



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Modelación de proyecto en dos y tres dimensiones con la metodología BIM, en las disciplinas arquitectura y estructural en una edificación de la ciudad de Loja, Fase 2

Trabajo de integración curricular previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL

Autor: Cuenca Flores Paulo Cesar

Director: Zúñiga Torres, Berenice Cecibel

LOJA

2023



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2023

Aprobación del director del Trabajo de Integración Curricular

Loja, día de mes de año

Magister

Belizario Amador Zárate Torres

Director de la carrera de ingeniería civil

Ciudad.-

De mi consideración:

Me permito comunicar que, en calidad de director del presente Trabajo de Integración Curricular denominado: Modelación de proyecto en dos y tres dimensiones con la metodología BIM, en las disciplinas arquitectura y estructural en una edificación en la ciudad de Loja, Fase 2 realizado por Paulo Cesar Cuenca Flores ha sido orientado y revisado durante su ejecución, así mismo ha sido verificado a través de la herramienta de similitud académica institucional, y cuenta con un porcentaje de coincidencia aceptable. En virtud de ello, y por considerar que el mismo cumple con todos los parámetros establecidos por la Universidad, doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Director: Berenice Cecibel Zúñiga Torres

C.I.: 1104882350

Correo electrónico: bczuniga@utpl.edu.ec

Declaración de autoría y cesión de derechos

Yo, Paulo Cesar Cuenca Flores, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente:

Ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado Modelación de proyecto en dos y tres dimensiones con la metodología BIM , en las disciplinas arquitectura y estructural en una edificación en la ciudad de Loja, Fase 2, de la carrera de ingeniería civil, específicamente de los contenidos comprendidos en: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Conclusiones y Recomendaciones, siendo Berenice Cecibel Zúñiga Torres, directora del presente trabajo; también declaro que la presente investigación no vulnera derechos de terceros ni utiliza fraudulentamente obras preexistentes. Además, ratifico que las ideas, criterios, opiniones, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad. Eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación a la propiedad intelectual de este trabajo.

Que la presente obra, producto de mis actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio de la Universidad Técnica Particular de Loja, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico de la UTPL, que establece: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad", en tal virtud, cedo a favor de la Universidad Técnica Particular de Loja la titularidad de los derechos patrimoniales que me corresponden en calidad de autor/a, de forma incondicional, completa, exclusiva y por todo el tiempo de su vigencia.

La Universidad Técnica Particular de Loja queda facultada para ingresar el presente trabajo al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

.....

.....

Autor: Paulo Cesar Cuenca Flores

C.I.: 1150329603

Correo electrónico: pccuenca2@utpl.edu.ec

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo de titulación a mi Abuela Olga; a mis padres Cesar Y Alexandra; a mis hermanas Ana y Sofia, a pepa y a Forest, a Clem. Son los primeros y los últimos.

Los amo.

Agradecimiento

Le agradezco en primer lugar a mi abuela Olga, pilar fundamental de mi vida, las palabras nunca serán suficientes para expresar lo que significa para mí. Quiero agradecer a mis padres, por brindarme un plato de comida y un lugar donde dormir, quiero agradecerles por brindarme la libertad de vivir mi vida, por enseñarme que no existe riqueza más valiosa para el ser humano que una vida digna y una conciencia tranquila, quiero agradecer a las personas que pasaron por mi vida durante este proceso, todas dejaron una huella importante.

A mis hermanas Ana y Sofia, las llevo siempre en mi corazón donde quiera que nos encontremos.

A mi Pepa y a mi Forest, apoyo incondicional durante cada etapa del proceso, son mi familia, son mi mundo.

Quiero agradecer a mi Clem, quien supo traerme de lugares que no creía posible. Es mi vida entera y le agradezco porque sin él no estuviera aquí, cada logro mío es suyo.

Finalmente quiero agradecerme. Esto es un recordatorio de que, a pesar de cualquier adversidad, soy capaz.

Índice de Contenidos

Aprobación del director del Trabajo de Integración Curricular.....	II
Declaración de autoría y cesión de derechos	III
Dedicatoria.....	V
Agradecimiento	VI
Índice de Contenidos	VII
Resumen	1
Abstract	2
Introducción	3
Capitulo uno.....	6
Materiales y métodos.....	6
1.1 Área de Estudio	6
1.2 Datos y Materiales.....	8
1.3 Metodología	11
1.3.1 Modelado arquitectónico.....	12
1.3.2 Modelado estructural	16
Capitulo dos.....	21
Resultados.....	21
2.1 Modelamiento de la edificación.....	21
2.2 Observaciones en el proceso de modelación	25
2.3 Cuantificación de cantidades.....	25

Conclusiones	30
Recomendaciones	31
BIBLIOGRAFIA	32

Índice de figuras

Figura 1 Fachada frontal de la edificación.....	7
Figura 2 Plano arquitectónico-emplazamiento 2da planta Alta.....	9
Figura 3 Plano arquitectónico-emplazamiento cubierta	9
Figura 4 Plano estructural 2da Planta alta	10
Figura 5 Herramientas de importación de planos	12
Figura 6 Ubicación de niveles de elevación.....	13
Figura 7 Herramientas de edición arquitectónica.....	14
Figura 8 Modelo arquitectónico, 2da planta alta, vista en planta.....	14
Figura 9 Modelo arquitectónico, 2da planta alta, vista 3D.....	14
Figura 10 Modelo arquitectónico, cubierta, vista en planta.....	15
Figura 11 Modelo arquitectónico, cubierta, vista 3D.....	15
Figura 12 Modelo arquitectónico, vista general 2da planta alta y cubierta	16
Figura 13 Herramientas de vinculación de planos	16
Figura 14 Herramientas de edición estructural.....	17
Figura 15 Columnas y vigas de la estructura, modelo estructural.....	17
Figura 16 Cubierta metálica, modelo estructural.....	18
Figura 17 Acero de refuerzo de Columnas y vigas, modelo estructural.....	19
Figura 18 Modelo estructural, vista modelo terminado.....	20
Figura 19 Modelo arquitectónico	22
Figura 20 Detalle de sección de columna	23
Figura 21 Vista en planta de modelamiento de columna 30x30 con su armado estructural.....	23
Figura 22 Vista del armado del acero de refuerzo en viga de cubierta	24

Figura 23 *Vista corea tipo G del acero de cubierta metálica* 24

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Coordenadas del predio Vivienda, sector Daniel Álvarez</i>	6
Tabla 2 <i>Tabla de cantidades de armaduras</i>	26
Tabla 3 <i>Tabla de volumen de hormigón en losas</i>	27
Tabla 4 <i>Tabla de volumen de hormigón en pilares</i>	28
Tabla 5 <i>Tabla de volumen de hormigón en vigas</i>	28
Tabla 6 <i>Tabla de cantidad de perfilera metálica de Cubierta</i>	29

Resumen

Durante el desarrollo del presente trabajo de titulación se realizó la digitalización de una edificación unifamiliar, misma que es proyectada a ser construida en la ciudad de Loja, aplicando la metodología BIM, con la ayuda de paquetes de software de diseño y modelado digital Revit, y AutoCAD. Como principio se obtuvieron los planos de las disciplinas arquitectónica y estructural, estos planos fueron revisados en busca de comprobar medidas y ubicaciones de los elementos. El modelado se llevó a cabo teniendo como base dichos planos, Modelando en esta fase del proyecto la segunda planta alta de la edificación, y su cubierta. Una vez culminada la etapa de modelado con ayuda de las herramientas de Revit, se obtuvieron tablas de planificación de cantidades de materiales a ocupar como el hormigón y su volumen de ocupación o cantidades de acero de refuerzo, así mismo con la perfilería necesaria para su cubierta y de esa manera agilizar los avances del proyecto, en la etapa de construcción, Concluyendo de esa manera en los beneficios que trae consigo la implementación de la metodología BIM en la gestión convencional de procesos constructivos.

Palabras clave: BIM, materiales, cantidades.

Abstract

During the development of this degree work, the digitalization of a single-family building, which is projected to be built in the city of Loja, was carried out by applying the BIM methodology, with the help of Revit and AutoCAD digital modeling and design software packages. At the beginning, the architectural and structural plans were obtained, these plans were reviewed in order to verify the measurements and locations of the elements. The modeling was carried out based on these plans, modeling in this phase of the project the second floor of the building, and its roof. Once the modeling stage was completed with the help of Revit tools, planning tables of quantities of materials to be used such as concrete and its volume of occupation or quantities of reinforcing steel were obtained, as well as the necessary profiles for the roof and thus speed up the progress of the project in the construction stage, thus concluding on the benefits of implementing the BIM methodology in the conventional management of construction processes.

Key words: BIM, materials, quantities.

Introducción

Dentro del campo de la construcción, la constante búsqueda por estar a la vanguardia en el diseño y ejecución de proyectos civiles, de la mano procesos que logren optimizar tiempo y recursos, ha dado como resultado el surgimiento de una tendencia por digitalizar y tecnificar dichos procesos mediante la aplicación de metodologías y paquetes tecnológicos orientados a perfeccionarlos, esto con el fin de acelerar el ritmo de la industria ejecutando propuestas de innovación en la aplicación de procesos en la construcción, procesos tales como el modelo de información de construcción o por sus siglas en inglés (BIM) la cual brinda una base de datos dinámica de rendimientos de materiales ayudando a la optimización de recursos y rendimientos de obra en ámbitos de mantenimiento, operación y abandono o demolición. A su vez, brinda soporte en el trabajo colaborativo; siendo vital para la mejora de la eficiencia dentro de todas las etapas del proyecto (Celik et al., 2023; Luo et al., 2022; Nikologianni et al., 2022; Youkhanna Zaia et al., 2022), mediante esta metodología se pueden generar tablas de planificación con toda la documentación requerida incluidos los planos, que al ser trabajados en equipo por las distintas partes que lo conforman, traerá beneficios económicos y gestión de tiempo (Kim et al., 2022; Wang et al., 2022).

La metodología BIM se basa en la gestión de cada una de las etapas del proyecto, el uso de sus herramientas contribuye a reducir considerablemente los costos, además de eliminar riesgos de colisión del proyecto, detección de conflictos, estimación de costos, etc. Al ser implementada de manera correcta, ayuda a una mejor toma de decisiones, y de esa manera, cumplir las tareas y cronogramas más eficientemente (Hong et al., 2022; Rodríguez-Amigo et al., 2022).

