

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“Aplicación de tecnología 4.0 a proyectos de edificación en
la ciudad de Huánuco”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
CIVIL**

AUTORA: Yabar Goñe, Yadira Estefani

ASESOR: Taboada Trujillo, William Paolo

HUÁNUCO – PERÚ
2026

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANCAYO
<http://www.udh.edu.pe>

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Estructuras
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniera Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73637666

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 40847625

Grado/Título: Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0002-4594-1491

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Malpartida Valderrama, Yenerit Pamela	Magíster en medio ambiente y desarrollo sostenible mención en gestión ambiental	22516875	0000-0003-2705-4300
2	Valdivieso Echevarria, Martin Cesar	Maestro en Gestión pública	22416570	0000-0002-0579-5135
3	Trujillo Ariza, Yelen Liseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestion ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 10:15 horas del día **martes 10 de marzo de 2026**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

❖ MG. YENERIT PAMELA MALPARTIDA VALDERRAMA	PRESIDENTE
❖ MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA	SECRETARIO
❖ MG. YLEN LISSETH TRUJILLO ARIZA	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 0275-2026-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: **"APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA 4.0 A PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO"**, presentado por el (la) Bachiller. Bach: **Yadira Estefani YABAR GOÑE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) Aprobado por Unanimidad con el calificativo cuantitativo de 14 y cualitativo de Suficiente. (Art. 47).

Siendo las 11:10 horas del día **10 del mes de marzo** del año 2026, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



MG. YENERIT PAMELA MALPARTIDA VALDERRAMA
DNI: 22516875
ORCID: 0000-0003-2705-4300
PRESIDENTE



MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA
DNI: 22416570
ORCID: 0000-0002-0579-5135
SECRETARIO (A)



MG. YLEN LISSETH TRUJILLO ARIZA
DNI: 70502371
ORCID: 0000-0002-5650-3745
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: YABAR GOÑE YADIRA ESTEFANI, de la investigación titulada "APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA 4.0 A PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO", con asesor(a) WILLIAM PAOLO TABOADA TRUJILLO, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 0441-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 8 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 16 de febrero de 2026



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

14. YABAR GOÑE YADIRA ESTEFANI.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

2

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

Submitted to Pontificia Universidad Catolica
del Peru

Trabajo del estudiante

<1%



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA

D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

En primer lugar, dedico este trabajo a Dios, por guiar mis pasos, darme fortaleza en los momentos difíciles y permitirme alcanzar esta meta tan importante en mi vida.

A mis queridos padres, Dora Celia Goñe Blas y Juan Yabar Rosas, por su amor incondicional, sus sacrificios y por ser el pilar fundamental en mi formación personal y profesional. Gracias por creer siempre en mí y por impulsarme a seguir adelante.

A mis hermanos, Gladys, Wuenger, Celia y Katty, por su apoyo, cariño y por acompañarme en cada etapa de mi vida.

Y con mucho cariño, a mis perritos Mish y Diamantina, quienes con su compañía y alegría hicieron más llevadero este camino.

A todos ustedes, con amor y gratitud, les dedico este logro.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios por brindarme vida, salud y la fortaleza necesaria para culminar esta importante etapa de mi formación profesional.

A mis padres, Dora Celia Goñe Blas y Juan Yabar Rosas, por su amor, apoyo incondicional, esfuerzo y confianza en cada paso de mi vida. Gracias por ser mi principal motivación para alcanzar mis metas.

A mis hermanos, Gladys, Wuenger, Celia y Katty, por su cariño y apoyo constante a lo largo de este proceso académico.

Asimismo, agradezco a mis docentes y asesores por sus enseñanzas, orientación y valioso apoyo durante la realización de esta tesis, contribuyendo significativamente a mi formación profesional.

Finalmente, a todas las personas que de alguna manera contribuyeron y me brindaron su apoyo para la culminación de este trabajo de investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN	XII
CAPÍTULO I	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1 PROBLEMA GENERAL	15
1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS	15
1.3 OBJETIVOS	15
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	15
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.4.1 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	16
1.4.2 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	16
1.4.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	17
1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.6 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	18
CAPÍTULO II	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	19
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES	20
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES	22
2.2 BASES TEÓRICAS	24
2.2.1 CONCEPTUALIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA 4.0	24

