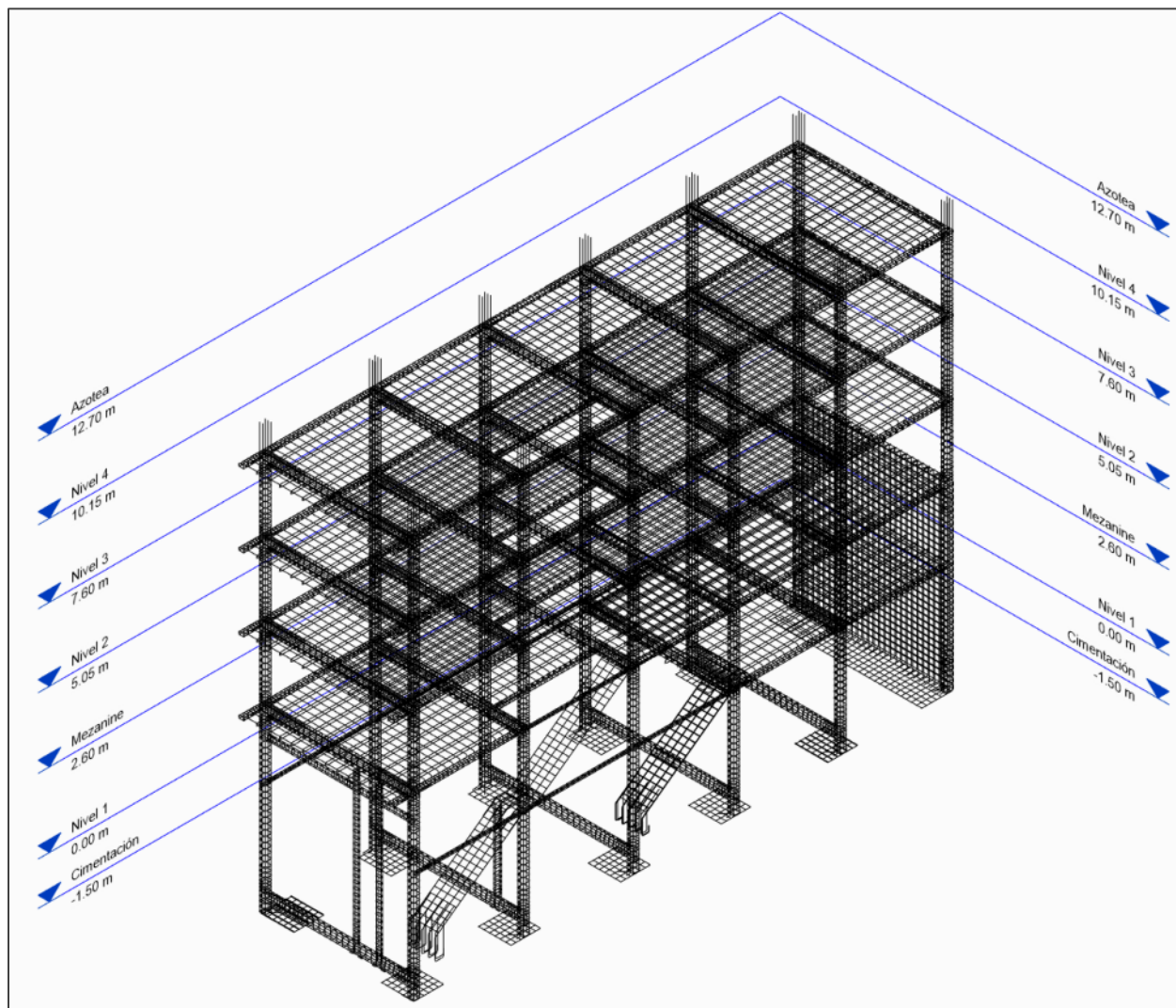