Como tal, permite crear un modelo digital de la propuesta de diseño, misma que puede ser modificada en cualquier etapa del proyecto, manteniendo los parámetros con los que arranco su ejecución, esto convierte a la metodología BIM en indispensable para la optimización de la industria ya que evoluciona la incorporación de gestión de costos y administración de procesos, a su vez se proyecta como una herramienta de gestión de reducción del consumo energético de los sectores que la implementen, siendo de interés estudiar este tipo de planteamientos, ya que actualmente el área de la construcción es de los que más consume energía a nivel mundial (Fernández-Mora et al., 2022; Pereira et al., 2021).

En Latinoamérica, la implementación de esta metodología se da de manera tardía a comparación de otras regiones. en Ecuador, muestra de esto son las aisladas ejecuciones de casos de estudio de prefactibilidad de proyectos urbanos, o desarrollos de anteproyectos, buscando optimizar sus recursos y así entrar al mercado de ofertas

en el país. De manera paulatina, y poco acelerada esta metodología va compitiendo con el resto de las metodologías ya establecidas (Andrade Sánchez, 2021), es así como van surgiendo proyectos en los que se implementa la metodología BIM para cuantificar rubros y cantidades de materiales para su construcción y de esa manera valorar su conveniencia comparando proveedores y diferentes materiales y procesos (Vargas Román, 2020).

Sin embargo, un problema que se presenta habitualmente es que, a pesar de generar posibilidades para optimizar recursos, procesos y rendimientos, al ser una metodología relativamente nueva (En nuestra región), la oferta de personal capacitado y tecnificado a disposición no justifica su demanda. Las empresas del sector en su afán por crecer y competir buscan capacitar a profesionales en esta área, siendo una oportunidad de búsqueda personal de conocimiento y aplicación, y, como economía en desarrollo es una herramienta vital de profesionalización para reducir brechas con las macroeconomías (Potseluyko et al., 2022; Sidani et al., 2021), siendo una necesidad superar las limitaciones técnicas y de conceptos que se presentan con el surgimiento de este tipo de herramientas (Cursi et al., 2022).

Considerando el impulso de la industria hacia la tecnología, para apoyar la integración de BIM es importante centrar el esfuerzo en la educación y estandarización de esta (Corrado et al., 2022), por lo tanto el presente trabajo tuvo como objetivo ampliar el área de conocimiento, llevando a cabo el modelado arquitectónico de una vivienda en el sector urbano de la ciudad de Loja, posteriormente realizar su modelado estructural, para finalmente coordinar las disciplinas y corregir colisiones e imperfecciones, en caso de haberlos. para esto fue necesario realizar una inspección de los planos correspondientes, de esa manera corroborar la factibilidad de los procesos y materiales que se ocuparan, a su vez se analizó que beneficios extras trae consigo esta metodología, ya que se conoce de la posibilidad de implementarla en la capacitación de personal, inspección de seguridad, etc (Chatzimichailidou & Ma, 2022).

Para conseguir el modelado en dos y tres dimensiones del edificio en la ciudad de Loja se llevaron a cabo revisiones en planos de CAD, para entender mejor el comportamiento de los materiales que interactúan, las herramientas BIM permiten realizar este tipo de análisis, para mejorar diversos aspectos técnicos y administrativos que influyen en la gestión de la obra (Kamal et al., 2022)

Como se contempla en los acuerdos de la agenda 2030 de la ONU, la implementación de esta metodología en el campo de construcción colabora al desarrollo sostenible de la región, es así que se seleccionaron las metas a cumplirse, mismas que van de acuerdo con el ODS 9, son los literales 9.1, 9.5 y 9.b puesto que lo que se busca con el desarrollo del proyecto es hacer uso de las nuevas tecnológicas para incorporar

toda la información e integrar las diferentes disciplinas que tiene una construcción, de esta manera se espera conseguir metodologías óptimas que causen un impacto sostenible, eficaz e innovador durante su ejecución (Naciones Unidas, 2018).

Por los motivos mencionados anteriormente, la implementación de la metodología BIM es acertada para la ejecución del proyecto de modelación de un edificio en la ciudad de Loja, a su vez de ser pionero en el diseño sostenible de infraestructuras, brindando una comparativa clara con los métodos utilizados comúnmente dentro de la zona de influencia, el proyecto se centra en monitorear el diseño arquitectónico y su factibilidad económica, comparar los materiales que se van a ocupar tanto arquitectónica como estructuralmente, y de esa manera generar una base de datos que será de utilidad para la modificación de ciertos parámetros en su futuro con una ejecución análisis de costos, de plan de mantenimiento acorde con las necesidades, etc.(D'Angelo et al., 2022), por lo tanto el presente trabajo de titulación propone una metodología que brida los instrumentos para gestionar de manera oportuna cada una de las etapas en las que un proyecto civil se ve involucrado.

Capítulo uno

Materiales y métodos

1.1 Área de Estudio

La implementación de la metodología BIM para el trabajo de titulación en proyecto de construcción se ubica en la ciudad de Loja, los detalles y planos constructivos fueron otorgados por la de la Universidad Técnica Particular de Loja.

Al sur de la ciudad se encuentra la edificación a la cual hace alusión el proyecto de ampliación de vivienda. misma que se construirá en el Barrio Daniel Álvarez Burneo, en la Parroquia Sucre. Su ubicación en la zona es entre las calles Francisco de Nariño y la Avenida Manuel Benjamín Carrión.

El predio en el que la edificación se encuentra está georreferenciado en relación con los cuatro vértices del terreno, siendo en coordenadas planas UTM WGS 84 ZONA 17 SUR en las coordenadas:

Tabla 1

Coordenadas del predio Vivienda, sector Daniel Álvarez

COORDENADAS DEL PREDIO		
VERTICES	COORDENADAS PLANAS UTM WGS 84 ZONA SUR	
	NORTE	SUR
P1	9555693.33	698625.38
P2	9555696.90	698649.11
P3	9555685.18	698650.52
P4	9555672.72	698628.85

El área de terreno es de 404.00 m² de extensión, en la cual existe una edificación actualmente en la parte norte del predio, cuya área construida es de 313.66 m².

El proyecto de ampliación contempla una edificación de tres plantas con un subsuelo, en un principio la implantación del subsuelo con un área de construcción de 113.06 m²., en el que se proyecta una sala de juegos junto a un spa. En la planta baja se proyecta ubicar todo lo referente a parqueadero con un área de construcción de 113.06 m². En la primera planta alta se ubicará el área social, de cocina, con un área de construcción de 109.65 m². En la segunda planta alta estará ubicada la zona de estar, donde se construirán las habitaciones; se proyecta un área de construcción de 121.29 m². Dando así un área de construcción total de ampliación de 457.86 m². Sumado a la

edificación que se encuentra actualmente, un área final de 771.52 m². Dejando un área libre de 195.32 m².

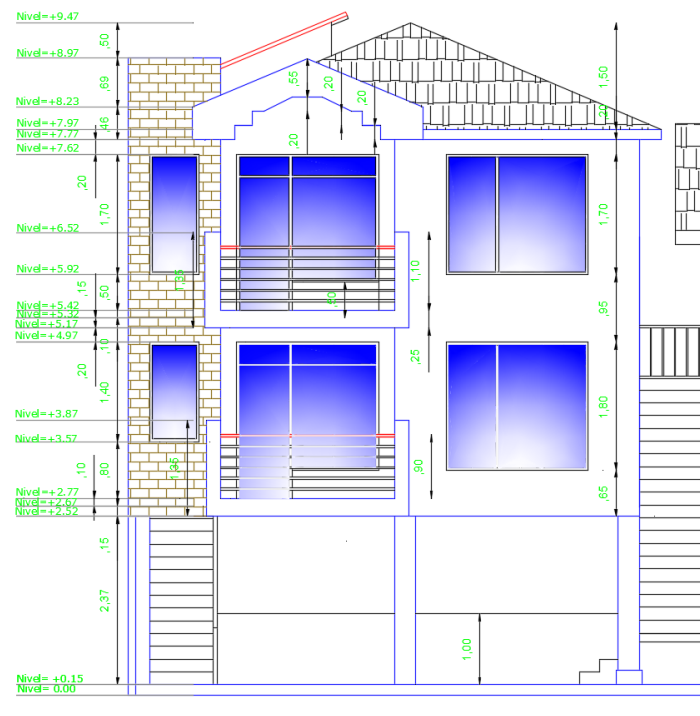
La estructura de la vivienda está conformada en su mayoría por hormigón armado, en su diseño no se consideraron aspectos extras como la exposición a otro tipo de cargas dado que es una ampliación de vivienda, la especificación de hormigón a ocupar es de 210 kg/cm², en cuanto al acero de refuerzo a ocupar consta con un límite de fluencia de 4200 kg/cm².

La distribución de lo espacio se reparte de forma tal que en el subsuelo se encuentra ubicada la zona de entretenimiento mismo que cuenta con sauna, tucó, sala de juegos, área de barbacoa, etc. En la planta baja se ubica la zona de parqueo y escaleras que conectan con la planta alta y la edificación existente. En la primera planta alta se encuentra la sala y comedor, habitación de huéspedes, baño social, estudio y cocina, una terraza y un balcón, además se encuentran las escaleras que conectan con la segunda planta alta, zona destinada para los dormitorios, cuenta con cuatro dormitorios con baño propio, una sala de estar con un baño social además cuenta con un balcón. En el último nivel se cuenta con una cubierta metálica que protege la parte superior de la vivienda.

En la figura 1. Se muestra la fachada de la vivienda.

Figura 1

Fachada frontal de la edificación



1.2 Datos y Materiales

Para el caso de estudio, al centrarse en el modelado 2D y 3D, es un trabajo netamente digital, las revisiones se realizan a los planos entregados, para esto se utilizan paquetes de software necesarios. Todo este se detalla a continuación.

Planos Arquitectónicos. En la Figura 2 y 3 Se puede observar lo que conforma la parte arquitectónica de la fase 2 (Segunda planta alte y cubierta). Se debe presentar gráficamente la futura puesta en obra, en este podemos encontrar información como:

- La orientación del proyecto.
- Su simbología.
- Nombre del Propietario.
- Nombre del proyecto.
- Dirección del proyecto.
- Fecha.
- Nombre de quien realiza el proyecto.

