



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,  
Canales y Puertos

Plan de ejecución y modelado BIM para la gestión del  
proyecto de viviendas y habilitación urbana Las Lomas de  
Yura en Arequipa (Perú).

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Córdova Vela, Juan Antonio

Tutor/a: Domingo Cabo, Alberto

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE  
CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS

# TRABAJO DE FIN DE MASTER

---

Plan de ejecución BIM y modelado BIM para la gestión  
del proyecto de viviendas y habilitación urbana “Las  
Lomas de Yura en Arequipa Perú”

---

*Presentado por*

Córdova Vela, Juan Antonio

---

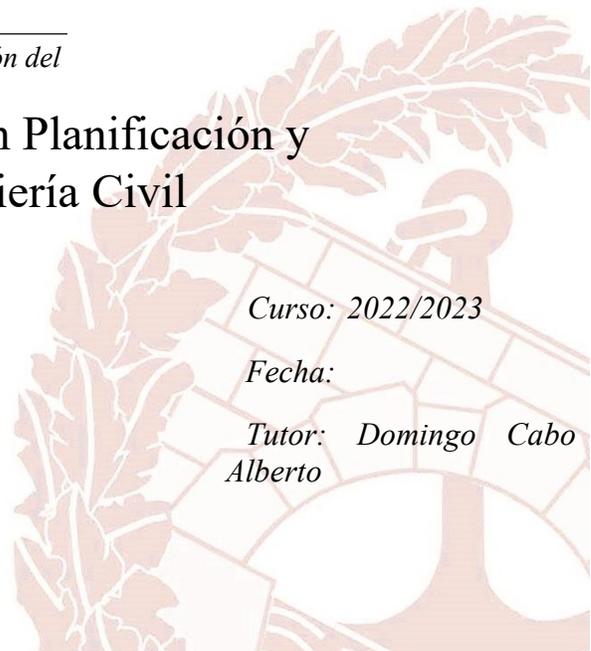
*Para la obtención del*

Master Universitario en Planificación y  
Gestión en Ingeniería Civil

*Curso: 2022/2023*

*Fecha:*

*Tutor: Domingo Cabo  
Alberto*





**Dedicatoria:** El presente trabajo de fin de máster va dedicado a mi abuelo, cuya pasión por la ingeniería me motivó a seguirla y a buscar ser cada día mejor, a mis padres y hermana, cuyo apoyo incondicional y compañía me permitieron dar avanzar cada una de las etapas de este lindo camino. A todos los amigos que hice en el MAPGIC y durante mi estancia en España, Indiana, Jason, Franklin, Deisi, Diego, Otto, Estafanía, y muchos más; pues gracias a ellos el máster será recordado como una aventura extraordinaria.

**Agradecimientos:** A mi tutor Alberto Domingo Cabo, cuyo tiempo y disposición permitió guiar este trabajo compartiendo su experiencia y conocimiento para juntos poder desarrollar el presente trabajo de fin de máster



## RESUMEN

En Perú el uso de BIM no es muy común en el desarrollo de proyectos de edificación y proyectos viales, generando sobrecostos en los proyectos, tanto en el sector público como en el privado. Según informe de la contraloría general de la república en el año 2018 en Perú 339 de los 867 proyectos paralizados, fueron debido a deficiencias técnicas.

Con el pasar de los años, los proyectos de la industria de la construcción se han hecho cada vez más complejos, requiriendo de la participación de diferentes especialidades que interactúen para lograr un objetivo en común; sin embargo, la gestión integrada del proyecto se hace difícil a través herramientas digitales en dos dimensiones las cuales no facilitan una comprensión total del proyecto, obteniendo como resultado que el proyecto presente deficiencias técnicas, interferencias o que se tengan que realizar cambios durante el proceso para adaptarse a las necesidades del cliente

Los sobrecostos, los excesos de plazo y los reclamos se han convertido en parte sistémica de los proyectos de construcción a lo largo del mundo. Teniendo en cuenta que un proyecto de construcción puede considerarse exitoso siempre y cuando se cumplan tres pilares fundamentales que son coste, plazo y calidad (Rosenfeld, 2014), es necesario el uso de herramientas tecnológicas que permitan reducir los riesgos y problemas que ocurren durante el ciclo de vida de los proyectos, desde su conceptualización hasta su puesta en marcha para su posterior operación y mantenimiento.

El uso de BIM, presenta una alternativa para la gestión integrada de proyecto, permitiendo la visualización en 3D, la coordinación de los proyectos y la temprana detección y solución de interferencias, logrando así reducir tiempo y costes. “Los beneficios de utilizar BIM se extienden a toda la cadena de valor. Diversos estudios demuestran impactos positivos y mejora de la productividad. Según (Agarwal et al., 2018) un 75% de las empresas que han adoptado BIM lograron un retorno positivo de la inversión a través de ciclos de vida del proyecto más cortos, generando ahorro en gastos indirectos y materiales.” (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021b)

El presente TFM presenta la elaboración del plan de ejecución BIM (Building Execution Plan) del proyecto Las Lomas de Yura, un proyecto de inmobiliario desarrollado en la ciudad de Arequipa, Perú, en el cual no se utilizó BIM como metodología de gestión, y tomando en cuenta que la inmobiliaria continuará con el desarrollo de proyectos en la ciudad, el plan de ejecución BIM del proyecto servirá como punto de partida para la implantación de BIM en posteriores proyectos.

El presente TFM presenta el contexto del desarrollo del proyecto, marco teórico y el plan de ejecución BIM.



## ABSTRACT

In Peru the use of BIM is not very common in the development of building and road projects, generating cost overruns and delays in both the public and private sectors. According to a report by the Comptroller General of the Republic in Peru, 339 of the 867 paralyzed projects were due to technical issues.

Over the years, projects in the construction industry have become increasingly complex, requiring the participation of different specialties that interact to achieve a common goal; however, integrated project management is difficult through digital tools in two dimensions which do not facilitate a full understanding of the project, resulting in the project having technical deficiencies, interferences or having to make changes during the process to adapt to customer needs.

Cost overruns, schedule overruns, and claims have become a systemic part of construction projects throughout the world. Considering that a construction project can be considered successful as long as three fundamental pillars are met which are cost, schedule, and quality (Rosenfeld, 2014), the use of technological tools is necessary to reduce the risks and problems that occur during the life cycle of projects, from conceptualization to commissioning for subsequent operation and maintenance.

The use of BIM, presents an alternative for integrated project management, allowing 3D visualization, project coordination, and early detection and resolution of interferences, thus reducing time and costs. "The benefits of using BIM extend to the entire value chain. Several studies demonstrate positive impacts and productivity improvement. According to (Agarwal et al., 2018) 75% of companies that have adopted BIM achieved a positive return on investment through shorter project life cycles, generating savings in overhead and material costs." (Ministry of Economy and Finance, 2021b)

This TFM presents the elaboration of the BIM execution plan (Building Execution Plan) of the Las Lomas de Yura project, a real estate project developed in the city of Arequipa, Peru, in which BIM was not used as a management methodology, and taking into account that the real estate company will continue with the development of projects in the city, the BIM execution plan of the project will serve as a starting point for the implementation of BIM in subsequent projects.

This TFM presents the context of the project development, theoretical framework, and the BIM execution plan.



## RESUM

Al Perú l'ús de \*BIM no és molt comú en el desenvolupament de projectes d'edificació i projectes viaris, generant sobrecostos en els projectes, tant en el sector públic com en el privat. Segons informe de la \*contraloría general de la república l'any 2018 al Perú 339 dels 867 projectes paralyzats, van ser degut a deficiències tècniques.

Amb el passar dels anys, els projectes de la indústria de la construcció s'han fet cada vegada més complexos, requerint de la participació de diferents especialitats que interactuen per a aconseguir un objectiu en comú; no obstant això, la gestió integrada del projecte es fa difícil a través eines digitals en dues dimensions les quals no faciliten una comprensió total del projecte, obtenint com a resultat que el projecte present deficiències tècniques, interferències o que s'hagen de fer canvis durant el procés per a adaptar-se a les necessitats del client

Els sobrecostos, els excessos de termini i els reclams s'han convertit en part sistèmica dels projectes de construcció al llarg del món. Tenint en compte que un projecte de construcció pot considerar-se reeixit sempre que es complisquen tres pilars fonamentals que són cost, termini i qualitat (\*Rosenfeld, 2014), és necessari l'ús d'eines tecnològiques que permeten reduir els riscos i problemes que ocorren durant el cicle de vida dels projectes, des de la seua conceptualització fins a la seua posada en marxa per a la seua posterior operació i manteniment.

L'ús de \*BIM, presenta una alternativa per a la gestió integrada de projecte, permetent la visualització en 3D, la coordinació dels projectes i la primerenca detecció i solució d'interferències, aconseguint així reduir temps i costos. &#34;Els beneficis d'utilitzar \*BIM s'estenen a tota la cadena de valor. Diversos estudis demostren impactes positius i millora de la productivitat. Segons (\*Agarwal et al., 2018) un 75% de les empreses que han adoptat \*BIM van aconseguir un retorn positiu de la inversió a través de cicles de vida del projecte més curts, generant estalvi en despeses indirectes i materials.&#34; (Ministeri d'Economia i Finances, \*2021b)

El present \*TFM presenta l'elaboració del pla d'execució \*BIM (\*Building \*Execution Pla) del projecte Les Llomes de \*Yura, un projecte d'immobiliari desenvolupat a la ciutat de \*Arequipa, el Perú, en el qual no es va utilitzar \*BIM com a metodologia de gestió, i tenint en compte que la immobiliària continuarà amb el desenvolupament de projectes a la ciutat, el pla d'execució \*BIM del projecte servirà com a punt de partida per a la implantació de \*BIM en posteriors projectes.

El present \*TFM presenta el context del desenvolupament del projecte, marc teòric i el pla d'execució \*BIM



---

## RESUMEN EJECUTIVO

---

**Título :** Plan de ejecución BIM y modelado BIM para la gestión de viviendas y habitación urbana “ Las Lomas de Yura en Arequipa Perú”

---

**Autor:** Juan Antonio Córdova Vela

---

**Planteamiento del problema:** En Perú el uso de BIM no es muy común en el desarrollo de proyectos de edificación y proyectos viales, generando sobrecostes en los proyectos, tanto en el sector público como en el privado. Según informe de la contraloría general de la república en el año 2018 en Perú 339 de los 867 proyectos paralizados, fueron debido a deficiencias técnicas. En la actualidad, los proyectos de construcción son modelados en 2 dimensiones, dificultando la comprensión y gestión de proyecto, provocando sobrecostes en el desarrollo del mismo e inconformidades por parte del usuario final.

El uso de BIM, presenta una alternativa para la gestión integrada de proyecto, permitiendo la visualización en 3D, la coordinación de los proyectos y la temprana detección y solución de interferencias, logrando así reducir tiempo y costes. Para la implementación adecuada de BIM es fundamental tener claros los parámetros, alcance, objetivos y técnicas de modelado, para que así la implementación BIM y el desarrollo BIM a lo largo del proyecto siga una ruta ya establecida, esta ruta se conoce como plan de ejecución BIM.

---

**Objetivos:**

**Objetivo general**

- Realizar un plan de ejecución BIM para el proyecto Las Lomas de Yura que permita establecer parámetros y estándares para la implementación BIM en el proyecto y en los futuros proyectos de la empresa, utilizando las diferentes herramientas BIM y su interoperabilidad.

**Objetivos específicos**

- Realizar un modelado BIM de los 4 tipos de vivienda existentes en el proyecto, de la torre de edificio de 5 niveles y de la habilitación urbana comprendida por acera, calzadas y bermas. El modelo deberá contener la información necesaria para permitir la comprensión adecuada del proyecto y de ese modo facilitar su planificación y gestión.
  - Realizar los modelos 3D del proyecto de edificación.
  - Realizar el modelado de la habilitación urbana del proyecto y plataformas en Infracore para con ello poder tener una visión global del proyecto y demostrar que BIM puede ser utilizado también para proyectos de habilitación urbana y no sólo para modelado de edificaciones
  - A través de Navisworks realizar la simulación 4D que permita obtener la planificación en el tiempo.
-



- Realizar la integración de diferentes softwares BIM para obtener un modelo que contenga toda la información del proyecto.

---

**Estructura organizativa:**

El proyecto se encuentra dividido en capítulos, los cuales comienzan por presentar el proyecto, hasta el desarrollo del proyecto.

Los resultados del presente proyecto son el Plan de Ejecución BIM, el modelo 3d de cada tipología de vivienda y de la habilitación urbana, y la simulación 4D.

**Capítulo 1 Introducción:** Esta sección comprende el planteamiento del problema, justificación de la investigación, objetivos generales y específicos y alcances. Además de ello se incluye la información referida al alcance del proyecto a analizar.

**Capítulo 2 Contexto de la investigación:** El contexto de la investigación abarca el estado de la construcción en el Perú, la situación de BIM en Perú.

**Capítulo 3 Antecedentes (Marco teórico):** Contempla conceptos generales de BIM, ventajas del uso de BIM y la explicación y desarrollo de los softwares BIM a utilizar en el presente TFM

**Capítulo 4 Plan de ejecución BIM:** Metodología de la investigación, y desarrollo del plan de ejecución BIM, esquema de la investigación empleado, recolección de información.

**Capítulo 5 Modelado BIM:** Se detalla el procedimiento de modelado BIM desarrollado para el presente TFM. Se incluye modelado 3D y 4D incluyendo la programación de obra. Resultados y discusiones, estableciendo respuestas a las preguntas de investigación.

**Capítulo 6 Conclusiones:** Conclusiones a partir del cumplimiento de los objetivos planteados, contribución de la investigación, recomendaciones, limitaciones y futuras líneas de investigación.



**Capítulo 7 Referencias**  
**Capítulo 8 Anexos**

**Metodología de la investigación:** Para poder implementar BIM en el proyecto Las Lomas de Yura, es necesario conocer la metodología BIM, sus principales softwares y los aportes que tiene para la gestión de la construcción.

Por ello en el presente TFM se va a realizar una introducción, en la cual se explica de manera breve la metodología BIM.

Seguidamente es necesario conocer la información de la empresa encargada de la ejecución del proyecto, para que en función a ello se pueda elaborar un plan de ejecución BIM adaptado a la situación de la empresa. Además de la información administrativa, es necesario conocer el proyecto, para lo cual se recopilará memorias técnicas y planos en 2D.

Para la realización del plan de ejecución BIM (BEP) es necesaria la revisión de planes de ejecución BIM existentes utilizados en proyectos de edificación y proyectos similares, de modo que sirvan como referencia y se a través de una síntesis se pueda extraer la información útil para el contexto en que se desarrollará el modelado del proyecto.

Posteriormente se va a desarrollar el plan de ejecución BIM (BEP).

Con el BEP realizado, se procede a realizar el modelo de las viviendas y edificios a través del software REVIT (modelado 3D). Luego se realiza el modelo de la habilitación urbana a través de INFRAWORKS y finalmente se integran los modelos de REVIT e Infracworks a NAVISWORKS para realizar la planificación 4D.

Finalmente se analizará los resultados y se generará conclusiones.

Para el desarrollo del TFM se plantea el siguiente índice.

**Cumplimiento de objetivos:**

Se logró cumplir los objetivos generales y específicos.

**Objetivo Principal:**

Se realizó el plan de ejecución BIM para el proyecto inmobiliario Las lomas de Yura, con lo cual se estableció estándares, usos, softwares y metodologías para la realización de los modelos BIM de las viviendas y de la habilitación urbana, herramientas que serán usadas para la gestión del proyecto

**Objetivos específicos:**

- Se desarrolló un plan de ejecución BIM que establece los estándares y parámetros a utilizar por la empresa a lo largo de su gestión BIM de proyecto, este plan de ejecución BIM quedará en la empresa para estandarizar los procesos BIM para el desarrollo de nuevos proyectos.
- Se realizó modelado 3D de las 4 tipologías de viviendas existentes en proyecto y del edificio multifamiliar.
- Se realizó la coordinación de proyecto de arquitectura y estructuras en Navisworks y la simulación 4D, incluyendo el tiempo de la construcción.
- Se realizó la integración de modelos BIM para permitir tener un modelo



PLAN DE EJECUCIÓN BIM Y MODELADO BIM PARA LA GESTIÓN DE  
VIVIENDAS Y HABILITACIÓN URBANA “ LAS LOMAS DE YURA EN  
AREQUIPA PERÚ”



más completo que comprenda la información del proyecto.

**Contribuciones:** Este TFM aporta el plan de ejecución BIM; el cual quedará en la empresa como estándar para el desarrollo de futuros proyectos BIM. Los modelos BIM y la coordinación generados a partir del presente TFM permiten una integración y desarrollo de proyecto más ágil y evitando sobrecostos.

El TFM desarrollado permite demostrar que los softwares BIM son verdaderamente interoperables entre sí y que se puede aplicar la metodología BIM a proyectos que contemplen infraestructura vial y veredas.

**Recomendaciones:** El uso de BIM en proyectos, debe ser desarrollado desde las etapas tempranas, para así poder comprender con mayor facilidad los proyectos y de ese modo evitar cambios y sobrecostos.

**Limitaciones:** BIM, al ser una tecnología nueva, requiere que el personal del equipo sea capacitado para desarrollar los modelos y planificación de manera adecuada, pues caso contrario la implementación en lugar de ser beneficiosa, generará confusiones y errores durante la construcción. En algunos casos, los costos de adquisición de softwares son costosos y no justifica la inversión en caso de constructoras que vayan a desarrollar proyectos pequeños.



## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	17
1.1	Planteamiento del problema .....	18
1.2	Justificación del trabajo.....	19
1.3	Objetivos .....	20
1.3.1	Objetivo general .....	20
1.3.2	Objetivo específico.....	20
1.4	Preguntas de la investigación .....	21
1.5	Alcances .....	21
1.6	Descripción del proyecto.....	21
1.7	Alcance del proyecto.....	23
1.8	Zona de estudio. ....	23
1.9	Caracterización del proyecto.....	25
1.9.1	Descripción arquitectónica.....	25
1.9.2	Descripción estructural.....	25
2	CONTEXTO DEL TRABAJO DE FIN DE MÁSTER .....	25
2.1	Situación de la industria de la construcción .....	25
2.2	Descripción proyecto Las Lomas de Yura .....	28
2.3	Contexto de la construcción en Perú.....	38
2.4	Situación de BIM en Perú .....	39
3	MARCO TEÓRICO.....	40
3.1	Metodología BIM.....	40
3.1.1	Ventajas del uso de BIM .....	41
3.1.2	Conceptos generales.....	42
3.1.3	Softwares BIM .....	43
4	PLAN DE EJECUCIÓN BIM (BEP).....	43
4.1	Introducción .....	43
4.2	Definiciones .....	44
4.3	Alcance del BEP.....	46
4.4	Información general del proyecto.....	46
4.5	Contactos.....	47
4.5.1	Administrativo.....	47
4.5.2	Operativo.....	47



4.6	Fases del proyecto BIM.....	47
4.7	Roles y responsabilidades .....	48
4.7.1	Gerente de Proyectos BIM-Jefe técnico de proyecto .....	48
4.7.2	Coordinador BIM-Ingeniero inspector de Campo.....	49
4.7.3	Modeladores BIM .....	49
4.7.4	Usuarios BIM .....	49
4.8	Alcances BIM del proyecto.....	50
4.8.1	Usos BIM .....	50
4.8.2	Objetivos BIM.....	50
4.9	Niveles de desarrollo (LOD).....	56
4.9.1	Nivel de desarrollo 100 .....	56
4.9.2	Niveles de desarrollo 200.....	57
4.9.3	Nivel de desarrollo 300 .....	57
4.9.4	Nivel de desarrollo 400 .....	57
4.9.5	Nivel de desarrollo 500 .....	58
4.10	Niveles de desarrollo recomendados según fases del proyecto.....	59
4.10.1	Avance al 30% .....	59
4.10.2	Avance al 60% .....	60
4.10.3	Avance al 90% .....	60
4.11	Flujo de trabajo.....	61
4.11.1	Intercambio de información .....	61
4.11.2	Reuniones de coordinación inter-disciplinarias.....	61
4.11.3	Sesiones ICE .....	64
4.12	Generalidades del modelo .....	65
4.12.1	Calidad .....	65
4.12.2	Grado de complejidad de modelado.....	65
4.12.3	Discrepancias .....	65
4.12.4	Exactitud y tolerancias .....	65
4.12.5	Ejes y niveles.....	66
4.12.6	Sistema de coordenadas .....	66
4.13	Estandarización .....	66
4.13.1	Estructura de datos de ficheros.....	66
4.13.2	Técnicas de modelado .....	67
4.14	Verificación y control de calidad de entregables BIM.....	72
4.14.1	Estrategia global de control de calidad.....	72



4.14.2	Reporte de auditoría BIM.....	72
4.14.3	Reportes de errores y/u omisiones.....	72
4.14.4	Reportes de interferencias .....	72
4.15	Entregables .....	73
4.15.1	Formato de archivos .....	73
4.15.2	Versiones de software .....	73
4.16	Recursos del plan .....	73
4.16.1	Recursos humanos.....	73
4.16.2	Infraestructura tecnológica o recursos de materiales.....	73
5	MODELADO BIM (Revit, Navisworks , Infracworks).....	74
5.1	Modelado 3D.....	74
5.1.1	Modelado de viviendas unifamiliares y multifamiliares- Revit .....	74
5.1.2	Modelado de habilitación urbana y plataformas –Infracworks .....	97
5.2	Modelado 4D.....	104
5.2.1	Planificación de construcción.....	104
5.2.2	Simulación 4D.....	106
6	CONCLUSIONES .....	109
7	REFERENCIAS .....	110
8	ANEXOS.....	112



### LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de componentes de modelo de información para proyecto BIM Fuente Nota Técnica BIM: Ministerio de Economía y Finanzas Perú .....	20
Tabla 2 Beneficios del uso de BIM en las distintas fases del ciclo de vida del proyecto Fuente Ullah et al ,2019 .....	28
Tabla 3 Resumen presupuestos de sobrecostos adicionales por deficiencias técnicas Fuente Elaboración propia, fuente presupuestos Inmobiliaria GPR .....	37
Tabla 4 Cargos administrativos de la empresa- fuente GPR Inmobiliaria .....	47
Tabla 5 Cargos técnicos de proyecto- fuente GPR Inmobiliaria.....	47
Tabla 6 Fases del proyecto BIM Fuente: elaboración propia.....	48
Tabla 7 Usos BIM- Fuente: elaboración propia.....	50
Tabla 8 Prioridades de los usos BIM del proyecto Fuente: elaboración propia.....	56
Tabla 9 Niveles de detalle según especialidad y tipo de elemento para un avance al 30% de proyecto. Fuente Elaboración propia .....	59
Tabla 10 Niveles de detalle según especialidad y tipo de elemento para un avance al 60% de proyecto. Fuente Elaboración propia .....	60
Tabla 11 Niveles de detalle según especialidad y tipo de elemento para un avance al 90% de proyecto. Fuente Elaboración propia .....	61
Tabla 12 Prevalencia de ejes y niveles BEP. Fuente Elaboración propia .....	66
Tabla 13 Códigos por disciplina para nomenclatura de archivos y carpetas.....	67
Tabla 14 Colores para detección de interferencias. Fuente Elaboración propia .....	73
Tabla 15 Especificaciones de sistema operativo de equipos de Hardware para desarrollo de proyectos BIM. Fuente Elaboración propia .....	74



## LISTADO DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Comparativo de incremento de productividad respecto al tiempo Fuente McKinsey & Company 2015 .....	26
Gráfico 2 Brecha de infraestructura en el Perú Fuente: Bonifaz 2015, "A plan to get out of poverty: National Infrastructure Plan 2016-2025 .....	39
Gráfico 3 Entorno temático del BEP Fuente BEP a global review Framework-Panagiotidou et al 2022.....	45
Gráfico 4 Proceso de sincronización y aprobación de modelo Fuente Elaboración propia .....	62
Gráfico 5 Proceso de referenciación y trabajo de modelos Fuente Elaboración propia.....	63
Gráfico 6 Proceso y relaciones modelo aprobado Fuente Elaboración propia.....	64



## LISTADO DE FIGURAS

Ilustración 1 Grado de influencia de los involucrados. Fuente PMBok 7ma edición .....	19
Ilustración 2 Ubicación de Arequipa y Perú fuente Proinversión home .....	24
Ilustración 3 Ubicación del distrito de Yura Fuente Municipalidad Distrital de Yura.....	24
Ilustración 4 Ubicación de proyecto Fuente Google Maps .....	25
Ilustración 5 Diferencia de niveles de plataforma en viviendas continuas, vista en plano Fuente Inmobiliaria GPR .....	30
Ilustración 6 Viviendas tipo Misti contiguas, visualización 3D Fuente Elaboración propia .....	30
Ilustración 7 Diferencia de niveles en viviendas contiguas visualización 3D Fuente Elaboración propia.....	31
Ilustración 8 Planta de arquitectura zona de ventana Fuente Inmobiliaria GPR .....	31
Ilustración 9 Cimentación excedente no considerada en planos de arquitectura Visualización 3D Fuente Elaboración propia .....	32
Ilustración 10 Vista en planta plano de arquitectura tipo de vivienda Capulí Fuente Inmobiliaria GPR.....	33
Ilustración 11 Viviendas tipo Aleli y tipo Texao, los ductos sanitarios se encuentran descubiertos, vulnerables a lluvias Fuente Elaboración propia.....	33
Ilustración 12 Viviendas tipo Capuli sin cerramiento exterior de ductos , quedando expuestos a lluvia Fuente Elaboración propia .....	34
Ilustración 13 Plano de arquitectura viviendas, donde se muestra que lavandería y ambientes se encuentran al mismo nivel. Fuente: Inmobiliaria GPR .....	34
Ilustración 14 Bordillo inferior a puerta de lavandería para evitar ingreso de agua a vivienda Fuente Elaboración propia .....	35
Ilustración 15 Vista interior de bordillo inferior de lavandería para evitar ingreso de agua Fuente Elaboración propia .....	35
Ilustración 16 Nivelación exterior de viviendas posterior a la ejecución de movimiento de tierras Fuente Elaboración propia .....	36
Ilustración 17 Nivelación exterior de viviendas posterior al movimiento de tierras Fuente Elaboración propia .....	36
Ilustración 18 Vista integral de edificio y pórtico de ingreso Fuente Elaboración propia .....	37
Ilustración 19 Principales marcas y softwares BIM en el mercado Fuente Escuela de Diseño de Madrid.....	43
Ilustración 20 Representación gráfica de LOD 100 .....	56
Ilustración 21 Información y representación gráfica de un modelo con LOD 200 .....	57
Ilustración 22 Información y representación gráfica de un modelo con LOD 300 .....	57
Ilustración 23 Información y representación gráfica de un modelo con LOD 400 .....	58
Ilustración 24 Información y representación gráfica de nivel de desarrollo 500 .....	58
Ilustración 25 Técnica de modelado de extensión de componentes. Fuente Elaboración propia	68
Ilustración 26 Primera técnica de unión de componentes, división de componente exterior de muro. Fuente elaboración propia.....	68
Ilustración 27 Segunda técnica de modelado de componentes exteriores de muro Fuente Elaboración propia .....	69
Ilustración 28 Técnica de modelado de unión de muros división alineamiento y anclaje de muros. Fuente Elaboración propia .....	69
Ilustración 29 Técnica de modelado de columnas y vigas Fuente elaboración propia.....	70



Ilustración 30 Selección de nivel de parte superior de columna en técnica de modelado columnas y vigas. Fuente Elaboración propia .....	70
Ilustración 31 Técnica de modelado de Vigas y Losa Fuente Elaboración propia.....	71
Ilustración 32 Técnica de modelado de muros y vigas. Fuente Elaboración propia .....	71
Ilustración 33 Técnica de modelado y clasificación de elementos de fontanería para facilitar su visualización. Fuente Elaboración propia .....	72
Ilustración 34 Distribución de tipología de viviendas Casa sola, pareo lateral, pareo posterior, cuadripareo Autodesk Infracworks Fuente Elaboración propia.....	75
Ilustración 35 Distribución de vivienda tipo casa sola Autodesk Infracworks Fuente Elaboración Propia .....	75
Ilustración 36 Distribución tipo pareo posterior Autodesk Infracworks Fuente Elaboración Propia .....	76
Ilustración 37 Distribución de viviendas tipo pareo lateral viviendas Aleli Autodesk Infracworks Fuente Elaboración Propia .....	76
Ilustración 38 Distribución de vivienda tipo pareo lateral vivienda Misti Autodesk Infracworks Fuente Elaboración Propia .....	77
Ilustración 39 Distribución de viviendas tipo cuadripareo Autodesk Infracworks Fuente Elaboración Propia .....	77
Ilustración 40 Modelo de grilla para vivienda tipo cuadripareada Fuente Elaboración propia...	78
Ilustración 41 Configuración niveles para colocación de viviendas Fuente Elaboración propia	78
Ilustración 42 Vista en planta cimentación vivienda distribución casas sola Fuente Elaboración propia.....	79
Ilustración 43 Vista tridimensional cimentación vivienda tipo casa sola, vista superior Fuente Elaboración propia .....	80
Ilustración 44 Vista tridimensional inferior de cimentación vivienda tipo casa sola Fuente Elaboración propia .....	80
Ilustración 45 Vista tridimensional inferior de cimentación vivienda tipo pareo lateral Fuente Elaboración propia .....	81
Ilustración 46 Vista superior tridimensional de cimentación vivienda tipo pareo lateral configuración de visualización como color tipo material Fuente Elaboración propia .....	81
Ilustración 47 Vista en planta cimentación tipo de vivienda pareo lateral Fuente Elaboración propia.....	82
Ilustración 48 Vista tridimensional inferior cimentación de viviendas tipo cuadripareo Fuente Elaboración propia .....	82
Ilustración 49 Vista en planta de cimentación de edificio multifamiliar Fuente Elaboración propia .....	83
Ilustración 50 Vista tridimensional inferior de cimentación de edificio Fuente Elaboración propia .....	83
Ilustración 51 Cimentación vivienda tipo pareo posterior Fuente Elaboración propia .....	84
Ilustración 52 Vista de sección vivienda tipo capuli muro estructural Fuente Elaboración propia .....	84
Ilustración 53 Modelado de muros estructurales, tipo muro básico muro CA 10 cm Fuente Elaboración propia .....	85
Ilustración 54 Visualización de sección de edificio detalle de muros estructurales tipo muro básico Muro CA 10 cm Fuente Elaboración propia .....	85



Ilustración 55 Vista tridimensional de muros estructurales de edificio Fuente Elaboración propia .....	86
Ilustración 56 Vista en sección y propiedades de material de losa estructural Fuente Elaboración propia.....	86
Ilustración 57 Vista tridimensional de losa estructural viviente tipo cuadripareada Fuente Elaboración propia .....	87
Ilustración 58 Visualización tridimensional de losas de edificio Fuente Elaboración propia.....	87
Ilustración 59 Vista en sección y descripción de propiedades losas de edificio multifamiliar Fuente Elaboración propia .....	87
Ilustración 60 Vista en planta de modelado de vivienda tipo pareo lateral Fuente Elaboración propia.....	88
Ilustración 61 Barra de opciones para modificar y crear escaleras Autodesk Revit Fuente Elaboración propia .....	88
Ilustración 62 Visualización 3D escalera vivienda y barandilla Fuente Elaboración propia .....	89
Ilustración 63 Visualización en planta escalera edificio Fuente Elaboración propia.....	89
Ilustración 64 Visualización tridimensional de escaleras de edificio Fuente Elaboración propia .....	90
Ilustración 65 Modelo tridimensional viviendas capuli tipo cuadripareo, modelado de puertas y ventanas Fuente Elaboración propia .....	90
Ilustración 66 Vista tridimensional viviendas capulí tipo cuadripareo , visualización real Fuente Elaboración propia .....	91
Ilustración 67 Detalle de pisos arquitectónicos, visualización tridimensional de edificio multifamiliar Fuente Elaboración propia .....	91
Ilustración 68 Visualización real casa sola vivienda tipo Aleli Fuente Elaboración propia .....	92
Ilustración 69 Visualización tridimensional tipo modelo real vivienda Aleli tipo pareo lateral Fuente Elaboración propia .....	93
Ilustración 70 Visualización real de vivienda Aleli tipo pareo posterior .....	93
Ilustración 71 Visualización 3D de viviendas capuli tipo pareo posterior Fuente Elaboración propia.....	94
Ilustración 72 Visualización 3D de vivienda capuli tipo pareo lateral Fuente Elaboración propia .....	94
Ilustración 73 Visualización tridimensional de viviendas capulí tipo cuadripareo Fuente Elaboración propia .....	95
Ilustración 74 Visualización tridimensional de vivienda tipo Misti tipo casa sola Fuente Elaboración propia .....	95
Ilustración 75 Visualización 3D de viviendas Misti tipo pareo lateral Fuente Elaboración propia .....	96
Ilustración 76 Visualización tridimensional de viviendas Texao tipo pareo lateral Fuente Elaboración propia .....	96
Ilustración 77 Visualización 3D de viviendas Texao tipo cuadripareo Fuente Elaboración propia .....	97
Ilustración 78 Selección de área a dibujar a través de Infracworks opción generador de modelos Fuente Elaboración propia .....	98
Ilustración 79 Creación de modelo a través del generador de modelo de infraworks Autodesk Infracworks Fuente Elaboración propia.....	99



Ilustración 80 Visualización a través de la generación de modelo con la importación de tres viviendas Fuente Elaboración propia .....	99
Ilustración 81 Visualización de viviendas importadas en modelo generado Fuente Elaboración propia.....	100
Ilustración 82 Visualización en infraworks terreno natural y plataformas de viviendas Fuente Elaboración propia .....	100
Ilustración 83 Visualización de plataformas y vías Fuente Elaboración propia .....	101
Ilustración 84 Visualización de vías y plataformas de proyecto Autodesk Infraworks Fuente Elaboración propia .....	101
Ilustración 85 Visualización Infraworks de proyecto integral con modelos de viviendas Autodesk Infraworks Fuente Elaboración propia.....	102
Ilustración 86 Visualización 3D proyecto Las Lomas de Yura Autodesk Infraworks Fuente Elaboración propia .....	102
Ilustración 87 Visualización 3D Autodesk Infraworks proyecto integral Las Lomas de Yura Fuente Elaboración propia .....	103
Ilustración 88 Visualización viviendas tipo cuadripareo Autodesk Infraworks Fuente Elaboración propia.....	103
Ilustración 89 Visualización 3D lateral derecha proyecto Las Lomas de Yura Autodesk Infraworks Fuente Elaboración propia.....	104
Ilustración 90 Vista plataformas y desniveles en viviendas Autodesk Infraworks Fuente Elaboración propia .....	104
Ilustración 91 Comando de exportación de modelo en FBX Fuente Elaboración propia .....	105
Ilustración 92 Delimitación terreno en infraworks para su exportación a Navisworks Fuente Elaboración propia .....	106
Ilustración 93 Modelo de proyecto Las Lomas de Yura importado a Navisworks Fuente Elaboración propia .....	106
Ilustración 94 Detalle de Timeliner de movimiento de tierras Fuente Elaboración propia.....	107
Ilustración 95 Avance de estructuras de vivienda en Navisworks Fuente Elaboración propia.	108
Ilustración 96 Etapa de construcción de vías y veredas Navisworks Fuente Elaboración propia .....	108
Ilustración 97 Partidas de acabados en Navisworks Fuente Elaboración propia .....	109



## **1 INTRODUCCIÓN**

Los sobrecostos, los excesos de plazo y los reclamos se han convertido en parte sistémica de los proyectos de construcción a lo largo del mundo. Teniendo en cuenta que un proyecto de construcción puede considerarse exitoso siempre y cuando se cumplan tres pilares fundamentales que son coste, plazo y calidad (Rosenfeld, 2014), es necesario el uso de herramientas tecnológicas que permitan reducir los riesgos y problemas que ocurren durante el ciclo de vida de los proyectos, desde su conceptualización hasta su puesta en marcha para su posterior operación y mantenimiento.

En la actualidad muchas de las empresas constructoras a lo largo del mundo siguen elaborando sus proyectos a través de sistemas en 2D, tales como son las herramientas CAD (Salazar Alzate, 2017), en las cuales un proyecto se plasma en planos, los cuales deben ser interpretados y posteriormente ejecutados. Este tipo de sistema se utiliza desde los años 80 y por su antigüedad y diseño, no permite la integración de proyectos de una manera colaborativa, rápida y eficiente, lo que provoca que los proyectos se manejen de manera aislada, siendo muy susceptibles a presentar incoherencias y deficiencias a la hora de entregar cualquier documento para ingeniería. (Salazar Alzate, 2017).

En sus inicios, BIM se crea como una herramienta tecnológica que permitía la visualización y el diseño de modelos 3D, lo que facilitaba la comprensión del proyecto y así ayudar a la detección temprana de interferencias para la anticipación de posibles problemas durante el ciclo de vida del proyecto, sin embargo, con la evolución de los proyectos y el incremento en la complejidad de los mismos, BIM va convirtiéndose en un modelado de información, es decir una metodología en la cual cada uno de los elementos que conforma el proyecto, contiene información relevante para las distintas etapas del ciclo de vida, tales como el diseño, construcción, operación-mantenimiento.. En la actualidad, tal como lo define el Plan BIM Perú, “ BIM es una metodología de trabajo colaborativo para la gestión de la información de una inversión, que hace uso de un modelo de información creado por las partes involucradas, para facilitar la programación multianual, formulación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de infraestructura pública asegurando una base confiable para la toma de decisiones”. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021b).