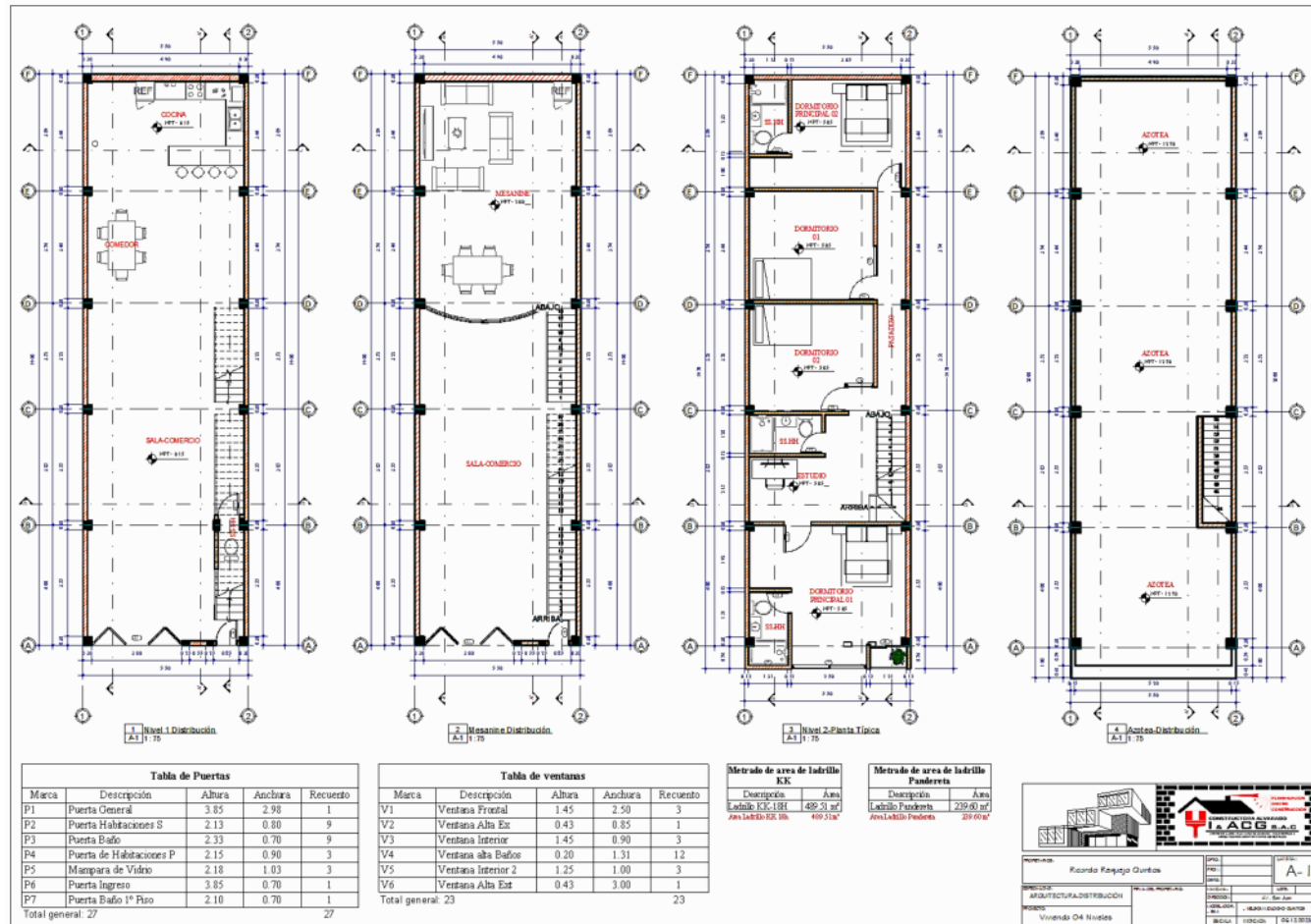
*Nota.* Elaboración propia