Dentro de la información practica para la elaboración del proyecto brinda información acerca de: Medidas, materiales constructivos, texturas, distancias, vistas a mejor detalle.

En este podemos observar el concepto de diseño, sus formas y dimensiones y los detalles y elementos estéticos y funcionales, revestimientos, acabados, etc. Además de lograr una distribución apropiada de los espacios, esto para un dimensionamiento definitivo para levantar el modelo de manera correcta.

Figura 2

Plano arquitectónico-emplazamiento 2da planta Alta

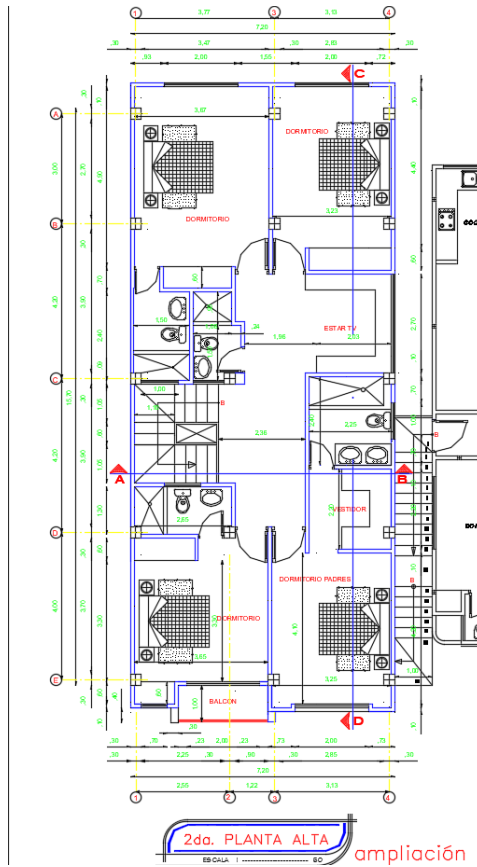
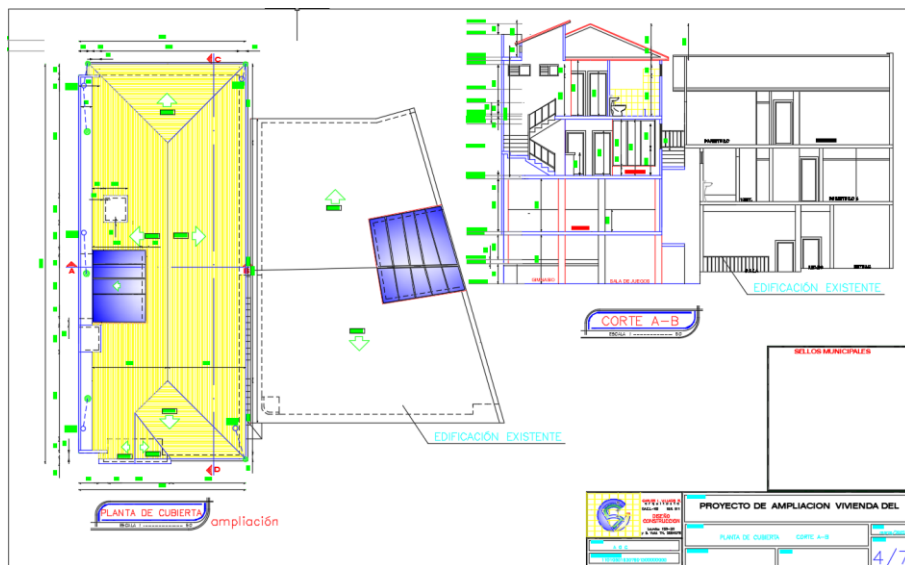


Figura 3

Plano arquitectónico-emplazamiento cubierta

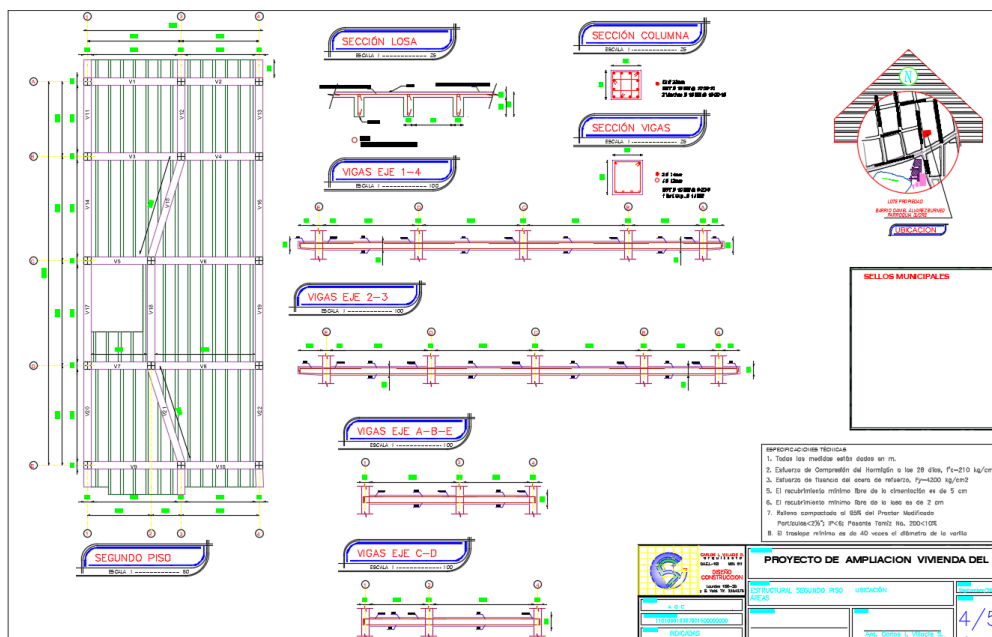


Planos Estructurales. Como se puede observar en la Figura 4. En el plano estructural se optimiza la información brindada por los planos arquitectónicos, mostrando detalles constructivos estructurales tales como:

- Muros.
- Columnas con su el armado estructural: Acero longitudinal y acero transversal.
- Vigas con su el armado estructural: Acero longitudinal y acero transversal.
- Losas, contrapisos o cubiertas.

Figura 4

Plano estructural 2da Planta alta



En cuanto a los materiales a ocupar, al ser una metodología netamente digital, el uso será centrado al uso de softwares de modelado. Dados programas son:

Autodesk Revit: Se hace uso del software Revit 2023 bajo el tipo de licencia de usuario con el ID Autodesk: paulocuenca94, Esta licencia se encuentra disponible hasta el domingo 13 de julio de 2025. Se utiliza la herramienta Autodesk Revit para ejecutar los procesos de modelación correspondientes, en las áreas seleccionadas.

El software Revit es desarrollado por la empresa AutoDesk el cual nos permite desarrollar un diseño en objetos inteligentes y en tres dimensiones, siendo que no se limita únicamente al dibujo, sino que se construye digitalmente. Y más importante todavía, aplicando el conocimiento BIM, se puede establecer el ciclo de vida completo de la construcción. El modelado puede ser revisado en 3D, y su construcción a base de

familias (cuerpos), de muros, ventanas, puertas, etc. Esta información se almacena y puede ser utilizada incluso en futuros proyectos. Es importante mencionar que, en caso de realizarse modificaciones al proyecto, Revit tiene la capacidad de coordinarse automáticamente para mostrar la última versión trabajada (Mendoza Córdova, 2021).

Autodesk AutoCAD: Se hace uso del software AutoCAD 2023 bajo el tipo de licencia de usuario con el ID Autodesk: paulocuenca94, Esta licencia se encuentra disponible hasta el domingo 13 de julio de 2025. Se utiliza la herramienta Autodesk AutoCAD para realizar revisiones y comprobación de medidas, unidades y detalles constructivos.

1.3 Metodología

Al tener establecido el tipo de proyecto a realizarse, es importante sintetizar el proceso que se lleva a cabo durante la elaboración de este, siendo la metodología para el diseño BIM (Building Information Modeling), que es un proceso de generación y gestión de datos de un edificio en construcción, en el cual se ocupan software dinámico de modelado en tres dimensiones y en tiempo real (Wei et al., 2017).

Para el caso de la edificación a modelar, se tiene como objetivo elaborar un modelo paramétrico de la edificación desarrollando criterios arquitectónicos y estructurales, y determinar la metodología óptima para la estimación de cantidad de obra de un proyecto de construcción, esto se realiza con la metodología BIM 4D, siendo que se debe generar tablas de planificación como resultado del modelado arquitectónico y estructural, en el cual se observara las cantidades de material que se deberá ocupar en cada área de construcción como: mamposterías, cubiertas, aceros, etc. De esta manera se obtendrá un presupuesto eficaz y en un tiempo significativamente reducido, gracias al trabajo colaborativo de la parte arquitectónica y estructural, así podremos coordinar los trabajos y llegar a un resultado final favorable para el diseñador y constructor del proyecto y el cliente que es el propietario y usuario final de la edificación (Fernández-Mora et al., 2022).

Se parte del análisis de los detalles constructivos disponibles que este caso son los planos arquitectónicos y estructurales, los cuales contienen toda la parte planimétrica del proyecto, sus detalles, coordenadas, etc.

Para posteriormente pasar al modelado en 2D Y 3D, en donde se construye digitalmente la edificación por etapas. Una vez finalizado el modelado 3D, en parte arquitectónica y estructural, se obtienen las tablas de planificación, en las cuales se podrán observar y gestionar a detalle cada tipo de material ocupado en su construcción, pudiendo seccionar por categorías, teniendo cantidades de acero, mampostería,

recubrimientos, y (en una etapa de modelado de sistemas de instalaciones) los accesorios potables y de electricidad (Koutamanis, 2020).