El uso de la metodología BIM ofrece muchos beneficios a la industria de la construcción.

El presente TFM presenta la elaboración del plan de ejecución BIM (Building Execution Plan) del proyecto Las Lomas de Yura, un proyecto de inmobiliario desarrollado en la ciudad de Arequipa, Perú, en el cual no se utilizó BIM como metodología de gestión, y tomando en cuenta que la inmobiliaria continuará con el desarrollo de proyectos en la ciudad, el plan de ejecución BIM del proyecto servirá como punto de partida para la implantación de BIM en posteriores proyectos.

El presente TFM presenta el contexto del desarrollo del proyecto, marco teórico y el plan de ejecución BIM.



## 1.1 Planteamiento del problema

En Perú el uso de BIM no es muy común en el desarrollo de proyectos, y ello provoca que en muchos casos las construcciones no terminen en el plazo establecido y teniendo que asumir sobrecostos que no estaban contemplados en la planificación inicial; y como consecuencia se afecta la rentabilidad económica del proyecto. Con el pasar de los años, los proyectos de la industria de la construcción se han hecho cada vez más complejos, requiriendo de la participación de diferentes especialidades que interactúen para lograr un objetivo en común; sin embargo, la gestión integrada del proyecto se hace difícil a través herramientas digitales en dos dimensiones las cuales no facilitan una comprensión total del proyecto, obteniendo como resultado que el proyecto presente deficiencias técnicas, interferencias o que se tengan que realizar cambios durante el proceso para adaptarse a las necesidades del cliente.

La industria de la construcción tiene un rol importante dentro del desarrollo de la economía peruana, representando al menos un 6% del producto interno bruto. Sin embargo, a pesar de su aporte en el crecimiento del país, la productividad en el sector no ha mejorado del mismo modo. Principalmente esto es causado por el bajo uso de herramientas tecnológicas y la poca inversión en investigación y desarrollo (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021b). De acuerdo a la contraloría general de la república en el año 2018 se tuvieron 867 obras paralizadas en proyectos estatales, y de estas el 39% fue debido a deficiencias técnicas en la concepción de proyecto.

Otro problema que presenta la industria de la construcción, es que consultores y constructores, no entienden las necesidades del cliente, y ello provoca que durante el proceso de la construcción se generen cambios, generando re trabajos, incremento del coste y modificación de los plazos establecidos. (Ismail et al., 2013).

Los riesgos no gestionados son amenazas incontroladas para los objetivos del proyecto y estos pueden generar sobrecostos significativos (Chapman, 2001). Tomando en cuenta que de acuerdo al PMBOK (Project Management Intitute, 2021), conforme avanza el tiempo del proyecto, el costo de los cambios es mayor, y que en las etapas iniciales del proyecto, la incertidumbre y el riesgo son altos. Es por ello que la fase de construcción del proyecto es aquella que contribuye a retrasos y sobrecostos en los proyectos de la industria AEC (arquitectura, ingeniería y construcción). (Ismail et al., 2013), pues durante la construcción, se tiene mayor conocimiento del proyecto, pero en esta etapa el costo de las interferencias y cambios es mucho mayor.

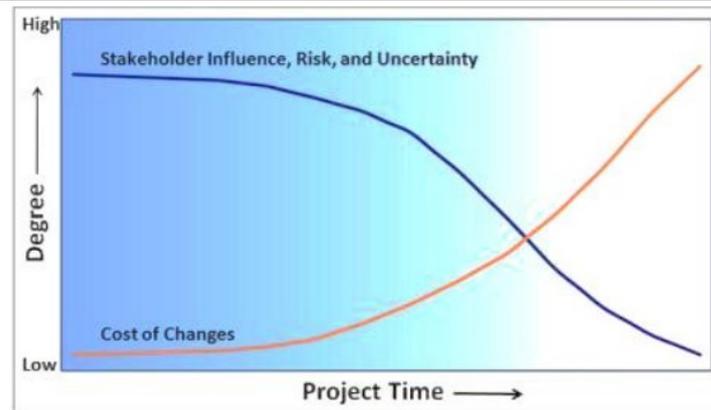


Ilustración 1 Grado de influencia de los involucrados. Fuente PMBok 7ma edición

El proyecto inmobiliario Las Lomas de Yura fue construido en el año 2020 en la ciudad de Arequipa, Perú. Durante la etapa de construcción, la inmobiliaria reconoció a la constructora un total de quince presupuestos por sobrecostos adicionales. De los cuales nueve se debieron a deficiencias técnicas en la etapa de diseño. Los costes adicionales del proyecto a causa de deficiencias técnicas, representaron un incremento del 1.05% en el presupuesto del proyecto. Lo cual fue perjudicial para la empresa inmobiliaria, reduciendo la rentabilidad económica del proyecto.

## 1.2 Justificación del trabajo

El uso de BIM, presenta una alternativa para la gestión integrada de proyecto, permitiendo la visualización en 3D, la coordinación de los proyectos y la temprana detección y solución de interferencias, logrando así reducir tiempo y costes. “Los beneficios de utilizar BIM se extienden a toda la cadena de valor. Diversos estudios demuestran impactos positivos y mejora de la productividad. Según (Agarwal et al., 2018) un 75% de las empresas que han adoptado BIM lograron un retorno positivo de la inversión a través de ciclos de vida del proyecto más cortos, generando ahorro en gastos indirectos y materiales.” (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021b)

El modelo de información que se obtiene al utilizar BIM, se encarga de integrar toda la información del proyecto, tanto gráfica como no gráfica. Denominamos información gráfica a toda aquella que se refiere a las propiedades geométricas del proyecto, y por otro lado la información no gráfica que se refiere a la documentación asociada al modelo. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021b). A continuación, se presenta una tabla obtenida del Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, donde se presenta la información que contiene un proyecto BIM.

### MODELADO DE INFORMACIÓN

INFORMACIÓN GRÁFICA	INFORMACIÓN NO GRÁFICA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo 3d de arquitectura y estructuras</li> <li>• Modelo 3d de instalaciones sanitarias, eléctricas y mecánicas</li> <li>• Modelo 3d de mobiliario</li> <li>• Modelo 3d de equipamiento</li> <li>• Otros modelos de otras especialidades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requisitos de información</li> <li>• Especificaciones técnicas</li> <li>• Cuantificaciones</li> <li>• Presupuestos</li> <li>• Cronogramas</li> <li>• Información sobre riesgos de la inversión</li> <li>• Estructura de costos desagregados</li> </ul>



- Otra documentación complementaria

**Tabla 1 Descripción de componentes de modelo de información para proyecto BIM Fuente Nota Técnica BIM: Ministerio de Economía y Finanzas Perú**

Como se puede ver en la tabla anterior, un modelo BIM permite obtener mayor información del proyecto a lo largo de todo su ciclo de vida y sobretodo en etapas iniciales permite reducir la incertidumbre, comprender mejor las necesidades del cliente y así mejorar el rendimiento económico del proyecto, pues en caso de que el proyecto necesite realizar algún cambio, este se realizará en etapas tempranas, donde el costo es menor.

Es importante generar un punto de partida para la gestión de proyectos a través de la metodología BIM, y para ello tener un plan de ejecución BIM, ayuda a poder estandarizar los criterios de modelado y la información necesaria para que la implementación BIM en los siguientes proyectos, sea más ágil. El primer proceso en el cual se establecen las reglas BIM del proyecto, es el Plan de Ejecución BIM. De acuerdo con la definición de la norma ISO 19650-2;2018, el BEP es el plan que explica cómo se va a gestionar la información a través del equipo que conforma el proyecto BIM.

El proyecto Las Lomas de Yura, es un proyecto de inversión privada el cual busca beneficiar a 288 familias, ofreciendo viviendas de calidad y con espacios de recreación para brindar confort y calidad de vida a personas de bajos recursos. El proyecto se encuentra apoyado por programas del estado, los cuales ofrecen bonos de ayuda que permiten que la vivienda esté a un precio más accesible a la población.

Teniendo en cuenta que, en este tipo de proyectos, tienen un límite de precio establecido por el gobierno, el costo de la construcción debe ser el mínimo, garantizando la rentabilidad económica del proyecto.

Es necesario realizar la gestión de proyecto con todas las herramientas tecnológicas posibles de modo que se puedan optimizar al máximo los costos de construcción y así poder tener un incremento en las ganancias. Para ello BIM representa una forma de trabajo que permite la detección temprana de interferencias, la planificación en el tiempo y la visualización 3D, con ello ayudar a reducir al mínimo los errores y sobrecostos que se generen durante y después construcción.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

- Realizar un plan de ejecución BIM para el proyecto Las Lomas de Yura que permita establecer parámetros y estándares para la implementación BIM en el proyecto y en los futuros proyectos de la empresa, utilizando las diferentes herramientas BIM y su interoperabilidad.

#### **1.3.2 Objetivo específico**

- Realizar un modelado BIM de los 4 tipos de vivienda existentes en el proyecto, de la torre de edificio de 5 niveles y de la habilitación urbana comprendida por acera, calzadas y



bermas. El modelo deberá contener la información necesaria para permitir la comprensión adecuada del proyecto y de ese modo facilitar su planificación y gestión.

- Realizar los modelos 3D del proyecto de edificación.
- Realizar el modelado de la habilitación urbana del proyecto y plataformas en Infracore para con ello poder tener una visión global del proyecto y demostrar que BIM puede ser utilizado también para proyectos de habilitación urbana y no sólo para modelado de edificaciones
- A través de Navisworks realizar la simulación 4D que permita obtener la planificación en el tiempo.
- Realizar la integración de diferentes softwares BIM para obtener un modelo que contenga toda la información del proyecto.

#### 1.4 Preguntas de la investigación

A partir de los objetivos específicos propuestos, se formula una serie de preguntas que ayudarán a resolver cada uno de los objetivos planteados.

1. ¿Qué parámetros se deben tomar en cuenta para la correcta elaboración de un modelo BIM según las necesidades del proyecto? ¿Qué ventajas tiene la estandarización, con miras a la implementación BIM en la empresa para el desarrollo de futuros proyectos? -
2. ¿Qué pasos se deben seguir para la correcta elaboración de un modelo 3D?
3. ¿Es realmente beneficiosa la implementación de BIM para el desarrollo de proyectos de construcción?
4. ¿En qué consiste el 4D considerado en la metodología BIM? ¿Es importante tomar en cuenta el factor tiempo en los proyectos?
5. ¿Son realmente interoperables los softwares BIM? ¿De qué manera se pueden integrar los distintos softwares BIM?

#### 1.5 Alcances

El presente trabajo de fin de máster se enfoca en el desarrollo del plan de ejecución BIM y modelos necesarios para las etapas de diseño y construcción del proyecto.

Dado que los alcances del presente TFM son demostrar la importancia del desarrollo de un BEP antes del inicio de cada proyecto BIM, y el modelado 3D, y 4D, sólo se modelan las especialidades de Arquitectura y Estructuras.

Los usos BIM como modelos As Built, operación y mantenimiento, gestión de activos quedan fuera del alcance del presente trabajo.

De acuerdo a las necesidades de proyecto y lo establecido en el BEP, la mayoría de elementos se encontrará dentro de un nivel de desarrollo LOD 300.

Los modelos 3D no incluyen mobiliario ni equipamiento, dado que estos no forman parte de los entregables de la promotora al cliente. Sólo se incluyen los muebles que forman parte de la entrega final a los propietarios.

#### 1.6 Descripción del proyecto



El proyecto consiste en el diseño y construcción de 248 viviendas, 1 torre de edificio de 5 niveles, y lo correspondiente a habilitación urbana, tales como vías, veredas y bermas.

Las viviendas son de 4 tipos, dos viviendas de 1 nivel y 2 viviendas de 2 niveles. A continuación, se detallan las características de las viviendas.

- Vivienda Texao
  - Área techada: 35 m<sup>2</sup>
  - Cantidad de niveles: 1
  - Descripción de ambientes
    - Cocina
    - Lavandería
    - Sala-comedor
    - 1 Baño.
    - 2 dormitorios
- Vivienda Capulí
  - Área techada: 42 m<sup>2</sup>
  - Cantidad de niveles: 1
  - Descripción de ambientes:
    - Cocina
    - Lavandería
    - Sala
    - Comedor
    - 1 baño
    - 2 dormitorios
- Vivienda Aleli
  - Área techada: 73 m<sup>2</sup>.
  - Cantidad de niveles: 2
  - Descripción de ambientes
    - Cocina
    - Lavandería
    - Sala
    - Comedor
    - 2 baños
    - 4 dormitorios
- Vivienda Misti
  - Área techada: 93 m<sup>2</sup>
  - Cantidad de niveles: 2
  - Descripción de ambientes
    - Cocina
    - Lavandería
    - Sala
    - Comedor
    - 3 baños
    - 4 dormitorios



La torre de edificio, cuenta con 5 niveles, en los cuales se desarrollan 40 departamentos (8 departamentos por nivel), principalmente de 2 tipologías.

- Departamento Wititi
  - Área techada: 52 m<sup>2</sup>
  - Cantidad de niveles: 1
  - Descripción de ambientes
    - Cocina tipo Kitchenette
    - Lavandería
    - Sala-comedor
    - 2 baño
    - 3 dormitorios
- Departamento Yaraví
  - Área techada: 46 m<sup>2</sup>
  - Cantidad de niveles: 1
  - Descripción de ambientes
    - Cocina tipo Kitchenette.
    - Lavandería.
    - Sala-comedor.
    - 1 baño.
    - 2 dormitorios.

Se cuenta con un área de terreno de 51 1591.82 m<sup>2</sup>.

### **1.7 Alcance del proyecto**

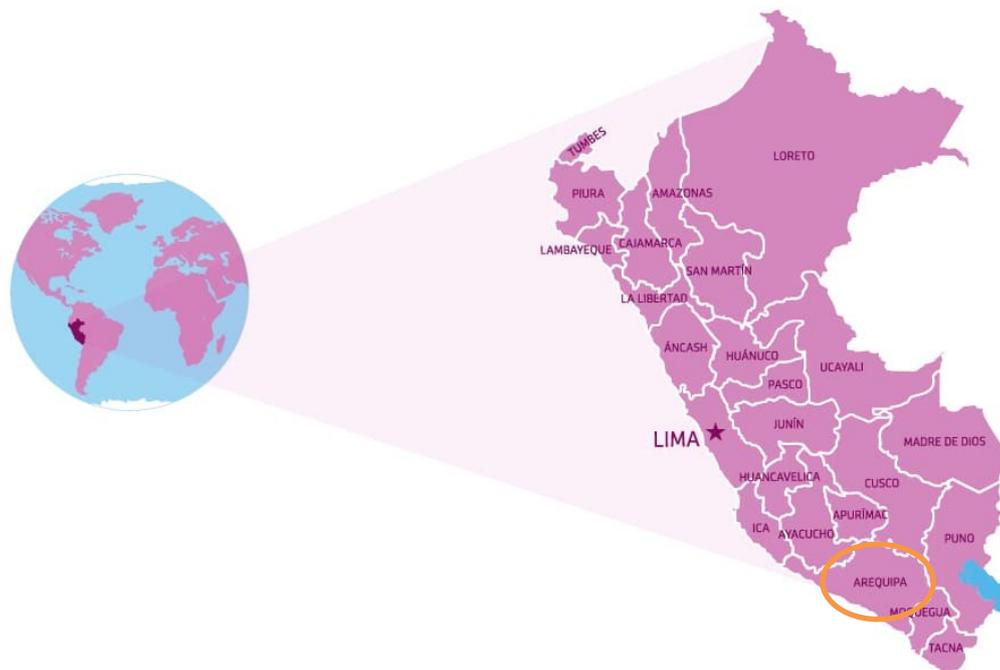
El proyecto consiste en el diseño y construcción de viviendas de 1 y 2 niveles, diseño y construcción de vías, bermas y veredas, tomando en cuenta las cotas de terreno y de vivienda.

Las viviendas son entregadas sin mobiliario, a excepción de las viviendas capulí y Misti que incluyen un mueble bajo en la cocina.

### **1.8 Zona de estudio.**

El proyecto se desarrolla en el distrito de Yura de la ciudad de Arequipa en el departamento de Arequipa en Perú.

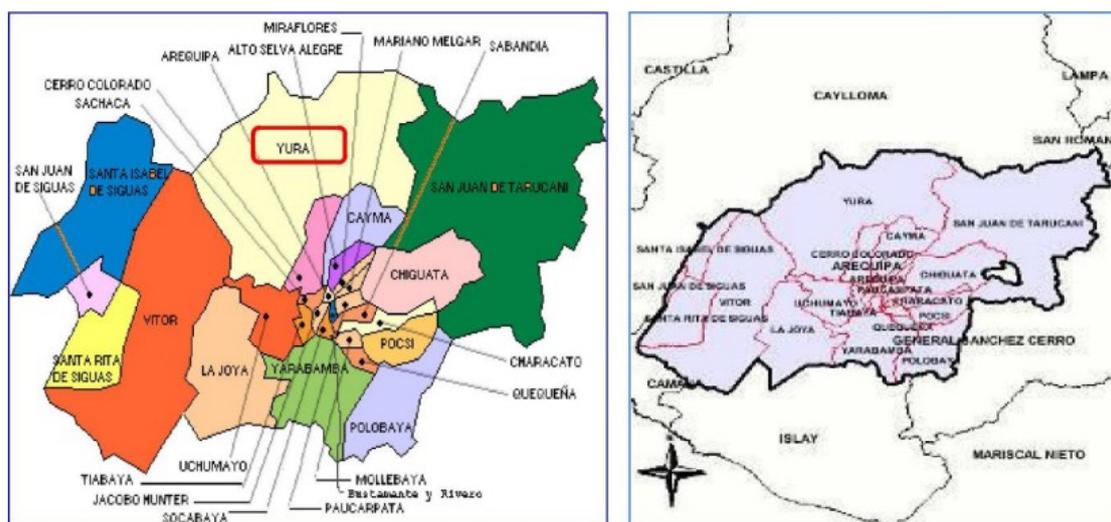
El distrito de Yura en Arequipa, se encuentra ubicado en Longitud: 071°40'46.88" · Latitud: S16°15'8.03".



**Ilustración 2 Ubicación de Arequipa y Perú fuente Proinversión home**

El Distrito de Yura se encuentra ubicado al noroeste de la ciudad de Arequipa, aproximadamente a 30 Km. de distancia, desde el centro de la ciudad hasta la Calera. Política y territorialmente, el distrito se localiza en el Departamento y Provincia de Arequipa. Desde el punto de vista de la demarcación por Cuencas, el distrito pertenece a la Cuenca del Río Chili, Sub-Cuenca del Río Yura.

**UBICACIÓN DEL DISTRITO YURA**



**Ilustración 3 Ubicación del distrito de Yura Fuente Municipalidad Distrital de Yura**

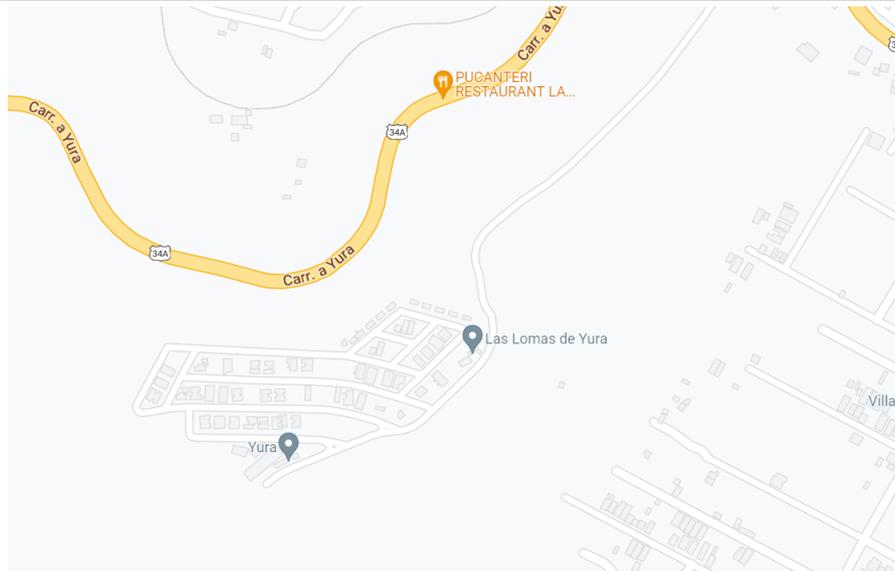


Ilustración 4 Ubicación de proyecto Fuente Google Maps

## 1.9 Caracterización del proyecto.

### 1.9.1 Descripción arquitectónica

Ni las viviendas del proyecto, ni el edificio, cuentan con sótanos y los estacionamientos son a nivel.

Cada vivienda cuenta con un estacionamiento propio incluido dentro del área del terreno, para el caso de edificio, se tiene un total de 16 estacionamientos, correspondiente a 2.5 estacionamientos por departamento.

El acceso principal tanto de viviendas como de edificios, estará ubicado en la parte frontal de la edificación, teniendo acceso directo a la vía ubicada frente a los mismos.

Las fachadas son de hormigón armado, revestido con pintura tipo texturada.

### 1.9.2 Descripción estructural

El sistema constructivo será ductilidad limitada tanto para viviendas como para edificios, los cuales comprenden el uso de muros de hormigón armado de 10 cm de espesor, reforzado con ferralla, apoyados sobre una placa de hormigón.

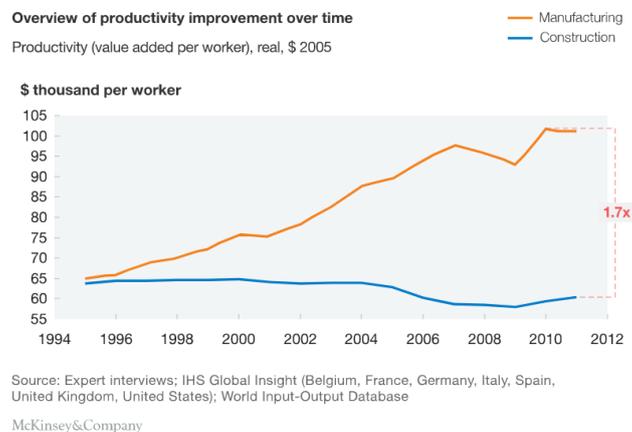
## 2 CONTEXTO DEL TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

### 2.1 Situación de la industria de la construcción

De acuerdo a una investigación realizada por Mckinsey, La inversión en infraestructura en el año 2013 estuvo alrededor de los \$6 trillones de dólares, y la proyección hacia el 2030 es de \$13 trillones. (Sriram et al., 2015) , esta proyección de Mckinsey & Company fue realizada antes de

que el 2020 el mundo sufriera cambios drásticos a raíz de la pandemia por COVID 19, sin embargo, la información de Mckinsey nos puede brindar un enfoque de la proyección de crecimiento de la industria de la construcción y su comparativo con otros sectores de la industria.

El 98% de los megaproyectos presentan sobre costes y retrasos en los tiempos de entrega.(Sriram et al., 2015). Una de las razones por la que la industria de la construcción no se viene desarrollando de la mejor manera, es porque la productividad no ha tenido mejoras considerables desde los años 90 y no se ha aprovechado el desarrollo tecnológico para mejorar los procesos, lo que sí ha sucedido en otros sectores. Tal como se muestra en el gráfico siguiente obtenido de Mckinsey & Company, mientras que otros sectores, tal como el sector de fabricación y mano factura han mejorado su productividad progresivamente con el pasar de los años, el sector construcción se ha mantenido en sus métodos tradicionales de operación, lo que generó un desfase del 70% respecto al sector industrial.



**Gráfico 1 Comparativo de incremento de productividad respecto al tiempo Fuente McKinsey & Company 2015**

Además del poco uso de la tecnología en el sector de la construcción, existen también otras causas que han provocado que la productividad no alcance las proyecciones esperadas. Causas como la poca organización, inadecuadas herramientas de comunicación, mala planificación, problemas contractuales, mala gestión del riesgo, han generado en conjunto que los costes en los proyectos de la construcción sean mayores a los proyectados.

El sector de la construcción brinda empleo al 7% de la población económicamente activa en el mundo (Barbosa et al., 2017). Y dada la importancia que representa, necesita reinventarse para mejorar su crecimiento y desarrollo en los años siguientes. Barbosa a través de su artículo publicado para Mckinsey & Company, compara la construcción con una era glacial por su estancamiento en desarrollo y digitalización desde los años 90.

Además del lento incremento en productividad del sector construcción en los últimos 20 años, en el año 2020 el sector se tuvo que sobreponer a un nuevo desafío, continuar operando a pesar de la paralización y efectos que tuvo la pandemia por COVID 19. El sector de la construcción a lo largo del mundo tuvo una fuerte paralización durante el tiempo de desarrollo de la pandemia, pues al ser una actividad económica que requiere de la participación física de sus involucrados, durante unos meses no pudo desarrollarse.



Sin embargo, la pandemia permitió conocer la vulnerabilidad del sector construcción frente a situaciones adversas y ello abre la oportunidad a potenciar la digitalización, el trabajo virtual y colaborativo en el sector para así poder mejorar la productividad y reducir tiempos y costos.

En la actualidad, tras los efectos que dejó la pandemia, y los problemas políticos que se vienen presentando en el mundo, el costo de los materiales de construcción se ha incrementado considerablemente, por lo que una vez más se evidencia que es necesario dar el salto hacia la industrialización de la construcción. Es inevitable adoptar un pensamiento crítico con lo que respecta a soluciones para la evolución del sector construcción post COVID 19. (Idrissi Gartoumi et al., 2022)

Bajo este contexto, BIM ya no puede ser considerado como una alternativa a futuro, sino que BIM es una realidad presente que ya debe formar parte de la industria de la construcción de forma sistemática por ser parte fundamental en la mejora de procesos para todo tipo de proyectos. Los procesos BIM coronan la revolución tecnológica en la industria de la construcción. (I. G. Khalil, 2021) y presentan altas proyecciones de empleabilidad.

Dentro de los beneficios del uso de BIM, la principal importancia del uso de esta metodología es que brinda beneficios en las diferentes fases del ciclo de vida del proyecto, desde antes de la construcción, durante y después. De acuerdo a (Ullah et al., 2019), se presenta una tabla con los principales beneficios de BIM en las diferentes fases del ciclo de vida del proyecto.



<b>Fase del Ciclo de Vida</b>	<b>Beneficios del uso de BIM</b>
Pre-Construcción	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mejor concepto de proyecto y viabilidad</li><li>• Efectiva distribución de espacios para una mejor coordinación de recursos</li><li>• Mejora en efectividad y éxito de la información relacionada al proyecto</li><li>• Resolución temprana de interferencias.</li><li>• Acelerar y mejorar la precisión de la estimación de costos.</li></ul>
Construcción	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaluación de la construcción en infraestructuras complejas para mejora de los sistemas de planificación y la gestión de recursos.</li><li>• Efectiva gestión y almacenamiento de recursos</li><li>• Mayor precisión en la fabricación de elementos</li><li>• Mejor distribución y uso de los espacios durante la construcción.</li><li>• Mejora la seguridad y salud en las obras a través de la visualización global del proyecto y la distribución de espacios.</li></ul>
Post-Construcción	<ul style="list-style-type: none"><li>• BIM permite almacenar el modelo para una posterior mejora en la toma de decisiones en la operación y mantenimiento.</li><li>• Al contener mayor información, permite tener una rápida y precisa gestión de activos.</li><li>• Permite programar mantenimientos, teniendo en cuenta la facilidad para el acceso a la información</li><li>• Permite obtener con mayor facilidad y precisión los modelos AS BUILT del proyecto.</li></ul>

Tabla 2 Beneficios del uso de BIM en las distintas fases del ciclo de vida del proyecto Fuente Ullah et al ,2019

## 2.2 Descripción proyecto Las Lomas de Yura

El proyecto Las Lomas de Yura, es un proyecto privado de desarrollo inmobiliario desarrollado en el distrito de Yura, de la ciudad de Arequipa-Perú. La primera etapa del proyecto contempla la construcción de 248 viviendas entre viviendas de una planta y de dos plantas y de un edificio multifamiliar de 5 niveles, haciendo un total de 288 unidades de vivienda.

El proyecto tiene denominación de proyecto social, lo que quiere decir que está destinado principalmente a personas que cuentan con bajos recursos económicos y es por ello también que se encuentra respaldada por programas de vivienda del estado peruano, los cuales se encargan de brindar descuentos al precio de la vivienda a través de subsidios. Como parte de las reglas que se tienen dentro de los programas de vivienda en Perú, se establece que, para poder acceder al descuento en el precio de la vivienda, esta debe cumplir con el precio máximo establecido a nivel nacional. El proyecto consiste en la construcción de viviendas y habilitación urbana (veredas, bermas y vías).



Tomando en cuenta que las viviendas tienen un precio máximo; para asegurar la rentabilidad económica del proyecto es necesario que se garantice la calidad, el plazo y el presupuesto establecido. Sin embargo, durante la construcción del proyecto se tuvo que asumir nueve presupuestos por costes adicionales debido a deficiencias técnicas que no fueron detectadas durante la etapa de diseño. Definitivamente que estos sobrecostes se hubiesen podido evitar si se utilizaba la metodología BIM desde la etapa de diseño de proyecto.

Tomando en cuenta que la inmobiliaria realizará nuevas etapas en el proyecto, es importante que se realice un plan de ejecución BIM, para que, a partir de este, la implementación BIM para las siguientes etapas del proyecto sea más fácil.

A continuación, se detalla el listado de sobrecostes que fueron asumidos por la inmobiliaria durante la etapa de construcción. Se presente el detalle del sobrecoste, la razón y cómo pudo ser evitado si se utilizaba BIM como metodología de trabajo permitiendo una adecuada gestión de ingeniería en la etapa de diseño del proyecto.

### 1. Adicional por incremento de espesor de muro de cocina en viviendas

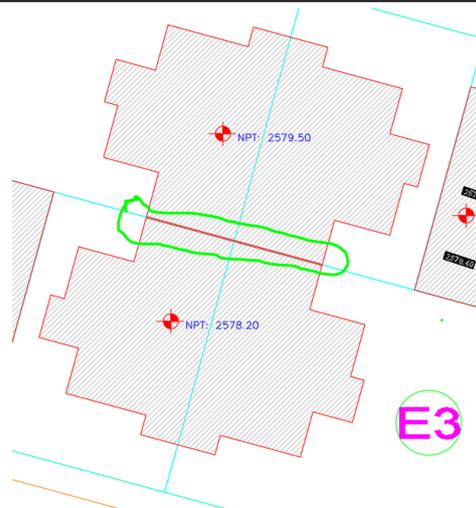
- a. **Detalle:** Previo al inicio de obra, la inmobiliaria tuvo que asumir el costo por aumento de espesor de los muros de cocina. Pasando de tener un espesor de 10cm a un espesor de 15 cm.
- b. **Razón:** Al realizar la compatibilización del proyecto y las especificaciones técnicas de los materiales de instalaciones eléctricas, se observó que el espesor del tablero eléctrico iba a dejar debilitada la estructura del muro de la cocina de las viviendas. Por lo que se tuvo que optar por incrementar el espesor de los muros para evitar posibles problemas estructurales.
- c. **Solución a través de gestión BIM:** En caso se hubiera realizado el modelado y compatibilización de especialidades con BIM, el problema se pudo haber detectado con anterioridad, de ese modo evitando costes adicionales.

### 2. Salida de fuerza para cocina

- a. **Detalle:** Como parte de las mejoras que planteo la constructora a la inmobiliaria fue añadir un punto de salida de fuerza para la cocina, ello para evitar que los excesos de carga eléctrica que generan las cocinas eléctricas, puedan causar daños en el sistema eléctrico
- b. **Razón:** El proyecto no contemplaba la colocación de un punto de fuerza en la cocina por deficiencias técnicas en el expediente de instalaciones eléctricas de las viviendas.
- c. **Solución a través de gestión BIM:** Una gestión a través de BIM, al contener elementos paramétricos, que contienen propiedades y especificaciones técnicas, se hubiera podido analizar los circuitos eléctricos y de ese modo añadir un punto de salida de fuerza en etapas tempranas sin generar sobrecostes.

### 3. Viga de cimentación en viviendas contiguas

- a. **Detalle:** Se realizó la colocación de una viga de cimentación adicional en cuatro viviendas del proyecto, la cual no estaba contemplada en el diseño inicial.
- b. **Razón:** Al momento de la construcción, se pudo observar que la plataforma de cimentación de dos viviendas contiguas, se encontraban con un desnivel de 1 m de altura, por lo que, para evitar problemas de empuje de una estructura sobre la otra, se tuvo que incrementar el tamaño de una de las vigas perimetrales.



**Ilustración 5 Diferencia de niveles de plataforma en viviendas continuas, vista en plano Fuente Inmobiliaria GPR**

- c. **Solución a través de gestión BIM:** Luego del modelado de cada una de las viviendas a través de REVIT, el siguiente paso es realizar el modelado de la habilitación urbana, considerando veredas, bermas, vías y sobretodo el nivel de las plataformas para cada una de las viviendas. A través del software infraworks se hubiese podido detectar que la diferencia de alturas en las plataformas que presentaban las cuatro viviendas generaba problemas de empuje estructural sobre la otra vivienda, por lo que se hubiera podido considerar como parte del diseño inicial.



**Ilustración 6 Viviendas tipo Misti contiguas, visualización 3D Fuente Elaboración propia**



Ilustración 7 Diferencia de niveles en viviendas contiguas visualización 3D Fuente Elaboración propia

#### 4. Viga de cimentación en viviendas planta unifamiliar

- a. **Detalle:** El proyecto de estructuras presentaba una sección de viga de cimentación, que no fue añadida por la arquitectura.
- b. **Razón:** Al momento de realizar la construcción, se observó que los planos de arquitectura, no coincidían con los planos de estructuras, teniendo una viga de cimentación adicional que no estaba contemplada dentro del presupuesto del proyecto.

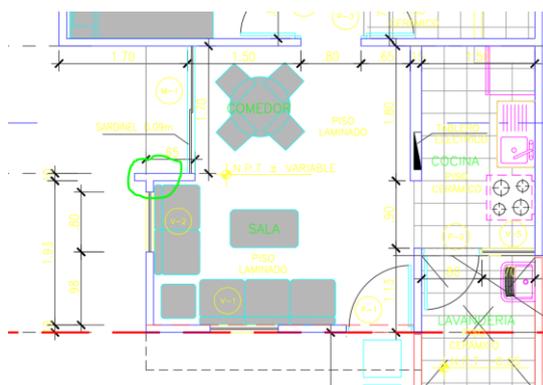


Ilustración 8 Planta de arquitectura zona de ventana Fuente Inmobiliaria GPR

- c. **Solución a través de gestión BIM:** Teniendo un modelo REVIT de la vivienda, y realizando la compatibilización a través de Navisworks, se hubiera podido detectar la deficiencia y solucionarla en etapas tempranas sin generar sobrecostos durante la construcción.



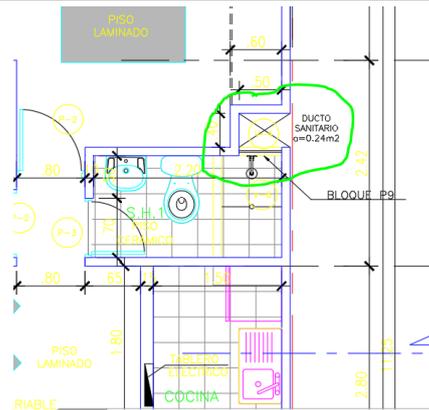
**Ilustración 9** Cimentación excedente no considerada en planos de arquitectura Visualización 3D Fuente Elaboración propia

## 5. Tamaño de puertas en viviendas

- a. **Detalle:** Durante el proceso de construcción se vio por conveniente homogenizar el tamaño de todas las puertas de la vivienda para que así sea más fácil la fabricación de las mismas.
- b. **Razón:** Las puertas interiores y principal del proyecto eran de diferente tamaño, por incompatibilidad entre las especialidades de estructuras y arquitectura, es decir que se tenían consideradas puertas de menor tamaño en las zonas en las que se tenían vigas.
- c. **Solución a través de gestión BIM:** A través de una gestión BIM y compatibilización de especialidades, se hubiera detectado el problema con anterioridad y planteado la solución sin generar sobrecostos. La solución para homogenizar el tamaño de las puertas era colocar una viga arquitectónica de tabiquería seca (pladur) en las zonas de puerta que no contenían viga estructural.

## 6. Colocación de cerramiento exterior en ductos de instalaciones sanitarias

- a. **Detalle:** Durante el proceso de construcción se decidió añadir un cerramiento de carpintería metálica en el techo de las viviendas para evitar daños e inundaciones en los ductos sanitarios
- b. **Razón:** Durante el proceso de diseño, no se detectó que, los ductos sanitarios no contemplaban un cerramiento exterior, por lo que quedaban descubiertos, estando expuestos a daños e inundaciones, por lo que se decidió que se coloque un cerramiento en el techo.