Figura A3

Plano de Distribución A-1

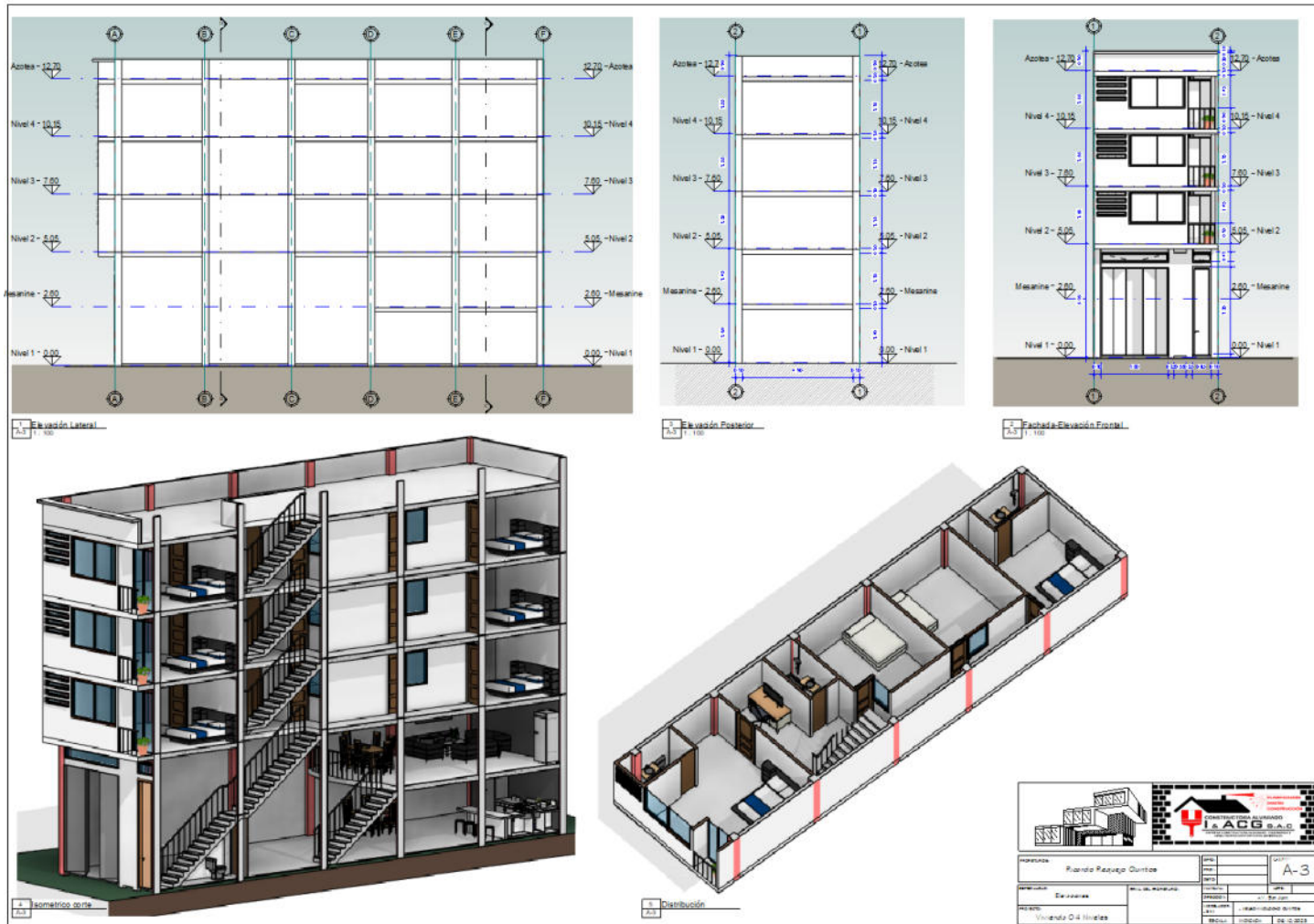


Nota. Elaboración propia

Figura A4*Plano de Cortes A-2**Nota. Elaboración propia*

Figura A5