2.2.2	PROYECTOS DE EDIFICACIÓN Y SU TRANSFORMACIÓN DIGITAL	32
2.2.3	APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA 4.0 EN LA EDIFICACIÓN.....	33
2.2.4	IMPACTO DE LA TECNOLOGÍA 4.0 EN LOS RESULTADOS DE LOS PROYECTOS	41
2.2.5	DESAFÍOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN	43
2.3	DEFINICIONES CONCEPTUALES	44
2.3.1	ALGORITMO	44
2.3.2	CONSTRUCCIÓN INTELIGENTE Y SOSTENIBLE.....	44
2.3.3	COLABORACIÓN Y COMUNICACIÓN DIGITAL.....	44
2.3.4	DIGITALIZACIÓN DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN 44	
2.3.5	GEMELOS DIGITALES.....	45
2.4	HIPÓTESIS.....	45
2.4.1	HIPÓTESIS GENERAL.....	45
2.4.2	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.....	45
2.5	VARIABLES	46
2.5.1	VARIABLE DEPENDIENTE	46
2.5.2	VARIABLE INDEPENDIENTE	46
2.6	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	47
	CAPÍTULO III	48
	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	48
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	48
3.1.1	ENFOQUE	48
3.1.2	ALCANCE O NIVEL	48
3.1.3	DISEÑO	49
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	49
3.2.1	POBLACIÓN	49
3.2.2	MUESTRA	50
3.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 51	
3.3.1	PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	51

3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	52
3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	
52	
CAPÍTULO IV.....	54
RESULTADOS.....	54
4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS	54
4.1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	54
4.1.2 ANÁLISIS PARA EL MODELADO	55
4.1.3 TOMA DE DATOS INICIALES Y DIMENSIONAMIENTO .	56
4.1.4 MODELAMIENTO BIM.....	56
4.1.5 RESULTADOS DEL PROCESO DE MODELADO BIM	90
4.2 CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	94
4.2.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	94
4.2.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	95
CAPÍTULO V.....	98
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	98
5.1 CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS.....	98
CONCLUSIONES	101
RECOMENDACIONES.....	103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
ANEXOS.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables de la investigación	47
Tabla 2	Estructuras e instalaciones sanitarias	90
Tabla 3	Cantidad de interferencias entre elementos eléctricos y estructurales	91
Tabla 4	Distribución de interferencias por sistema, elemento estructural y severidad	92
Tabla 5	Matriz de Consistencia.....	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tecnologías que todavía están en desarrollo pero que prometen un gran potencial a futuro	31
Figura 2 Síntesis visual de las diversas revoluciones industriales a nivel global	32
Figura 3 Instalaciones de saneamiento observadas en el terreno	35
Figura 4 Representación en tiempo real de tuberías de ACI y sistemas de desagüe	35
Figura 5 Crecimiento en el uso de dispositivos IOT	37
Figura 6 Tecnología de Construcción por Contornos.....	38
Figura 7 Impresora 3D de Gran Delta.....	39
Figura 8 Organización de la información en Blockchain, las operaciones se agrupan en bloques que se conectan entre sí	41
Figura 9 Actores y flujo de coordinación del proyecto.....	51
Figura 10 Ubicación del lugar de estudio	55
Figura 11 Cambio de unidad de medida en el software aplicable.....	57
Figura 12 Asignamos nivel de cota de selección	58
Figura 13 Modelado de los ejes en la coordenada Norte.....	59
Figura 14 Modelado de las zapatas	60
Figura 15 Dimensiones de las columnas para el modelado.....	61
Figura 16 Modelado de las columnas/pilares estructurales	62
Figura 17 Modelado de las vigas de Cimentación	63
Figura 18 Modelamiento de las vigas primarias y secundarias.....	64
Figura 19 Modelamiento de losa aligerada	65
Figura 20 Barra de acero de 1/2" para secciones estructurales	66
Figura 21 Barra de acero de 3/8" para secciones estructurales	67
Figura 22 Barra de acero de 5/8" para secciones estructurales	68
Figura 23 Modelo estructural de acero	69
Figura 24 Creación de niveles para el diseño de tuberías	70
Figura 25 Selección de la unidad de medida para tuberías	71
Figura 26 Insertando los números de plantas de la edificación en estudio ..	72
Figura 27 Inserción del vínculo Revit de la plantilla estructura que se trabajó la primera fase	73