**Ilustración 10** Vista en planta plano de arquitectura tipo de vivienda Capulí Fuente Inmobiliaria GPR

- c. **Solución a través de gestión BIM:** Al tener el modelo BIM, se hubiera podido detectar tempranamente que los ductos sanitarios quedaban expuestos a la intemperie, por lo que se hubiese solicitado el cerramiento exterior como parte del proyecto inicial, sin generar sobrecostos.



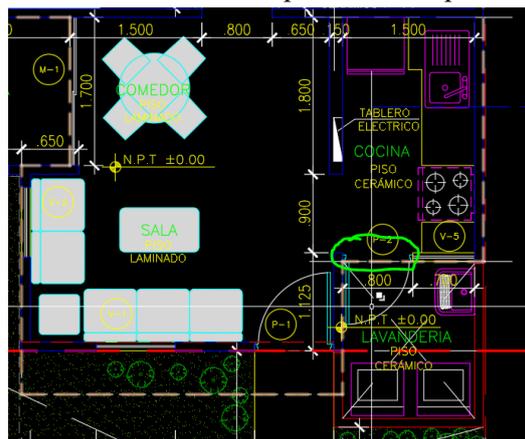
**Ilustración 11** Viviendas tipo Aleli y tipo Texao, los ductos sanitarios se encuentran descubiertos, vulnerables a lluvias Fuente Elaboración propia



**Ilustración 12 Viviendas tipo Capuli sin cerramiento exterior de ductos , quedando expuestos a lluvia Fuente Elaboración propia**

## 7. Colocación de bordillo en pisos de lavandería

- a. **Detalle:** En la etapa de construcción, se decidió colocar un bordillo de 10 cm en las lavanderías de las viviendas, para que, de ese modo, estas no sufran daños durante la temporada de lluvias.
- b. **Razón:** Por motivos de costes en el proyecto inicial, se consideró que las lavanderías no tendrían techos, ello provocaría que, en temporadas de lluvia, las viviendas puedan sufrir inundaciones que perjudiquen el interior de la vivienda, por lo que se decidió colocar un bordillo para evitar el paso del agua.



**Ilustración 13 Plano de arquitectura viviendas, donde se muestra que lavandería y ambientes se encuentran al mismo nivel. Fuente: Inmobiliaria GPR**

- c. **Solución a través de gestión BIM:** A través de una gestión con la metodología BIM, se hubiera podido detectar de manera temprana el problema de inundaciones que se iba a generar si no se colocaba el bordillo, y se plantaba en la etapa inicial del proyecto, sin generar sobrecostos.

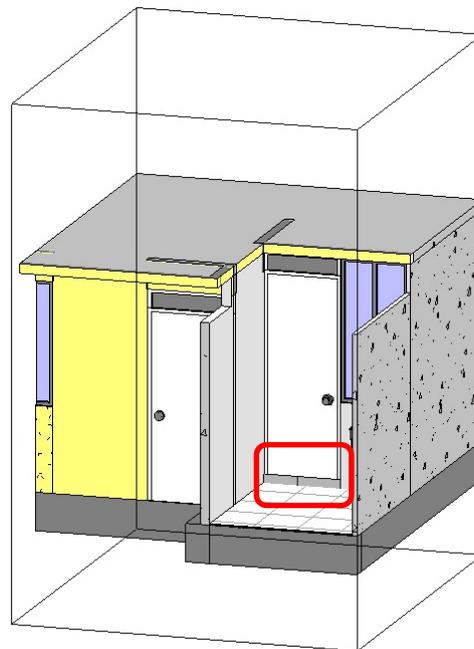


Ilustración 14 Bordillo inferior a puerta de lavandería para evitar ingreso de agua a vivienda Fuente Elaboración propia

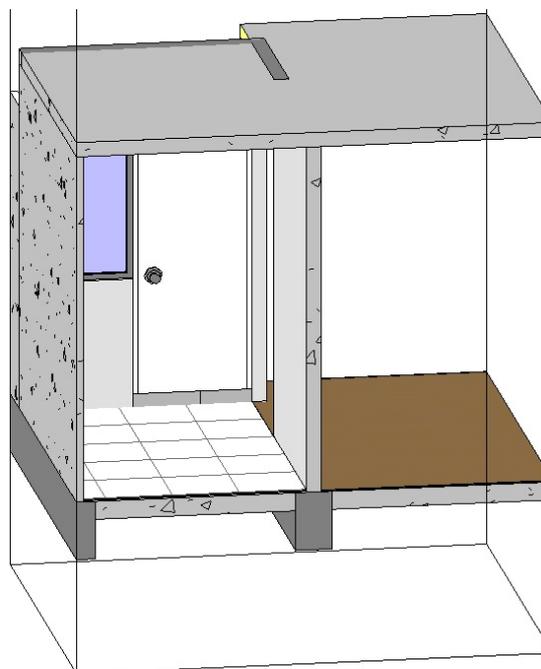


Ilustración 15 Vista interior de bordillo inferior de lavandería para evitar ingreso de agua Fuente Elaboración propia

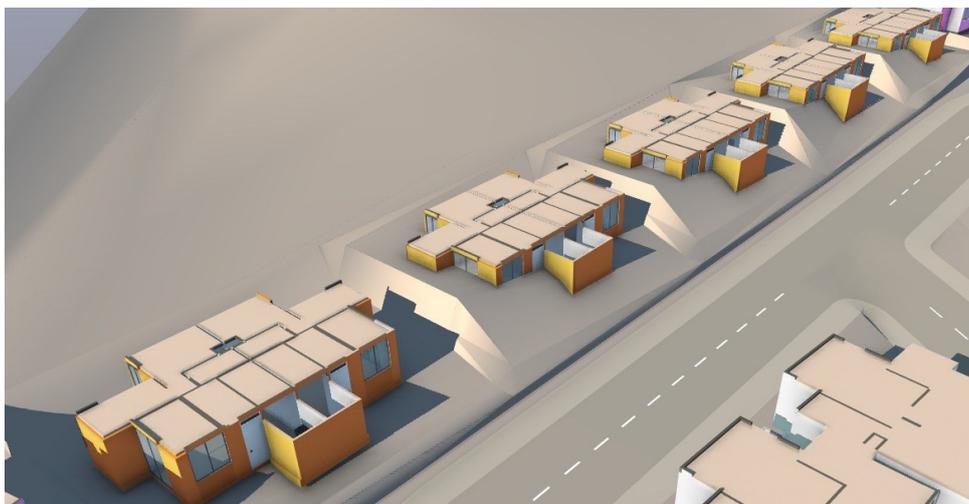
## 8. Nivelación exterior de ingreso a viviendas

- a. **Detalle:** Para mejorar la transición entre el ingreso de la vivienda y la vía proyectada, se tuvo que hacer una limpieza exterior y eliminación de material en el exterior de la vivienda, contigua a la vía.

- b. **Razón:** Durante la etapa de diseño no se detectó que la propuesta de nivel de la plataforma de cimentación de las viviendas, estaba muy por encima del nivel de la vía, lo que generaba que los vehículos no puedan ingresar a las viviendas.
- c. **Solución a través de gestión BIM:** A través del modelado integral de la habilitación urbana y las viviendas del proyecto, por medio de Infraworks, se hubiera podido detectar que las viviendas presentaban un desnivel considerable con las vías, por lo que a través de movimiento de tierra se hubiera podido corregir el problema con anticipación.



**Ilustración 16 Nivelación exterior de viviendas posterior a la ejecución de movimiento de tierras Fuente Elaboración propia**



**Ilustración 17 Nivelación exterior de viviendas posterior al movimiento de tierras Fuente Elaboración propia**

## 9. Construcción de ingreso de edificio

- a. **Detalle:** Para mejorar el comportamiento y seguridad del edificio multifamiliar del proyecto, se decidió realizar la construcción de un pórtico inicial que permita

tener un acceso previo al edificio y conectar con las rejas para la zona de aparcamiento.

- b. **Razón:** Los planos de arquitectura consideraban sólo el diseño interior del edificio, sin considerar su colocación y ubicación en el lote asignado. Por lo que al momento de la construcción para permitir el acceso al edificio y la seguridad de los vehículos en el aparcamiento se tuvo que construir una estructura previa al ingreso del edificio.
- c. **Solución a través de gestión BIM:** Al realizar el modelado en Infraworks del proyecto integral se hubiese podido detectar que los planos de arquitectura no contemplaban la posición del edificio con respecto al lote asignado, y con ello decidir por colocar el pórtico de ingreso en etapas tempranas, así reduciendo el costo de los cambios.

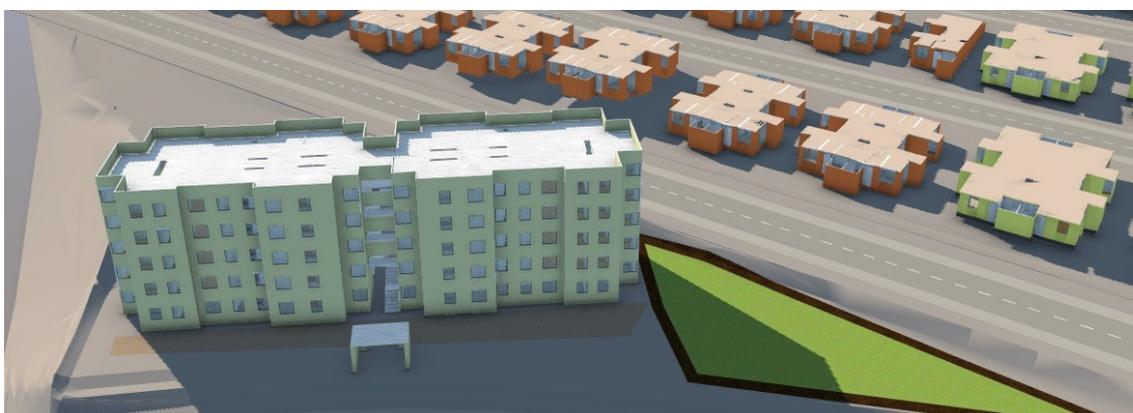


Ilustración 18 Vista integral de edificio y pórtico de ingreso Fuente Elaboración propia

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO S/.	PRECIO €
001	Incremento de espesor de muro de cocina en viviendas	S/ 75,187.82	19,131.76 €
002	Salida de fuerza para cocina	S/ 27,206.47	6,922.77 €
003	Viga de cimentación en viviendas contiguas	S/ 3,459.34	880.24 €
004	Viga de cimentación en viviendas planta unifamiliar	S/ 1,390.60	353.84 €
005	Tamaño de puertas en viviendas	S/ 15,624.93	3,975.81 €
006	Cerramiento exterior en ductos de instalaciones sanitarias	S/ 10,520.35	2,676.93 €
007	Colocación de bordillo en pisos de lavandería	S/ 10,958.57	2,788.44 €
008	Nivelación exterior de ingreso a viviendas	S/ 15,988.50	4,068.32 €
009	Construcción de ingreso de edificio	S/ 11,696.24	2,976.14 €
	<b>TOTAL</b>	S/ 172,032.82	43,774.25 €
	<b>TOTAL PRESUPUESTO ADJUDICADO</b>	S/ 16,617,136.77	4,228,279.08 €
	<b>PORCENTAJE DE INCIDENCIA DE SOBRECOSTES</b>	1.04%	1.04%

Tabla 3 Resumen presupuestos de sobrecostes adicionales por deficiencias técnicas Fuente Elaboración propia, fuente presupuestos Inmobiliaria GPR



### 2.3 Contexto de la construcción en Perú

Durante la última década en el Perú, el sector construcción es el que menos ha evolucionado, año a año los distintos participantes del sector han continuado realizando sus labores sin alguna innovación relevante respecto a mejora de procesos y resultados (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021b).

A pesar de que el mencionado sector en Perú ha crecido continuamente durante los últimos diez años, y muestra de ello, el crecimiento durante el año 2015 estuvo alrededor del 6% (Carbajal et al., 2019), no se tiene grandes avances en innovación, metodologías, pues hasta la fecha la mayoría de profesionales del sector construcción siguen trabajando aisladamente bajo sus propios métodos, utilizando herramientas de dibujo en dos dimensiones y como consecuencia provocando deficiencias técnicas y fallas en la comunicación.

El sector de la construcción representó entre el 6% y el 6.2% según el Instituto Nacional de Estadística e informática en el año 2019. Sin embargo, es el sector que menos se ha desarrollado con respecto a productividad desde el año 2014, muestra de ello es que de acuerdo a la contraloría Nacional de la república al 31 de Julio de 2018, se tuvieron un total de 867 obras paralizadas, de las cuales 339 fueron debido a deficiencias técnicas.(Ministerio de Economía y Finanzas, 2021b)

En Perú en los gobiernos regionales se detectó como principal problema durante la ejecución de obra los deficientes estudios de ingeniería, modificaciones de diseño durante la ejecución. Todos estos problemas originan que se destinen mayores recursos financieros, paralización de las mismas, o en el peor de los casos que las obras queden en inconclusas en estado de abandono. (Julca Varas, 2022).

Según el Plan Nacional de infraestructura para la competitividad, en el año 2019 Perú se ubicó en el puesto 88 de 140 en el indicador de calidad de infraestructura, ubicándose por debajo de países como México, Costa Rica, Colombia, Brasil , Chile, Uruguay y Argentina.(Ministerio de Economía y Finanzas, 2021a), ello demuestra que en el Perú hay aún un largo camino por trabajar para mejorar la calidad a través de la gestión integrada de proyectos.

Según menciona Sulyn Gómez en su tesis titulada Marco conceptual para la implementación de Integrated Project Delivery para infraestructura en Perú, los cuatro principales problemas que presenta la industria son:

1. Falta de un sistema integrado de gestión
2. Falta de procesos para la estructuración e integración de los equipos
3. Ausencia de planificación y evaluación de la viabilidad de la ejecución de los proyectos
4. Falta de mecanismos de alineación. (Gomez et al., 2018)

Desde el año 2004, Perú tuvo un crecimiento sostenido en la economía y gran parte de este crecimiento estuvo dado por los mega proyectos de inversión en infraestructura que desarrolló el estado, llegando alrededor de un 9.7% en incremento del PBI anual. (Gomez et al., 2018). Sin embargo, la realidad es que la industria de la construcción ha tenido una respuesta lenta a los cambios y continúa desarrollándose bajo metodologías de trabajo tradicionales generando procesos lentos, y sobrecostes en proyectos. Según el Banco mundial, se estima que el Perú presente un crecimiento del 2.4% en el año 2023 (Riveros Morales, 23 C.E.), sin embargo, la

déficit en infraestructura en Perú es considerable, pues más del 25% de la población en el Perú no tiene acceso a agua potable. En el Perú, se tiene necesidades de proyectos de inversión en transporte, salud, energía, educación y telecomunicaciones con un déficit estimado de 1.6 billones de dólares.

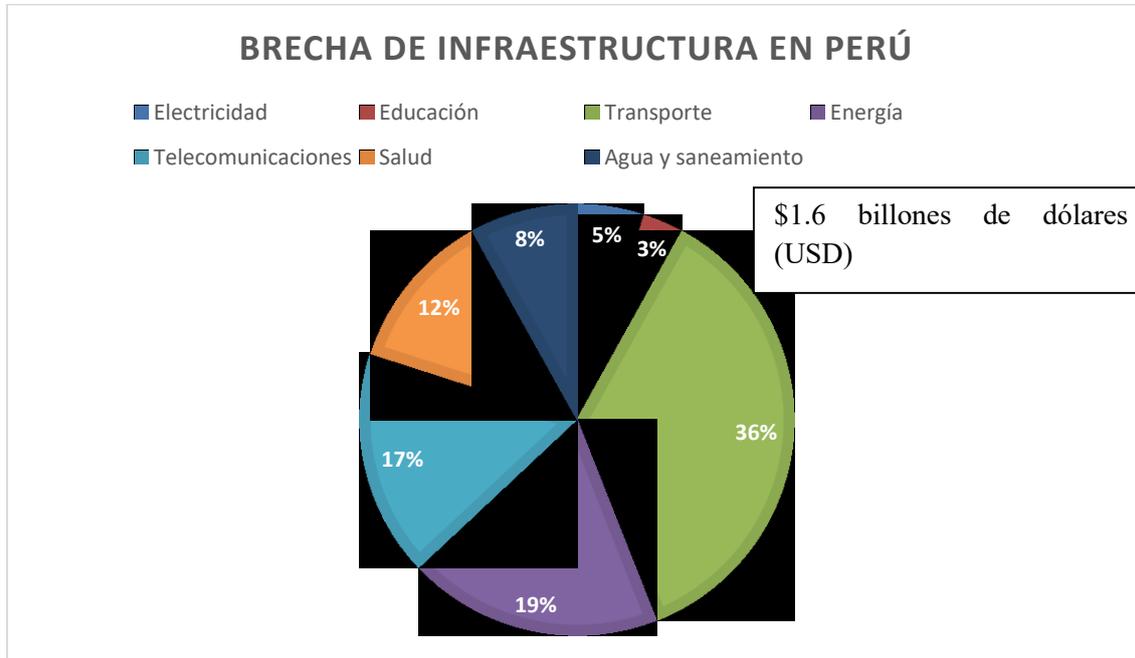


Gráfico 2 Brecha de infraestructura en el Perú Fuente: Bonifaz 2015, "A plan to get out of poverty: National Infrastructure Plan 2016-2025"

Como se ha podido demostrar a través de las investigaciones, a pesar de la aparición de BIM en el sector construcción del Perú, éste presente hace casi dieciocho años, Perú es un país en el cual la construcción sigue trabajando bajo técnicas anticuadas, las cuales pueden ser mejoradas a través metodologías colaborativas de gestión y planificación.

Perú, debido a la necesidad de inversión en infraestructura que presenta, necesita dar el salto hacia la industrialización de la construcción y realizar proyectos más eficientes, para de ese modo reducir la brecha en infraestructura que presenta en el menor tiempo posible. Además de la brecha en infraestructura que presenta el Perú, hay que tomar en cuenta los efectos que dejó la pandemia por COVID 19 desarrollada entre los años 2020 y 2021, pues en Perú durante el año 2020, la productividad en construcción se redujo un 15.6% (Verán-Leigh & Brioso, 2021)

Los proyectos en Perú necesitan mejorar la productividad, reducir los tiempos de ejecución, mejorar la calidad y satisfacción del cliente. El camino hacia la industrialización en Perú, requiere del uso de herramientas tecnológicas, métodos colaborativos de gestión de proyectos y sobretodo un cambio de cultura en la forma de concebir y desarrollar los proyectos.

## 2.4 Situación de BIM en Perú

En el Perú la implementación BIM empezó en el año 2005 a través principalmente de empresas constructoras del sector privado interesados en realizar mejoras en la productividad de los proyectos. (Almeida, 2019). Posteriormente, con el interés de promover la metodología BIM también para los proyectos del sector público, se crea el Comité BIM del Perú en el año 2012.



En el año 2017, el Instituto Nacional de la Calidad en Perú, aprobó la conformación del comité técnico de normalización de edificaciones y obras de ingeniería civil con el objetivo de reglamentar y estandarizar BIM en el Perú. Y es este comité quien en el año 2018 generan las primeras normas de BIM para el Perú.

En el Perú a partir del año 2018 se empieza a crear normativas que faciliten el camino hacia BIM en la inversión pública, con el objetivo de mejorar la transparencia, calidad y eficiencia en la inversión pública. En diciembre del mismo año, el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) del Perú publicó el Plan BIM Perú, con el objetivo de ser herramienta para la toma de decisiones en las distintas fases de concepción de los proyectos.

En el año 2019 se realiza la promulgación del decreto supremo que incluye disposiciones para la incorporación progresiva de BIM en la inversión pública. En el año 2021 se realiza la actualización e inclusión de conceptos BIM y el Plan BIM Perú, alineado con estándares internacionales.(Ministerio de Economía y Finanzas, 2021a). “El objetivo del plan Nacional de Competitividad y Productividad es servir de enlace entre la visión de país, formulada y diseñada a partir de la política nacional de competitividad y productividad y la implementación de las medidas de política necesarias para orientar la realizad del país hacia esa visión. Su diseño resalta la importancia de sumar articuladamente los esfuerzos de todos los agentes que intervienen en cada campo de la actividad económica y social para garantizar la viabilidad política de su ejecución”. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021b). El principal objetivo del plan BIM Perú y de la creación de normativas, es que para el año 2030 ya se tenga el uso de BIM establecido y estandarizado para todos los proyectos y procesos de licitación para proyectos de inversión públicos.

El Plan BIM Perú, es una medida política planteada con el objetivo de que al año 2030, todas las inversiones en el sector público en Perú, sean gestionadas a través de la metodología BIM. El plan BIM nacional, define la estrategia para la implementación progresiva de BIM en los procesos de las fases del ciclo de inversión. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021a)

Si bien es cierto, BIM en el Perú ya lleva alrededor de dieciocho años desde su aparición, aun se requiere de trabajo continuo e implementación, pues a la fecha en el Perú, los proyectos de inversión pública aun no son gestionados a través de BIM y en el sector privado, se tiene una mayor acogida respecto a la metodología BIM, pero del mismo modo, tampoco está implementado en su totalidad en las diferentes empresas constructoras.

Tal como indica (Carbajal et al., 2019). en el entorno de la construcción en el Perú, aún no se están implementando procesos de planificación y control a través de BIM en la mayoría de los proyectos de construcción.

### **3 MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Metodología BIM**

BIM forma parte del concepto de construcción 4.0, el cual consiste en ir trazando el camino de la industria de la construcción hacia la industrialización y automatización de los procesos. Hasta la



estandarización de BIM a través de la normativa ISO 19650, a lo largo del mundo se tenían diferentes definiciones de BIM, en algunos países era considerado como una herramienta tecnológica que permitía realizar un modelo de proyecto en 3D, en otros países era considerado una metodología de trabajo que permitía la colaboración de sus participantes. Era necesario una definición que pueda ser utilizada a lo largo del mundo para con ello continuar con la implementación y desarrollo de BIM en el mundo.

En un estudio realizado en Nueva Zelanda, se obtuvo definiciones diferentes de BIM, una de ellas definía a BIM como un modelo digital de un entorno físico, definido como un modelo de información, otra de las definiciones lo consideraba como un modelo 3D, otros definieron BIM como un modelo completo de entorno colaborativo, algunos otros definieron BIM como un proceso. Al no tener una idea clara de lo que representa BIM, no se puede tener impulsado su desarrollo.

Según la ISO 19650, se define a BIM como el uso de una representación digital compartida de un archivo construido, para facilitar procesos de diseño, construcción y operación con la finalidad de contar con una base confiable para la toma de decisiones. (International Standard, 2018). Este concepto engloba la función y uso de BIM en la industria de la construcción considerando la información gráfica y no gráfica.

En base a la definición de la normativa ISO 19650, el Perú a través del ministerio de economía y finanzas elabora el plan BIM Perú, en donde define BIM como una metodología de trabajo colaborativo para la gestión de la información de una inversión pública, que hace uso de un modelo de información creado por las partes involucradas para facilitar la programación multianual, formulación y evaluación, el diseño la construcción y la operación y mantenimiento de la infraestructura pública, asegurando en base confiable de la información para la toma de decisiones.

En la inversión pública en Perú, BIM no sólo es una representación 3D, sino también que involucra la configuración de la información de una inversión desde su etapa de formulación hasta su operación y mantenimiento. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021a)

Se puede decir entonces que BIM se puede definir como una metodología de trabajo que promueve la gestión colaborativa del proyecto a través de entornos comunes de información, modelos integrados y plataformas digitales que facilitan el intercambio de información. Una de las tantas ventajas que ofrece BIM, es que se trabaja a partir de un único modelo compartido entre las diferentes especialidades, lo que permite que los cambios sean detectados de manera temprana con intervención de todos los involucrados, pasando desde proyectistas, constructores, maestros de obra y llegando hasta el usuario final. La metodología BIM no está restringida al uso de un determinado software, o a los productos de AUTODESK, sino que permite una interoperabilidad entre las diferentes plataformas, creando un entorno colaborativo y tecnológico.

### 3.1.1 Ventajas del uso de BIM

BIM permite a las empresas desarrollar de manera eficiente los proyectos de las diferentes especialidades, sin sobrecostos y ayudando a que la construcción se realice en el tiempo programado.



El valor agregado que ha aportado BIM en los diferentes proyectos se muestra a través de proyectos bien planificados, mayor calidad de diseño mayor uso de prefabricados, y mejora de la eficiencia de campo. (Messner et al., 2019)

### 3.1.2 Conceptos generales

#### 3.1.2.1 Importancia de la realización de un plan de ejecución BIM (BEP)

Para la implementación adecuada de BIM, el equipo de proyecto debe tener claro el alcance del proyecto y con ello elaborar una planificación completa. Un plan de ejecución BIM bien documentado garantizará que todas las partes sean conscientes de las oportunidades y responsabilidades asociadas con la incorporación de BIM en el flujo de trabajo del proyecto. Se deben definir los usos apropiados de BIM para el proyecto. El BEP servirá como una herramienta de control de progreso para obtener el máximo beneficio de la implementación de BIM. (Messner et al., 2019).

El BEP es importante pues permite brindar un enfoque general del proyecto, además de incluir detalles y especificaciones de técnicas de modelado para que con ello todos los involucrados en el proyecto, puedan comunicarse a través de la misma información.

Al desarrollar un plan de ejecución BIM, los miembros del equipo pueden obtener los siguientes beneficios

- Comprender los objetivos de la implementación BIM
- Los miembros del equipo podrán comprender con mayor facilidad sus roles en la implementación
- Se facilitan los flujos de trabajo en la organización
- Se conocerán los recursos necesarios para la implementación.
- Para los participantes que se unan en las siguientes fases del proyecto, permite tener claros los roles que seguirán, su misión en la organización y los avances que se tuvieron hasta la fecha de su ingreso.
- Permitirá tener una meta con la cual se puede cuantificar el avance durante el desarrollo del proyecto.

Además de ello, otra razón por la que se debe realizar un BEP antes de la ejecución del proyecto, es que, al tener un plan establecido, se añadirá al proyecto la información estrictamente necesaria, con ello se evita que los modelos contengan información que no será usada y que sólo genera que el modelo sea más pesado. Del mismo modo, se establece la información que es requerida para que con ello esta sea incluida dentro de las propiedades de los distintos elementos que conformen el proyecto.

#### 3.1.2.2 Proceso de planificación de un proyecto BIM

Tal como establece la guía de planificación de ejecución de proyectos BIM, (Messner et al., 2019), para el desarrollo adecuado de un plan de ejecución de un proyecto BIM, en primer lugar es necesario identificar los usos BIM que se presentarán durante las diversas fases del proyecto. Luego se requiere la creación del proceso de ejecución a través de mapas de proceso, luego se debe definir los entregables y finalmente desarrollar la información, contratos, procedimientos de

comunicación, estándares de calidad. A través de este proceso se busca promover la comunicación directa del equipo y mejorar la planificación en las diferentes fases del proyecto.

### 3.1.3 Softwares BIM

Para el presente trabajo de fin de máster se utilizarán softwares de Autodesk, tales como REVIT, NAVISWORKS e INFRAWORKS.

Sin embargo, el entorno de softwares BIM es mucho más grande que sólo Autodesk, es por ello que considerar sólo a REVIT como BIM es un error.

Dentro de la metodología BIM tenemos diversos tipos de software, los principales utilizados para arquitectura son Allplan, Archicad, Aecosim, Revit, Vector Works, también existen en el mercado softwares para desarrollo de las especialidades de estructuras e instalaciones, tales como Robot, Advan Design, Axis VM, SCIA, CYPECAD, Tekla, Trical, entre otros(Lancharo Cordero, 2015). Se pueden encontrar tanto softwares de modelado, como softwares de visualización y otros que permiten la gestión.



Ilustración 19 Principales marcas y softwares BIM en el mercado Fuente Escuela de Diseño de Madrid

Los diferentes softwares BIM , de acuerdo a sus características y funciones, pueden ser utilizados para modelado, realidad virtual, entorno colaborativo , fabricación, entre otros usos.

## 4 PLAN DE EJECUCIÓN BIM (BEP)

### 4.1 Introducción

Para poder implementar exitosamente la metodología BIM en el proyecto Las Lomas de Yura, se ha preparado este plan de ejecución, el cual define los alcances y limitaciones que un modelo BIM deberá tener en el desarrollo del proyecto.



El objetivo de un Plan de Ejecución BIM (BEP) es definir el marco en el cual el propietario, la Gerencia de proyectos, los especialistas y el constructor utilicen la BIM bajo un mismo esquema de trabajo que permita obtener mejores resultados en las diferentes etapas del proyecto.

El objetivo principal del uso de BIM en este proyecto es el de poder desarrollar todas las especialidades desde la etapa de Diseño, orientando el modelado a la construcción y control de tiempo, finalmente la operación y mantenimiento como objetivo final.

## 4.2 Definiciones

- **BIM:** Building Information Modeling: Es la representación digital de un proyecto de construcción a partir de sus componentes incluyendo su geometría y la información asociada. Sirve como base para la toma de decisiones durante el ciclo de vida del mismo (desde su concepción hasta la demolición). Según la definición brindada por Autodesk, BIM es un proceso de creación y administración de la información de un activo construido.(Inc, n.d.)
- **BEP:** Plan de Ejecución BIM (BIM Execution Plan) Es el plan de gestión de procesos del proyecto que permite estandarizar los criterios de diseño y la información que serán utilizados para un proyecto en específico. (Panagiotidou et al., 2022). Dentro de los criterios e información que detalla, se muestran los usos de BIM que se utilizarán, la autoría de diseño, softwares a utilizar para el diseño, métodos de coordinación a utilizar en el diseño, los entregables de diseño, detalles respecto a la gestión de información, modelado de registros de construcción y requisitos del ciclo de vida del modelo post-construcción.  
(Panagiotidou et al., 2022) en el artículo titulado Building Information modeling execution plans: a global review, muestra un entorno de los contenidos del BEP que ayuda a comprender con mayor detalle la definición y entorno del BEP. Se adjunta a continuación una traducción literal del diagrama.

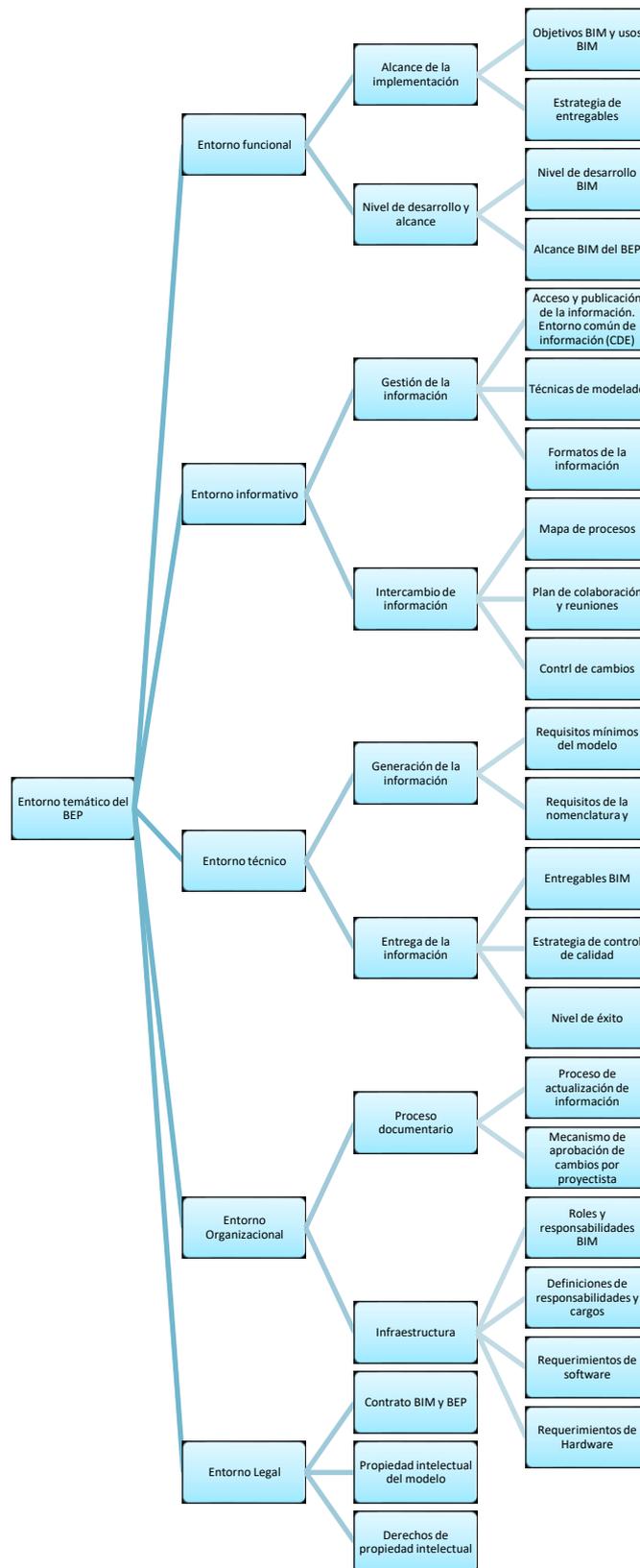


Gráfico 3 Entorno temático del BEP Fuente BEP a global review Framework-Panagiotidou et al 2022



- **USO BIM:** Es un objetivo específico a ser alcanzado durante la implementación de un proyecto BIM
- **Nivel de Desarrollo-LOD:** Es la definición del contenido y confiabilidad de todas las categorías de elementos modelados en las diferentes etapas del proyecto.
- **Gerente de proyectos BIM:** También conocido como BIM Manager, es el responsable técnico principal del proyecto, encargado de la consolidación global de la información. Tiene entre sus funciones consolidar la información entregada por los coordinadores en cada etapa, definir y establecer el plan de ejecución BIM, traducir las necesidades del cliente a términos técnicos.
- **Coordinador BIM:** Es la persona nombrada por el equipo de proyecto siendo responsable de coordinar las tareas interdisciplinarias de ingeniería que participan del Modelo 3D federado de un proyecto específico. El coordinador es el encargado de que la información sea coherente consigo misma y con los otros modelos pertinentes, además es el encargado de mantener el estándar y las especificaciones dadas por el gerente de proyecto. El coordinador BIM será el encargado de auditar el modelo entregado por los modeladores y poder solicitar las correcciones necesarias.
- **Modelador BIM:** Es aquel especialista que se encarga de generar la información en el modelo, el cual no necesariamente es el diseñador, sino que es la persona que plasma en un modelo el diseño realizado.
- **Usuarios BIM:** Son todas aquellas personas que utilizarán la información del modelo BIM para realizar diferentes trabajos, o análisis a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Son los encargados de generar metrados, estimados y otras funciones que ayuden a la gestión eficiente del proyecto.
- **CDE (Common Data Environment):** Entorno colaborativo Es la herramienta informática para recopilar, gestionar y difundir datos del modelo y los documentos asociados entre todos los colaboradores de un proyecto.

#### 4.3 Alcance del BEP

El alcance de este procedimiento es establecer el Plan de Ejecución BIM (BEP) a realizar en todo proyecto de arquitectura o infraestructura que incluya modelado 3D. El contenido del BEP deberá incluir la siguiente información:

- Indicar la información básica del proyecto, fases.
- Definir los Objetivos de modelado (USOS BIM)
- Establecer los roles de las personas intervinientes
- Establecer la estructura del modelo: Formatos, denominación de archivos y carpetas.
- Establecer los niveles de desarrollo de los componentes a ser modelados en las diferentes etapas de proyecto y el responsable de su desarrollo.
- Establecer el protocolo de intercambio de datos y los flujos de Trabajo

#### 4.4 Información general del proyecto

- **Propietario**  
Gpr inmobiliaria
- **Nombre del proyecto**  
Las Lomas de Yura

- **Tipo de proyecto**  
Edificación y habilitación urbana
- **Ubicación**  
Km 17 de la carretera Arequipa- Puno, Sublote Sector 3 Las Laderas, Distrito de Yura, departamento de Arequipa, Perú
- **Descripción del proyecto**  
Construcción de 248 viviendas, 1 edificio y habilitación urbana conformada por veredas, bermas y vías.