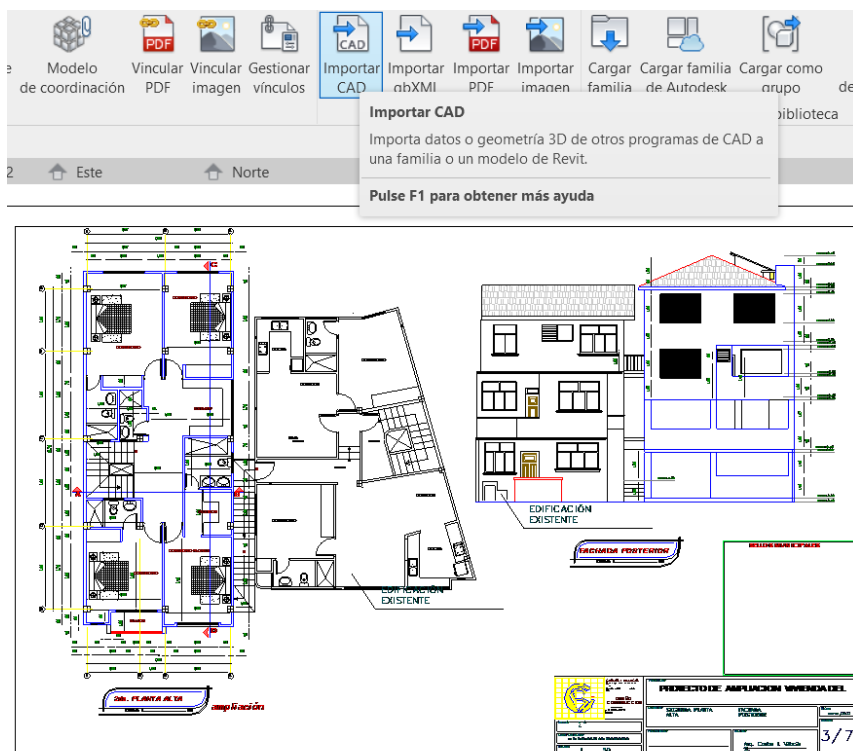
1.3.1 Modelado arquitectónico

En esta fase de la metodología BIM se realiza el modelado 3D de la segunda planta alta y su cubierta de la vivienda como tal. Este modelado es realizado por etapas, siendo la primera de ellas el modelado arquitectónico, siguiendo un orden secuencial. Para lo cual nos ayudaremos del software Autodesk Revit. Su uso se detalla a continuación.

Se centra en la parte arquitectónica del proyecto, ayudándonos de las herramientas del apartado de Revit Arquitectura se modela en 3D a partir de los planos 2D. Como primer paso se debe vincular el plano en formato dwg, es necesario esto para el procedimiento a ejecutar, ya que Revit utiliza este plano como lienzo sobre el cual empezar a modelar. Con ayuda del apartado de importación, traemos al Revit el plano, tal como se muestra en la figura 5.

Figura 5

Herramientas de importación de planos

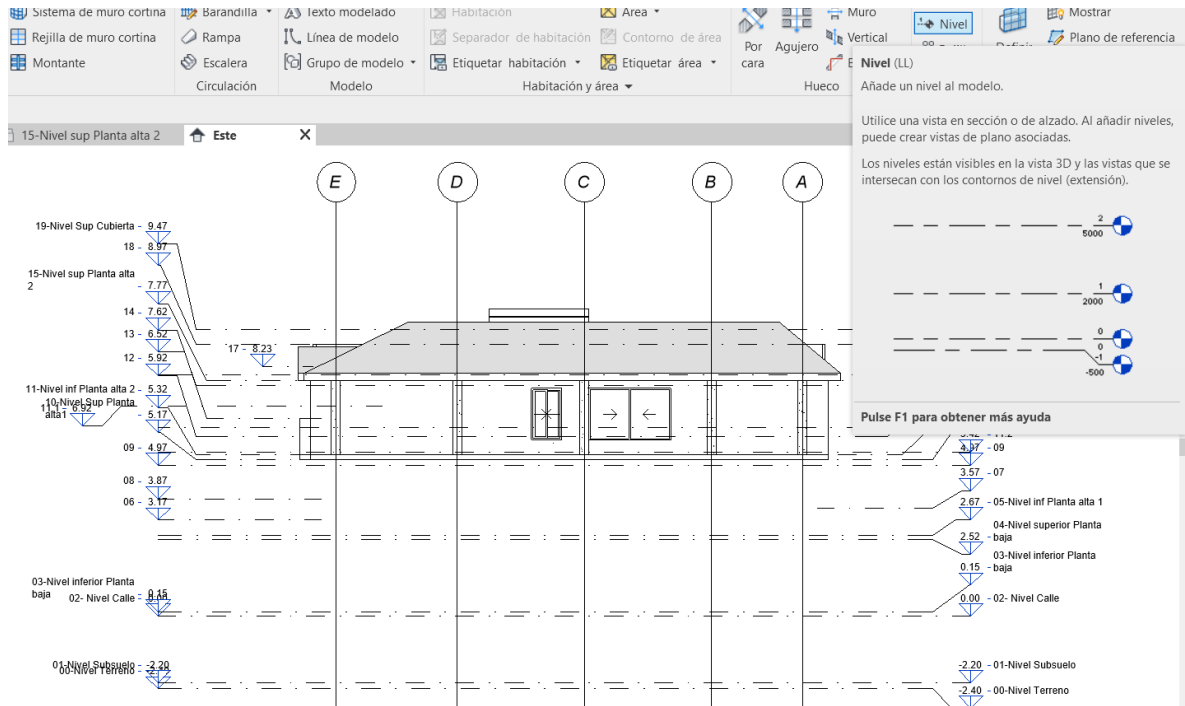


Es necesario para el correcto funcionamiento del modelado y el comportamiento entre sus componentes establecer adecuadamente los niveles de implantación, puesto que de esa base se podrán colocar los diversos elementos arquitectónicos de manera

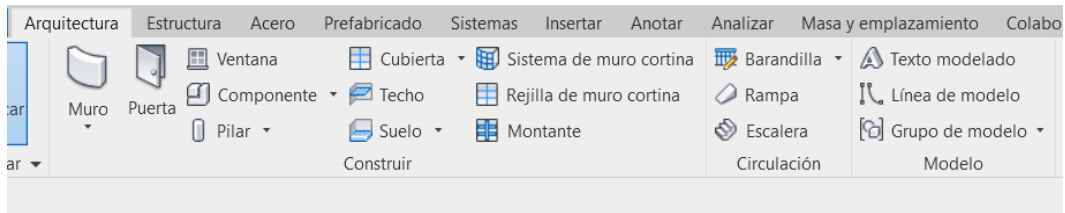
eficaz, para luego ser transferidos al apartado estructural y dar continuidad al proyecto sin errores, Por lo que, con ayuda de la herramienta de Niveles se deben ir colocando adecuadamente las elevaciones, tal como se muestra en la figura 6.

Figura 6

Ubicación de niveles de elevación



Una vez preparado el plano, se procede a el modelado de los componentes arquitectónicos, tales como: Columnas, Ventanas, puertas, Muebles y decoración, así como sus pisos y cubierta. Considerando que se trata de la fase 2 del proyecto de modelación de dicha vivienda, se trabajó sobre la segunda planta alta y la cubierta. Estos componentes serán ubicados en el plano de trabajo con ayuda de las herramientas de creación y edición del apartado de arquitectura de Revit (figura 7).

Figura 7*Herramientas de edición arquitectónica*

De esa manera serán colocados cada uno de los componentes con respecto a su nivel de elevación, quedando implantados de una manera, tal como se observa en la figura 8, 9, 10 y 11.