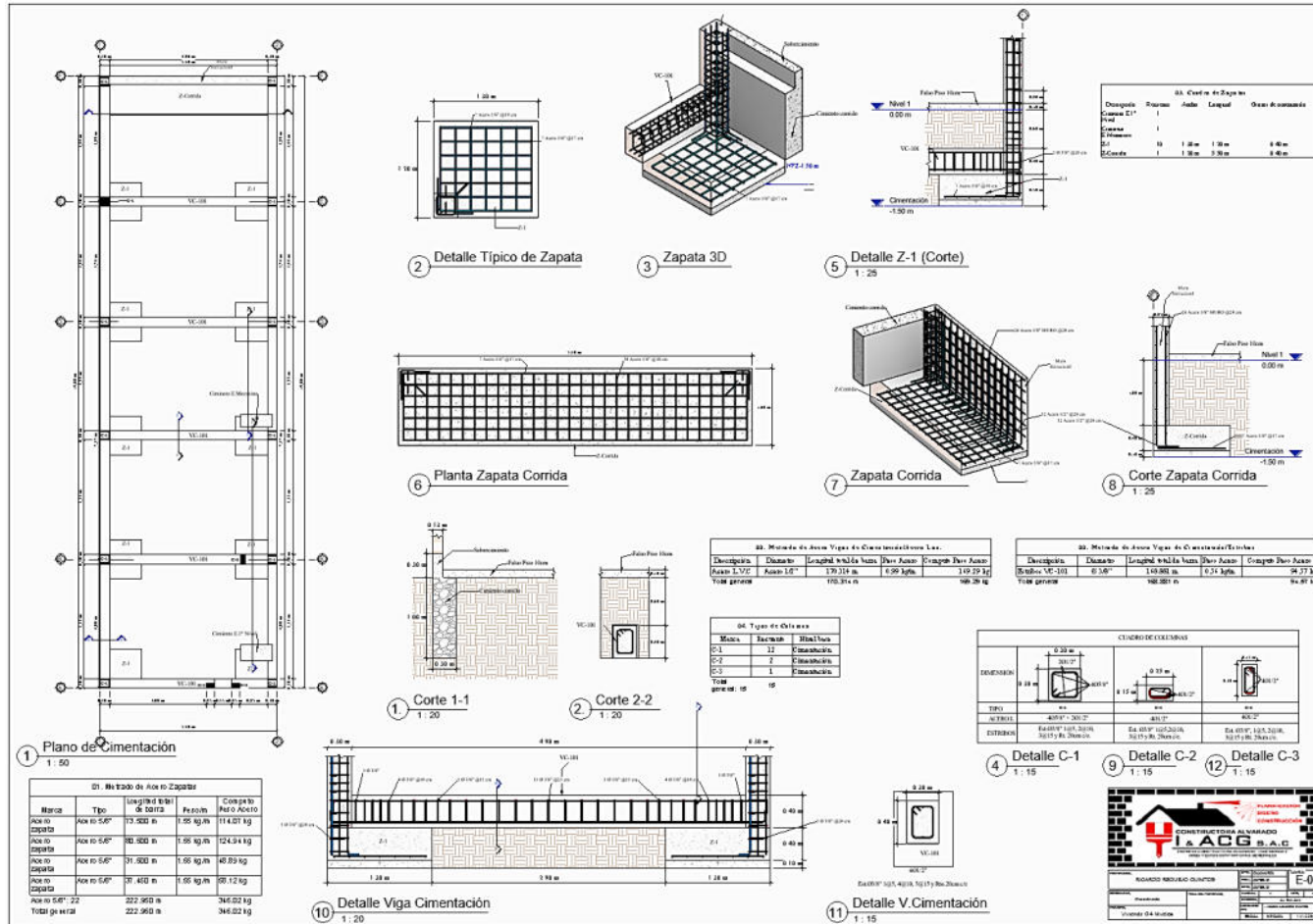
Plano de Elevaciones A-3



Nota. Elaboración propia

Figura A6

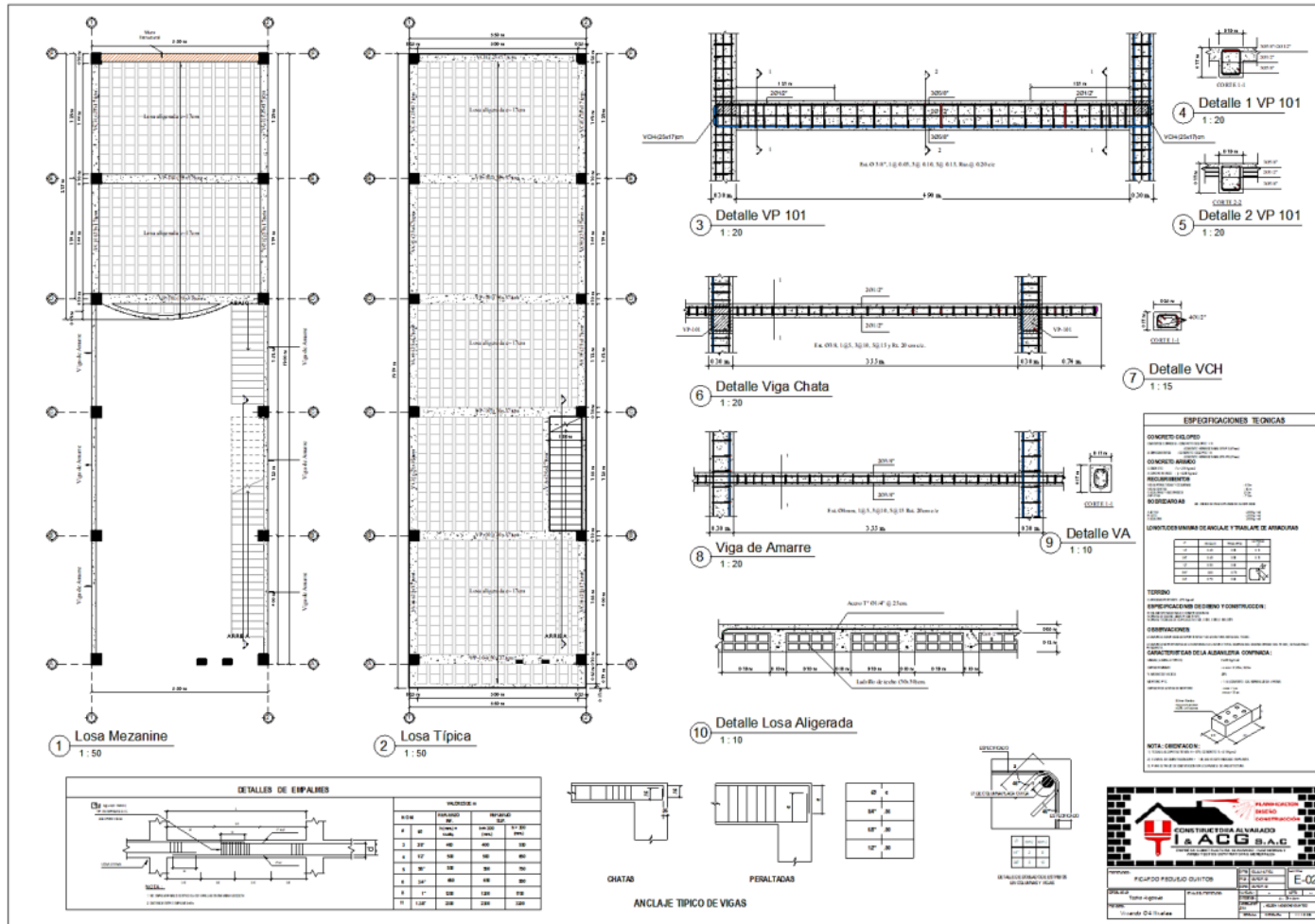
Plano de Cimentaciones E-01



Nota. Elaboración propia