#### 4.5 Contactos

##### 4.5.1 Administrativo

NOMBRE	CARGO	CORREO ELECTRÓNICO	TELÉFONO
	Gerente General		
	Gerente de Administración y finanzas		

Tabla 4 Cargos administrativos de la empresa- fuente GPR Inmobiliaria

##### 4.5.2 Operativo

NOMBRE	CARGO	CORREO ELECTRÓNICO	TELÉFONO
	Jefe Técnico de Proyecto		
	Ingeniero de Campo		

Tabla 5 Cargos técnicos de proyecto- fuente GPR Inmobiliaria

#### 4.6 Fases del proyecto BIM

FASE	ENTREGABLE	RESPONSABLE	FECHA
Estrategia	BEP	Jefe técnico de proyecto	-
Estudios Previos	Planos topográficos	Jefe técnico de proyecto -Topógrafo	-
Anteproyecto	Diseño modelo básico según especificaciones del cliente	-Estudio de arquitectura -Jefe técnico de proyecto	-
Proyecto Básico	Diseño de especialidades Arquitectura, Estructuras, IISS IIEE completo → Para Coordinación	-Subcontratistas de diseño arquitectura, estructuras, IISS, IIEE -Jefe técnico de proyecto	-
Proyecto ejecución/ Constructivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinación proyecto</li> <li>• Sincronización de modelos</li> <li>• Detección de interferencias</li> </ul>	-Jefe técnico de proyecto -Ingeniero de campo	-



Construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planeamiento de obra</li> <li>• Simulación 4D y 5D</li> <li>• Control de Avance en obra</li> <li>• Modelo y planos AS BUILT</li> </ul>	-Jefe técnico de proyecto -Ingeniero de campo	-
Puesta en marcha	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manuales de operación y mantenimiento</li> </ul>	-Empresa constructora	-
Operación y mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro BIM de mantenimiento periódico.</li> <li>• Registro BIM de viviendas en solicitud y atención de postventa</li> </ul>	-Jefe técnico de proyecto -Ingeniero de campo	-

Tabla 6 Fases del proyecto BIM Fuente: elaboración propia

## 4.7 Roles y responsabilidades

### 4.7.1 Gerente de Proyectos BIM-Jefe técnico de proyecto

El Líder de Soporte CAD/BIM, o también conocido como gerente de proyectos BIM o BIM manager es responsable de crear y mantener todos los archivos de soporte y documentación BIM necesarios para desarrollar proyectos en BIM además de proporcionar el apoyo técnico requerido por los usuarios. Entre las principales responsabilidades se encuentran:

- Mantener el Manual de Estándares BIM.
- Crear y mantener el contenido BIM.
- Proporcionar un seminario para todas las Especialidades al inicio del proyecto.
- Ofrecer seminarios específicos por disciplina.
- Crear y mantener el Modelo de Habilitación Urbana que contiene las coordenadas.
- Crear el archivo Central del proyecto.
- Crear los archivos Locales de cada usuario.

El gerente de proyectos BIM también debe encargarse de realizar actividades que permitan integrar al equipo de trabajo como, por ejemplo.

- Seminarios de inicio de cada proyecto: Al inicio de cada proyecto, el gerente de proyecto BIM dará un seminario de orientación en los estándares BIM para todo el personal involucrado en el proyecto, dentro de los temas a tratar se encuentran:
  - Flujo de trabajo
  - Posesión de objetos
  - Estructura de directorios
  - Convención de nombres
  - Creación de Niveles
  - Organización de vistas



- Seminarios específicos por disciplina: El gerente de proyectos BIM dará un seminario específico por disciplina, iniciando por estructuras, seguido de arquitectura para luego continuar con las demás especialidades.
  - Levantamiento de observaciones realizadas por el coordinador.

De acuerdo al organigrama de la empresa inmobiliaria, el encargado de realizar la tarea de BIM manager es el jefe técnico de proyecto.

#### **4.7.2 Coordinador BIM-Ingeniero inspector de Campo**

Cada proyecto tiene un Coordinador BIM quien es responsable de lo siguiente:

- Notificar al Líder de Soporte CAD/BIM si existen cambios en el Modelo de Habilitación Urbana que contiene las Coordenadas.
- Coordinar las reuniones de Resolución de Interferencias.
- Notificar al Líder de Soporte CAD/BIM cuando el proyecto debe ser archivado.
- Administrar a los otros usuarios dentro de la disciplina.
- Coordinar todos los problemas relacionadas a BIM con el resto de su equipo.
- Crear contenido BIM para su disciplina.

En el organigrama de la empresa inmobiliaria, esta labor será desarrollada por el ingeniero de campo.

#### **4.7.3 Modeladores BIM**

Es aquel especialista que se encarga de generar la información en el modelo, el cual no necesariamente es el diseñador, sino que es la persona que plasma en un modelo el diseño realizado.

Dentro del equipo de trabajo, junto al diseñador se encarga del detalle del modelo de una determinada especialidad. La importancia de su labor es que es aquel miembro del equipo que maneja directamente del modelo, la calidad del modelo dependerá del trabajo que realizó el modelador BIM y el nivel de detalle con el que trabajó.

El modelador BIM debe realizar el modelo BIM en función a los estándares, parámetros y criterios que el coordinador BIM le hará llegar.

Tomando en cuenta que las especialidades son realizadas por especialistas que no forman parte de la empresa, sino que son subcontratados, cada empresa de diseño debe contar con un modelador BIM y entregar a la inmobiliaria los proyectos BIM de su especialidad.

#### **4.7.4 Usuarios BIM**

Cada disciplina puede tener varios usuarios BIM que son responsables de lo siguiente:

- Desarrollo del Modelo.
- Resolver interferencias dentro de sus propios Modelos.
- Exportar el modelo para Resolución de Interferencias Inter-Disciplinarias.
- Generación de Metrados y Estimados.



## 4.8 Alcances BIM del proyecto

### 4.8.1 Usos BIM

CONCEPTUALIZACIÓN & ANALISIS		DISEÑO & DOCUMENTACION		CONSTRUCCION		MANTENIMIENTO & OPERACIONES	
Condiciones Existentes		Diseño de Especialidades	X	Planeamiento de Obra	X	Mantenimiento Preventivo	X
Análisis de Ubicación & Localización		Evaluación LEED		Fabricación Digital		Análisis de Sistemas MEP	
Programación		Evaluación del Diseño		Control de Avance de Obra	X	Gestión y Control de Activos	
Análisis Energético		Análisis de Ingeniería		Modelos As- Built	X	Planificación de Espacios	
Planeamiento Constructivo	X	Generación de Planos	X			Planificación de desastres	
Estimados de Obra	X	Detección de Conflictos	X			Registro y atención de post venta	X
		Validación de Códigos					

Tabla 7 Usos BIM- Fuente: elaboración propia

### 4.8.2 Objetivos BIM

El plan de ejecución de BIM debe documentar los objetivos generales del Proyecto BIM. Estos deben ser discutidos y acordados entre todas las partes interesadas. Las selecciones de estos objetivos dependerán de muchos factores tales como:

- Requisitos del cliente
- Requisitos de los interesados
- Conjuntos de habilidades de los interesados
- Niveles de tarifa del proyecto

En los proyectos donde el uso de BIM sea mandatorio por requerimiento del cliente, el BEP estándar se adaptará a los requerimientos del mismo.

En los proyectos donde no sea mandatorio, el Project Manager definirá el uso de BIM sus objetivos y usos aplicables (BIM USES) involucrando a representantes de todos los sectores del proyecto: Cliente, Ingeniería, Presupuestos, Operaciones, Programación y Compras. Cuando sea necesario también participaran empresas asociadas a Subcontratistas Principales.



PRIORIDAD	USO	ACCIONES PARA IMPLEMENTAR ALCANCE	EVIDENCIA DE QUE SE IMPLEMENTÓ EL ALCANCE
ALTA REQUERIDA POR EMPRESA	Diseño de Especialidades	<p><b>Descripción:</b></p> <p>El modelado de especialidades es el proceso utilizado para realizar una representación precisa de las condiciones físicas, el entorno y los activos de una instalación. El modelo de especialidad debe, como mínimo, contener información relacionada con los principales elementos arquitectónicos, estructurales y MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing). Es la culminación de todo el Modelado BIM a lo largo del proyecto, que incluye datos de Operación, Mantenimiento y Activos para el modelo As-Built (creado a partir del Diseño, Construcción, Modelos de Coordinación 4D y Modelos de Fabricación de subcontratistas) para entregar un modelo de registro al propietario o gerente de la instalación. Es posible que se necesite información adicional, incluidos equipos y sistemas de planificación</p> <p><b>Valor Potencial:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ayuda en el modelado futuro y coordinación de diseño 3D</li><li>• Mejorar la documentación para usos futuros</li><li>• Proporcionar un modelo preciso de construcción, equipamiento y espacios.</li><li>• Satisfacer la necesidad de los propietarios.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Modelos generados de arquitectura, estructuras e instalaciones listos para revisión de coordinación.</li></ul>



PLAN DE EJECUCIÓN BIM Y MODELADO BIM PARA LA GESTIÓN DE VIVIENDAS Y HABILITACIÓN URBANA “ LAS LOMAS DE YURA EN AREQUIPA PERÚ”



PRIORIDAD	USO	ACCIONES PARA IMPLEMENTAR ALCANCE	EVIDENCIA DE QUE SE IMPLEMENTÓ EL ALCANCE
		<b>Recursos Requeridos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Software de diseño Revit 2022, Infracore 2022</li> </ul>	
ALTA REQUERIDA POR EMPRESA	Generación de planos	<b>Descripción</b> Este uso permitirá la generación de documentos que puedan ser llevados a obra para comprender de mejor manera el proceso de instalación. <b>Valor Potencial</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Generar rápidamente vistas múltiples (planos, elevaciones, secciones y detalles)</li> <li>Calidad mejorada del dibujo, isométricos y 3D.</li> <li>Toda la información se extraerá del modelo.</li> </ul> <b>Recursos Requeridos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Revit 2022</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelos generados de arquitectura, estructuras e instalaciones listas para revisión de coordinación.</li> <li>Planos revisados e impresos para equipo de obra.</li> </ul>
ALTA REQUERIDA POR EMPRESA	Detección de conflictos	<b>Descripción:</b> Un proceso que usa el clash detection de navisworks durante el proceso de coordinación para determinar conflictos de campo mediante la comparación de modelos 3D de sistemas de construcción. El objetivo de la detección de conflictos es eliminar los principales conflictos del sistema antes de la instalación. <b>Valor Potencial</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Coordinar proyecto a través de modelo</li> <li>Reducir y eliminar conflictos, reduciendo los RFI</li> <li>Visualizar la construcción</li> <li>Incrementar productividad.</li> </ul> <b>Recursos Requeridos:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelo coordinado, informe de navisworks de interferencias detectadas.</li> <li>Envío de información respectiva a modeladores y diseñadores para que puedan realizar las correcciones correspondientes, o en caso contrario hallar una solución en conjunto.</li> </ul>



PLAN DE EJECUCIÓN BIM Y MODELADO BIM PARA LA GESTIÓN DE VIVIENDAS Y HABILITACIÓN URBANA “ LAS LOMAS DE YURA EN AREQUIPA PERÚ”



PRIORIDAD	USO	ACCIONES PARA IMPLEMENTAR ALCANCE	EVIDENCIA DE QUE SE IMPLEMENTÓ EL ALCANCE
		<ul style="list-style-type: none"><li>Modelos Revit 2022 de especialidades.</li><li>Navisworks 2022</li></ul>	
ALTA REQUERIDA POR EMPRESA	Planeamiento de obra	<p><b>Descripción:</b> Se utiliza un modelo 4D, es decir añadiendo la dimensión tiempo al modelo 3D, para planificar eficazmente la ocupación por fases, mostrando la secuencia de construcción. Es una poderosa herramienta de visualización y comunicación que puede brindar una mejor comprensión de los hitos de proyecto.</p> <p><b>Valor Potencial</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Mejorar la comprensión del calendario de fases</li><li>Planes de ocupación dinámicos que ofrecen múltiples opciones</li><li>Integrar la planificación de recursos humanos</li><li>Identificar problemas de programación</li></ul> <p><b>Recursos Requeridos</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Navisworks 2022</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Simulación 4D para avance de obra.</li><li>Equipo de obra y subcontratos con conocimiento del proceso que se seguirá para la construcción del proyecto.</li></ul>
ALTA SOLICITADA POR EL CLIENTE	Control de Avance de obra	<p><b>Descripción:</b> Este uso BIM tiene como objetivo, tener un modelo coordinado donde se muestre el avance diario de obra, de modo que este sirva tanto para el equipo de obra como para el cliente.</p> <p><b>Valor Potencial</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Tener visualización del progreso de avance de la obra.</li></ul> <p><b>Recursos Requeridos</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Modelos Revit 2022</li><li>Navisworks 2022</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Informe actualizado para cliente y gerencia donde se muestra el avance de obra en los modelos de Revit.</li></ul>



PLAN DE EJECUCIÓN BIM Y MODELADO BIM PARA LA GESTIÓN DE VIVIENDAS Y HABILITACIÓN URBANA “ LAS LOMAS DE YURA EN AREQUIPA PERÚ”



PRIORIDAD	USO	ACCIONES PARA IMPLEMENTAR ALCANCE	EVIDENCIA DE QUE SE IMPLEMENTÓ EL ALCANCE
<p>MEDIA SOLICITADA POR EL CLIENTE</p>	<p>Mantenimiento Preventivo</p>	<p><b>Descripción:</b> Proceso en el cual la funcionalidad de la estructura del edificio (paredes, pisos, techo, etc.) y el equipo que sirve al edificio (mecánico, eléctrico, de plomería, etc.) se mantienen a lo largo de la vida operativa de una instalación. Un programa de mantenimiento exitoso mejorará el rendimiento del edificio, reducirá las reparaciones y reducirá los costos generales de mantenimiento.</p> <p><b>Valor Potencial</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planificar actividades de mantenimiento de manera proactiva y asignar adecuadamente al personal de mantenimiento.</li> <li>• Seguir el historial de mantenimiento.</li> <li>• Reducir el mantenimiento correctivo y las reparaciones de mantenimiento de emergencia.</li> <li>• Incrementar la productividad del personal de mantenimiento porque la ubicación física del equipo / sistema se entiende claramente.</li> <li>• Evaluar diferentes enfoques de mantenimiento basados en el costo.</li> <li>• Permitir que los gerentes de las instalaciones justifiquen la necesidad y el costo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manuales de mantenimiento y especificaciones según equipos.</li> </ul>



PLAN DE EJECUCIÓN BIM Y MODELADO BIM PARA LA GESTIÓN DE VIVIENDAS Y HABILITACIÓN URBANA “ LAS LOMAS DE YURA EN AREQUIPA PERÚ”



PRIORIDAD	USO	ACCIONES PARA IMPLEMENTAR ALCANCE	EVIDENCIA DE QUE SE IMPLEMENTÓ EL ALCANCE
		<p>de establecer un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad.</p> <p><b>Recursos Requeridos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Modelos AS BUILT</li> <li>Revit 2022</li> </ul>	
ALTA SOLICITADA POR EL CLIENTE	Planificación de espacios	<p><b>Descripción</b> Un proceso en el cual BIM se utiliza para distribuir, administrar, rastrear con eficacia los espacios apropiados y los recursos relacionados dentro de una instalación. Un modelo de información de construcción que permitirá al cliente la posibilidad de remodelar su proyecto según las necesidades que tenga en ese momento.</p> <p><b>Valor Potencial</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar y asignar más fácilmente el espacio para el uso apropiado de la construcción</li> <li>Incrementar la eficiencia de la planificación y gestión de la transición.</li> </ul> <p><b>Recursos Requeridos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Modelos AS BUILT actualizados Revit 2022</li> <li>Navisworks 2022.</li> <li>Infraworks 2022</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aún no realizado, planos AS BUILT elaborados y con detalles de posibles muros que se puedan desplazar o mover para modificar la arquitectura.</li> </ul>
ALTA REQUERIDA POR LA EMPRESA	Registro y atención de Post venta	<p><b>Descripción</b> Es un proceso BIM encargado de sistematizar y registrar los reclamos de clientes, posterior a la entrega de sus viviendas, por alguna falla en el funcionamiento de la misma.</p> <p><b>Valor potencial:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelo BIM de registros y avances de postventa</li> </ul>

PRIORIDAD	USO	ACCIONES PARA IMPLEMENTAR ALCANCE	EVIDENCIA DE QUE SE IMPLEMENTÓ EL ALCANCE
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Registrar los reclamos de clientes para con ello poder programar su levantamiento.</li> <li>Programar el levantamiento de observaciones solicitado por el cliente.</li> <li>Registrar las viviendas atendidas</li> </ul> <p><b>Recursos requeridos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Infraworks 2022</li> <li>Navisworks 2022</li> </ul>	

Tabla 8 Prioridades de los usos BIM del proyecto Fuente: elaboración propia

#### 4.9 Niveles de desarrollo (LOD)

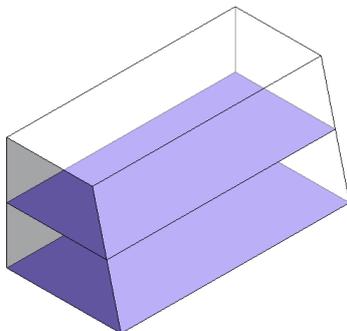
“El nivel de desarrollo es un protocolo para establecer la guía básica de BIM, la cual fue creada para identificar requerimientos de contenido específico. LOD identifica la cantidad de información que está contenida dentro de un modelo BIM” (Latiffi et al., 2015)

Establecer el LOD en un plan de ejecución BIM es necesario para de ese modo poder optimizar los tiempos de diseño y facilitar la coordinación, pues consiste en utilizar el nivel de detalle de los elementos y la información que estos contengan para así modelar con la información que se usará en proyecto, evitando sobrecargar los modelos con elementos que no serán utilizados.

##### 4.9.1 Nivel de desarrollo 100

Los modelos de nivel de desarrollo 100, incluyen elementos como masas que se utilizarán para estudios preliminares como diseño conceptual y etapas generales de proyecto. Es una representación simbólica, en 3D y con colores poco realistas.

Información como ubicación, orientación, cuantificaciones de áreas y volúmenes pueden ser considerados en este nivel.

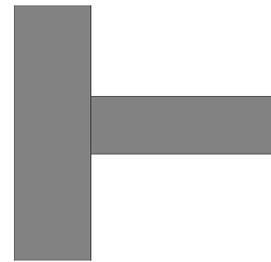
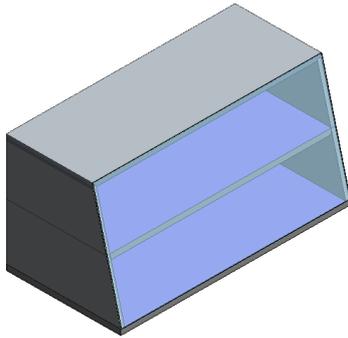


AREA Y VOLUMEN (ND1)		
AREA TERRENO	AREA TECHADA	VOLUMEN
139.35 m <sup>2</sup>	346.03 m <sup>2</sup>	396.44 m <sup>3</sup>

Ilustración 20 Representación gráfica de LOD 100

#### 4.9.2 Niveles de desarrollo 200

Los Modelos de Nivel de Desarrollo 200 (ND-200) incluyen elementos en que los cuales se han utilizado componentes genéricos donde las características de los elementos son solo generales, tales como espesor y/o volumen. Este Nivel permite la Compatibilización mediante la generación de Reportes de Interferencias.

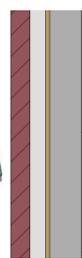
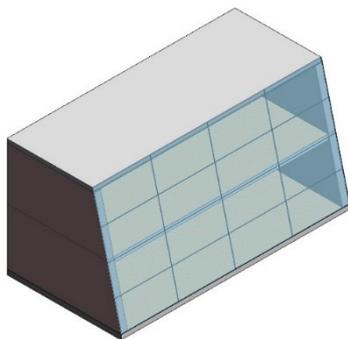


MUROS (ND2)					
FAMILIA	TIPO	ANCHO	LARGO	AREA	VOLUMEN
Basic Wall	Muro-20cm	0.20	11.89	60.97 m <sup>2</sup>	12.39 m <sup>3</sup>
Basic Wall	Muro-30cm	0.30	11.99	70.53 m <sup>2</sup>	21.50 m <sup>3</sup>

Ilustración 21 Información y representación gráfica de un modelo con LOD 200

#### 4.9.3 Nivel de desarrollo 300

Los Modelos de Nivel de Desarrollo 300 (ND-300) incluyen elementos en que los cuales los componentes genéricos han sido remplazados por materiales totalmente definidos. Este Nivel permite obtener Cuadros de Metrados exactos basados en los diferentes materiales.



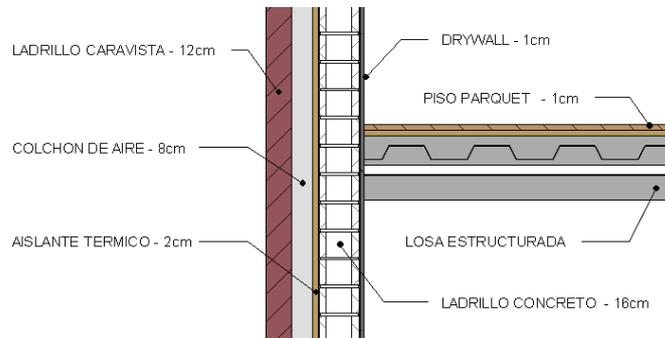
MUROS (ND3)	
MATERIAL	VOLUMEN
Gypsum Wall Board	1.66 m <sup>3</sup>
Masonry - Brick	12.04 m <sup>3</sup>
Metal - Stud Layer	19.93 m <sup>3</sup>
Misc. Air Layers - Air Space	9.97 m <sup>3</sup>
Wood - Sheathing - plywood	2.49 m <sup>3</sup>

Ilustración 22 Información y representación gráfica de un modelo con LOD 300

#### 4.9.4 Nivel de desarrollo 400

Los Modelos de Nivel de Desarrollo 400 (ND-400) incluyen elementos en que los cuales los componentes han sido complementados con información en 2D, así como texto, dimensiones, notas, etc. Este Nivel permite la fabricación y/o construcción del Proyecto.

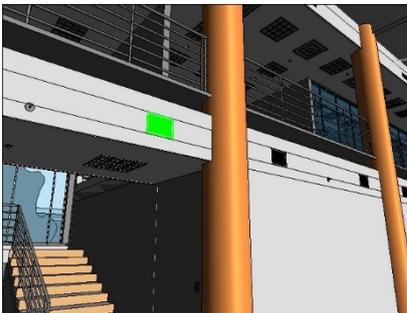
Para el presente proyecto, este nivel de detalle no será utilizado, por ser poco práctico de acuerdo a los requerimientos del proyecto.



**Ilustración 23 Información y representación gráfica de un modelo con LOD 400**

#### 4.9.5 Nivel de desarrollo 500

Los modelos de Nivel de Desarrollo 500 (ND-500) incluyen parámetros asociados a todos los elementos de la edificación que permitirán, una vez exportados fuera del entorno BIM, realizar la Programación de Obra así como Mantenimiento y Operaciones del proyecto. La vinculación del Modelo con sistemas de Base de Datos puede ser realizada en este Nivel.



element_ID	revit_ID	last_inspected	next_inspection_due_date	priority	condition
132457383	659832	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
132426790	679334	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
132447782	650023	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
131276003	672363	4/20/2006	1/24/2011	high	fair
132786522	650933	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
131028862	667681	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
132290073	679911	6/2/2008	9/11/2011	medium	excellent
131189520	640087	6/2/2008	9/11/2011	medium	good

**Ilustración 24 Información y representación gráfica de nivel de desarrollo 500**

Para una etapa final de proyecto, se puede utilizar este nivel de desarrollo para controlar las viviendas inspeccionadas en post venta.

#### 4.10 Niveles de desarrollo recomendados según fases del proyecto

##### 4.10.1 Avance al 30%

ESPECIALIDAD	OBJETOS / ELEMENTOS	NIVEL DE DETALLE
Arquitectura	Escaleras	ND-200
	Falso Cielos	ND-200
	Mamparas	ND-200
	Muro Cortina	ND-200
	Tabiquería	ND-200
	Pisos	ND-200
	Puertas	ND-200
Estructuras	Ventanas	ND-200
	Escaleras	ND-200
	Cimientos	ND-200
	Columnas	ND-200
	Losas	ND-200
	Placas	ND-200
	Rampas	ND-200
Instalaciones Contra Incendios	Vigas	ND-200
	Equipos	ND-300
	Montantes	ND-300
Instalaciones Eléctricas	Redes Principales	ND-300
	Equipos	ND-300
	Montantes	ND-300
Instalaciones Sanitarias	Redes Principales	ND-300
	Equipos	ND-300
	Montantes	ND-300
	Redes Principales	ND-300

Tabla 9 Niveles de detalle según especialidad y tipo de elemento para un avance al 30% de proyecto. Fuente Elaboración propia

#### 4.10.2 Avance al 60%

ESPECIALIDAD	OBJETOS / ELEMENTOS	NIVEL DE DETALLE
Arquitectura	Barandas	ND-300
	Carpintería	ND-300
	Escaleras	ND-300
	Falso Cielos	ND-300
	Mamparas	ND-300
	Muro Cortina	ND-300
	Tabiquería	ND-300
	Pisos	ND-300
	Puertas	ND-300
	Ventanas	ND-300
Estructuras	Escaleras	ND-300
	Cimientos	ND-300
	Columnas	ND-300
	Losas	ND-300
	Placas	ND-300
	Rampas	ND-300
	Vigas	ND-300
Instalaciones Eléctricas	Cajas de Paso	ND-300
	Equipos	ND-300
	Dispositivos Eléctricos	ND-300
	Montantes	ND-300
	Luminarias	ND-300
	Redes Principales	ND-300
	Redes Secundarias	ND-300
	Switches	ND-300
Instalaciones Sanitarias	Tableros	ND-300
	Aparatos Sanitarios	ND-300
	Equipos	ND-300
	Montantes	ND-300
	Redes Principales	ND-300
Redes Secundarias	ND-300	

Tabla 10 Niveles de detalle según especialidad y tipo de elemento para un avance al 60% de proyecto. Fuente Elaboración propia

#### 4.10.3 Avance al 90%

Arquitectura	Barandas	ND-400
	Carpintería	ND-400
	Escaleras	ND-400
	Falso Cielos	ND-400
	Mamparas	ND-400
	Muro Cortina	ND-400
	Tabiquería	ND-400
	Pisos	ND-400
	Puertas	ND-400
	Ventanas	ND-400
Escaleras	ND-400	



Estructuras	Cimientos	ND-400
	Columnas	ND-400
	Losas	ND-400
	Placas	ND-400
	Rampas	ND-400
	Vigas	ND-400
	Tarrajeos	ND-400
Instalaciones Eléctricas	Cajas de Paso	ND-400
	Dispositivos Eléctricos	ND-400
	Equipos	ND-400
	Interruptores	ND-400
	Montantes	ND-400
	Luminarias	ND-400
	Redes Principales	ND-400
	Redes Secundarias	ND-400
	Switches	ND-400
	Tableros	ND-400
Instalaciones Sanitarias	Tomacorrientes	ND-400
	Aparatos Sanitarios	ND-400
	Equipos	ND-400
	Montantes	ND-400
	Redes Principales	ND-400
	Redes Secundarias	ND-400
	Válvulas	ND-400

Tabla 11 Niveles de detalle según especialidad y tipo de elemento para un avance al 90% de proyecto. Fuente Elaboración propia

## 4.11 Flujo de trabajo

En esta sección se define la frecuencia y forma como se compartirá la información del proyecto.

### 4.11.1 Intercambio de información

La información deberá ser cargada a la carpeta de Dropbox que posee el proyecto.

Cada especialista es responsable de actualizar la información y notificar al equipo vía correo electrónico una vez que la información haya sido subida.

### 4.11.2 Reuniones de coordinación inter-disciplinarias

Las reuniones de coordinación Inter-Disciplinarias se desarrollarán al inicio del proyecto; conforme se desarrolla el diseño de las diferentes especialidades y se realizarán todos los jueves en las oficinas de GPR en Arequipa de 14:00 a 17:00 pm.

Las reuniones de coordinación se llevarán a cabo entre pares de especialidades para resolver problemas críticos de diseño.

#### 4.11.2.1 Sincronización de modelos

Se debe considerar una secuencia de sincronización de modelos, la cual involucra desde el momento inicial de la generación de modelo de cada una de las especialidades, hasta llegar al modelo integrado que llevará el nombre de “Modelo Aprobado”.

- A. La primera secuencia, está dada por el trabajo diario de los modelos de cada una de las disciplinas, las cuales tienen dos estados.
- Trabajo en proceso
  - Compartido

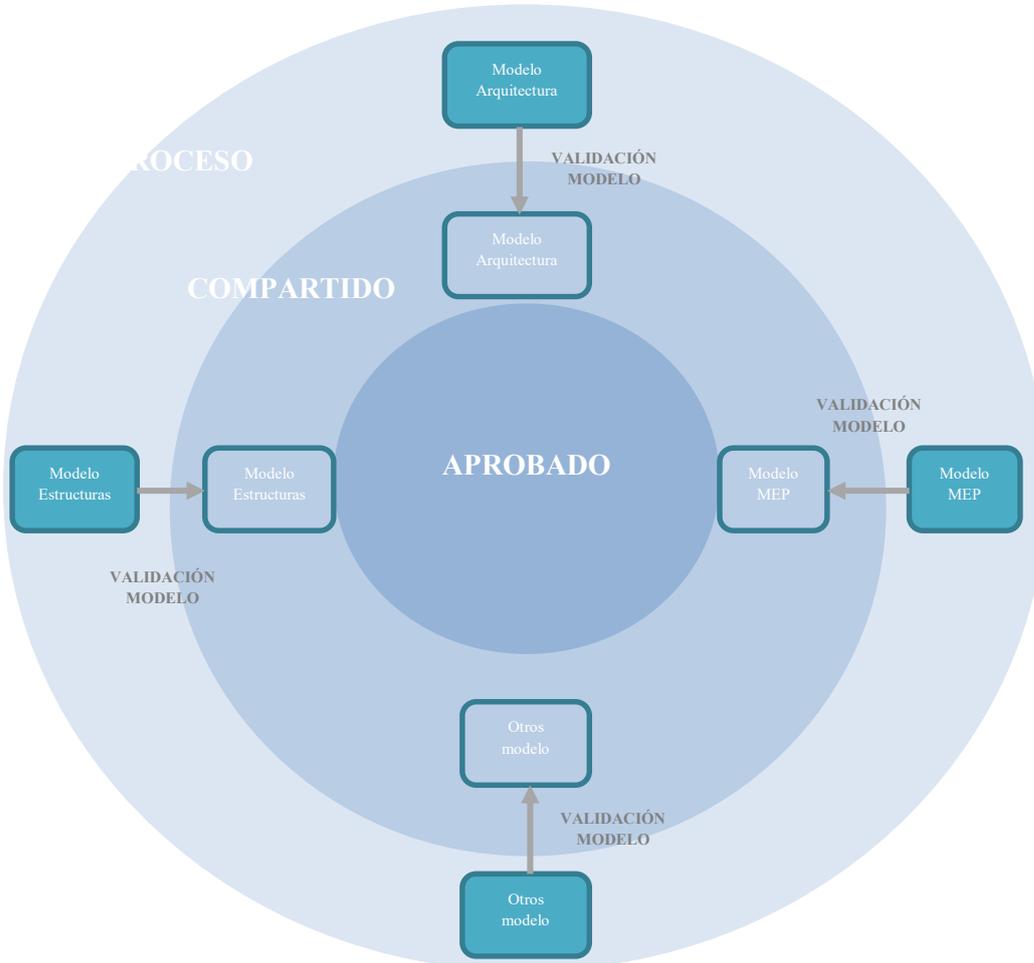


Gráfico 4 Proceso de sincronización y aprobación de modelo Fuente Elaboración propia

- B. Durante la etapa de desarrollo de modelos, cada disciplina necesita referenciar los modelos validados del resto de disciplinas para poder diseñar tomando en cuenta los criterios evaluados en las sesiones ICE.

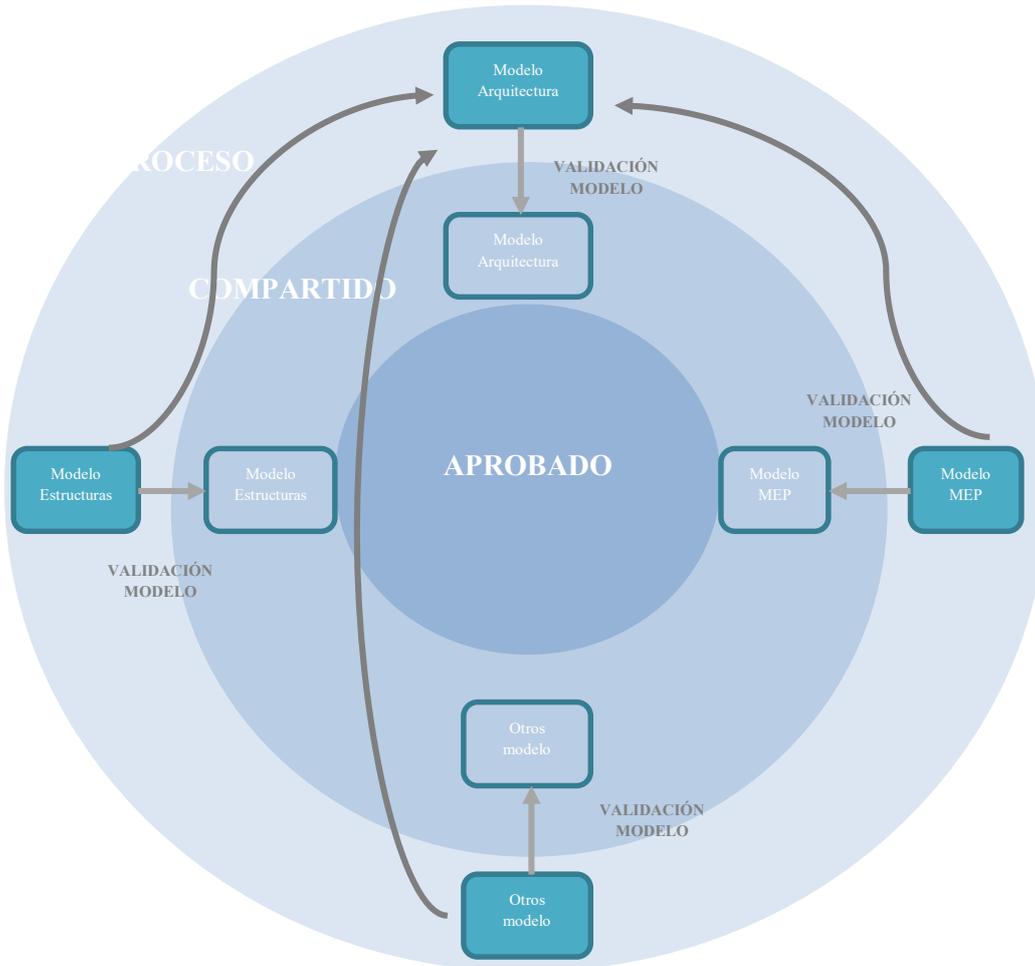


Gráfico 5 Proceso de referenciación y trabajo de modelos Fuente Elaboración propia

- C. Los modelos aprobados se visualizarán en la sala BIM, ambiente en el proyecto al cual tendrán acceso todos los participantes

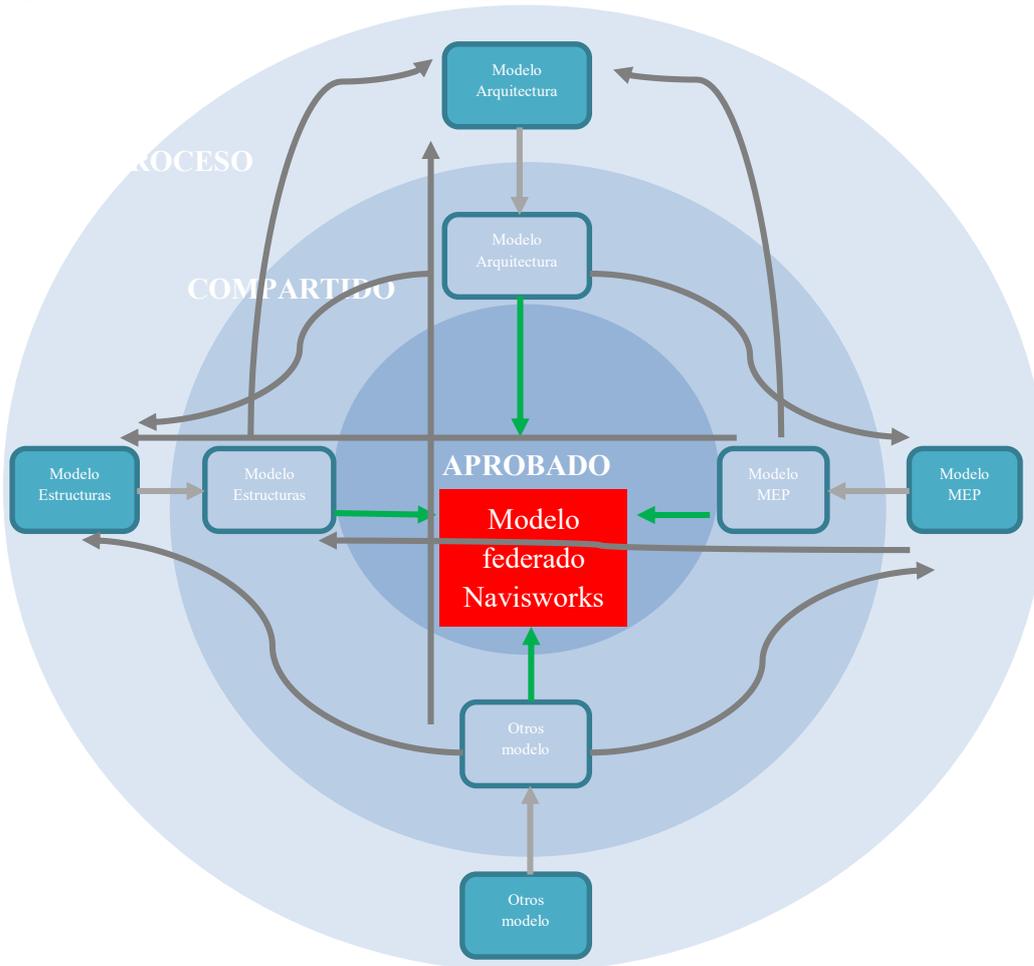


Gráfico 6 Proceso y relaciones modelo aprobado Fuente Elaboración propia

Para esta parte del proceso de trabajo lo realizan en conjunto los modeladores BIM (ingenieros, arquitectos y proyectistas **Color Gris**), los supervisores BIM, se encargan de realizar la validación de modelos (**Color Grey**) y finalmente los coordinadores BIM, son quienes se encargan de la elaboración del modelo aprobado y federado (**Color Verde**)

#### 4.11.3 Sesiones ICE

Ice proviene de las siglas en inglés que significan (Integrated Concurrent Engineering), lo que es un proceso que se encarga de reunir a todos los involucrados en etapa de diseño del proyecto para que de ese modo se puedan abordar problemas de incompatibilidades y oportunidades de mejora.