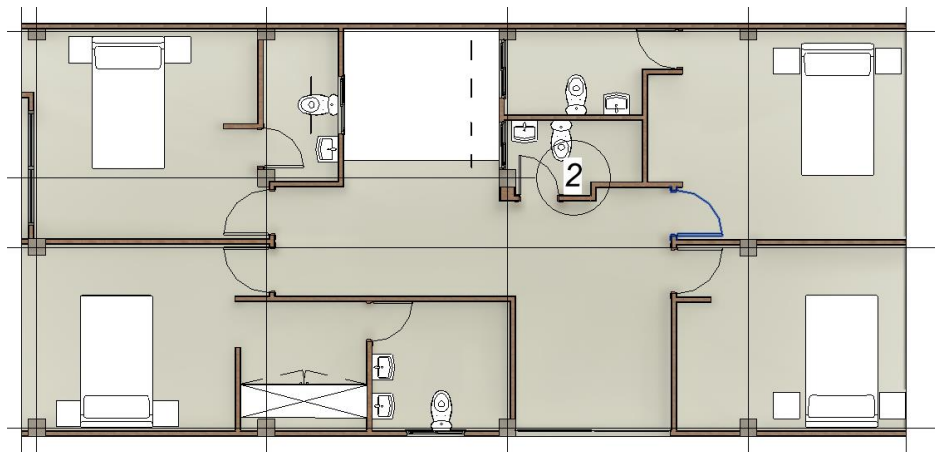
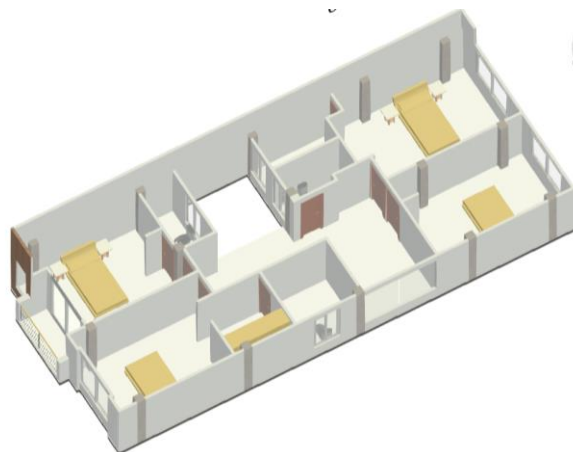
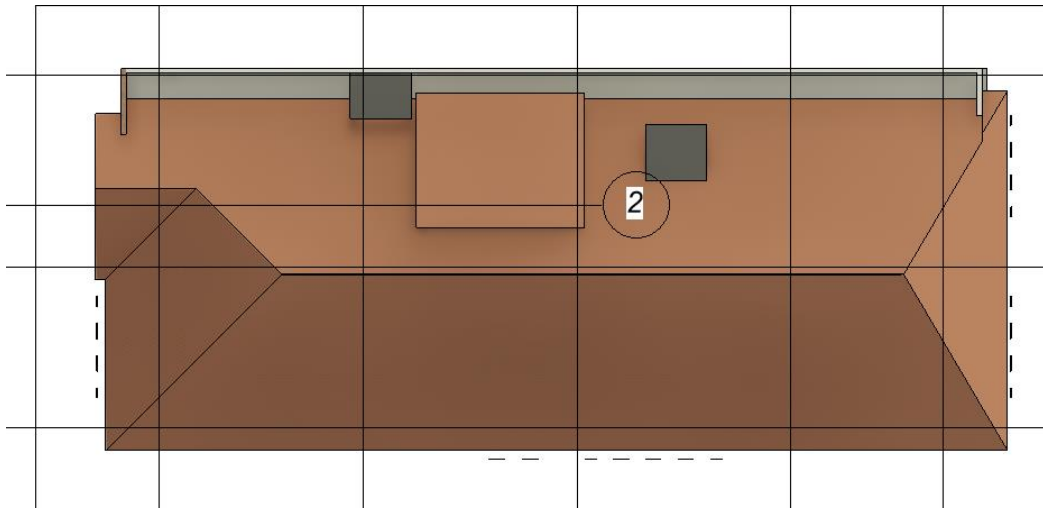
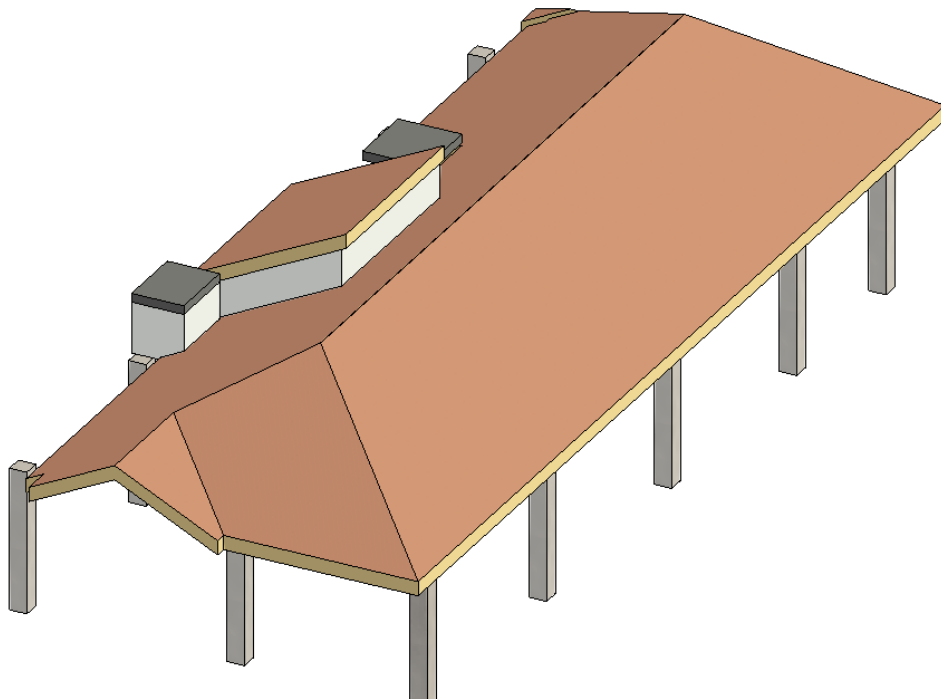
Figura 8*Modelo arquitectónico, 2da planta alta, vista en planta***Figura 9***Modelo arquitectónico, 2da planta alta, vista 3D*

Figura 10

Modelo arquitectónico, cubierta, vista en planta

**Figura 11**

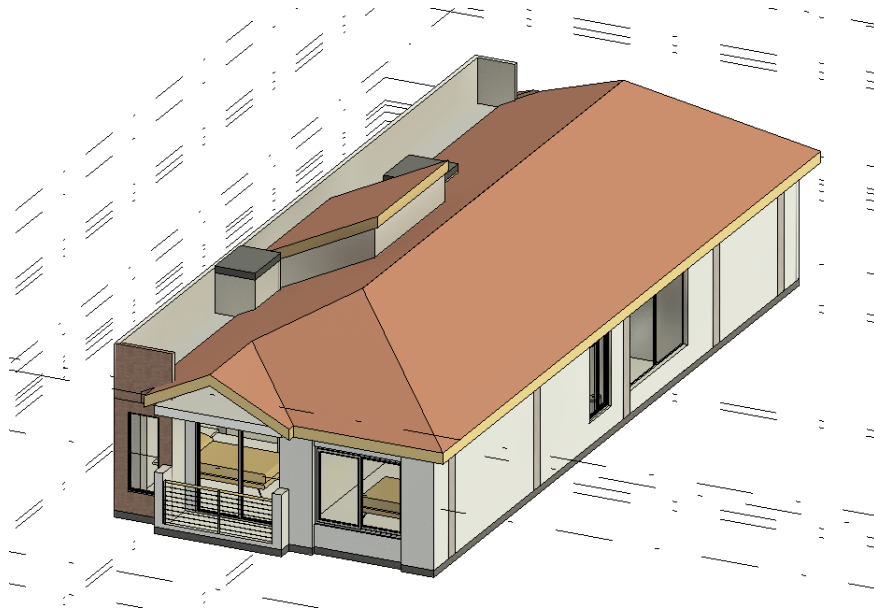
Modelo arquitectónico, cubierta, vista 3D



Una vez colocados todas las partes que componen la parte arquitectónica se obtiene un terminado final de la fase 2 (Figura 12), a partir de este modelado se continua con la parte estructural del proyecto.

Figura 12

Modelo arquitectónico, vista general 2da planta alta y cubierta

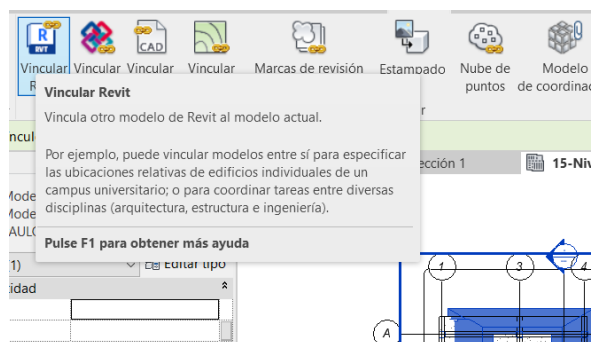


1.3.2 Modelado estructural

Una vez presentada la parte arquitectónica se realiza una coordinación a un plano de proyecto estructural, con el fin de transferir detalles clave como medidas, elevaciones y ubicación de los elementos. Al encontrarse vinculadas las disciplinas y no únicamente importadas, como en el caso del aparatado arquitectónico con un plano dwg, lo que se consigue es que el plano de trabajo estructural se vea afectado directamente por las modificaciones que se realicen en el plano arquitectónico, para coordinar de mejor manera el flujo de trabajo (figura 13).

Figura 13

Herramientas de vinculación de planos



Una vez preparado el plano, se procede a el modelado de los componentes estructurales, basándonos en la guía del proyecto arquitectónico, componentes tales como las columnas y las vigas, esto con ayuda de las herramientas de creación y edición del aparatado estructural (figura 14)

Figura 14

Herramientas de edición estructural



En cuanto a las especificaciones técnicas de los componentes estructurales a modelar, se considera el detalle de los planos, con esta información se procede con la creación de las familias de columnas y vigas, mismas que deben ser: Para las columnas las dimensiones son de 30x30 cm, mientras que las vigas tienen una dimensión de 30x35 cm (Figura 15). Con respecto a la cubierta se utilizaron perfiles tipo correa 1G de 60x30x10x2 y vigas cargadoras 2G de 100x50x15x4 (Figura 16).

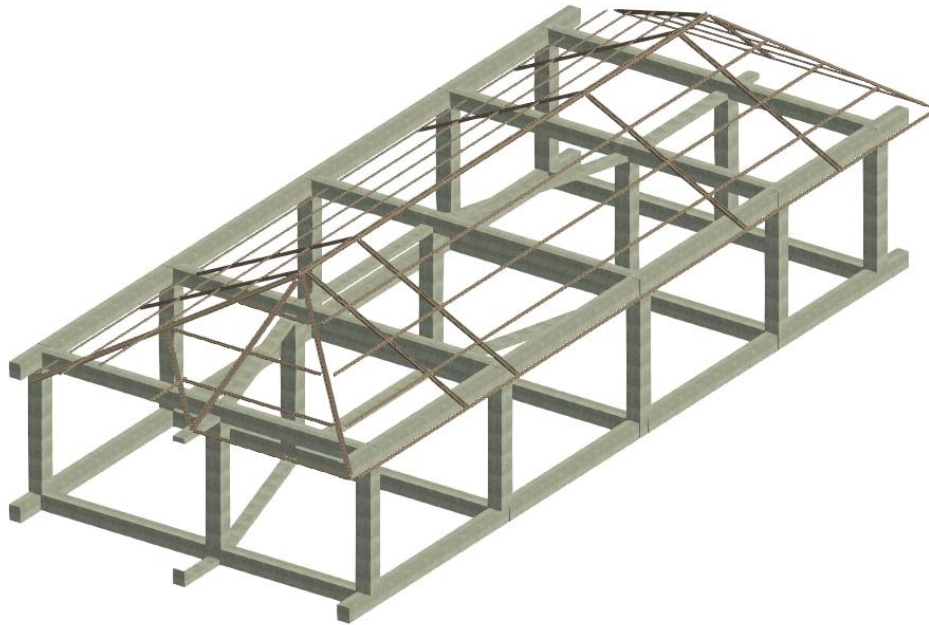
Figura 15

Columnas y vigas de la estructura, modelo estructural



Figura 16

Cubierta metálica, modelo estructural

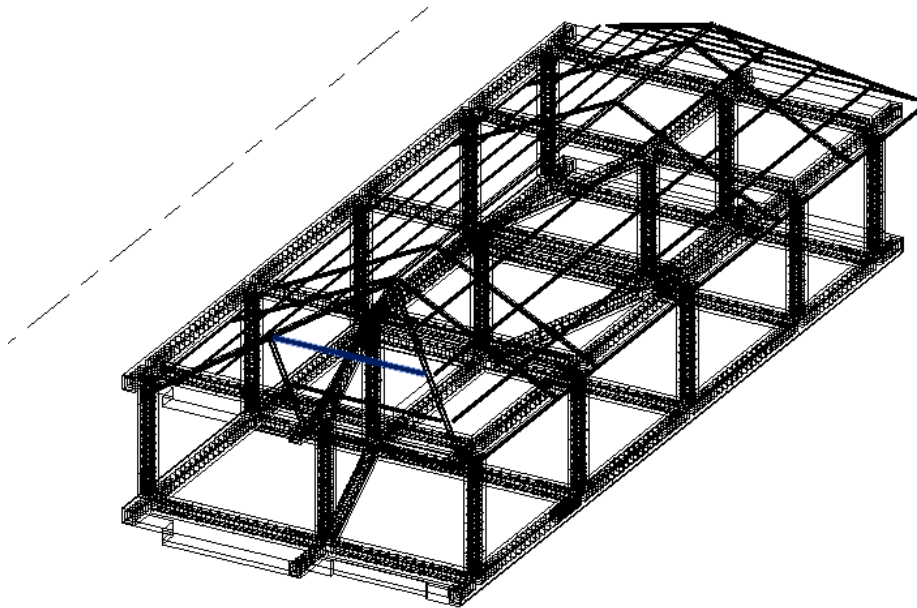


Con las columnas y vigas colocadas, se procede a modelar la cubierta con su estructura metálica, respetando la perfilería que se ocupó en su diseño.