Figura 28 Se crea un nuevo segmento con los tamaños de tubos requeridos	74
Figura 29 Generamos nuevos sistemas para trabajar por separado cada área	75
Figura 30 Importamos nuevos planos dibujados en AutoCAD	76
Figura 31 Creación de las tuberías del sistema sanitario	77
Figura 32 Introducción de aparatos sanitarios (lavadero, inodoro, etc.)	78
Figura 33 Introducción de tuberías más sanitarios	79
Figura 34 Creación de las tuberías del sistema de agua fría	80
Figura 35 Creación del Sistema y sistema de bombeo	80
Figura 36 Colocación de tanque elevado.....	81
Figura 37 Finalización de instalaciones sanitarias	81
Figura 38 Configuración de instalaciones eléctricas	82
Figura 39 Configuración de unidades eléctricas	83
Figura 40 Organización de niveles.....	84
Figura 41 Configuración eléctrica, diámetros de tubos y tipos de cables	84
Figura 42 Modelado de cajas octogonales según planos eléctricos	85
Figura 43 Inserción de tomacorrientes e interruptores.....	85
Figura 44 Modelamiento de tubos para instalación eléctrica	86
Figura 45 Monitoreo de interferencia entre estructuras e instalaciones sanitarias	87
Figura 46 Interferencia detectada entre viga estructural y tubería sanitaria (PVC–DWV).....	88
Figura 47 Monitoreo de interferencia entre estructuras e instalaciones eléctricas.....	89
Figura 48 Interferencia entre vigas y tuberías eléctricas (conduit).....	89
Figura 49 Número de interferencias por tipo de elementos	91
Figura 50 Número de interferencias por tipo de elementos	92
Figura 51 Escala de severidad de interferencias con tentativa de replanteo	93

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la ciudad de Huánuco y analizó la aplicación de Tecnología 4.0 en proyectos de edificación mediante el uso de la metodología BIM, con el propósito de explicar su influencia a partir del modelado y la compatibilización digital de especialidades. En el Capítulo I se planteó el problema asociado a las incompatibilidades entre especialidades (estructura e instalaciones), las cuales podrían generar retrabajos, ajustes durante la ejecución y afectación en plazos y recursos; asimismo, se formularon los objetivos orientados a evaluar el aporte de BIM en un proyecto específico. En el Capítulo II se presentaron antecedentes y fundamentos teóricos vinculados a Industria 4.0, BIM y coordinación técnica en edificaciones, resaltando su relevancia para prevenir interferencias y fortalecer el control técnico del modelo.

En el Capítulo III se estableció una investigación con enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, con nivel descriptivo y diseño no experimental, debido a que no se manipularon variables, sino que se evaluó la influencia de implementar BIM a partir del modelado del proyecto y la revisión documentaria técnica disponible. La recolección y el análisis de datos se sustentaron en el modelado en Autodesk Revit 2025, la detección de interferencias entre especialidades y la sistematización de resultados mediante reportes y registros técnicos. En el Capítulo IV se presentaron los resultados obtenidos, evidenciándose la utilidad del entorno BIM para identificar incompatibilidades y sustentar mejoras en la coordinación técnica del modelo, contribuyendo a reducir correcciones tardías y mejorar la toma de decisiones antes de la ejecución.

Palabras claves: Tecnologías BIM, construcción, metodología, modelado, software.

ABSTRACT

This research was conducted in the city of Huánuco and analyzed the application of Industry 4.0 technologies in building projects through the use of the BIM methodology, with the aim of explaining its influence based on modeling and the digital coordination of disciplines. In Chapter I, the problem associated with incompatibilities between disciplines (structural and building services) was presented, which could lead to rework, adjustments during construction, and impacts on schedules and resources; likewise, the objectives were formulated to evaluate the contribution of BIM in a specific project. In Chapter II, background studies and theoretical foundations related to Industry 4.0, BIM, and technical coordination in buildings were presented, highlighting their relevance for preventing clashes and strengthening technical control of the model.

In Chapter III, the study was established with a quantitative approach, applied type, descriptive level, and non-experimental design, since variables were not manipulated; instead, the influence of implementing BIM was assessed based on project modeling and the review of available technical documentation. Data collection and analysis were supported by modeling in Autodesk Revit 2025, clash detection between disciplines, and the systematization of results through technical reports and records. In Chapter IV, the results obtained were presented, demonstrating the usefulness of the BIM environment for identifying incompatibilities and supporting improvements in the model's technical coordination, helping to reduce late corrections and improve decision-making prior to construction.