Se programa que las sesiones ICE se realicen todos los viernes en las oficinas de GPR en Arequipa de 9:00 am a 12:30 m.



## 4.12 Generalidades del modelo

Esta sección mencionará sólo los criterios de información más importantes de los modelos. Sin embargo, el resto de criterios y estándares de modelado se encontrará en el Manual de Estándares BIM que la empresa debe desarrollar.

### 4.12.1 Calidad

Se requiere que los Modelos de las diferentes Especialidades que forman parte de este Proyecto, sean desarrollados utilizando elementos nativos de la aplicación, tales como columnas, vigas, muros, puertas, ventanas, ductos, bandejas, etc., las cuales deberán de estar asociadas con la información paramétrica respectiva. Sin embargo, dado que Revit es un software que permite el modelado paramétrico, se debe tener mucho cuidado con la procedencia de las familias que se insertará, pues en muchos de los casos, las familias no están creadas y asignadas de manera adecuada; lo que podría generar problemas en los metrados. En caso de añadir alguna familia, se deberá revisar profundamente las características y clasificación que posee esta.

### 4.12.2 Grado de complejidad de modelado

No se pretende que todos los elementos del Modelo sean modelados ya que esto haría el Modelo demasiado grande y difícil de manejar, por lo tanto, los Modelos de las diferentes Especialidades que forman parte de este Proyecto no representarían de manera exacta todos los elementos a incluir en la realidad.

Por otro lado, una combinación de elementos en 3D con geometría en 2D es aceptable como parte del entregable final del Modelo, siempre y cuando toda esta información se encuentre dentro del Modelo y con la salvedad de que los planos en 2D que se presenten como producto final, sean generados directamente del Modelo.

Como regla general, objetos que quepan dentro de un cubo de 25cmx25cmx25cm de tamaño no deberán de ser modelados.

### 4.12.3 Discrepancias

Cuando existen conflictos entre el contenido de un modelo BIM y el Set de Planos, la información contenida en el Set de Planos prevalecerá sobre su representación en el Modelo.

### 4.12.4 Exactitud y tolerancias

Los Modelos y los Planos generados a partir de ellos deberán de generarse en Verdadera Magnitud (1:1) y deberán de contener todas las dimensiones apropiadas para hacer posible su construcción.

La tolerancia máxima será de +/- 2.5 mm para todas las Especialidades



#### 4.12.5 Ejes y niveles

Para la creación de modelos será importante seguir los criterios mostrados en la siguiente tabla, para evitar superposiciones y malas prácticas de modelado.

ESPECIALIDAD	EJES	NIVELES
Arquitectura	NO	SI
Estructuras	SI	NO
Instalaciones de Comunicaciones y Data	NO	NO
Instalaciones Eléctricas	NO	NO
Instalaciones Sanitarias	NO	NO

Tabla 12 Prevalencia de ejes y niveles BEP. Fuente Elaboración propia

#### 4.12.6 Sistema de coordenadas

Los modelos deberán compartir el mismo punto de inserción y creación para su adecuada coordinación, además de ello, estos deberán encontrarse georeferenciados en función a las coordenadas UTM.

### 4.13 Estandarización

En la presente sección se mostrarán algunos criterios de estandarización. Complementario a este, se sugiere que la empresa realice un manual de los estándares BIM de la empresa.

#### 4.13.1 Estructura de datos de ficheros

Los archivos incluidos como parte de los estándares BIM de GPR, se incluyen una estructura de directorios para la organización de proyectos BIM, tanto para el archivo central, así como para los archivos locales de cada una de las disciplinas.

El objetivo principal de esta estructura de directorios es mejorar la coordinación e intercambio de información entre las diferentes disciplinas involucradas en desarrollar proyectos BIM así como facilitar el uso e identificación de la información en el futuro.

##### 4.13.1.1 Nomenclatura de nombres

Los directorios deberán ser creados de la siguiente manera

- 1- Cuatro dígitos para el año
- 2- Dos dígitos para el mes
- 3- Dos dígitos para el día
- 4- Descripción

Por ejemplo, el nombre del proyecto quedaría de la siguiente manera 2023\_03\_12\_LasLomas

- 5- Número de proyecto: Se deberá colocar el número de proyecto como nombre de la carpeta principal
- 6- Códigos por disciplina



CÓDIGO POR DISCIPLINA	
DISCIPLINA	CÓDIGO
ARQUITECTURA	A
ESTRUCTURAS	E
INSTALACIONES ELÉCTRICAS	IE
INSTALACIONES SANITARIAS	IS
SISTEMA CONTRA INCENDIO	CI
SISTEMA DE GAS NATURAL	G
COORDINACIÓN	COOR

Tabla 13 Códigos por disciplina para nomenclatura de archivos y carpetas

De modo que la disciplina de arquitectura del proyecto quedaría de la siguiente manera.

2023\_03\_12\_LasLomas\_01\_A

#### 4.13.2 Técnicas de modelado

Para la correcta realización de modelos BIM, es necesario que la empresa cuente con criterios básicos de modelado que permitan unificar criterios y así permitir que todos los involucrados realicen el modelo de la misma manera. Ello ayudará que los modelos sean similares, y se puedan tener las mismas consideraciones para el resto de los usos BIM del proyecto, tales como planificación 4D, cuantificaciones, post venta, entre otros.

Para ello, en las secciones siguientes, se va a detallar algunos de los criterios más relevantes de modelado que se tomarán en cuenta para el proyecto Las Lomas de Yura y que además formarán parte del manual de estándares BIM que deberá desarrollar la empresa para futuros proyectos.

##### 4.13.2.1 Modelado de Muros

Los muros deberán ser modelados de preferencia como una sola entidad, es decir, la estructura del muro deberá ser editada de tal forma que permita mantener su integridad como un solo elemento permitiendo una cuantificación más exacta.

##### 4.13.2.2 Extensión de componentes

Los diferentes componentes de un muro pueden extenderse de manera independiente, siempre y cuando los extremos de los componentes del muro se encuentren bloqueados. Es decir que el revestimiento de un muro, pueden extenderse por encima de la altura del muro o por debajo según sea el caso.

En la imagen que se presenta a continuación, se muestra que para temas de anclaje del muro, la estructura se extiende hasta nivel de fondo de losa, sin embargo, la placa de yeso de tabiquería, sólo se extiende hasta el nivel de falso techo.

Se muestra una imagen referida a esta técnica de modelado.

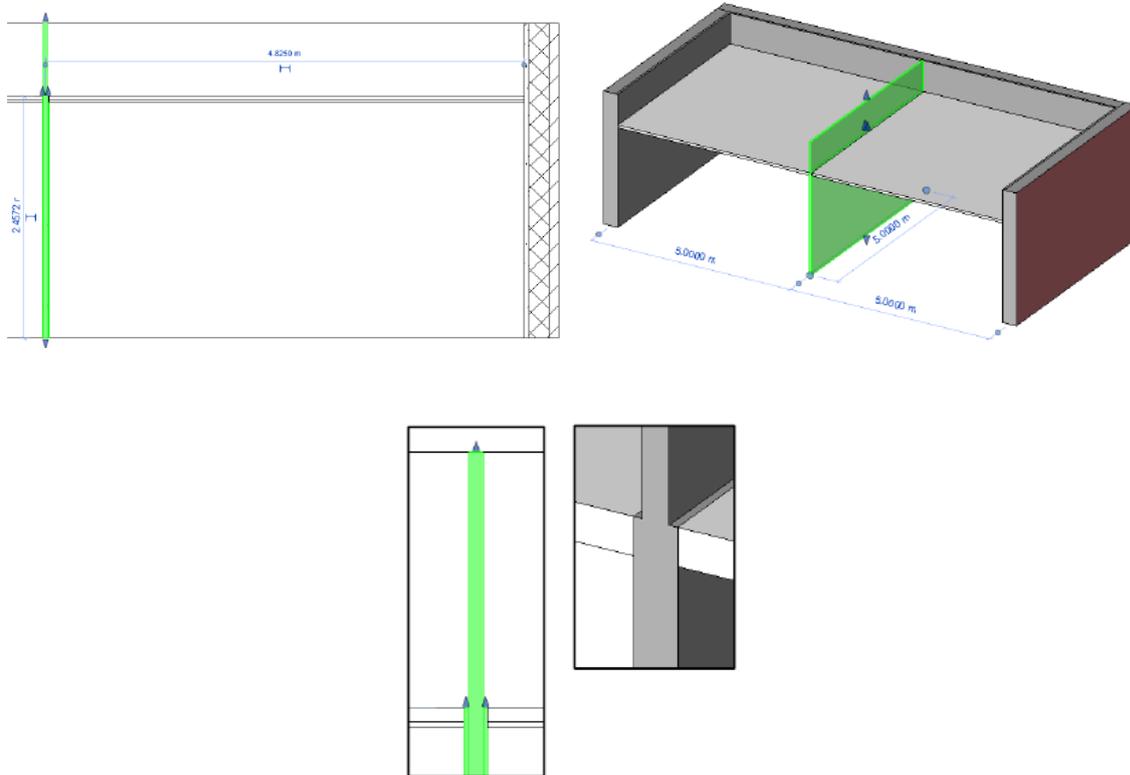


Ilustración 25 Técnica de modelado de extensión de componentes. Fuente Elaboración propia

#### 4.13.2.3 Unión de componentes

Para lo correspondiente a unión de componentes de muro, se podrán trabajar de dos maneras. La primera consiste en dividir el componente de uno de los extremos exteriores del muro en dos, para luego unir una de esas dos partes con el componente adyacente a este. La segunda consiste en dividir dos de los componentes exteriores del muro en dos y unirlos a sus componentes adyacentes. Esto debe de realizarse al nivel de la familia del muro, editando la estructura del mismo.

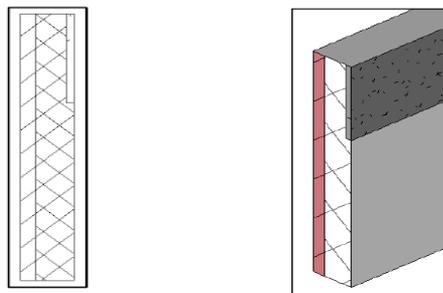
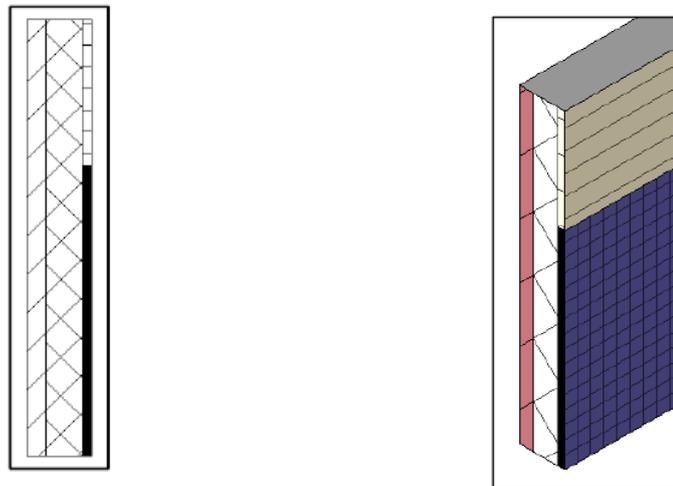


Ilustración 26 Primera técnica de unión de componentes, división de componente exterior de muro. Fuente elaboración propia

La imagen de la derecha ilustra el segundo concepto en una vista de sección en donde los dos componentes exteriores del muro ha sido dividido en dos y se han unido a los componentes adyacentes a los mismos.



**Ilustración 27** Segunda técnica de modelado de componentes exteriores de muro Fuente Elaboración propia

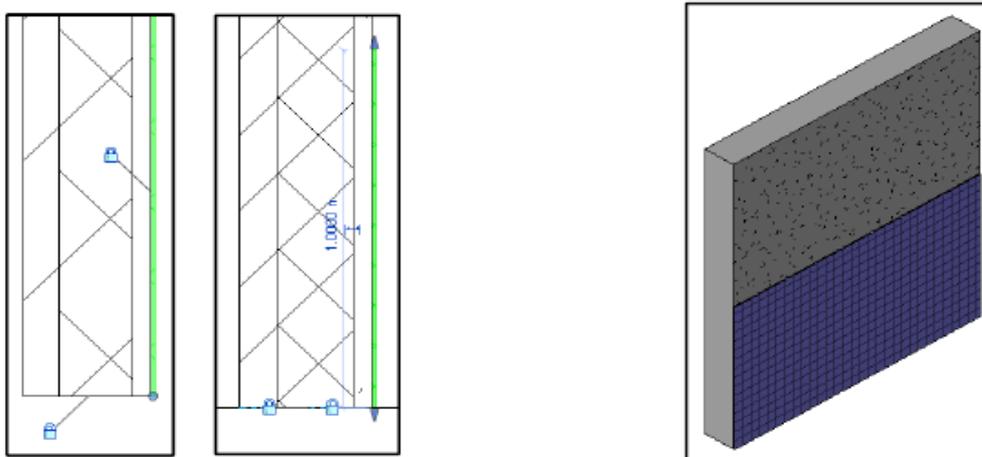
#### 4.13.2.4 Unión de dos muros

En los casos que no se pueda mantener el muro como un solo elemento, se recomienda alinear y anclar ambos, de modo que al mover uno de los muros, el muro adyacente también se mueva junto a este. Este anclaje se realizará tanto entre las caras adyacentes del muro, como en los extremos del mismo.

Se debe tener en consideración, que este método cuantificará ambos elementos por separado.

En la imagen de la izquierda se muestra la sección en perfil, donde se presenta los criterios de alineamiento y anclaje. Para el muro con azulejos.

El muro de azulejos está anclado tanto a la cara adyacente como al extremo.

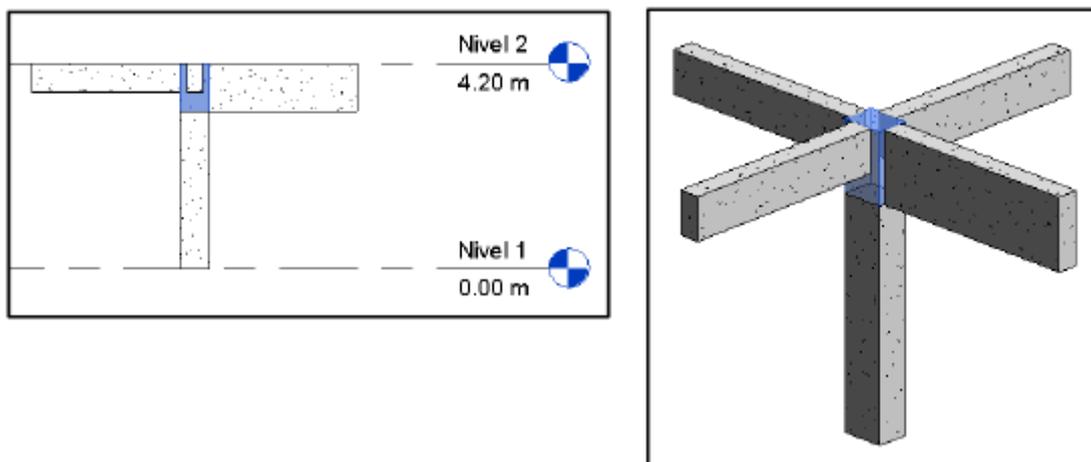


**Ilustración 28** Técnica de modelado de unión de muros división alineamiento y anclaje de muros. Fuente Elaboración propia

#### 4.13.2.5 Columnas y vigas

La columna se dividirá en dos elementos, de los cuales, la parte inferior de la viga se modelará hasta el fondo de la viga de mayor peralte. Por otro lado, la parte superior de la columna, se modelará como parte de la viga o de las vigas que se encuentran alrededor de la misma. Esto se debe a que durante la construcción, la parte superior de la columna se construye como parte de las vigas.

La imagen de la izquierda muestra la composición de la columna dividida en dos partes. Mientras que el lado derecho muestra la composición en una vista 3d.



**Ilustración 29 Técnica de modelado de columnas y vigas Fuente elaboración propia**

Otra característica a considerar en el modelo es que la creación del elemento superior de la columna, debe estar anclado al nivel superior, es decir al mismo nivel base de la viga y no al nivel al cual está anclada la base de la columna.

Se muestra un recorte de la explicación de la selección de niveles base para columnas.

Constraints	
Column Location Mark	E(-16.00 m)-6(11.00 m)
Base Level	Nivel 2
Base Offset	-1.0000 m
Top Level	Nivel 2
Top Offset	0.0000 m
Column Style	Vertical
Moves With Grids	<input checked="" type="checkbox"/>
Room Bounding	<input checked="" type="checkbox"/>

**Ilustración 30 Selección de nivel de parte superior de columna en técnica de modelado columnas y vigas. Fuente Elaboración propia**

La ilustración anterior, muestra que se ha creado la parte superior de la columna iniciando desde el nivel superior y colocando un desfase igual a la altura de la viga con mayor peralte.

#### 4.13.2.6 Vigas y losas

Las losas deberán de ser modeladas entre vigas y no atravesando las mismas. Esto, a pesar de tomar más trabajo, es debido a que ambos elementos se deberán meter de manera independiente. La imagen de la derecha ilustra este concepto en una vista de sección en donde dos losas han sido modeladas individualmente y están siendo atravesadas por una viga de acuerdo a lo antes mencionado.

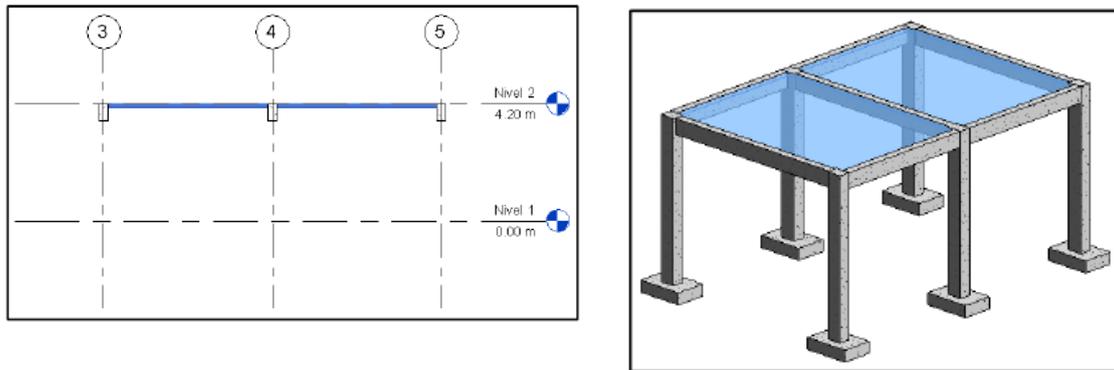


Ilustración 31 Técnica de modelado de Vigas y Losa Fuente Elaboración propia

#### 4.13.2.7 Placas, vigas y losas

Las placas deberán ser modeladas de manera convencional. Sin embargo, se dividirá el elemento en dos partes, una siendo la correspondiente al muro, y la otra que estará asociada a la viga. Para ello se utilizará el comando Parts.

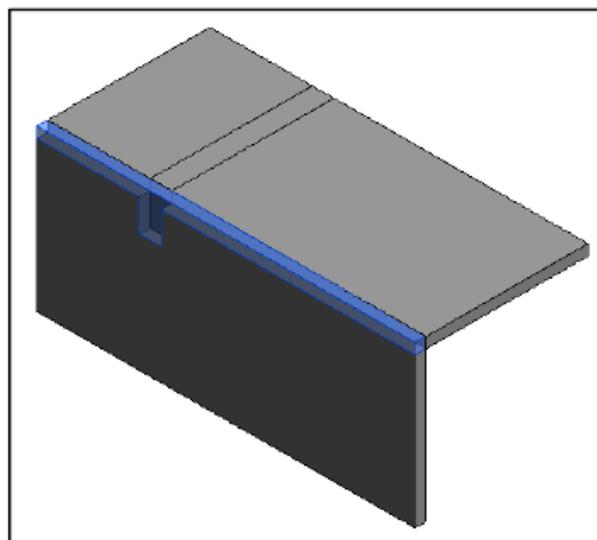


Ilustración 32 Técnica de modelado de muros y vigas. Fuente Elaboración propia

#### 4.13.2.8 Fontanería e instalaciones

Cuando se trabaje con ductos y tuberías estos deberán de estar siempre asociados con alguno de los sistemas incluidos en las respectivas plantillas de cada disciplina. La imagen de la derecha ilustra es concepto en el cual una tubería de agua caliente ha sido asociada al sistema IS – Agua Caliente. Hecha esta asociación y una vez aplicada la Plantilla de Vista de Trabajo los ductos y tuberías tomaran un color determinado permitiendo su fácil identificación en el Modelo.

Mechanical	
System Classification	Domestic Hot Water
<b>System Type</b>	<b>IS - Agua Caliente</b>
System Name	AC 1
System Abbreviation	AC
Fixture Units	0.000000
Invert Elevation	2.6764 m
Additional Flow	0.00 L/s
Flow	0.00 L/s
Reynolds Number	0.000000
Relative Roughness	57921.259843
Flow State	Laminar
Friction Factor	0.000000
Velocity	0.00 m/s
Friction	0.0000 Pa/m
Pressure Drop	0.00 Pa
Section	1
Area	2.277 m <sup>2</sup>

**Ilustración 33** Técnica de modelado y clasificación de elementos de fontanería para facilitar su visualización.  
Fuente Elaboración propia

## 4.14 Verificación y control de calidad de entregables BIM

### 4.14.1 Estrategia global de control de calidad

La empresa GPR, promotora del proyecto, será la responsable de realizar el control de calidad y coordinación de los diferentes modelos.

### 4.14.2 Reporte de auditoría BIM

Se generan reportes de auditorías BIM que incluirán lo siguiente:

- Inspección visual
- Integridad del modelo
- Duplicidad de elementos
- Estándares

### 4.14.3 Reportes de errores y/u omisiones

Se generarán reportes de errores y/u omisiones de manera quincenal para asegurar la integridad de la información.

### 4.14.4 Reportes de interferencias

Se generarán reportes de interferencias de manera mensual para asegurar que las observaciones generadas en las reuniones de coordinación hayan sido levantadas.

#### 4.14.4.1 Definiciones de estado de interferencias según código de color

ESTADO	DEFINICIÓN	COLOR
Antiguo	Choque desactualizado, no se ha vuelto a verificar en esta prueba	
Nuevo	Choque nuevo descubierto durante la última prueba	
Activo	Choque actual en curso que no se ha revisado ni aprobado	
Revisado	Choque revisado por el equipo de proyecto o coordinador BIM y se ha planificado acciones para resolverlo.	

Tabla 14 Colores para detección de interferencias. Fuente Elaboración propia

### 4.15 Entregables

#### 4.15.1 Formato de archivos

Los formatos que se utilizarán según los diferentes softwares serán los que se detallan a continuación.

- RVT- Archivos de Revit
- PDF- Archivos y planos exportados en general
- IFC- Archivos de importación y compatibilización
- DWG- Archivos provenientes de archivos de Autocad.
- NWD- Archivos de Navisworks

#### 4.15.2 Versiones de software

Para los archivos de Autocad, Navisworks y Revit se utilizará la versión 2022 de los softwares.

### 4.16 Recursos del plan

#### 4.16.1 Recursos humanos

De acuerdo a lo establecido en el plan de ejecución BIM, los recursos humanos estarán conformados por todas aquellas personas que tengan influencia y participación dentro del proyecto, sean estos usuarios BIM, desarrolladores, modeladores, subcontratistas, coordinadores o gerentes de proyectos BIM.

#### 4.16.2 Infraestructura tecnológica o recursos de materiales.

Es de mucha importancia para el manejo de los diferentes modelos BIM, contar con la infraestructura tecnológica adecuada, para así tener un correcto flujo de trabajo entre modelado, compatibilidad.



A continuación, se detalla la infraestructura tecnológica que se recomienda utilizar para el desarrollo de este y futuros proyectos, estas serán utilizadas por los miembros BIM del proyecto, gerente de proyecto BIM y coordinador BIM, además del staff de obra conformado por el director de obra, inspectores de campo, ingeniero de oficina técnica e ingeniero de control cualitativo.

#### 4.16.2.1 Hardware

ITEM	DESCRIPCION
Sistema Operativo	Microsoft Windows 10 64-bit
Navegador	Google Chrome
Procesador	Intel i7 7ma generación
Memoria	16GB RAM 32GB (de ser posible)
Monitor	Resolución Mínima de 1920 x 1200 2 monitores (de ser posible)
Tarjeta de Video	4GB Con tecnología DirectX 10 Revisar lista de Tarjetas de Videos aprobadas
Disco Duro	25 GB (de espacio libre en disco)
Mouse	3 botones Con scroll-wheel
Media	Lector de DVD y US
Proyector	Se utilizará un Proyector en el Proyecto.

Tabla 15 Especificaciones de sistema operativo de equipos de Hardware para desarrollo de proyectos BIM.  
Fuente Elaboración propia

#### 4.16.2.2 Software

- Autodesk Autocad Versión 2022
- Autodesk Revit versión 2022
- Autodesk Navisworks versión 2022
- Autodesk Infravorks versión 2022

Los proyectistas serán subcontratados, por lo cual las empresas subcontratadas deberán contar con el software necesario para poder enviar los archivos en el formato solicitado.

## 5 MODELADO BIM (Revit, Navisworks , Infravorks)

### 5.1 Modelado 3D

#### 5.1.1 Modelado de viviendas unifamiliares y multifamiliares- Revit

El proyecto cuenta con cuatro tipos de vivienda y un edificio multifamiliar. Dentro de estas cuatro tipos de vivienda, se tienen diferentes distribuciones de las mismas, se tienen viviendas que se encuentran ubicadas en esquina y estas viviendas están modeladas como una única estructura, otra de las distribuciones que se tiene son pareos laterales y pareos posteriores, ello quiere decir que la vivienda comparte la cimentación y un muro con la vivienda del costado en caso de pareos

laterales y con la vivienda que colinda hacia la parte de atrás en el caso de pareo posterior. Otra de las tipologías presentes en el proyecto son las viviendas tipo cuadripareo, es decir que la cimentación de la viviendas está realizada en conjunto para cuatro unidades de vivienda, y estas tienen muros colindantes entre sí.

Las viviendas tienen los siguientes nombres y características. Viviendas Aleli y Misit , son tipologías con dos niveles, viviendas capulí y texao son de un nivel. La diferencia entre cada una de ellas son los acabados que estas presentan, lo cual se detallará en las secciones siguientes.

Se muestran imágenes a continuación del tipo de distribución que presentan las viviendas del proyecto.



**Ilustración 34** Distribución de tipología de viviendas Casa sola, pareo lateral, pareo posterior, cuadripareo Autodesk Infracore Fuente Elaboración propia



**Ilustración 35** Distribucion de vivienda tipo casa sola Autodesk Infracore Fuente Elaboración Propia



**Ilustración 36 Distribución tipo pareo posterior Autodesk Infracore Fuente Elaboración Propia**



**Ilustración 37 Distribución de viviendas tipo pareo lateral viviendas Aleli Autodesk Infracore Fuente Elaboración Propia**



**Ilustración 38** Distribución de vivienda tipo pareo lateral vivienda Misti Autodesk Infracore Fuente Elaboración Propia



**Ilustración 39** Distribución de viviendas tipo cuadripaseo Autodesk Infracore Fuente Elaboración Propia

### 5.1.1.1 Ejes y grillas de proyecto

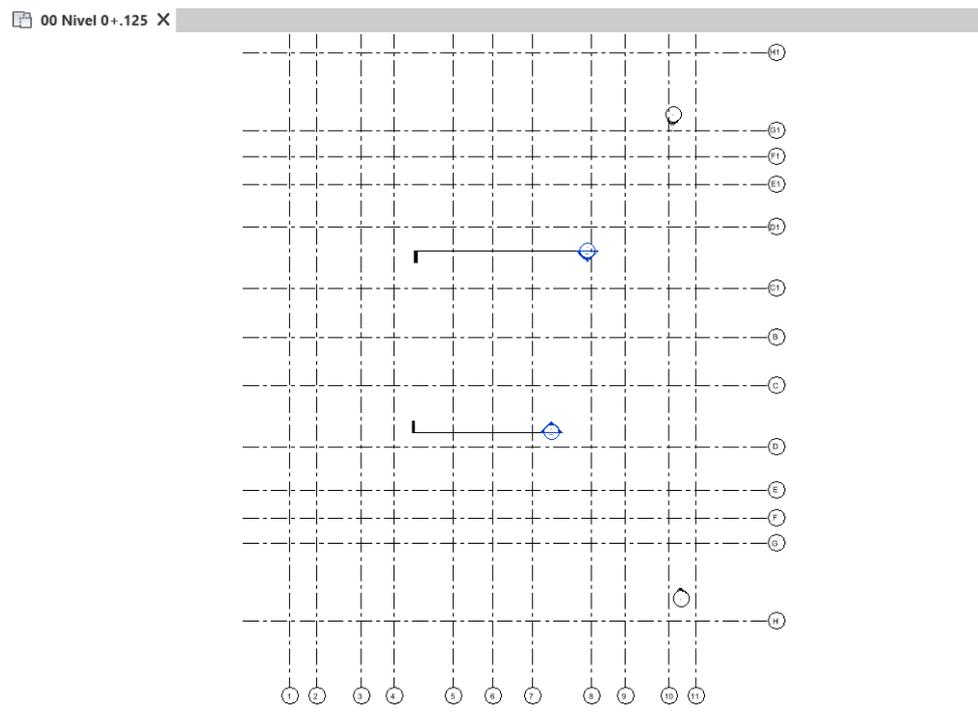
Al momento del desarrollo del proyecto, es importante definir los niveles y la rejilla del mismo para que estos sirvan de base para el modelado de la vivienda.

Dentro del plan de ejecución BIM es necesario indicar también cuáles son los niveles y rejillas que prevalecerán frente a otros, ello con el objetivo de no duplicar elementos.

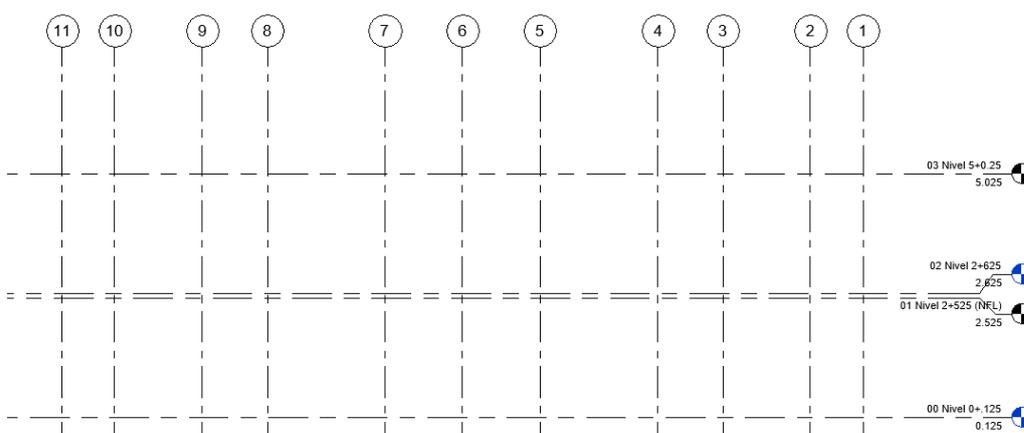
En un proyecto convencional, en etapa de diseño, la primera especialidad en ser modelada es la de arquitectura, por lo cual los niveles y grilla de arquitectura deben prevalecer sobre las otras especialidades (estructuras, arquitectura, instalaciones eléctricas y sanitarias).

Sin embargo, en este caso, al ser un proyecto ya construido, en el cual se cuentan con todas las especialidades dibujadas en autocad, lo que se hará es trabajar con las rejillas y niveles del modelo estructural.

Para la elaboración de las rejillas, en función a la plantilla de inicio de proyecto que se tenga, se selecciona el tipo de rejilla a utilizar. Posteriormente con el comando GR, se empieza a dibujar las rejillas y espaciarlas de acuerdo indique el proyecto.



**Ilustración 40 Modelo de grilla para vivienda tipo cuadripareada Fuente Elaboración propia**



**Ilustración 41 Configuración niveles para colocación de viviendas Fuente Elaboración propia**

### 5.1.1.2 Modelado de cimentación

Tal como se mencionó en la sección 5.1.1, las viviendas tienen cuatro tipos de distribución, por lo cual se presentarán recortes de cada uno de los tipos de cimentación que tienen las viviendas. Casa sola, pareo lateral, pareo posterior, cuadripareo. Para realizar el modelado de la cimentación, se debe tener en primer lugar la grilla y niveles, y con ello escoger el nivel adecuado en el que se presentará la cimentación, luego de ello se selecciona el tipo de material a utilizar, para este caso se requiere el uso de vigas de cimentación y suelo estructural.

Para el modelado de vigas de cimentación se utiliza la herramienta BM para modelado de armazón estructural, se selecciona el tipo de elemento a colocar y se empieza a dibujar en función a los ejes.

Para el presente proyecto, dado que fue necesario el modelado de cada una de las tipologías, se tuvo que realizar también la cimentación para cada uno de los mismos, siendo estas viviendas solas, pareos laterales, pareos posteriores, cuadripareos y edificio. A continuación se detalla los recortes del modelo de Revit utilizado para la cimentación.