Una vez finalizada la etapa de modelamiento y con los elementos colocados correctamente, lo siguiente que se realiza es la ubicación de los aceros de refuerzo, los cuales serán varillas para el refuerzo longitudinal y estribos para el refuerzo transversal, los detalles acerca del armado a ejecutar se encuentran en los planos, de esa manera se lleva a cabo la ubicación de los aceros de refuerzo (Figura 17).

Figura 17

Acero de refuerzo de Columnas y vigas, modelo estructural

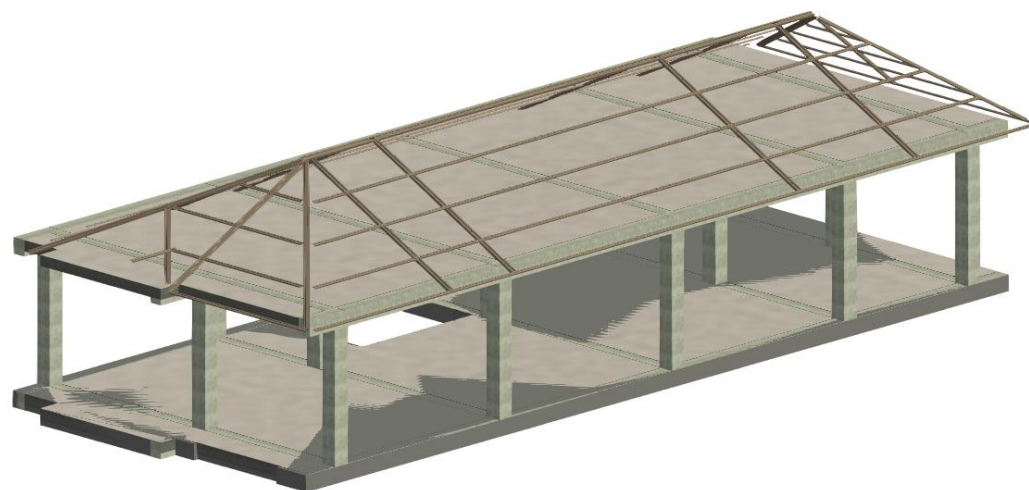


Finalmente se procede a la ubicación de las losas de piso y de cubierta, mismas que deben ser consideradas a la hora de modelar, ya que se tomar en cuenta el detalle de la escalera.

El modelo estructural se considera como culminado al contar con las columnas y sus vigas con su respectivo armado de refuerzo, además de contar con las losas que la conforman en su respectivo nivel, el detalle final se puede apreciar en la figura 18.

Figura 18

Modelo estructural, vista modelo terminado



Capítulo dos

Resultados

Una vez la ejecución de la metodología BIM en la estructura y contar con el modelo digital completo, se hace una presentación de los resultados obtenidos, es así, que en este capítulo se describen puntos clave que se deben considerar durante el desarrollo de esta metodología, centrado principalmente en:

1. Modelamiento de la edificación.
2. Observaciones en el proceso de modelación.
3. Cuantificación de cantidades.

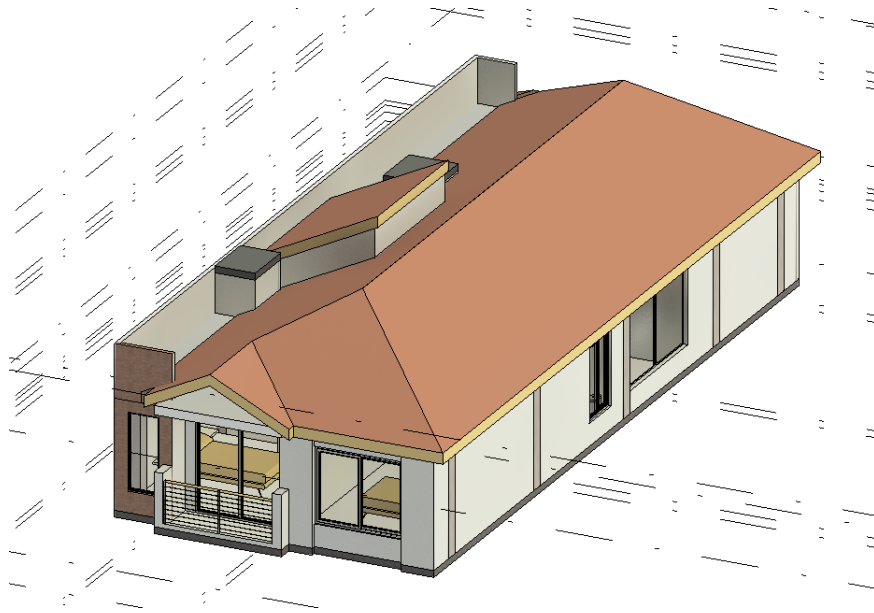
Con un enfoque en estos tres puntos, obtendremos un análisis de los resultados de una manera oportuna.

2.1 Modelamiento de la edificación

El modelo digital de la edificación en la ciudad de Loja fue generado con la metodología BIM con el fin de dar una vista a lo que sería el proyecto final, dado que este proyecto se encuentra en una etapa de diseño, y de esa manera poder simular posibles cambios o arreglos al proyecto, gracias a la tecnología que nos ofrece la metodología BIM de poder tener una estructura dinámica de la edificación finalizada para poder realizar cambios o adaptaciones, si el dueño del proyecto así lo requiere.

En cuanto a la distribución de planos arquitectónicos de la estructura es destinada según el uso para el que va cada planta, siendo, tal que así: Planta del subsuelo cuenta con una sauna, área de gimnasio, barbacoa y baño, este nivel posee acceso al patio trasero del predio. La Planta baja es destinado para parqueadero y el ingreso a la edificación, aquí se ubican las escaleras para poder acceder a la planta alta. Primera planta alta consta de un área de comedor, cocina, baño social, estudio, balcón, dormitorio de huéspedes y una terraza. La segunda planta alta consta de una sala de estar, baño social, habitación principal con baño, dos habitaciones con baño propio y una habitación sin baño; el último nivel es el área a la cubierta de la edificación.

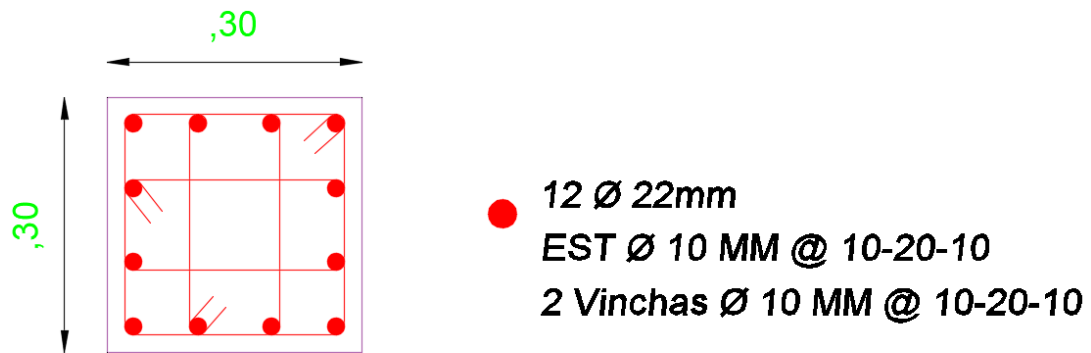
El presente proyecto está orientado al modelado de los niveles pertenecientes a la fase 2 del proyecto, los cuales son: Segunda planta alta y cubierta, al ser un trabajo BIM cuenta con el mismo procedimiento de modelado para las plantas anteriores, por lo cual será posible integrar toda la información en un archivo de proyecto general. Se puede apreciar el modelado arquitectónico de los niveles de la fase 2 en la figura 19.

Figura 19*Modelo arquitectónico*

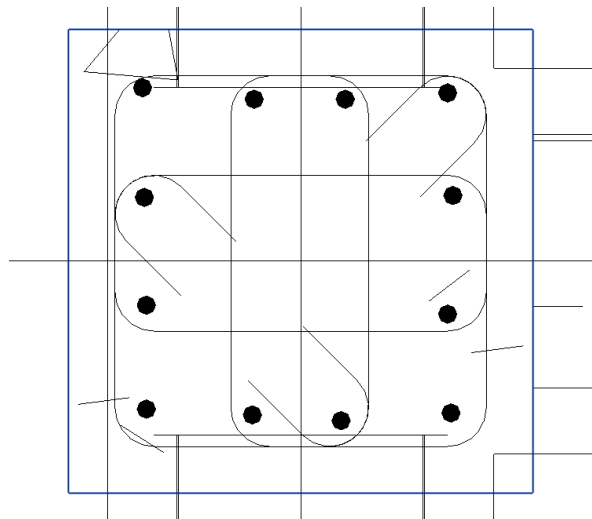
En el desarrollo del modelo, se ubica según los niveles de elevación, los elementos ayudan a representar de mejor manera el espacio y el uso al que va destinado, estos elementos son: baños, muebles, camas, lavamanos, sillas, mesas, etc.