Key words: BIM technologies, construction, methodology, modeling, software.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el sector construcción viene incorporando progresivamente herramientas asociadas a la Tecnología 4.0, como el modelado digital, los entornos colaborativos y el análisis automatizado de información. Dentro de este conjunto, el Building Information Modeling (BIM) se ha consolidado como una metodología que integra en un solo modelo la información arquitectónica, estructural y de instalaciones, permitiendo anticipar problemas y optimizar decisiones antes de la ejecución de la obra.

En la ciudad de Huánuco, sin embargo, la mayoría de proyectos de edificación continúa desarrollándose con métodos tradicionales basados en planos 2D y coordinación manual entre especialidades. Esta forma de trabajo incrementa el riesgo de interferencias entre elementos estructurales y de instalaciones, genera retrabajos en obra, eleva los costos y afecta la calidad final de las edificaciones. A ello se suma la creciente demanda de vivienda formal y segura, lo que exige procesos de diseño y gestión más eficientes y mejor controlados.

En este contexto, la aplicación de la Tecnología 4.0, concretamente mediante la metodología BIM, se presenta como una alternativa viable para mejorar el desempeño de los proyectos de edificación en Huánuco. El uso de software especializado, como Autodesk Revit 2025, permite modelar tridimensionalmente el proyecto, detectar interferencias, documentar el modelo y evaluar de manera más precisa el comportamiento del sistema constructivo antes de llevarlo al campo.

La presente investigación tiene como propósito analizar de qué manera la aplicación de la Tecnología 4.0 influye en los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco. Para ello, se considera como variable independiente la Tecnología 4.0, operacionalizada a partir de la coordinación BIM, la gestión de interferencias y la documentación del modelo; y como variable dependiente el desempeño del proyecto de edificación, evaluado en términos de eficiencia operativa, calidad constructiva y sostenibilidad.

El problema general se plantea en los siguientes términos: ¿De qué manera la aplicación de la Tecnología 4.0 influye en los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco?. En concordancia con ello, el objetivo

general consiste en analizar la influencia de la aplicación de la Tecnología 4.0 en los proyectos de edificación en dicha ciudad, y los objetivos específicos se orientan a determinar su impacto en la eficiencia operativa, en la calidad y en la sostenibilidad del proyecto seleccionado como caso de estudio.

Metodológicamente, la investigación se desarrolló con enfoque cuantitativo y fue de tipo aplicada, ya que se obtuvieron resultados medibles a partir de la implementación de la metodología BIM en un proyecto real. El estudio presentó nivel descriptivo y diseño no experimental, debido a que no se manipularon variables, sino que se analizó la influencia del uso de Tecnología 4.0 mediante el modelado de la documentación técnica disponible, en el software: Autodesk Revit 2025 y la detección de interferencias entre especialidades. Para sustentar el análisis, se trabajó con reportes generados por el software y registros técnicos del proyecto, considerando indicadores como la cantidad de interferencias identificadas y su clasificación por tipo y severidad, con el fin de explicar cómo la coordinación BIM contribuyó a mejorar la compatibilización a partir del modelado y reducir correcciones en etapas posteriores.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Las empresas del sector construcción han venido incorporando progresivamente herramientas digitales para mejorar la planificación, el control y la productividad de sus proyectos. En este contexto, la adopción de Tecnologías emergentes ha permitido automatizar tareas repetitivas y optimizar la gestión de la producción, impulsando mejoras en el desempeño de los procesos constructivos (IBM, 2021). Bajo esta perspectiva, la Tecnología 4.0 aplicada a la construcción mediante enfoques como la digitalización de información, la interoperabilidad de especialidades y el uso de plataformas de modelado se plantea como una alternativa para fortalecer la coordinación y el control técnico desde etapas tempranas (IBM, 2021).

No obstante, en los proyectos de edificación, uno de los problemas más frecuentes no se limita únicamente a la inversión o disponibilidad de herramientas, sino a la falta de coordinación efectiva entre arquitectura, estructuras e instalaciones, especialmente cuando el trabajo se desarrolla con procesos tradicionales o con revisiones limitadas. Esta situación incrementa la aparición de incompatibilidades técnicas (interferencias), tales como cruces entre tuberías y vigas, colisiones con losas y muros, pasos no previstos o ubicaciones inadecuadas de ductos y equipos. Cuando dichas interferencias no se identifican oportunamente en la etapa de diseño, suelen trasladarse a la ejecución y producir retrabajos, modificaciones en obra, reubicación de redes, cortes o perforaciones no previstas, lo que impacta directamente en el tiempo, el costo y la calidad del proyecto. En el ámbito nacional, además, la adopción de Tecnologías avanzadas puede verse limitada por la falta de estandarización, regulaciones claras y capacidades técnicas instaladas, lo que dificulta su aplicación uniforme en los proyectos (Villena, Marcal, & Lucena, 2020).