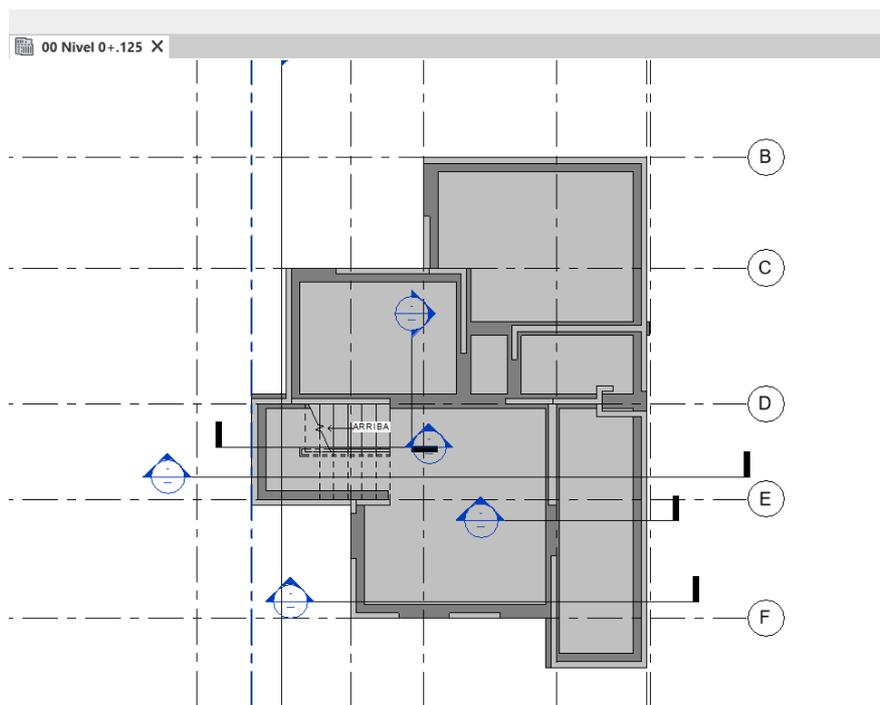
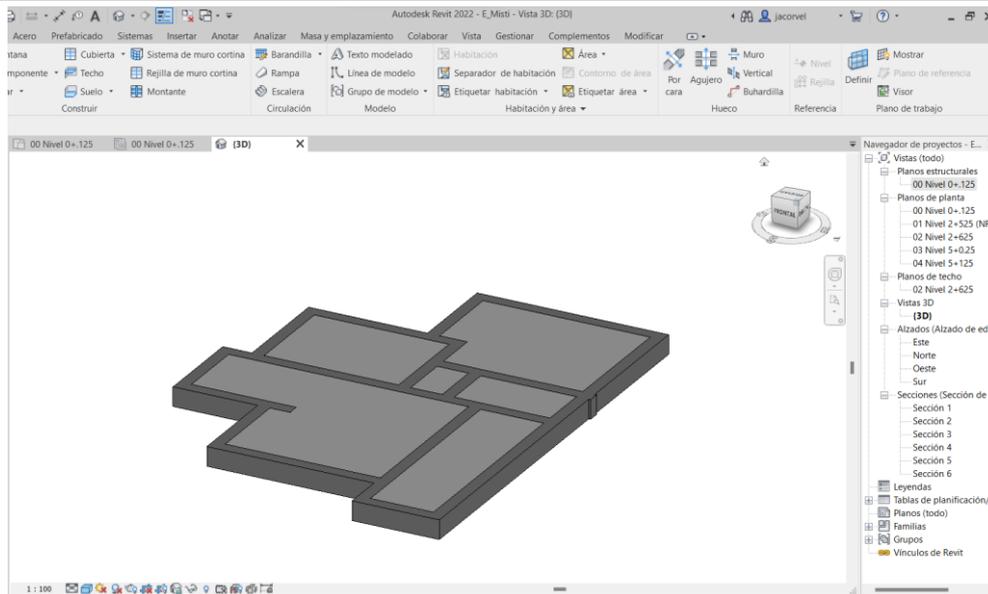
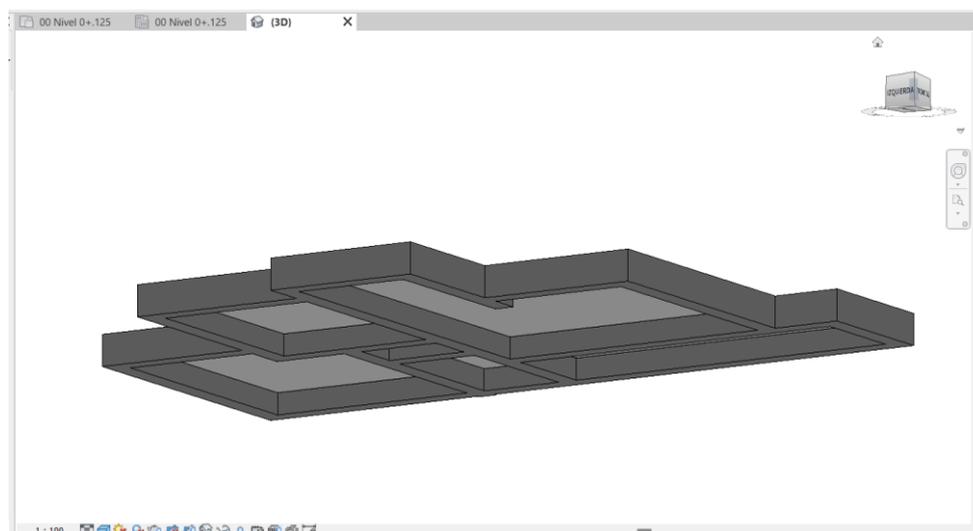


Ilustración 42 Vista en planta cimentación vivienda distribución casas sola Fuente Elaboración propia

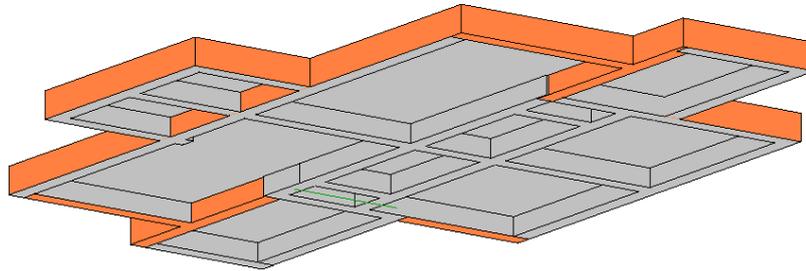


**Ilustración 43 Vista tridimensional cimentación vivienda tipo casa sola, vista superior Fuente Elaboración propia**

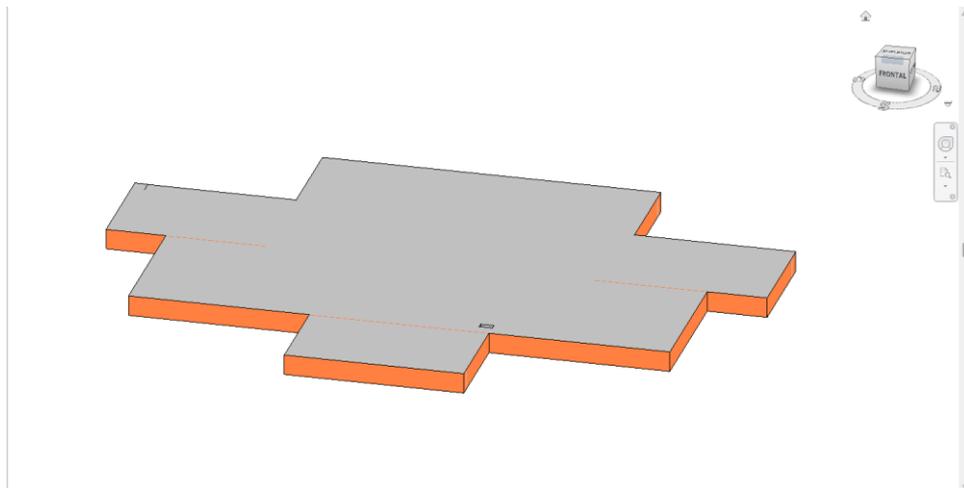


**Ilustración 44 Vista tridimensional inferior de cimentación vivienda tipo casa sola Fuente Elaboración propia**

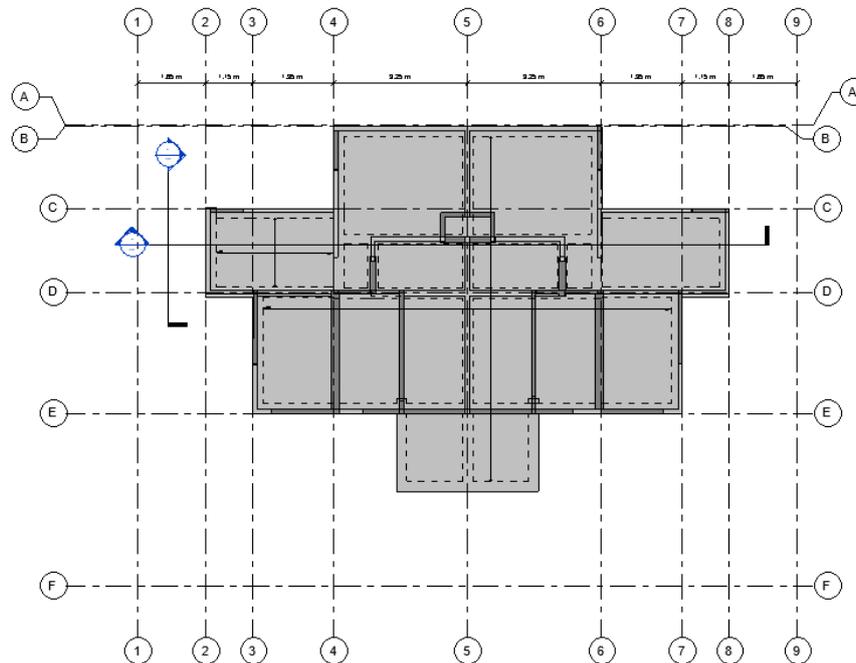
Como se puede observar claramente en la imagen anterior, la cimentación consiste en vigas perimetrales que se encuentran unidas a través de una losa de cimentación de una dimensión menor. De acuerdo a proyecto, las vigas tienen un peralte de 40 cm y la losa es de 12.5, si bien es cierto en esa visualización no se ve el detalle de las medidas, pero se puede ver claramente la diferencia en las alturas de los elementos.



**Ilustración 45 Vista tridimensional inferior de cimentación vivienda tipo pareo lateral Fuente Elaboración propia**

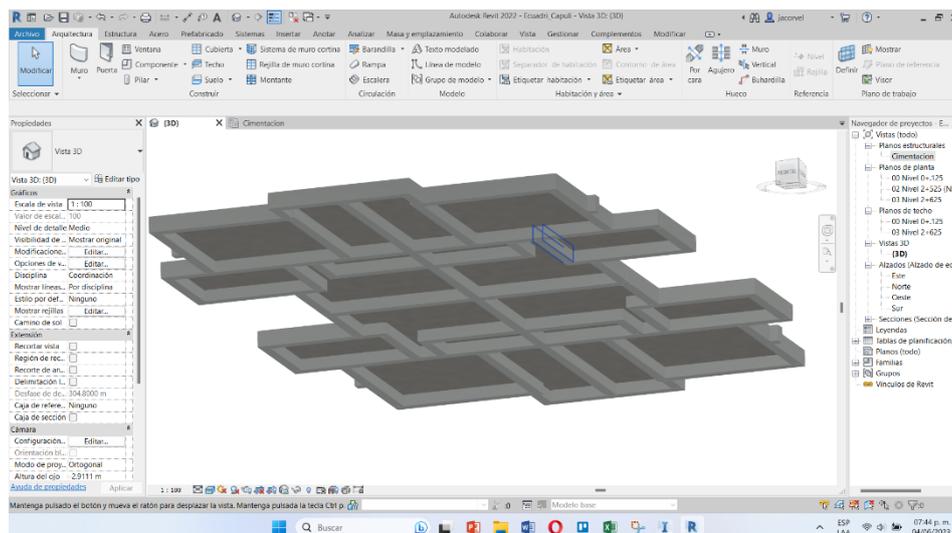


**Ilustración 46 Vista superior tridimensional de cimentación vivienda tipo pareo lateral configuración de visualización como color tipo material Fuente Elaboración propia**



**Ilustración 47 Vista en planta cimentación tipo de vivienda pareo lateral Fuente Elaboración propia**

Tal como se puede ver en la imagen anterior, Revit permite la opción de configurar la visualización en función a los diferentes elementos, es por ello que se puede notar claramente la diferencia entre vigas de cimentación y la losa de cimentación; pues al ser del mismo material (hormigón  $f'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup>), en la realidad no se observa la diferencia, viéndose como una planta uniforme.



**Ilustración 48 Vista tridimensional inferior cimentación de viviendas tipo cuadrupareo Fuente Elaboración propia**

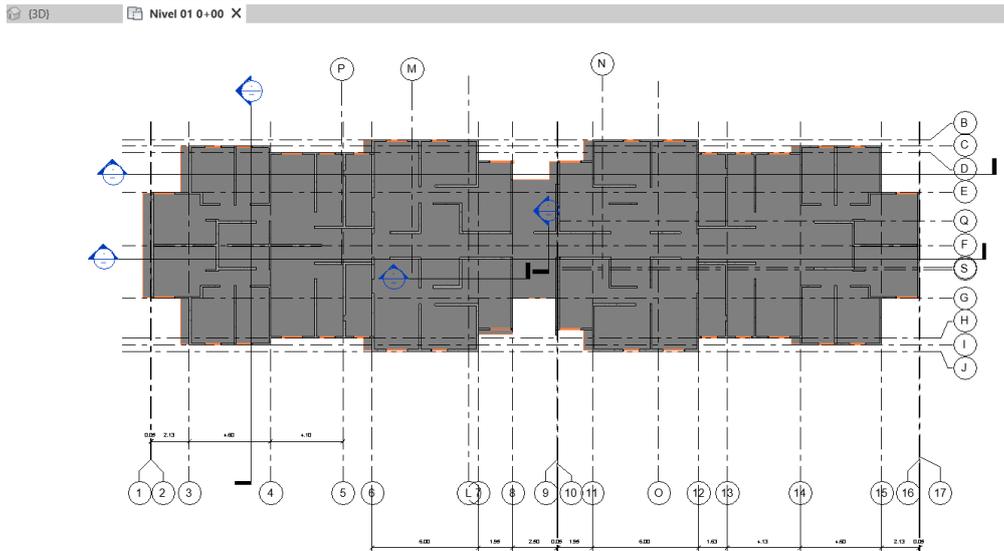


Ilustración 49 Vista en planta de cimentación de edificio multifamiliar Fuente Elaboración propia

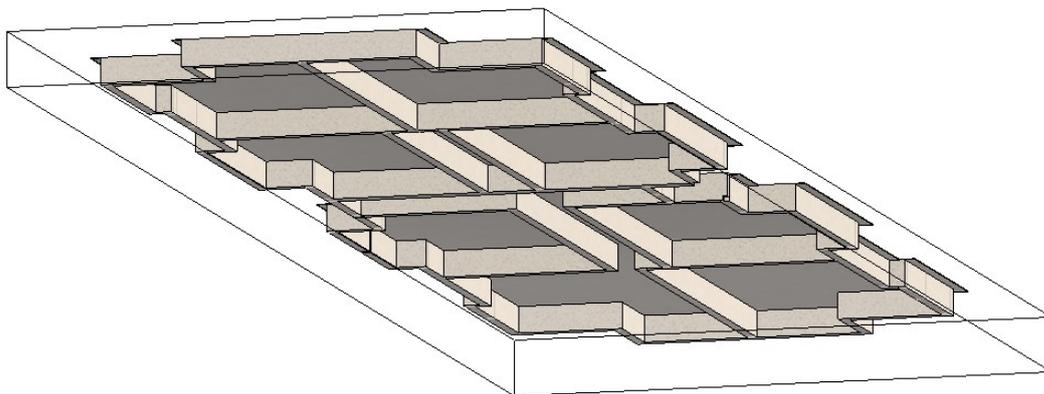


Ilustración 50 Vista tridimensional inferior de cimentación de edificio Fuente Elaboración propia

Del mismo modo que las viviendas, la cimentación del edificio, está conformada por vigas de cimentación interconectadas unidas por una losa de cimentación.

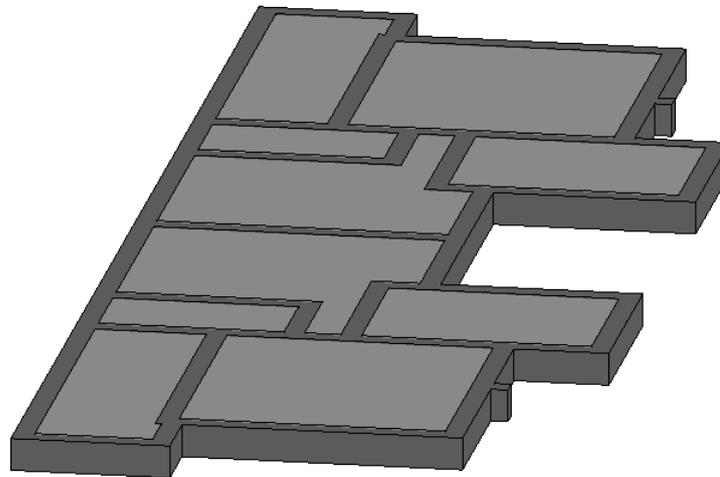


Ilustración 51 Cimentación vivienda tipo pareo posterior Fuente Elaboración propia

### 5.1.1.3 Modelado de muros estructurales

El tipo de sistema constructivo de las viviendas y del edificio es de ductilidad limitada, lo que quiere decir que no se tienen columnas, sino que la estructura está diseñada contemplando placas y muros estructurales. En este caso se hace a través de la herramienta de Revit Wall, la cual permite modelar muros de acuerdo a las características establecidas. Para este proyecto se requiere de muros estructurales de 10 cm y de 15 cm. Para el tipo de muro, se selecciona la tipología de muro de hormigón armado de 210 kgf/cm<sup>2</sup>. El comando de revit para el modelado de muros es WA.

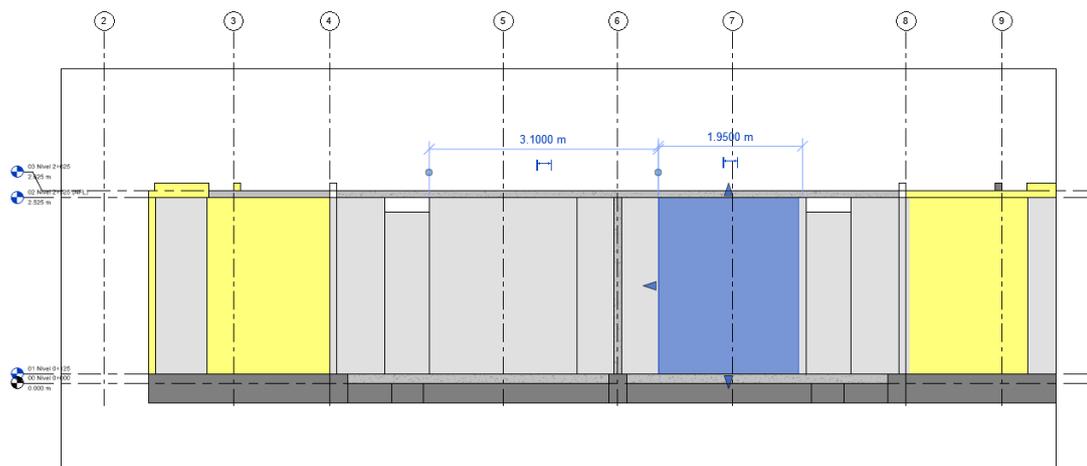


Ilustración 52 Vista de sección vivienda tipo capuli muro estructural Fuente Elaboración propia

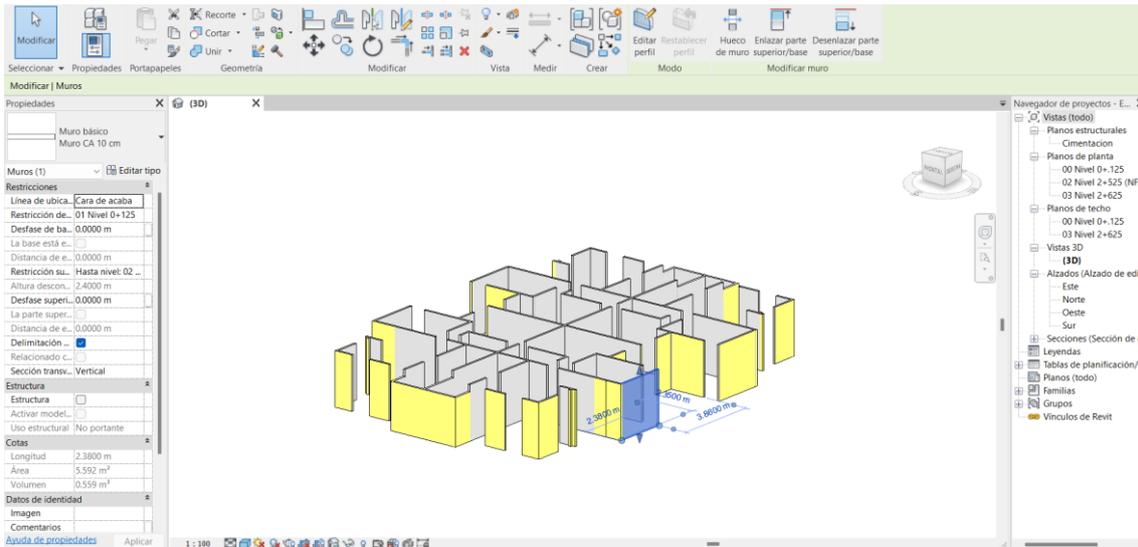


Ilustración 53 Modelado de muros estructurales, tipo muro básico muro CA 10 cm Fuente Elaboración propia

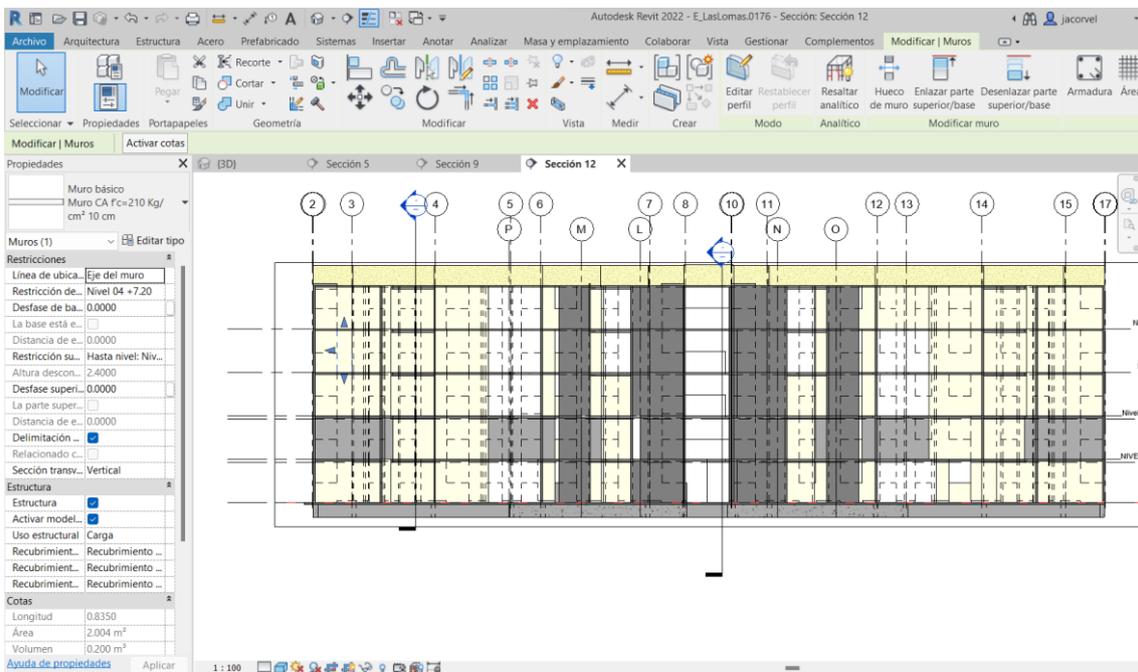


Ilustración 54 Visualización de sección de edificio detalle de muros estructurales tipo muro básico Muro CA 10 cm Fuente Elaboración propia

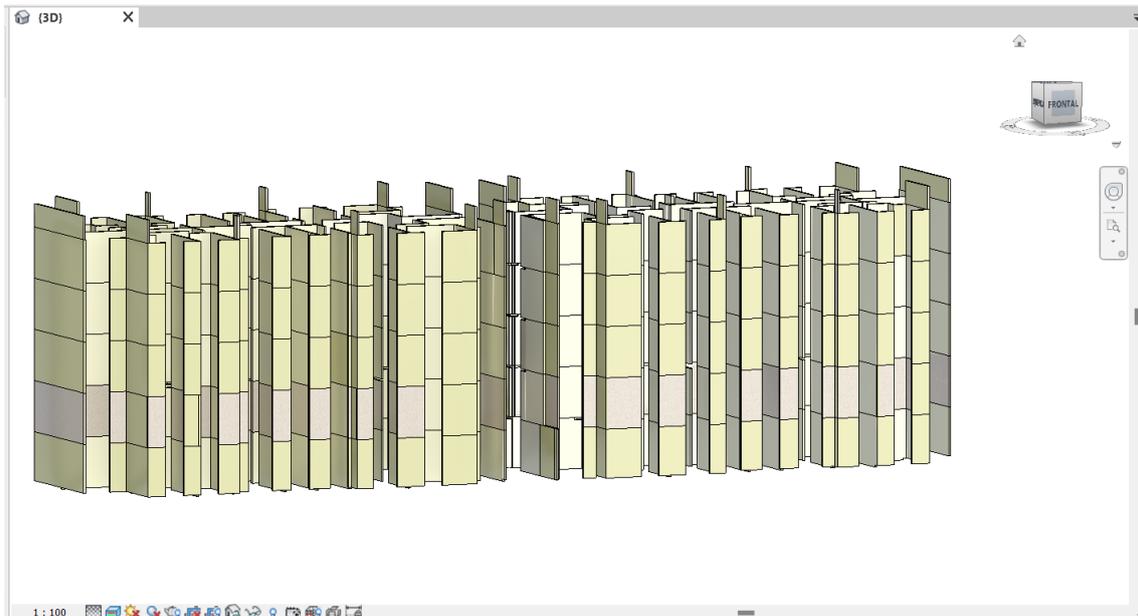


Ilustración 55 Vista tridimensional de muros estructurales de edificio Fuente Elaboración propia

#### 5.1.1.4 Modelado de losas

Para el modelado de losas en Revit, lo que se hace en primer lugar es ir hacia la planta en la que se va a colocar y con ello escoger la opción de suelo estructural, que utiliza el comando SB. Con ello se abre la herramienta de modificación de forma de la losa y finalmente se empieza a colocar la losa en las zonas en las que se considere.

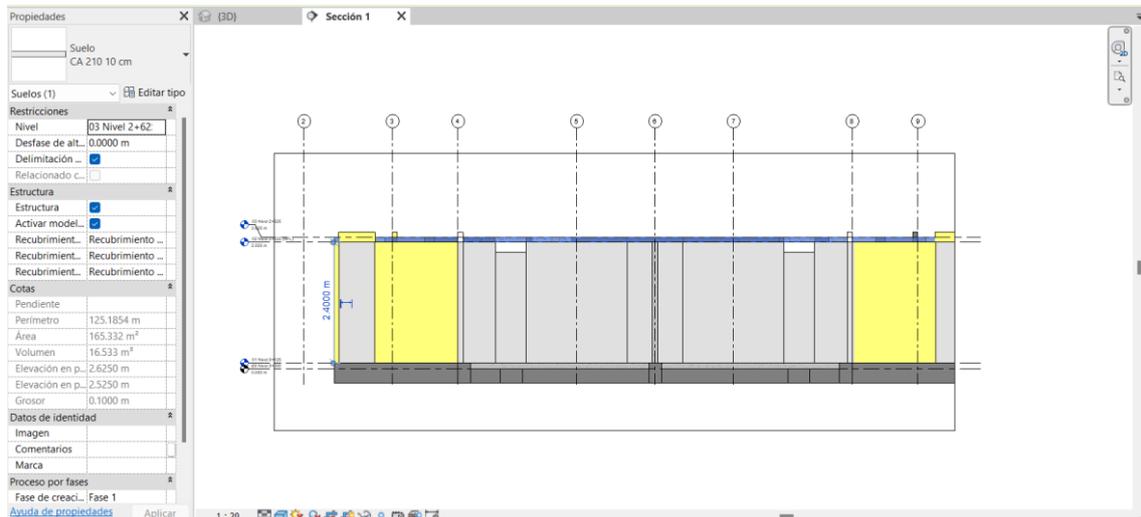
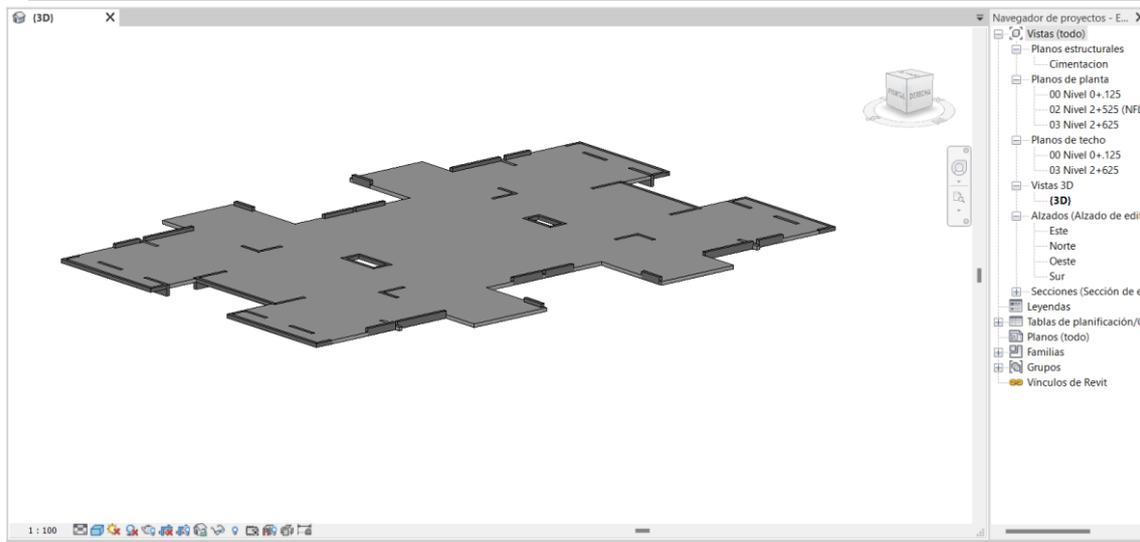
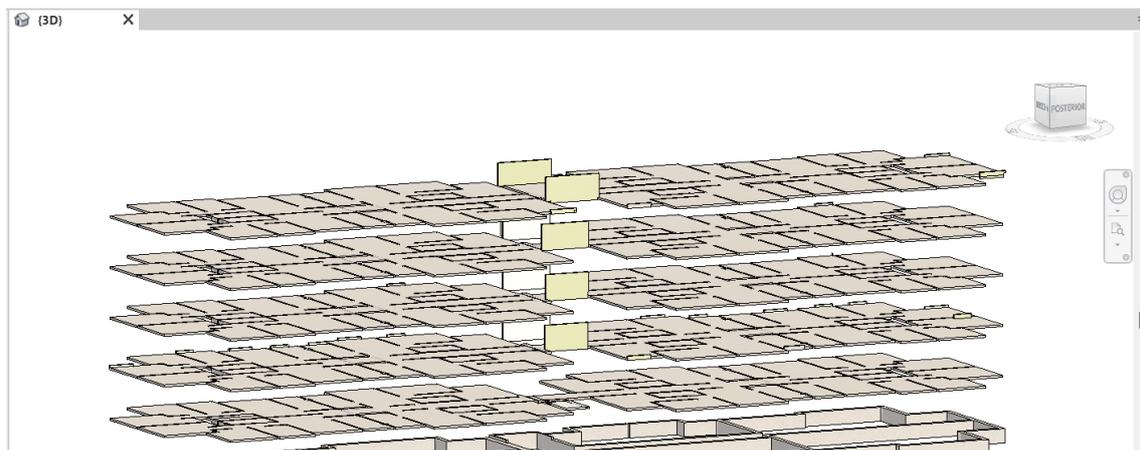


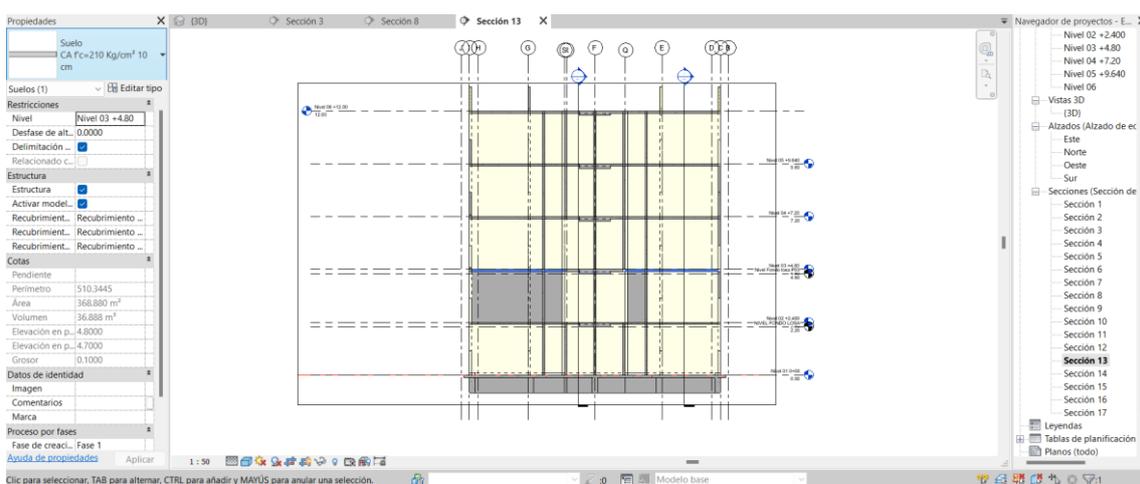
Ilustración 56 Vista en sección y propiedades de material de losa estructural Fuente Elaboración propia



**Ilustración 57** Vista tridimensional de losa estructural viviente tipo cuadripareada Fuente Elaboración propia



**Ilustración 58** Visualización tridimensional de losas de edificio Fuente Elaboración propia



**Ilustración 59** Vista en sección y descripción de propiedades losas de edificio multifamiliar Fuente Elaboración propia

### 5.1.1.5 Modelado de escaleras

El modelado de escaleras en Revit se realiza a través de la herramienta escaleras, ubicada en la pestaña de arquitectura. Para el proyecto se realizó el modelado de escaleras para las viviendas tipo Misti y Aleli, las cuales cuentan con dos plantas y para el edificio multifamiliar.