Para la elaboración del modelamiento, se tomó como referencia planos provistos por la Universidad Técnica Particular de Loja, en ellos se encuentra información de los elementos que componen la estructura, En su mayoría la estructura es construida en hormigón armado en sus columnas y vigas.

Para el modelado estructural el primer paso fue colocar las columnas y vigas en el nivel de la segunda planta alta, de esa manera levantar el modelado 3D en su ubicación correcta. Las dimensiones de las columnas en el nivel de segunda planta alta son de 30 x 30 cm, mientras que las VIGAS son de 35 x 30 cm. En la figura 20 se puede observar la sección de una columna.

Figura 20*Detalle de sección de columna*

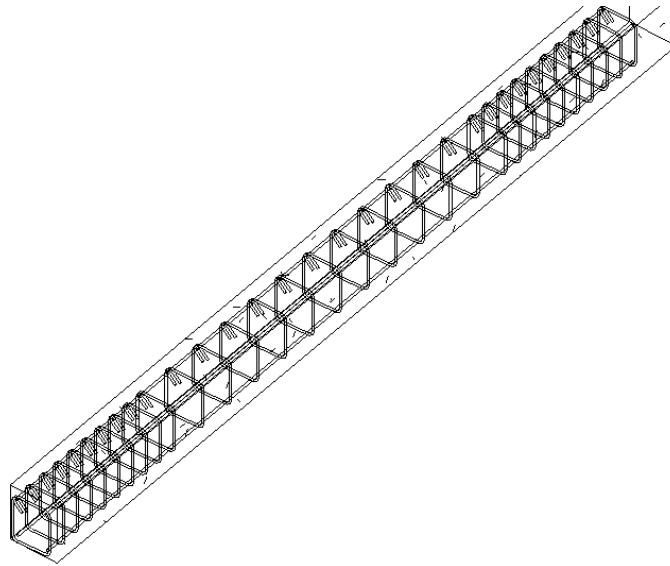
Con todos los elementos estructurales modelados se procede a realizar el armado estructural de cada uno de estos. Las columnas cuentan con 12 varillas longitudinales de 22 mm, estribos de 10 mm ubicados cada 10 cm cerca de las uniones de las vigas y en el centro con un espaciado de 20 cm, de igual manera se encuentran ubicadas 2 vinchas de 10 mm distribuidas de forma similar que los estribos. Se puede apreciar el modelado de la columna en la figura 21.

Figura 21*Vista en planta de modelamiento de columna 30x30 con su armado estructural*

El armado del acero de refuerzo en las vigas de cubierta consta de 4 varillas longitudinales en la parte superior y 4 varillas longitudinales en la parte inferior de la misma, los estribos que conforman las vigas se encuentran ubicados cada 10 cm en los nudos, mientras que en el centro poseen un espaciado de 20 cm, los diámetros de las varillas longitudinales y de los estribos son 12 mm y 10 mm respectivamente. Se puede apreciar en la figura 22.

Figura 22

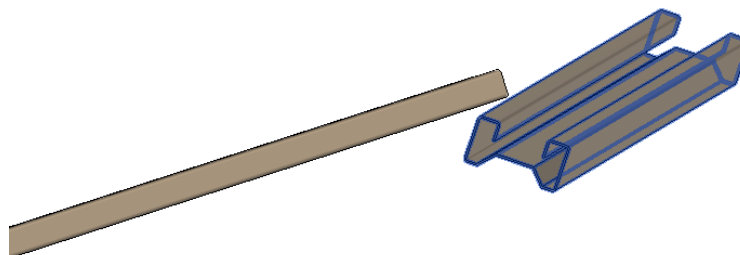
Vista del armado del acero de refuerzo en viga de cubierta



Adicional, para el detalle del armado estructural correspondiente a la cubierta se lo realizo con perfilería tipo 1G Y 2G, en la figura 23 se ve a detalle el armado.

Figura 23

Vista corea tipo G del acero de cubierta metálica



2.2 Observaciones en el proceso de modelación

Dentro de la metodología BIM, el ordenamiento de cronogramas y actividades es de vital importancia, es por ello que para el desarrollo del presente trabajo se establecieron fechas para la culminación de cada uno de los componentes de modelado en las distintas disciplinas de la metodología BIM. Como primer detalle, se consideró un periodo de tiempo de un mes para la investigación, planificación y análisis para el desarrollo del trabajo.

en cuanto al modelado de las disciplinas arquitectónica y estructural se planifico un periodo de tres meses como periodo de tiempo referencial, a la vez que se avanzó con la redacción de esta. Durante el proceso del modelado de la edificación se usaron los planos arquitectónicos y estructurales entregados por la UTPL, de esa manera consiguiendo un correcto modelado de cada una de las plantas que conforman la fase 2 del modelamiento de la edificación.

En el modelado arquitectónico se debió ubicar en primer lugar los niveles de elevación, fue el primer paso a realizar, ya que, de no ser ubicados, o ser colocados de forma errónea, afectará a lo largo de todo el proyecto, generando retrasos en la digitalización.

Mientras se realizaba el modelamiento de la segunda planta alta, se debió dejar un espacio en la losa de piso, ya que una escalera uniría la fase 1 del proyecto con la fase 2, sin embargo, la escalera no fue parte de la fase 2.

En la zona de la cubierta se encontró con la falta de referencia de niveles para ubicar detalles adicionales de la misma, también al constar con herramientas de trazado de cubierta, se la realizo en un solo trazado, teniendo en cuenta que la pendiente colocada se la hizo para respetar la altura máxima del nivel de cubierta. La parte frontal de la cubierta se diferencia del plano arquitectónico en un detalle de vista, sin embargo, no afecta al armado estructural.

2.3 Cuantificación de cantidades

Con el modelo digital finalizado en la etapa estructural, lo que prosigue es con ayuda de Revit obtener tablas de planificación de los materiales que la componen, en este caso, con las tablas de cantidades podremos gestionar los materiales que serán necesarios para poder llevar a cabo la fase de construcción.

En el presente proyecto se obtuvieron tablas de cantidades materiales como: hormigón, y armaduras, ya que estos son los materiales que se ocuparon para la fase 2 del proyecto de construcción de la edificación. En estas tablas suele describirse la familia, diámetro, longitud, cantidad y la categoría a la que pertenece cada material.

Tabla 2

Tabla de cantidades de armaduras

<Tabla de planificación de armaduras>				
A	B	C	D	E
Familia y tipo	Diámetro de barra	Longitud de barra	Cantidad	Categoría de anfitrión
Barra de armadura: 10 B 400 S				
Barra de armadura: 10 B 400 S	10 mm	11.91 m	25	Pilar estructural
Barra de armadura: 10 B 400 S	10 mm	12.26 m	25	Pilar estructural
Barra de armadura: 10 B 400 S	10 mm	15.93 m	7	Armazón estructural
Barra de armadura: 10 B 400 S	10 mm	5.97 m	8	Armazón estructural
Barra de armadura: 10 B 400 S	10 mm	47.79 m	9	Armazón estructural
Barra de armadura: 10 B 400 S	10 mm	19.91 m	10	Armazón estructural
Barra de armadura: 10 B 400 S	10 mm	19.91 m	11	Armazón estructural
Barra de armadura: 10 B 400 S	10 mm	3.98 m	12	Armazón estructural
Barra de armadura: 10 B 400 S	10 mm	49.30 m	7	Pilar estructural
Barra de armadura: 10 B 400 S	10 mm	7.50 m	1	Armazón estructural
Barra de armadura: 10 B 400 S	10 mm	11.27 m	1	Armazón estructural
Barra de armadura: 10 B 400 S	10 mm	15.46 m	1	Armazón estructural
198		221.21 m		
Barra de armadura: 12 B 400 S				
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	0.54 m	1	Armazón estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	6.60 m	1	Armazón estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	0.61 m	1	Armazón estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	8.39 m	1	Armazón estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	6.50 m	1	Armazón estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	8.12 m	6	Armazón estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	16.24 m	7	Armazón estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	6.09 m	8	Armazón estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	2.07 m	1	Armazón estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	2.08 m	1	Armazón estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	4.28 m	1	Armazón estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	35.94 m	1	Armazón estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	432.00 m	1	Pilar estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	33.30 m	1	Armazón estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	33.34 m	1	Armazón estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	16.95 m	1	Armazón estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	31.18 m	1	Armazón estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	2.83 m	1	Pilar estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	17.11 m	1	Armazón estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	76.23 m	1	Armazón estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	6.93 m	1	Pilar estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	11.28 m	1	Armazón estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	60.64 m	1	Armazón estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	15.85 m	1	Armazón estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	79.40 m	1	Armazón estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	79.58 m	1	Armazón estructural
Barra de armadura: 12 B 400 S	12 mm	64.76 m	1	Armazón estructural
422		1060.82 m		
Total general: 620		1282.03 m		

En la tabla 2 se observa el total del acero necesario para poder completar el armazón estructural, tomando en cuenta columnas y vigas, se obtuvo un total de 623 elementos; 198 de 10mm y 425 de 12mm. Adicionalmente se incluyeron 4 tablas de planificación con el total de volumen requerido para la fundición de cada elemento, los mismo que fueron: Losas, vigas y columnas. Los valores se encuentran en las tablas 3, 4 y 5. Y en la tabla 6 se puede observar la cantidad de correas metálicas necesarias para realizar la cubierta metálica.