En el contexto local, como ocurre en la ciudad de Huánuco, estos problemas pueden acentuarse cuando la coordinación entre especialidades se sustenta principalmente en documentación 2D y revisiones manuales, lo que dificulta visualizar de manera integral la interacción entre elementos

estructurales e instalaciones. Asimismo, la limitada infraestructura tecnológica disponible y la resistencia al cambio organizacional pueden constituir barreras que retrasen la implementación de prácticas asociadas a la Tecnología 4.0 (Villena et al., 2020). Como resultado, las incompatibilidades tienden a detectarse tardíamente, cuando ya existe presión por cumplir plazos y metas de producción, incrementando el riesgo de ajustes improvisados en obra y afectando la eficiencia del proceso constructivo.

Por ello, la problemática abordada en esta investigación se centró en la necesidad de aplicar la Tecnología 4.0 (BIM) como estrategia de coordinación para identificar, clasificar y cuantificar las interferencias técnicas en un (1) proyecto de edificación ubicado en la ciudad de Huánuco, con la finalidad de disponer de evidencia objetiva sobre la magnitud y distribución de incompatibilidades que, de no corregirse en diseño, podrían derivar en retrabajos, retrasos y sobrecostos durante la construcción.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿De qué manera la aplicación de la Tecnología 4.0 influye en los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Qué impacto tiene la implementación de Tecnología 4.0 en la eficiencia operativa de los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco?

¿Cómo influye la Tecnología 4.0 en la calidad de las construcciones en la ciudad de Huánuco?

¿De qué manera la adopción de Tecnología 4.0 influye en la sostenibilidad en los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la influencia de la aplicación de la Tecnología 4.0 en los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar qué impacto tiene la implementación de Tecnología 4.0 en la eficiencia operativa de los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.

Determinar cómo influye la Tecnología 4.0 en la calidad de las construcciones en la ciudad de Huánuco.

Determinar de qué manera la adopción de Tecnología 4.0 influye en la sostenibilidad en los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Desde el punto de vista práctico, la investigación se justificó porque permitió analizar y explicar el aporte de la Tecnología 4.0, específicamente de la metodología BIM, mediante el modelado digital de un proyecto real de edificación ubicado en la ciudad de Huánuco. La aplicación del modelado BIM y la detección de interferencias posibilitaron identificar y clasificar incompatibilidades entre elementos estructurales e instalaciones en etapa previa a la ejecución, contribuyendo a reducir ajustes tardíos, retrabajos y posibles sobrecostos. En ese sentido, los resultados obtenidos servirán como referencia técnica para profesionales y estudiantes de Ingeniería Civil interesados en aplicar herramientas digitales para el control técnico del modelo, aportando criterios transferibles a proyectos de edificación similares en el contexto local.

1.4.2 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La investigación se justificó teóricamente porque contribuyó al fortalecimiento del conocimiento relacionado con la aplicación de la Tecnología 4.0 en proyectos de edificación, desde un enfoque cuantitativo. A partir del modelado BIM y del análisis de las interferencias identificadas en el entorno digital, se generó evidencia que permitió comprender cómo el uso de estas herramientas influye en la coordinación técnica entre especialidades y en la consistencia de la información del proyecto. Asimismo, el estudio vinculó conceptos de Industria 4.0, transformación digital y gestión de información en edificaciones, reforzando fundamentos teóricos existentes y aportando un soporte útil para futuras investigaciones académicas sobre la implementación de BIM en contextos similares.

1.4.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Desde el enfoque metodológico, la investigación se justificó porque se desarrolló con un diseño no experimental, enfoque cuantitativo y tipo aplicada, lo cual fue pertinente para analizar la influencia del BIM sin manipular variables. Para ello, se realizó el modelado de los planos del proyecto en Autodesk Revit 2025 y se aplicó la detección de interferencias entre especialidades, procedimientos que fueron coherentes con los objetivos planteados y permitieron obtener información medible y verificable. Asimismo, el uso de reportes técnicos y la clasificación de interferencias por tipo y severidad proporcionaron un procedimiento metodológico claro y replicable, que puede ser utilizado como referencia en estudios similares orientados a evaluar el impacto de herramientas digitales en proyectos de edificación.