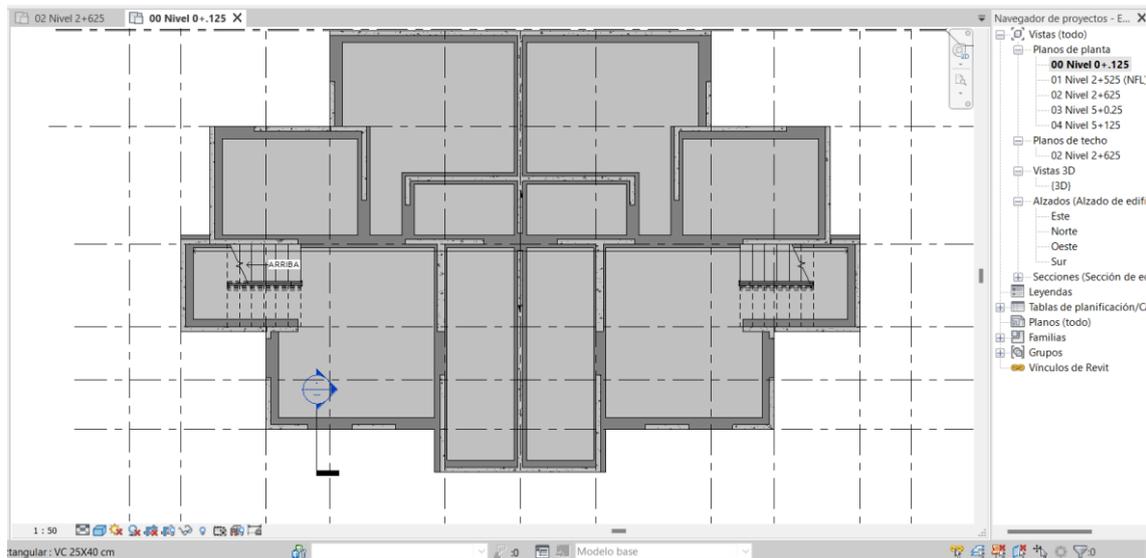


Ilustración 60 Vista en planta de modelado de vivienda tipo pareo lateral Fuente Elaboración propia

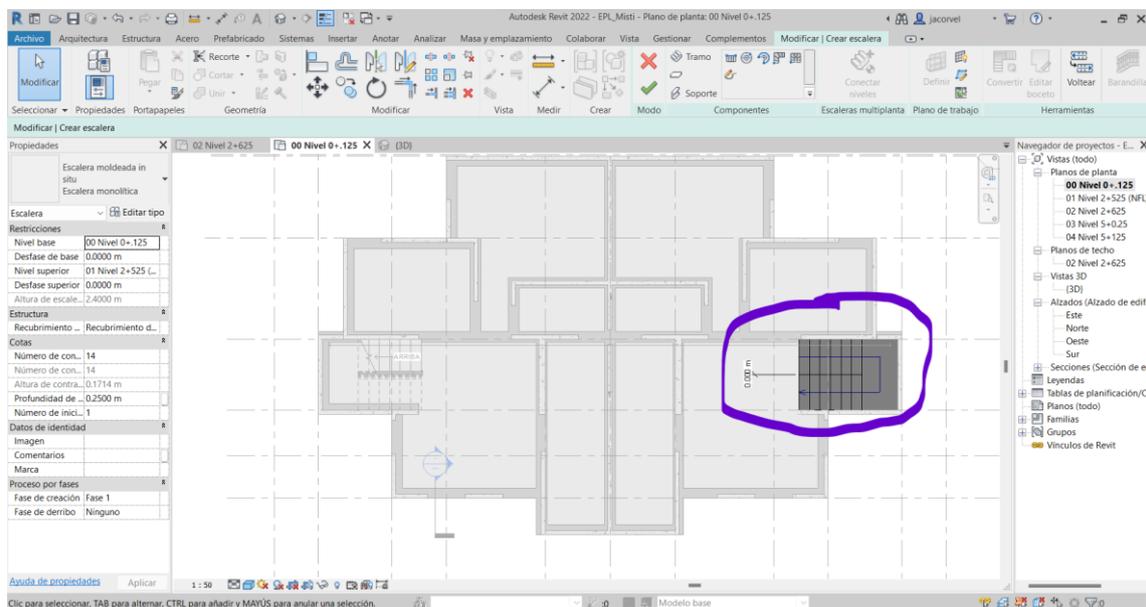
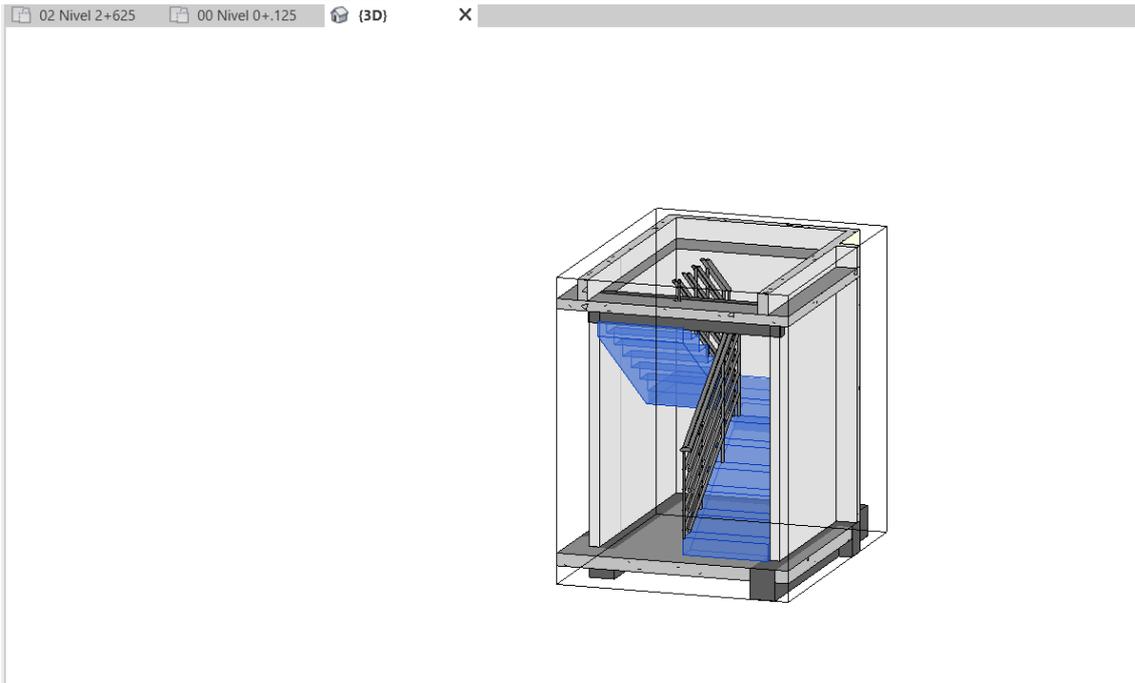
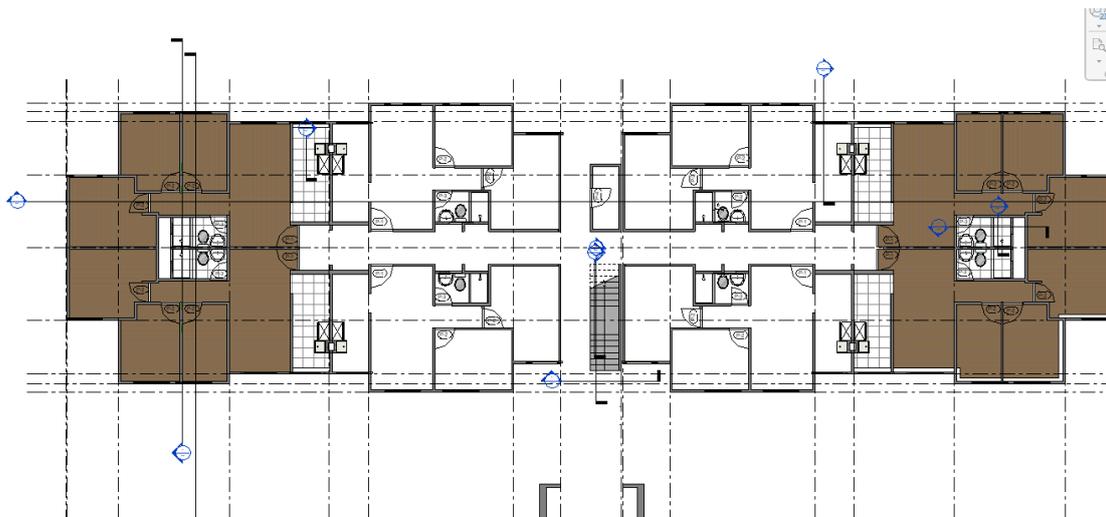


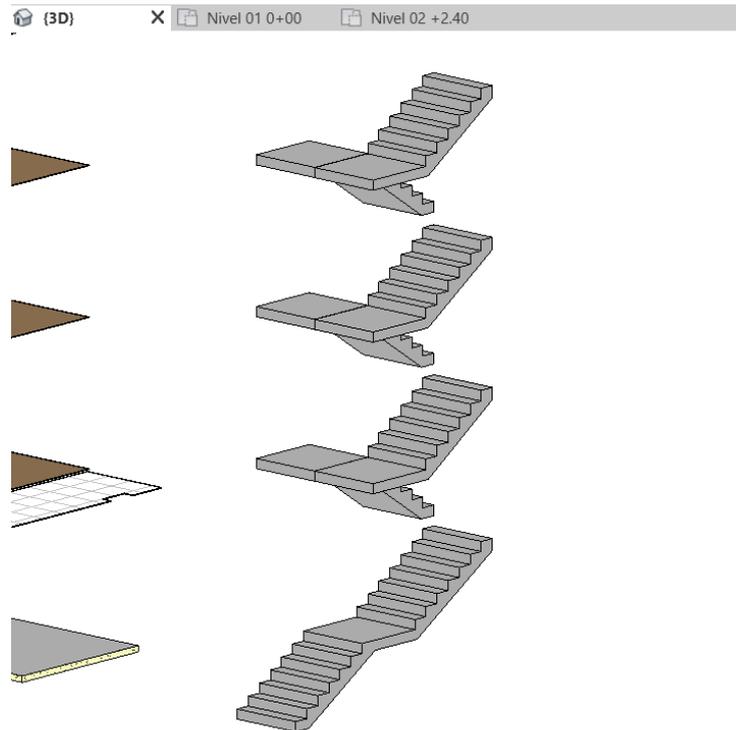
Ilustración 61 Barra de opciones para modificar y crear escaleras Autodesk Revit Fuente Elaboración propia



**Ilustración 62 Visualización 3D escalera vivienda y barandilla Fuente Elaboración propia**



**Ilustración 63 Visualización en planta escalera edificio Fuente Elaboración propia**



**Ilustración 64 Visualización tridimensional de escaleras de edificio Fuente Elaboración propia**

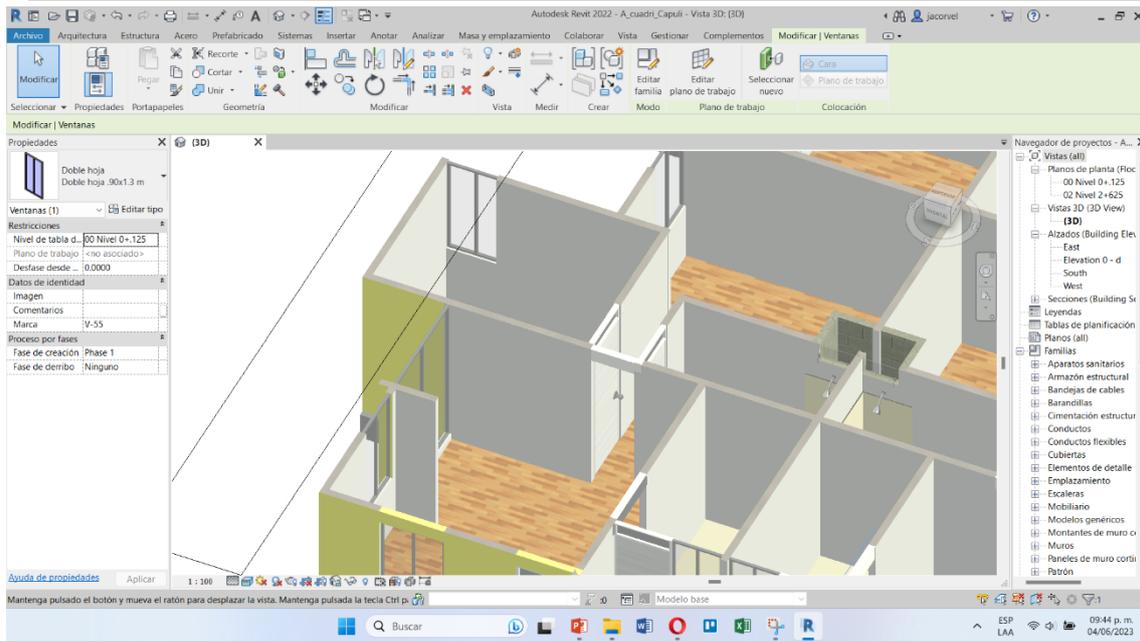
En la imagen anterior se muestra el modelado de las escaleras de edificio por tramos, para permitir una mejor visualización de las escaleras se ha desactivado el vínculo del modelo estructural, que contiene las losas de techo con lo cual se interconectan las escaleras.

### 5.1.1.6 Modelado de puertas y ventanas

Una parte importante del modelo de arquitectura es la colocación de puertas y ventanas, para con ello poder enviar a fabricación los elementos y así detectar si existiera alguna interferencia principalmente con las vigas.



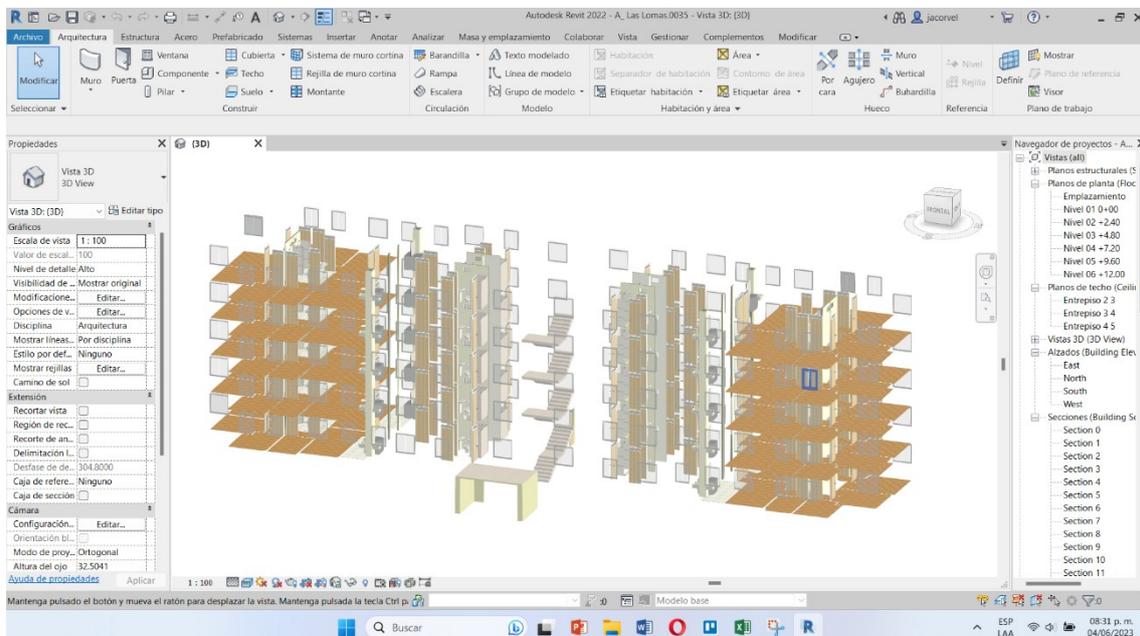
**Ilustración 65 Modelo tridimensional viviendas capuli tipo cuadripereo, modelado de puertas y ventanas Fuente Elaboración propia**



**Ilustración 66** Vista tridimensional viviendas capulí tipo cuadrípereo , visualización real Fuente Elaboración propia

### 5.1.1.7 Modelado de pisos arquitectónicos

Para el modelado de pisos arquitectónicos, se utiliza la herramienta en revit con el nombre de suelos arquitectónicos, luego se escoge el tipo de piso a colocar. En este proyecto, se tienen pisos flotantes, pisos con azulejos en función a los diferentes ambientes que se tienen.



**Ilustración 67** Detalle de pisos arquitectónicos, visualización tridimensional de edificio multifamiliar Fuente Elaboración propia

### 5.1.1.8 Modelos completo por tipología de viviendas

Luego de haber realizado el modelado de estructuras, se procede a vincular este con el modelo de arquitectura, de modo que se trabaja ambas especialidades en conjunto y es más fácil poder detectar alguna interferencia o error en el diseño.

En el presente proyecto, luego de realizar el modelado de grillas, cimentación, muros estructurales, vigas y losas, se vinculó con el modelo arquitectónico para realizar el modelado de muros de tabiquería, suelos arquitectónicos, aparatos sanitarios, puertas y ventanas, para así poder tener un modelo completo.

De acuerdo al flujo de trabajo establecido en el plan de ejecución BIM, se debe realizar el modelado de cada una de las especialidades vinculando previamente los modelos anteriormente generados. Una vez que se cuenta con los modelos de todas las especialidades, se procede a introducirlos a Navisworks para realizar la compatibilización a través de la herramienta Clash Detective de Navisworks, este proceso no es alcance del presente TFM, sin embargo se adjuntan capturas de pantalla de los modelos completos por cada una de las tipologías de vivienda.

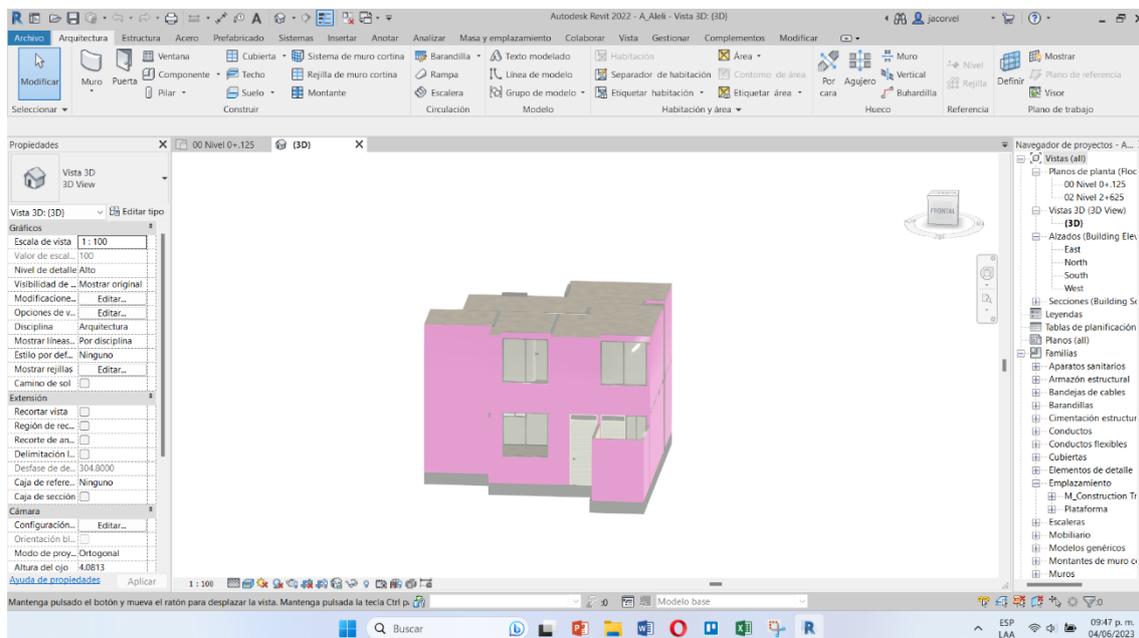


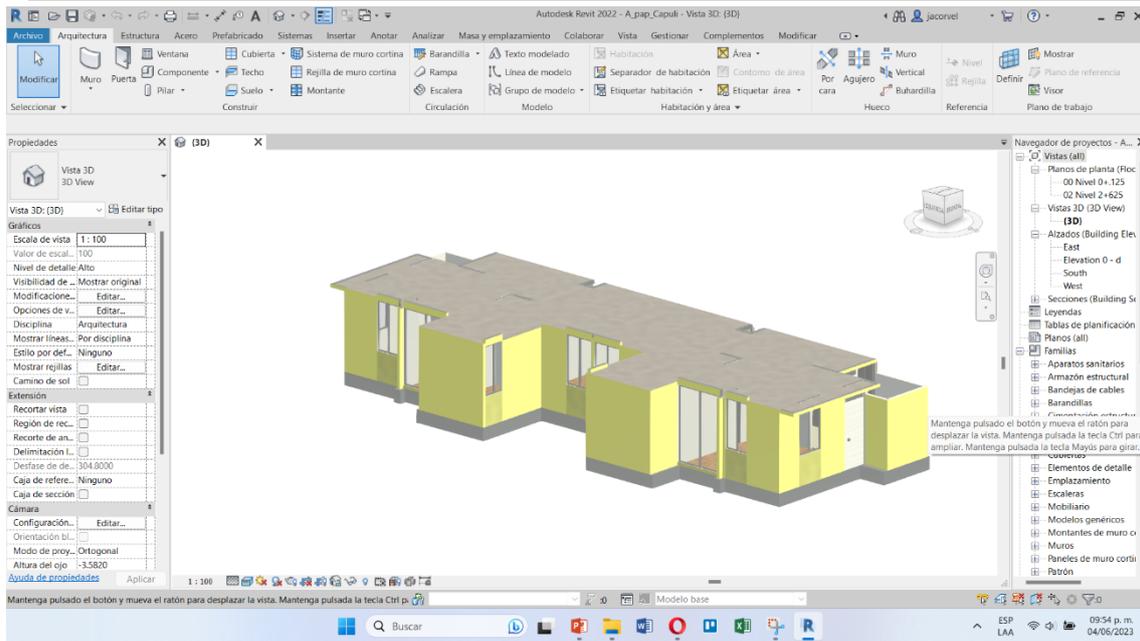
Ilustración 68 Visualización real casa sola vivienda tipo Aleli Fuente Elaboración propia



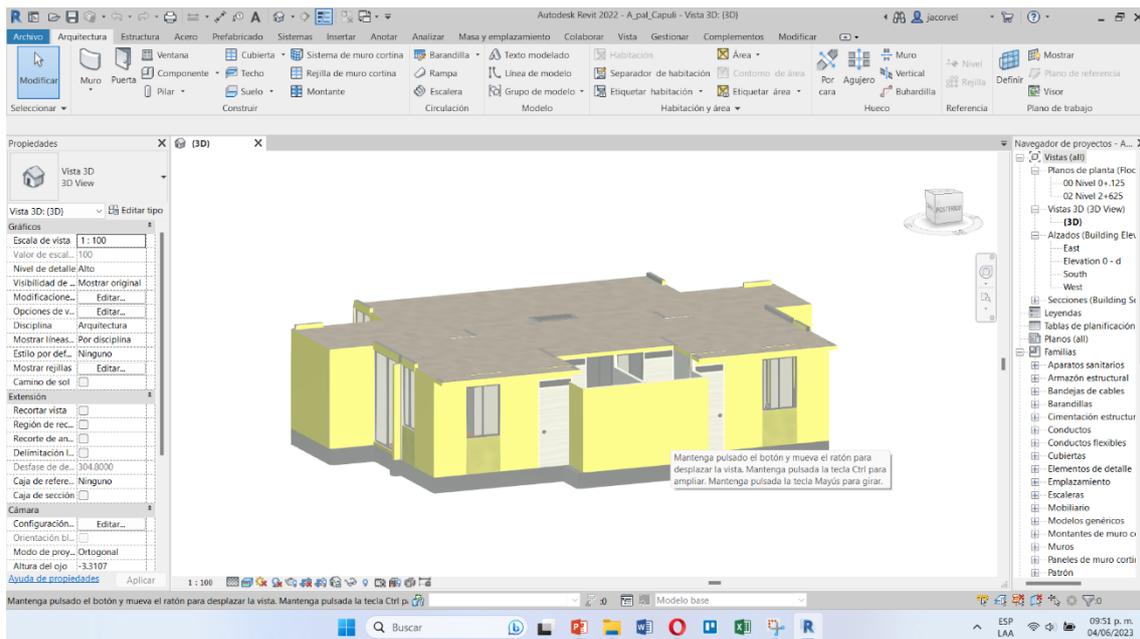
**Ilustración 69** Visualización tridimensional tipo modelo real vivienda Aleli tipo pareo lateral Fuente Elaboración propia



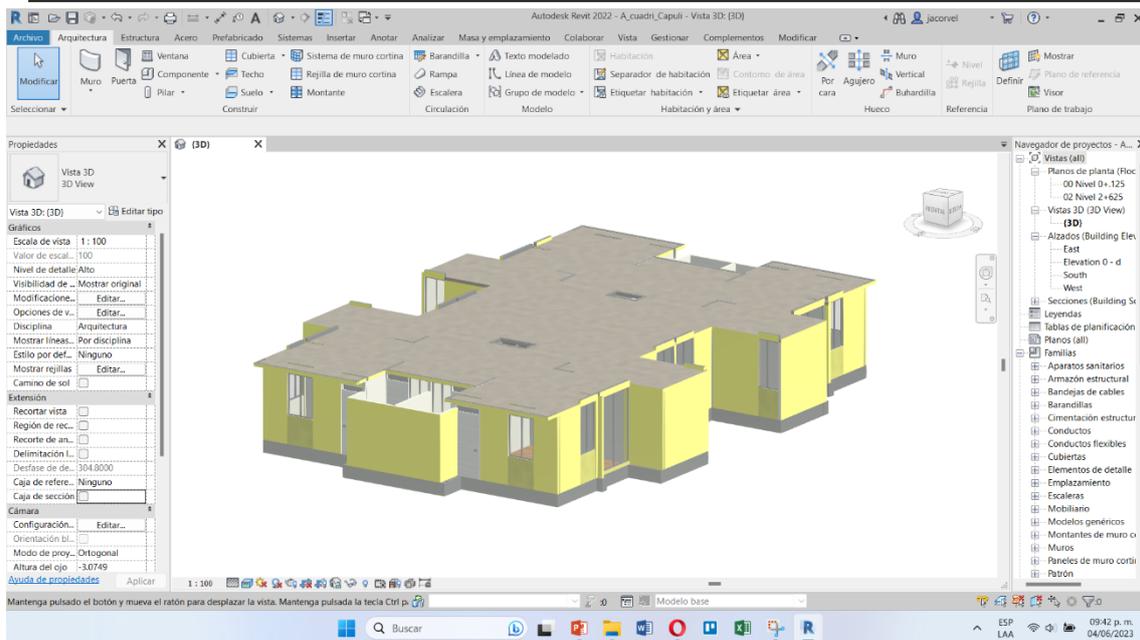
**Ilustración 70** Visualización real de vivienda Aleli tipo pareo posterior



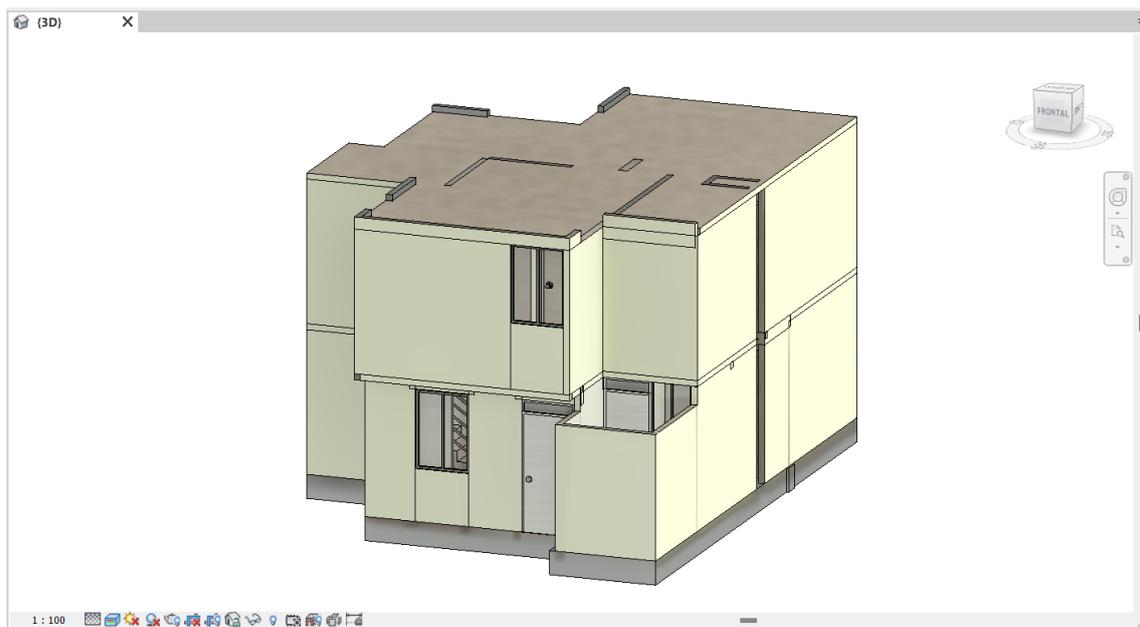
**Ilustración 71 Visualización 3D de viviendas capuli tipo pareo posterior Fuente Elaboración propia**



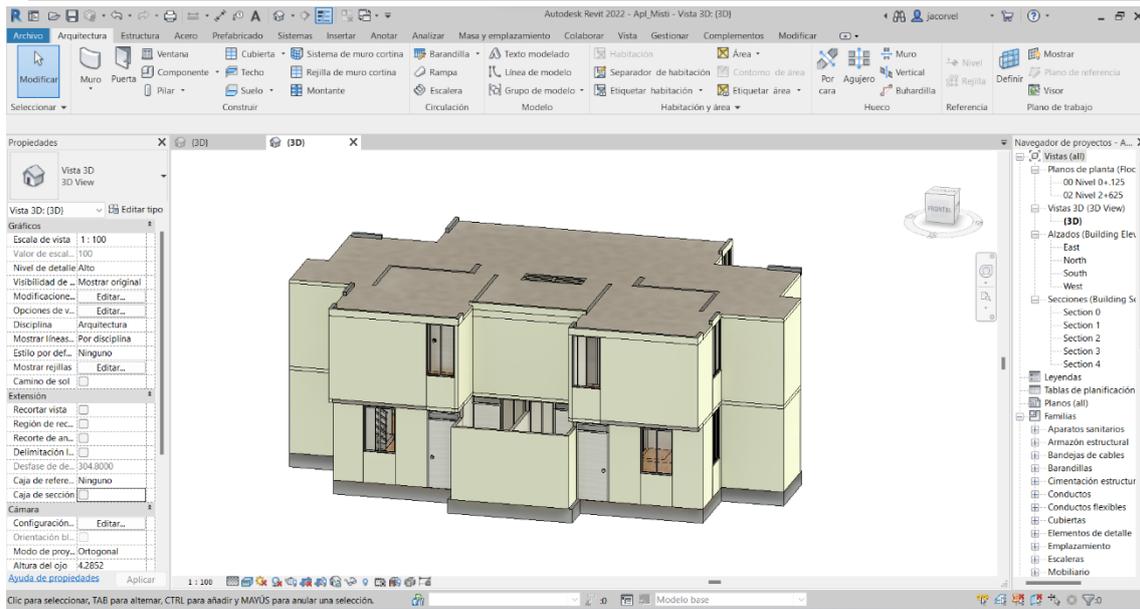
**Ilustración 72 Visualización 3D de vivienda capuli tipo pareo lateral Fuente Elaboración propia**



**Ilustración 73 Visualización tridimensional de viviendas capulí tipo cuadripareo Fuente Elaboración propia**



**Ilustración 74 Visualización tridimensional de vivienda tipo Misti tipo casa sola Fuente Elaboración propia**



**Ilustración 75 Visualización 3D de viviendas Misti tipo pareo lateral Fuente Elaboración propia**



**Ilustración 76 Visualización tridimensional de viviendas Texao tipo pareo lateral Fuente Elaboración propia**



**Ilustración 77 Visualización 3D de viviendas Texao tipo cuadripareo Fuente Elaboración propia**

Como se ha podido ver las herramientas de modelado BIM permiten tener un mayor alcance y claridad acerca de lo que va a ser el proyecto una vez ejecutado, esta metodología, en etapas tempranas es de gran utilidad para realizar las mejoras necesarias al proyecto para adaptarse mejor a las necesidades del cliente y a las exigencias del mercado.

### **5.1.2 Modelado de habilitación urbana y plataformas –Infraworks**

En el caso de habilitaciones urbanas como el proyecto Las Lomas de Yura, es importante tener claro el entorno donde se va a desarrollar el proyecto y para ello es de gran utilidad el software Autodesk Infraworks.

Infraworks permite realizar el modelado de vías, aceras, redes sanitarias, permitiendo opciones como generación de perfiles. Por sus funcionalidades, podría decirse que Infraworks es aun una herramienta de visualización, con gran potencial a que en un futuro que se añadan componentes, pueda ser una herramienta de diseño.

En el Perú la forma cómo se desarrollan los proyectos, involucra que el diseño propiamente, de vías, plataformas y redes sanitarias se realice a través de Autodesk Civil 3D, el cual requiere mayores componentes y herramientas de cálculo y mayor precisión para los cálculos de movimiento de tierras, sin embargo, la visualización a través de Infraworks permite tener alter tempranas de cómo va quedando la distribución de niveles para así poder corregir errores de manera temprana.

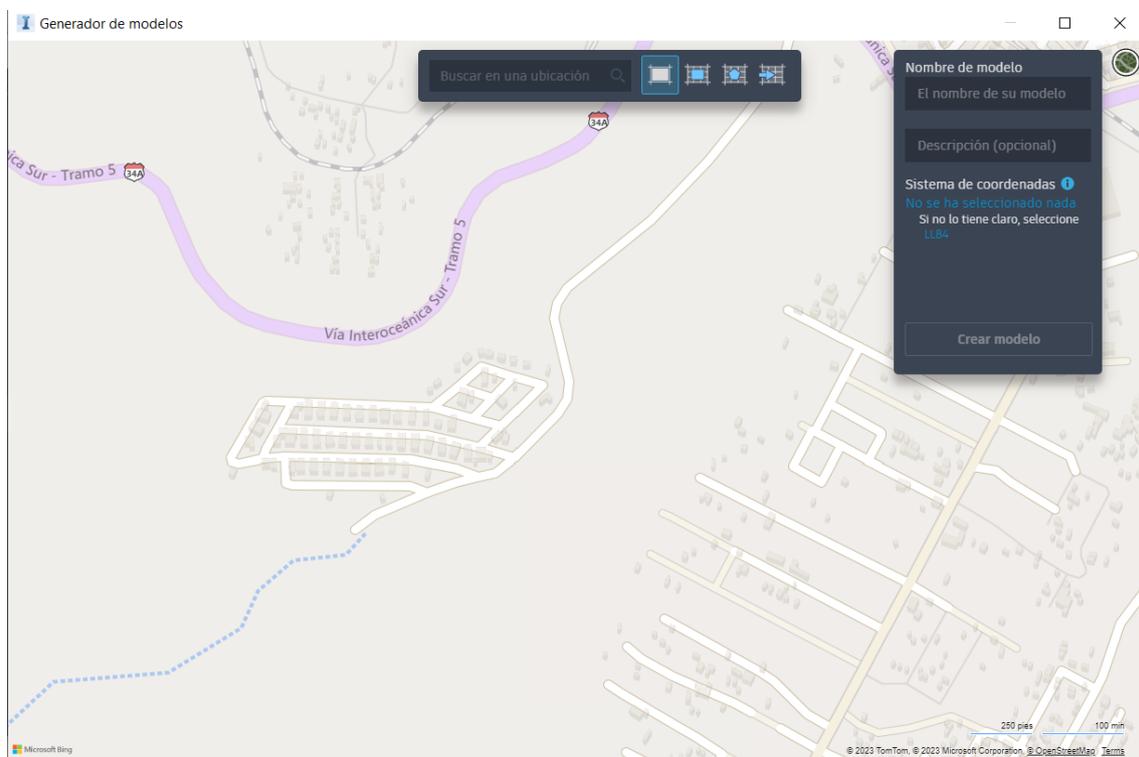
Para el caso de la importación del proyecto a Infraworks puede realizarse de diferentes maneras en función de los objetivos que se busquen cumplir a través de Infraworks.

En los casos en los que se requiera una visualización detallada de los niveles de plataformas, lo más recomendable es tener las superficies de plataformas exportadas desde Civil 3D para que luego estas sean importadas a Infraworks, sin embargo, cuando se busca mayor trabajar con mayor

detalle las vías y redes sanitarias, descuidando un poco la visualización de plataformas, es una buena opción trabajar con la generación de modelos que ofrece Infracworks.

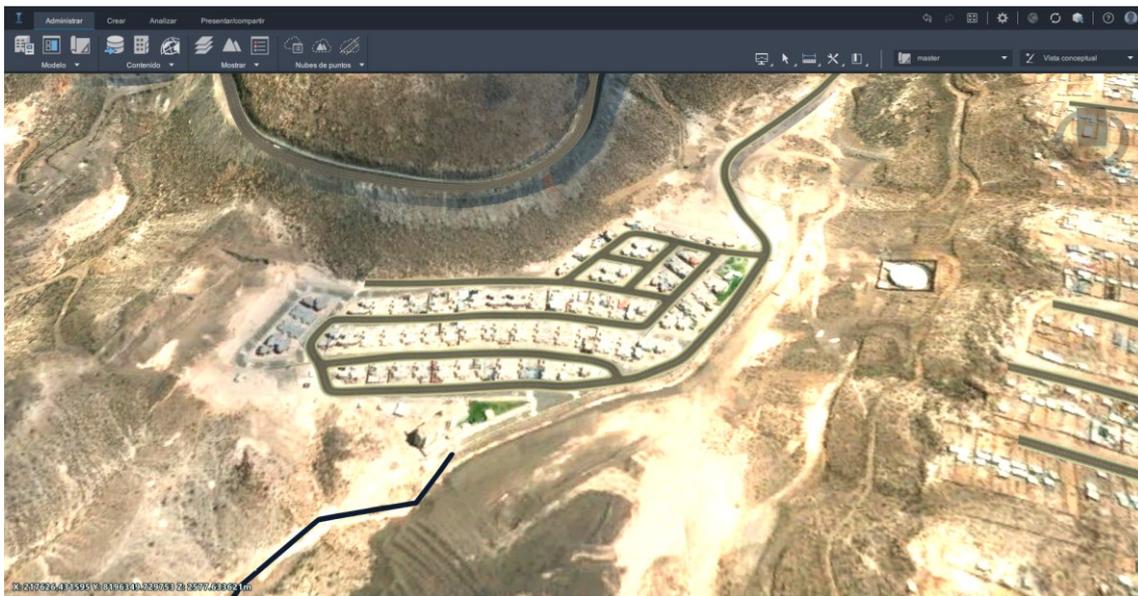
Infracworks cuenta con una opción llamada generación de modelos, la cual a través de una geovisualización, muestra un boceto de cómo se encuentra la topografía en función aun área determinada. Esta alternativa no permite tener gran precisión con la topografía, pero para funciones de visualización puede ser una herramienta más práctica y agil. Para el desarrollo de un modelo de infraworks a través de la herramienta de generación de modelos , se deben seguir los siguientes pasos.

1. Abrir Infracworks
2. Clickar al generador de modelos
3. Seleccionar el área a modelar



**Ilustración 78 Selección de área a dibujar a través de Infracworks opción generador de modelos Fuente Elaboración propia**

Se debe seleccionar el sistema de coordenadas a utilizar para que Infracworks pueda reconocer la zona.

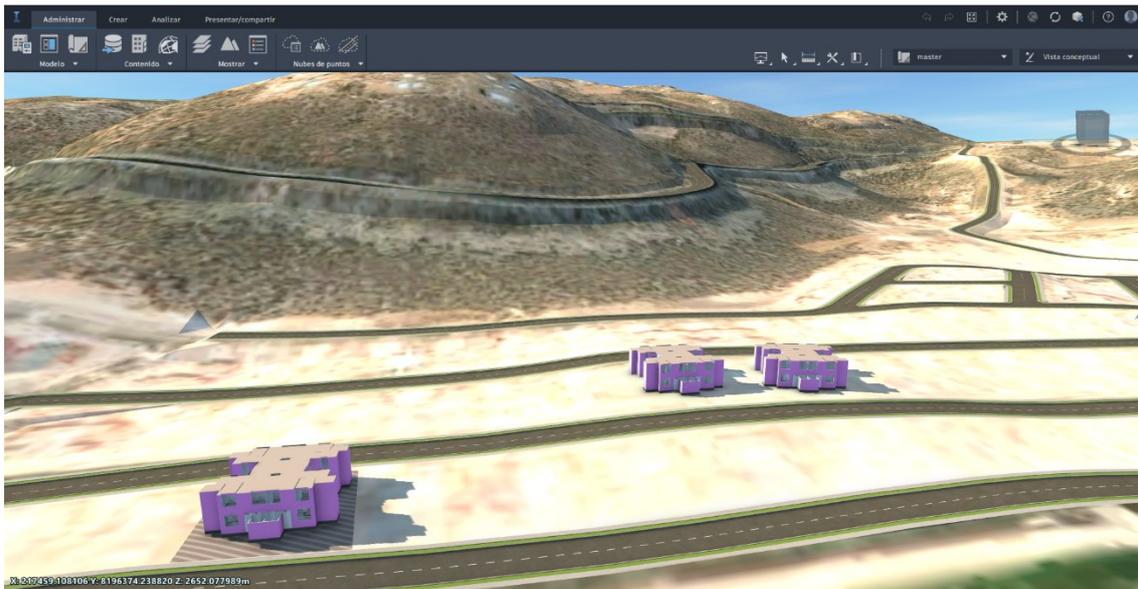


**Ilustración 79 Creación de modelo a través del generador de modelo de infraworks Autodesk Infraworks**  
Fuente Elaboración propia

Luego para insertar los modelos 3D de las viviendas, primero estos deben haber sido exportados de Revit en su visualización 3D . Y a través de la importación de elementos en Infraworks se añaden los modelos de viviendas.