Figura A7

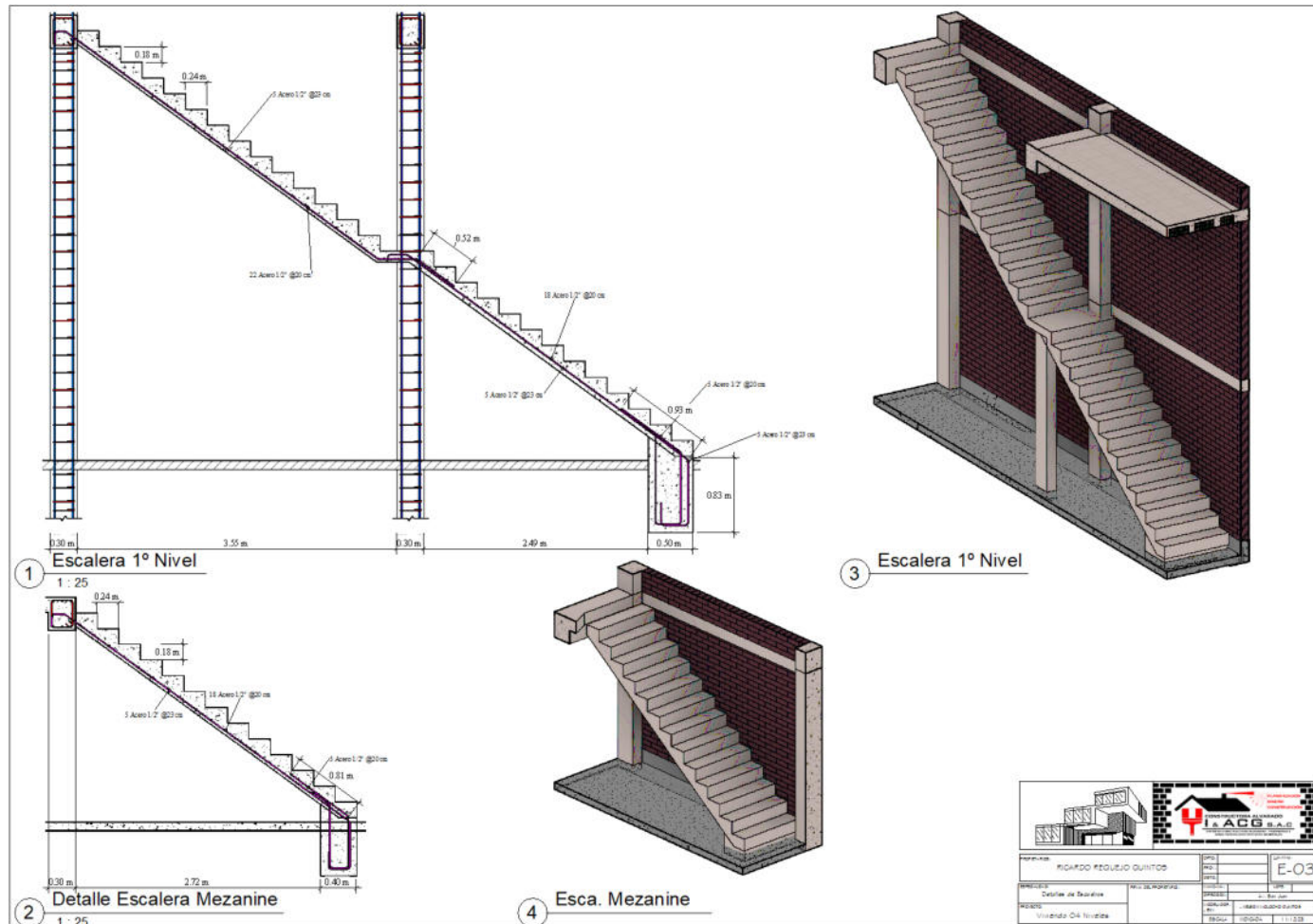
Plano de Losa Aligerada E-02



Nota. Elaboración propia

Figura A8

Plano de Detalles de Escalera E-03



Nota. Elaboración propia

PROYECTO: RICHARDO REQUEJO QUINTOS	OPC: 100	OPC: E-03
PROYECTISTA: Ricardo Requejo Quintos	FECHA: 10/05/2023	ESCALA: 1:25
PROYECTO: Vivienda C4 Trinitaria	OPC: 100	OPC: 111-03