Tabla 3

Tabla de volumen de hormigón en losas

<Tabla de volumen de hormigon de losas>			
A	B	C	D
Recuento	Familia	Material: Área	Material: Volumen
Suelo			
2	Suelo	10 m ²	0.48 m ³
2	Suelo	11 m ²	0.55 m ³
2	Suelo	19 m ²	1.45 m ³
2	Suelo	22 m ²	1.65 m ³
2	Suelo	37 m ²	1.83 m ³
1	Suelo	21 m ²	1.03 m ³
2	Suelo	50 m ²	2.50 m ³
3	Suelo	79 m ²	3.94 m ³
2	Suelo	73 m ²	5.49 m ³
1	Suelo	41 m ²	3.08 m ³
2	Suelo	100 m ²	7.49 m ³
3	Suelo	158 m ²	11.82 m ³
1	Suelo	118 m ²	35.27 m ³
Suelo: 25		737 m ²	76.57 m ³
Total general: 25		737 m ²	76.57 m ³

Tabla 4

Tabla de volumen de hormigón en pilares

<Tabla de volumen de hormigón de en Pilares>		
A	B	C
Recuento	Familia	Material: Volumen
Hormigón-Rectangular-Pilar		
15	Hormigón-Rectangular-Pilar	3.31 m ³
Hormigón-Rectangular-Pilar: 15		3.31 m ³
Total general: 15		3.31 m ³

Tabla 5

Tabla de volumen de hormigón en vigas

<Tabla de volumen de hormigón de en Vigas>		
A	B	C
Recuento	Familia	Material: Volumen
Hormigón-Viga rectangular		
1	Hormigón-Viga rectangular	0.02 m ³
1	Hormigón-Viga rectangular	0.03 m ³
2	Hormigón-Viga rectangular	0.07 m ³
4	Hormigón-Viga rectangular	0.20 m ³
5	Hormigón-Viga rectangular	0.35 m ³
1	Hormigón-Viga rectangular	0.08 m ³
3	Hormigón-Viga rectangular	0.30 m ³
3	Hormigón-Viga rectangular	0.36 m ³
2	Hormigón-Viga rectangular	0.35 m ³
4	Hormigón-Viga rectangular	0.83 m ³
3	Hormigón-Viga rectangular	0.65 m ³
2	Hormigón-Viga rectangular	0.45 m ³
3	Hormigón-Viga rectangular	0.71 m ³
3	Hormigón-Viga rectangular	0.79 m ³
4	Hormigón-Viga rectangular	1.13 m ³
7	Hormigón-Viga rectangular	2.08 m ³
6	Hormigón-Viga rectangular	1.87 m ³
2	Hormigón-Viga rectangular	0.65 m ³
Hormigón-Viga rectangular: 56		10.92 m ³
Total general: 56		10.92 m ³

Tabla 6

Tabla de cantidad de perfilería metálica de Cubierta

<Tabla de planificación PERFILERIA Cubierta>			
A	B	C	D
Recuento	Familia	Tipo	Longitud
60x30x10x2			
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	60x30x10x2	1.075 m
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	60x30x10x2	1.679 m
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	60x30x10x2	1.708 m
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	60x30x10x2	3.346 m
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	60x30x10x2	3.355 m
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	60x30x10x2	3.356 m
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	60x30x10x2	3.358 m
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	60x30x10x2	4.985 m
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	60x30x10x2	6.623 m
2	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	60x30x10x2	27.011 m
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	60x30x10x2	14.839 m
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	60x30x10x2	16.172 m
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	60x30x10x2	16.809 m
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	60x30x10x2	17.301 m
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	60x30x10x2	17.304 m
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	60x30x10x2	17.506 m
100x50x15x4			
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	100x50x15x4	2.320 m
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	100x50x15x4	2.547 m
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	100x50x15x4	3.744 m
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	100x50x15x4	3.812 m
4	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	100x50x15x4	15.289 m
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	100x50x15x4	3.840 m
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	100x50x15x4	3.848 m
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	100x50x15x4	3.853 m
2	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	100x50x15x4	8.355 m
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	100x50x15x4	5.021 m
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	100x50x15x4	5.030 m
1	M_Calibre delgado-Correa C-Barandal	100x50x15x4	12.418 m
33			226.503 m

Conclusiones

Como resultado del trabajo realizado con la metodología BIM se obtuvo un modelo paramétrico de la edificación en 3D, pudiendo ordenar cada elemento que lo compone de manera correcta, siendo así que la agilización de modelación y vinculación de las disciplinas es adecuada.

Durante el modelamiento de la vivienda en sus disciplinas se pudo comprobar la identificación de interferencias y fallos como colocación de aceros fuera de eje, para de esa manera poder corregir al instante y seguir con un fluido flujo de trabajo.

Se Comprueba la utilidad de la metodología en cuanto a la obtención de cantidades de material a ocupar en obra como es el caso de los volúmenes de hormigón a fundir, materiales a utilizar dentro del proyecto como perfilería metálica, acero de refuerzo. por lo que, la eficiencia dentro de un proyecto se ve relativamente mejorada en la obtención de cantidades de obra.

Recomendaciones

Una vez ejecutadas las dos etapas del modelamiento 3D de la vivienda es aconsejable revisar las interferencias que se puedan presentar, esto con ayuda de herramientas de la metodología BIM como Navisworks.

Es necesario establecer las familias y elementos con los que se trabajara en el plano de trabajo, así los detalles técnicos estarán en la base de datos de Revit desde un principio, agilizando todo el proceso.

Una vez obtenidas las cantidades de obra del proyecto, se puede pasar a una etapa de creación de presupuestos, con lo cual la presentación del proyecto estaría culminada con las herramientas listas para que modelado pueda ser modificado afectando inclusive al costo final de manera automática.

BIBLIOGRAFIA

- Akanbi, L. A., Oyedele, L. O., Akinade, O. O., Ajayi, A. O., Davila Delgado, M., Bilal, M., & Bello, S. A. (2018). Salvaging building materials in a circular economy: A BIM-based whole-life performance estimator. *Resources, Conservation and Recycling*, 129, 175–186. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2017.10.026>
- Andrade Sánchez, D. M. (2021). *Implementación de herramientas BIM para el análisis de prefactibilidad de costos de urbanización de proyectos inmobiliarios*. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/11407>
- Celik, Y., Petri, I., & Barati, M. (2023). Blockchain supported BIM data provenance for construction projects. *Computers in Industry*, 144, 103768. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103768>
- Charef, R. (2022). The use of Building Information Modelling in the circular economy context: Several models and a new dimension of BIM (8D). *Cleaner Engineering and Technology*, 7, 100414. <https://doi.org/10.1016/J.CLET.2022.100414>
- Chatzimichailidou, M., & Ma, Y. (2022). Using BIM in the safety risk management of modular construction. *Safety Science*, 154, 105852. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2022.105852>
- Corrado, R., Soy, M., & Heang, V. (2022). BIM and IFC: Awareness and Self-assessed knowledge from the perspective of Cambodian university students. *Ain Shams Engineering Journal*, 101851. <https://doi.org/10.1016/J.ASEJ.2022.101851>
- Cursi, S., Martinelli, L., Paraciani, N., Calcerano, F., & Gigliarelli, E. (2022). Linking external knowledge to heritage BIM. *Automation in Construction*, 141, 104444. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2022.104444>
- D'Angelo, L., Hajdukiewicz, M., Seri, F., & Keane, M. M. (2022). A novel BIM-based process workflow for building retrofit. *Journal of Building Engineering*, 50, 104163. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2022.104163>
- Fernández-Mora, V., Navarro, I. J., & Yepes, V. (2022). Integration of the structural project into the BIM paradigm: A literature review. *Journal of Building Engineering*, 53, 104318. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2022.104318>
- Hong, Y., Hammad, A. W. A., & Nezhad, A. A. (2022). Optimising the implementation of BIM: A 2-stage stochastic programming approach. *Automation in Construction*, 136, 104170. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2022.104170>
- Kamal, Z., Taghaddos, H., & Metvaei, S. (2022). BIM-based repair and maintenance for hospital work order management. *Automation in Construction*, 143, 104546. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2022.104546>

- Kim, Y., Chin, S., & Choo, S. (2022). BIM data requirements for 2D deliverables in construction documentation. *Automation in Construction*, 140. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104340>
- Koutamanis, A. (2020). Dimensionality in BIM: Why BIM cannot have more than four dimensions? *Automation in Construction*, 114, 103153. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2020.103153>
- Luo, L., Chen, H., Yang, Y., Wu, G., & Chen, L. (2022). A three-stage network DEA approach for performance evaluation of BIM application in construction projects. *Technology in Society*, 102105. <https://doi.org/10.1016/J.TECHSOC.2022.102105>
- Mendoza Córdova, A. G. (2021). *Evaluación de procesos BIM en proyectos de vivienda*. <http://dspace.utpl.edu.ec/jspui/handle/20.500.11962/27784>
- Nikologianni, A., Mayouf, M., & Gullino, S. (2022). Building Information Modelling (BIM) and the impact on landscape: A systematic review of evolvments, shortfalls and future opportunities. *Cleaner Production Letters*, 100016. <https://doi.org/10.1016/j.clpl.2022.100016>
- Pereira, V., Santos, J., Leite, F., & Escórcio, P. (2021). Using BIM to improve building energy efficiency – A scientometric and systematic review. *Energy and Buildings*, 250, 111292. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2021.111292>
- Potseluyko, L., Pour Rahimian, F., Dawood, N., Elghaish, F., & Hajirasouli, A. (2022). Game-like interactive environment using BIM-based virtual reality for the timber frame self-build housing sector. *Automation in Construction*, 142, 104496. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2022.104496>
- Rodríguez-Amigo, A., Fernández-Alvarado, J. F., & Fernández-Rodríguez, S. (2022). Case of study on a sustainability building: Environmental risk assessment related with allergenicity from air quality considering meteorological and urban green infrastructure data on BIM. *Science of The Total Environment*, 838, 155910. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2022.155910>
- Sidani, A., Matoseiro Dinis, F., Duarte, J., Sanhudo, L., Calvetti, D., Santos Baptista, J., Poças Martins, J., & Soeiro, A. (2021). Recent tools and techniques of BIM-Based Augmented Reality: A systematic review. *Journal of Building Engineering*, 42, 102500. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2021.102500>
- Unidas, N. (2030). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. www.cepal.org/es/suscripciones
- Vargas Román, N. A. (2020). *Desarrollo de un anteproyecto de urbanización mediante la aplicación de tecnología BIM*. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/9212>

- Wang, Y. G., He, X. J., He, J., & Fan, C. (2022). Virtual trial assembly of steel structure based on BIM platform. *Automation in Construction*, 141. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104395>
- Wei, H., Zheng, S., Zhao, L., & Huang, R. (2017). BIM-based method calculation of auxiliary materials required in housing construction. *Automation in Construction*, 78, 62–82. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2017.01.022>
- Youkhanna Zaia, Y., Mustafa Adam, S., & Heeto Abdulrahman, F. (2022). Investigating BIM level in Iraqi construction industry. *Ain Shams Engineering Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101881>