**Ilustración 80 Visualización a través de la generación de modelo con la importación de tres viviendas** Fuente Elaboración propia



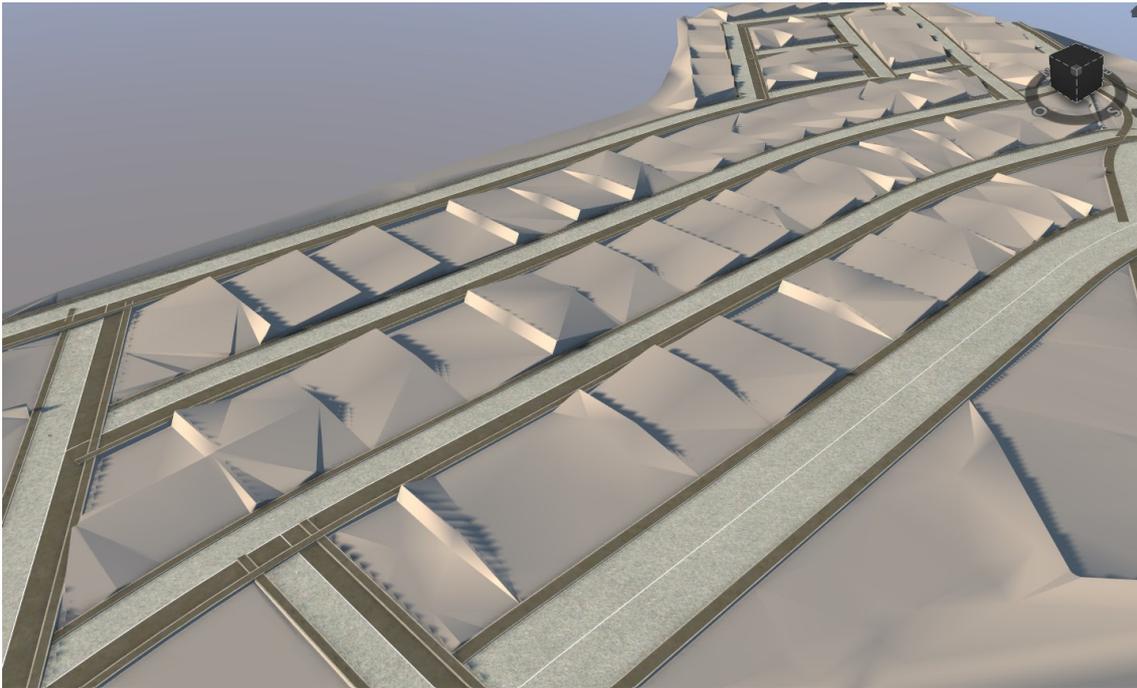
**Ilustración 81 Visualización de viviendas importadas en modelo generado Fuente Elaboración propia**

Sin embargo, para los objetivos de visualización del proyecto, se consideró más importante tener una mayor precisión en los niveles de la plataforma y su relación con las vías, además de la visualización de cada una de las viviendas, por ser una topografía accidentada, por lo cual el procedimiento de modelado consistió en el siguiente.

Primero se tenía que contar con un levantamiento topográfico real del proyecto, y en base a ello plantear las plataformas, vías y corredores en Autocad Civil 3D. Luego de ello a través de la importación de información hacia infraworks se tuvo el siguiente resultado.

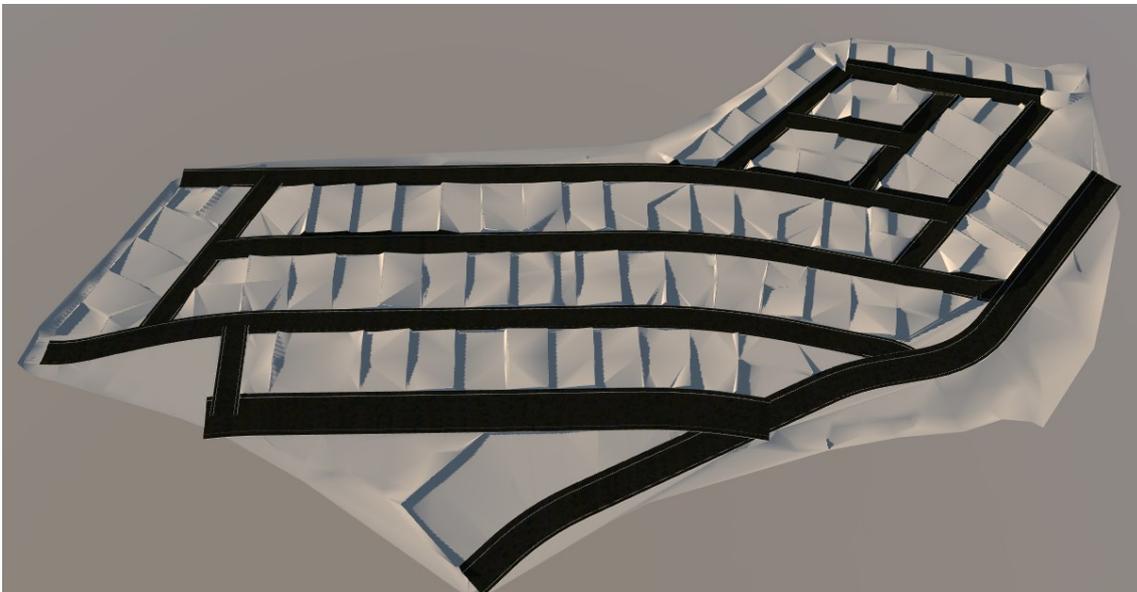


**Ilustración 82 Visualización en infraworks terreno natural y plataformas de viviendas Fuente Elaboración propia**



**Ilustración 83 Visualización de plataformas y vías Fuente Elaboración propia**

En algunos casos, dependiendo de la configuración de los taludes que se haya dado en el autodesk civil 3D, se pueden tener dificultades en la visualización a través de infraworks, pues este toma en cuenta también los taludes que se generaron al momento de modelar las plataformas.



**Ilustración 84 Visualización de vías y plataformas de proyecto Autodesk Infraworks Fuente Elaboración propia**



**Ilustración 85 Visualización InfraWorks de proyecto integral con modelos de viviendas Autodesk InfraWorks Fuente Elaboración propia**



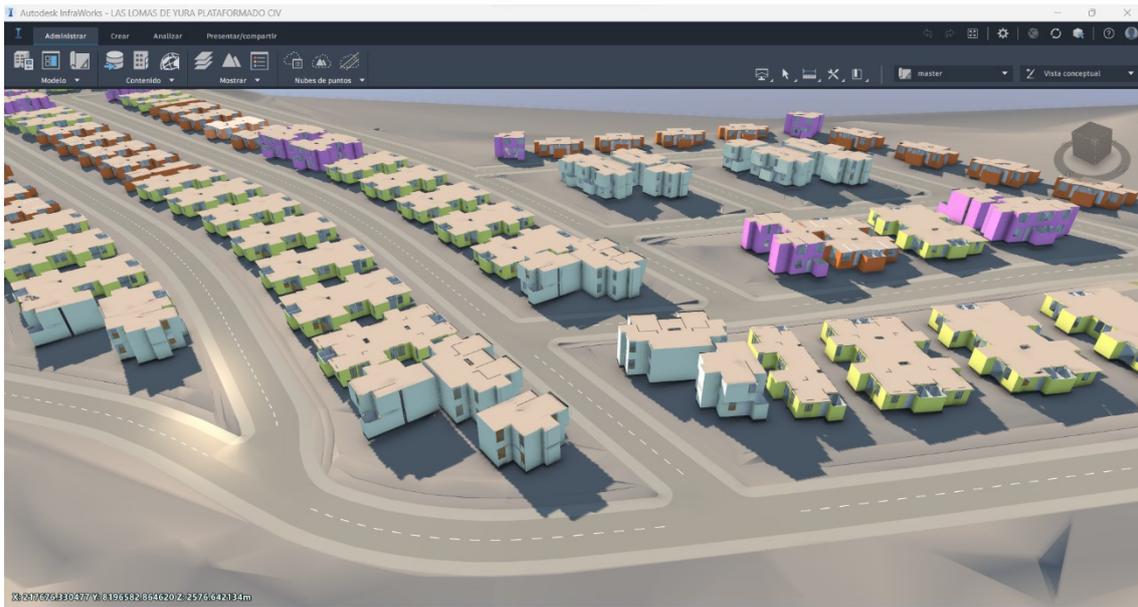
**Ilustración 86 Visualización 3D proyecto Las Lomas de Yura Autodesk InfraWorks Fuente Elaboración propia**



**Ilustración 87 Visualización 3D Autodesk Infracore proyecto integral Las Lomas de Yura Fuente Elaboración propia**



**Ilustración 88 Visualización viviendas tipo cuadripaseo Autodesk Infracore Fuente Elaboración propia**



**Ilustración 89** Visualización 3D lateral derecha proyecto Las Lomas de Yura Autodesk Infracworks Fuente Elaboración propia



**Ilustración 90** Vista plataformas y desniveles en viviendas Autodesk Infracworks Fuente Elaboración propia

## 5.2 Modelado 4D

Bajo la metodología BIM, el modelado 4D consiste en incorporar el factor tiempo al proyecto, lo que quiere decir que se incluye la programación de obra en el modelo, para con ello poder gestionar de manera adecuada los recursos y así también poder controlar el avance.

La simulación 4D consiste en conectar la planificación a objetos en 3D, para con ello simular el proceso de construcción a través del tiempo.(Boton et al., 2015)

### 5.2.1 Planificación de construcción

Para la planificación del proyecto Las Lomas de Yura a través de BIM se utilizó la interoperabilidad entre Infracworks, Navisworks y Microsoft Project.

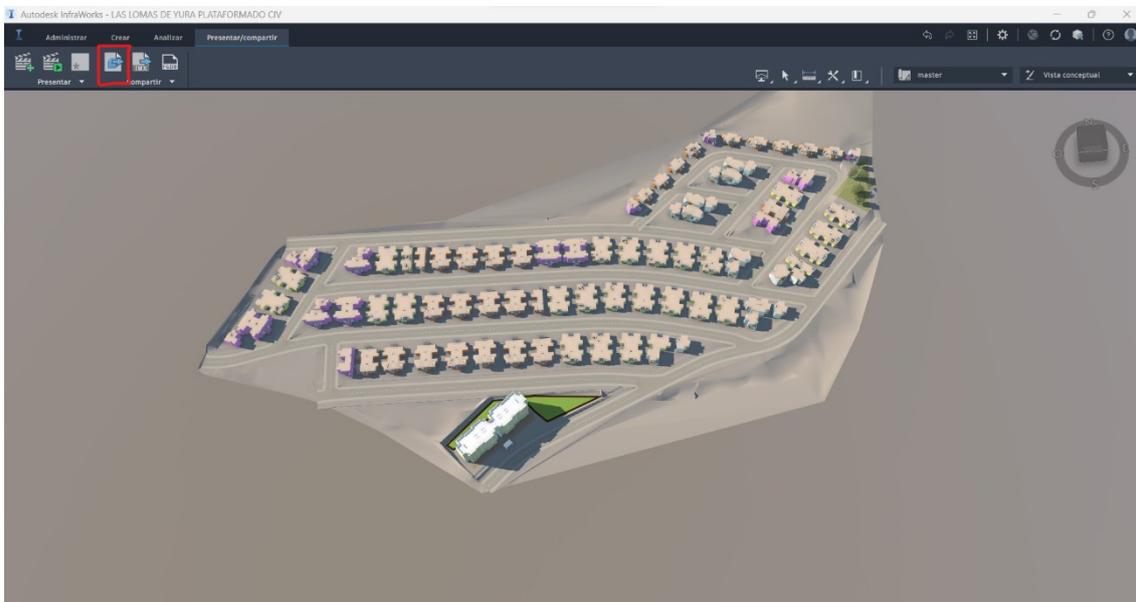
Para ello se definió una Estructura de Desglose de Trabajo (EDT) conformada por las siguientes partes.

- **Habilitación urbana**
  - Movimiento de tierras
  - Vías
  - Veredas
  - Áreas verdes
- **Estructuras**
- **Acabados**
  - Pintura
  - Puertas ventanas.

De modo que se programó el proyecto y sus duraciones en función a la EDT planteada, si bien es cierto representa un esquema simple del desarrollo del proyecto, permite tener un alcance de la utilidad de BIM para habilitaciones urbanas, a través de la combinación de Revit, Infracworks, Navisworks y Microsoft Project.

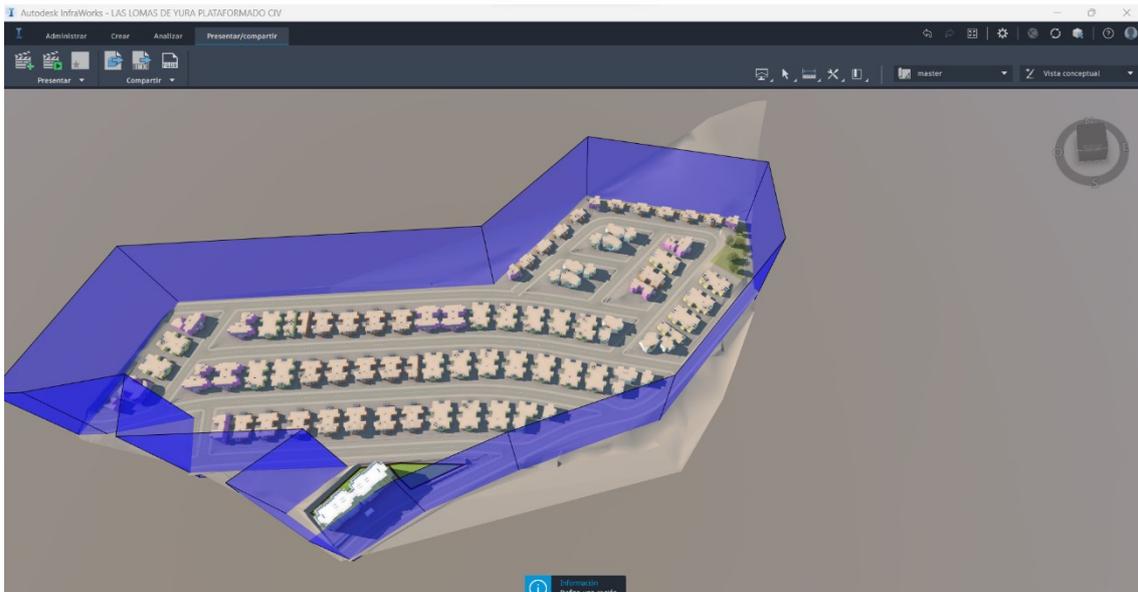
Respecto a la planificación del proyecto a través de los softwares BIM mencionados se siguió el siguiente proceso.

En primer lugar se debe tener en cuenta que ya se contaba con el modelo de la habilitación urbana y viviendas en Infracworks, donde luego se procedió a realizar la exportación hacia Navisworks a través del formato FBX.



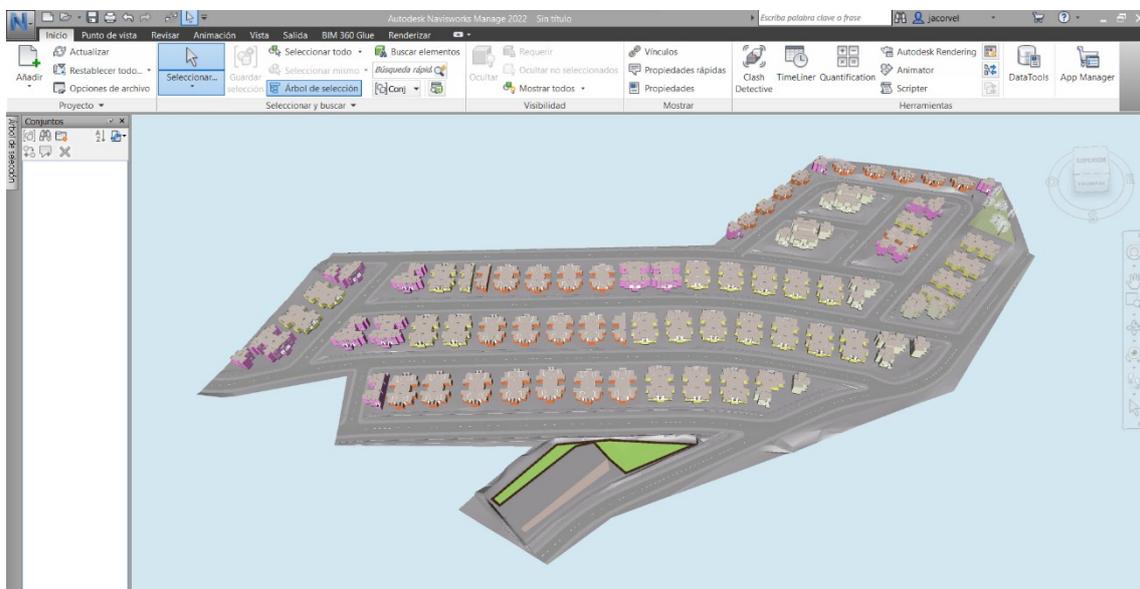
**Ilustración 91 Comando de exportación de modelo en FBX Fuente Elaboración propia**

Para la correcta exportación del modelo, como proceso inicial se debe realizar la delimitación de la zona que se busca trabajar en Navisworks, posteriormente seleccionar la ubicación y coordenadas a utilizar.



**Ilustración 92** Delimitación terreno en infraworks para su exportación a Navisworks Fuente Elaboración propia

Una vez exportado se debe realizar la importación en Navisworks, ello se logra a través del uso del comando añadir, y seleccionando el tipo de formato FBX.



**Ilustración 93** Modelo de proyecto Las Lomas de Yura importado a Navisworks Fuente Elaboración propia

Finalmente, luego que se tiene el modelo deseado en Navisworks se procede a realizar la simulación 4D como se detallará en la siguiente sección.

### 5.2.2 Simulación 4D

Navisworks es un software BIM que permite la realización de simulaciones 4D, es decir que permite añadir el factor tiempo a un modelo realizado, y a través de su herramienta timeliner, permite realizar una simulación visual del proceso constructivo.

En este caso por motivos didácticos se ha considerado una EDT sencilla que permite la demostración de la simulación 4D. Luego de tener definida la EDT, se elabora el cronograma de obra, el cual fue realizado a través de Microsoft Project 2016.

Luego de contar con el cronograma de obra realizado en Microsoft Project, se continúa con la importación del mismo en Navisworks y la asignación de conjuntos de selección a cada una de las partidas escogidas relacionándolas con el modelo realizado.

Para esta demostración se ha contemplado movimiento de tierras, construcción de viviendas, realización de vías y veredas y finalmente lo correspondiente a acabados.

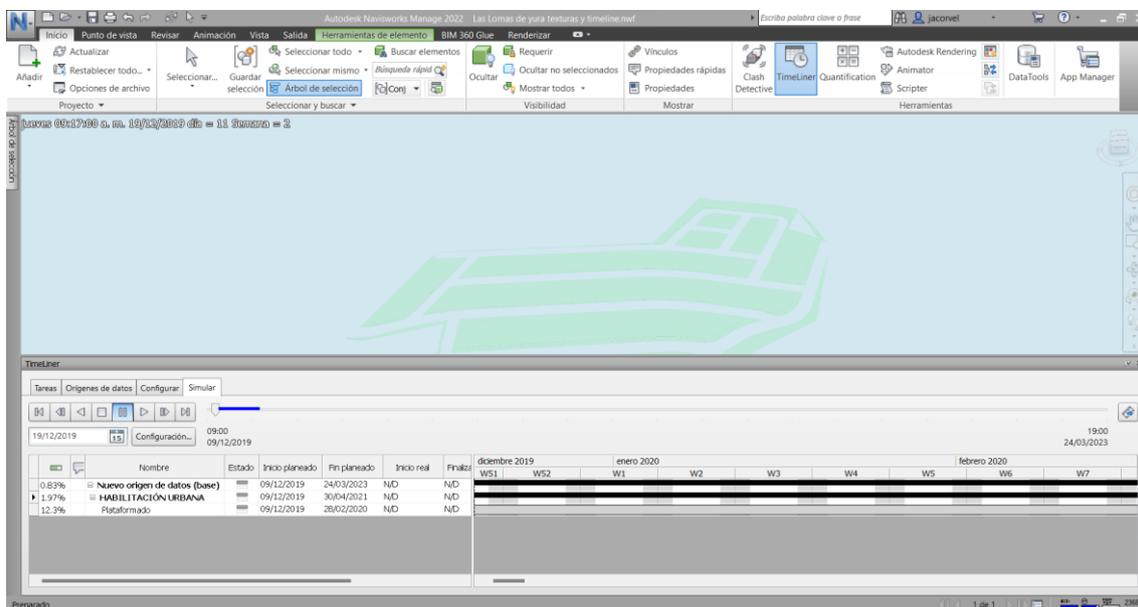
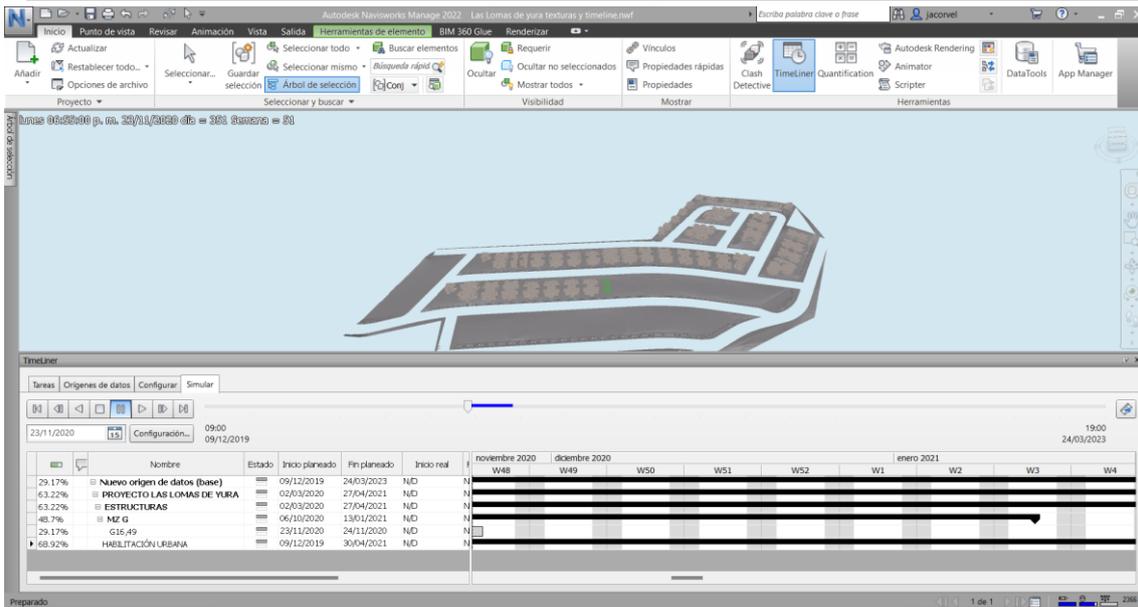
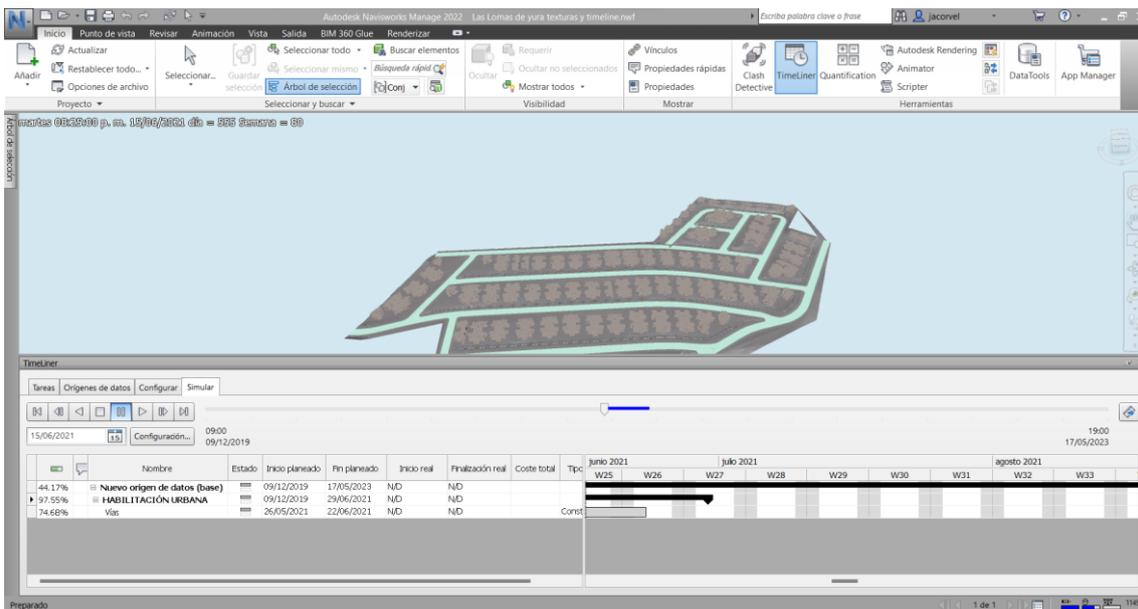


Ilustración 94 Detalle de Timeliner de movimiento de tierras Fuente Elaboración propia



**Ilustración 95** Avance de estructuras de vivienda en Navisworks Fuente Elaboración propia.

Como se puede ver en la imagen anterior, al haber enlazado el cronograma a los conjuntos de selección, la visualización es dinámica y va avanzando en función a la planificación de obra.



**Ilustración 96** Etapa de construcción de vías y veredas Navisworks Fuente Elaboración propia

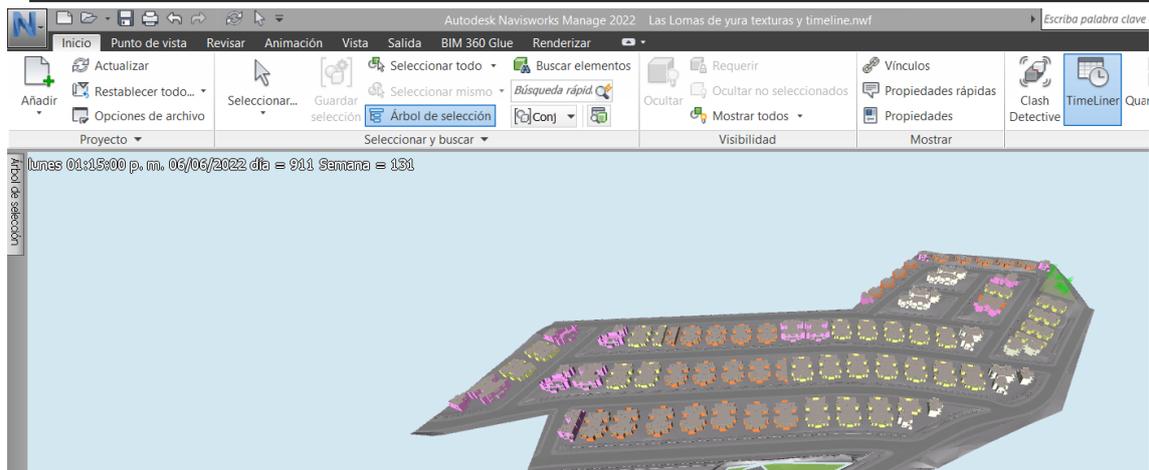


Ilustración 97 Partidas de acabados en Navisworks Fuente Elaboración propia

## 6 CONCLUSIONES

Se realizó un plan de ejecución BIM para el proyecto Las Lomas de Yura, abordando toda la información necesaria para la correcta implementación de BIM, y este plan permite a la empresa inmobiliaria GPR, tomarlo como base para el desarrollo de los siguientes proyectos utilizando la metodología BIM.

El desarrollo de un plan de ejecución BIM es fundamental para el desarrollo de los proyectos de construcción pues permite al proyecto tener una guía para la gestión BIM durante y después del proyecto, indicando objetivos, alcance, técnicas de modelado y responsabilidades. En el caso del proyecto presentado a través del presente TFM, el BEP (plan de ejecución BIM por sus siglas en Inglés) fue el punto de partida para el modelado, coordinación e interoperatividad en los softwares utilizados. Dentro de la información que debe contener un BEP debe abordar cinco entornos, los cuales son entorno funcional, informativo, técnico, organizacional y legal. Estos cinco entornos permiten englobar la información necesaria del plan, de modo que todo quede establecido antes del inicio del proyecto.

Para la implementación y la gestión a través de BIM es importante estandarizar procesos, técnicas, nomenclatura de proyectos y formatos de los modelos, pues sólo de esa forma se puede asegurar que todos los involucrados puedan desarrollar un proyecto colaborativo e integrado. En el desarrollo del proceso de modelado del proyecto “Las Lomas de Yura” a través de los diferentes softwares utilizados fue importante tener claro los niveles de detalle y las técnicas de modelado para una correcta integración.

La realización de los modelos 3D de las viviendas permite conocer tipos de acabado de materiales, y coordinación entre las diferentes especialidades. Con respecto a la compatibilidad de las especialidades, se detectó problemas entre arquitectura y estructuras, los cuales generaron costes adicionales durante el proceso de la construcción. Finalmente, luego de la realización de los modelos, estos deben pasar al proceso de coordinación a través de Navisworks, en el cual no se tuvo mayores incidencias de incompatibilidades debido a que se coordinaron sólo las especialidades de arquitectura y estructuras.



La implementación de BIM es beneficiosa, pues permite tener claridad acerca de los alcances y objetivos del proyecto, de modo que se logra una mayor satisfacción por parte del cliente al tener un mejor cumplimiento de sus necesidades. Si es que el proyecto Las Lomas de Yura se hubiera realizado a través de BIM, se hubieran generado beneficios para la empresa inmobiliaria, pues los sobrecostos que tuvieron que asumir a causa de deficiencias técnicas y oportunidades de mejora pudieron ser detectados de manera temprana. Evitando el incremento de un 1.05% en el costo del desarrollo del proyecto.

En los casos de proyectos como Las Lomas de Yura, en los cuales el proyecto se desarrolla en un entorno amplio, es importante realizar la visualización del proyecto global y para ello Infracore es una herramienta muy útil, en la cual se puede añadir información como la topografía y niveles para tener una visualización más precisa del entorno y así poder plantear mejoras al movimiento de tierras de ser necesario.

Para la construcción de todo proyecto dentro de la industria de arquitectura, ingeniería y construcción, es muy importante el tiempo de desarrollo del proyecto, pues los retrasos en los proyectos generan sobrecostos, disputas e insatisfacción por parte del cliente. Para poder controlar el tiempo en los proyectos se requiere de una buena planificación, BIM permite integrar la visualización a la planificación a través del timeliner de Navisworks. Para el proyecto Las Lomas de Yura, se realizó la planificación integral contemplando movimiento de tierras, construcción de viviendas, ejecución de vías y veredas, y finalmente llegando a la etapa de acabados. La planificación 4D permite reducir la variabilidad que se presenta en el día a día en la construcción. A través del modelado de Las Lomas de Yura, se ha validado que el uso de BIM puede ser aplicable a todo tipo de proyecto, pasando del modelado de viviendas como insumo inicial al modelado y planificación integral de la habilitación urbana.

Otra de las ventajas de BIM es que todos los softwares son interoperables entre sí y presentan compatibilidad de formatos, en este caso, los proyectos fueron modelados en Revit, importados a Infracore y posteriormente exportados a Navisworks manteniendo las propiedades e información de cada uno de los componentes.

## **7 REFERENCIAS**

- Agarwal, R., Chandrasekaran, S., & Sridhar, M. (2018). *Imagining construction 's digital future*. *Disrupting construction : Five big. Exhibit 8*, 1–5.
- Almeida, A. (2019). BIM en el Perú. *Universidad de Lima*, 1(1), 1–3.
- Barbosa, F., Woetzel, J., Mischke, J., Ribeirinho, M. J. J., Sridhar, M., Parsons, M., Bertram, N., Brown, S., & MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. (2017). Reinventing Construction: A Route To Higher Productivity. *McKinsey Global Institute, February*, 168. [http://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution%0Ahttps://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Reinventing\\_construction:\\_a\\_route\\_to\\_higher\\_productivity](http://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution%0Ahttps://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Reinventing_construction:_a_route_to_higher_productivity).



- Boton, C., Kubicki, S., & Halin, G. (2015). The Challenge of Level of Development in 4D/BIM Simulation Across AEC Project Lifecycle. A Case Study. *Procedia Engineering*, 123, 59–67. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.058>
- Carbajal, P. M., Pellicer, E., Santos-Fonseca, S., Torres-Machi, C., & Ballesteros-Pérez, P. (2019). *Planning and Control of Civil Engineering Works in Peru: Current State and Improvement Proposal*. July, 51–65. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-92273-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-92273-7_4)
- Chapman, R. J. (2001). The controlling influences on effective risk identification and assessment for construction design management. *International Journal of Project Management*, 19(3), 147–160. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(99\)00070-8](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(99)00070-8)
- Gomez, S., Ballard, G., Naderpajouh, N., & Ruiz, S. (2018). Integrated Project Delivery for infrastructure projects in Peru. *IGLC 2018 - Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Evolving Lean Construction Towards Mature Production Management Across Cultures and Frontiers*, 1, 452–462. <https://doi.org/10.24928/2018/0506>
- I. G. Khalil, A. M. and Z. S. (2021). Building Information Modelling in Morocco: Quo Vadis? *Third International Sustainability and Resilience Conference*, 479–483. <https://doi.org/doi:10.1109/IEEECONF53624.2021.9667948>.
- Idrissi Gartoumi, K., Aboussaleh, M., & Zaki, S. (2022). Building information modelling a key for construction industry recovery post-Covid-19. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Engineering Sustainability*, 176, 1–12. <https://doi.org/10.1680/jensu.22.00014>
- Inc, A. (n.d.). *Qué es BIM*. <https://www.autodesk.es/solutions/bim>
- International Standard, O. (2018). INTERNATIONAL STANDARD information about buildings and civil building information modelling —. *ISO 12006-2, Building Construction — Organization of Information about Construction Works — Part 2: Framework for Classification, 2018*.
- Ismail, I., Rahman, I. A., & Memon, A. H. (2013). Study of Factors Causing Time and Cost Overrun throughout Life Cycle of Construction Project. *Proceeding of Malaysian Technical Universities Conference on Engineering & Technology (MUCET)*, December, 3–4.
- Julca Varas, C. A. (2022). *Análisis De Riesgos De Retraso Y Sobrecosto En Obras De Suministro De Agua Potable Y Saneamiento En El Peru*.
- Lancharo Cordero, L. J. (2015). *BIM, la metodología de trabajo que nos acecha - Luis Joaquín Lancharro Cordero - tecnicaindustrial.es*. 68–71.
- Latiffi, A. A., Brahim, J., Mohd, S., & Fathi, M. S. (2015). Building Information Modeling (BIM): Exploring Level of Development (LOD) in Construction Projects. *Applied Mechanics and Materials*, 773–774, 933–937. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.773-774.933>
- Messner, J., Anumba, C., Goodman, S., Kreider, R., Leicht, R., & Saluja, C. (2019). *Guía de planificación de ejecución de proyectos BIM*.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021a). Guía Nacional BIM-GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN PARA INVERSIONES DESARROLLADAS CON BIM. *Plan BIM Perú*, 676(1), 252. [http://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/guia\\_nacional\\_BIM.pdf](http://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/guia_nacional_BIM.pdf)



- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021b). *Nota Técnica De Introducción Bim*. 58. [https://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/nota\\_tecnica\\_bim.pdf](https://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/nota_tecnica_bim.pdf)
- Panagiotidou, N., Pitt, M., & Lu, Q. (2022). Building information modelling execution plans: a global review. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Smart Infrastructure and Construction*, 1–22. <https://doi.org/10.1680/jsmic.22.00012>
- Project Management Intitute. (2021). Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos y El Estándar para la Dirección de Proyectos. In *Guía del PMBOK*.
- Riveros Morales, P. (23 C.E.). *Siete de cada diez peruanos son pobres o vulnerables de caer en pobreza, nuevo informe del banco mundial*. COMUNICADO DE PRENSA N.º 26.04.2023. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2023/04/26/peru-informe-pobreza-y-equidad-resurgir-fortalecidos>
- Rosenfeld, Y. (2014). *Root-Cause Analysis of Construction-Cost Overruns*. 140(1). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO)
- Salazar Alzate, M. F. (2017). Impacto Económico del uso de BIM en el desarrollo de los proyectos de construcción en la ciudad de Manizales. In *Universidad Nacional de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Sriram, C., Azam, M., & Van Niuwland, M. (2015). The construction productivity imperative. *McKinsey and Company*. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/the-construction-productivity-imperative#/>
- Ullah, K., Lill, I., & Witt, E. (2019). An overview of BIM adoption in the construction industry: Benefits and barriers. *Emerald Reach Proceedings Series*, 2, 297–303. <https://doi.org/10.1108/S2516-285320190000002052>
- Verán-Leigh, D., & Brioso, X. (2021). Implementation of Lean Construction As a Solution for the Covid-19 Impacts in Residential Construction Projects in Lima, Peru. *IGLC 2021 - 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction - Lean Construction in Crisis Times: Responding to the Post-Pandemic AEC Industry Challenges*, July, 923–932. <https://doi.org/10.24928/2021/0215>

## **8 ANEXOS**