1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

En esta investigación, las limitaciones se presentaron principalmente durante el desarrollo del modelado BIM, la detección de interferencias y la sistematización de resultados, considerando el alcance del caso de estudio y el tiempo asignado para la ejecución del trabajo.

Una limitación vinculada a la población y el alcance fue que el estudio se desarrolló sobre un (1) proyecto de edificación ubicado en la ciudad de Huánuco. En consecuencia, los resultados obtenidos describieron el comportamiento del caso analizado y aportaron evidencia técnica específica; sin embargo, no permitieron generalizar conclusiones a la totalidad de proyectos de edificación del entorno regional. Para reducir este efecto, se empleó un registro sistemático de interferencias y criterios de clasificación (por tipo y severidad), lo cual facilita la comparación y replicación del procedimiento en investigaciones futuras con una muestra mayor.

Finalmente, una limitación asociada al tiempo estuvo vinculada al periodo disponible para desarrollar la investigación, lo cual restringió la posibilidad de realizar iteraciones adicionales de coordinación, evaluar múltiples alternativas de modelado o ejecutar comparaciones más amplias del desempeño del modelo bajo distintos escenarios. No obstante, el estudio sí ejecutó el modelado BIM y la detección de interferencias conforme al alcance planteado para el caso de estudio, consolidando resultados mediante registros

y reportes técnicos que aseguraron información suficiente y verificable para el análisis.

1.6 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación fue viable porque contó con las condiciones técnicas, operativas y económicas necesarias para su ejecución dentro del plazo establecido. La viabilidad técnica se sustentó en la disponibilidad de recursos informáticos adecuados y en el uso de la metodología BIM mediante Autodesk Revit 2025, lo que permitió desarrollar el modelado del proyecto, realizar la coordinación entre especialidades y generar reportes de interferencias de forma sistemática y verificable.

Desde el punto de vista operativo, la tesis se ejecutó bajo un enfoque cuantitativo con diseño no experimental, lo que facilitó su desarrollo al no requerir intervención directa en obra ni la manipulación de variables. Las actividades realizadas se concentraron en el modelado, la revisión técnica del diseño y el análisis de interferencias, procesos que pudieron llevarse a cabo de manera ordenada y continua durante la fase de ejecución de la investigación.

En cuanto a la viabilidad económica, el estudio resultó factible debido a que los costos involucrados fueron manejables y estuvieron asociados principalmente al uso de recursos disponibles, tales como equipo de cómputo y software especializado, sin demandar inversiones adicionales en trabajos de campo o ensayos de laboratorio. En conjunto, estas condiciones permitieron que la investigación se desarrollara de forma viable y alcanzara los objetivos planteados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Praia et al. (2025), en Brasilia (Brasil), desarrollaron el estudio titulado *“El impacto de BIM en la coordinación de proyectos: investigación de interferencias”*, cuyo objetivo principal fue evaluar los beneficios de la sistematización y automatización de la coordinación mediante BIM frente al método tradicional usado por oficinas de diseño. La metodología se basó en el mapeo del proceso real de coordinación en una oficina de arquitectura y su comparación con un proceso automatizado aplicado en dos casos de estudio, utilizando modelos en Autodesk Revit y verificación/gestión de interferencias en Navisworks, combinando análisis cuantitativo y cualitativo y clasificación de conflictos según su origen. Como resultados, el estudio evidenció que el proceso de coordinación mejoró de forma relevante cuando se emplearon herramientas de detección automática de conflictos, mostrando mayor precisión y eficacia que el método híbrido (2D/3D) usado tradicionalmente; además, como conclusión, se remarcó que para maximizar la detección de incompatibilidades no basta con que arquitectura trabaje en BIM, sino que conviene que todas las especialidades desarrollen sus modelos bajo la misma lógica BIM para lograr una coordinación realmente efectiva.

Datta et al. (2023), en Khulna (Bangladesh), publicaron el artículo *“Investigation on the effectiveness of using building information modeling (BIM) for building project management: a case study approach”* (título presentado en la Revista de la Construcción), cuyo objetivo principal fue implementar BIM en el ciclo del proyecto (3D–4D–5D) y contrastar sus beneficios frente al trabajo tradicional en 2D, incluyendo la detección de interferencias. La metodología se estructuró como un estudio de caso de una edificación residencial, donde se modeló en Revit, se transfirió a Navisworks para Clash Detection, se integró programación (4D) y se realizó metrados/costos (5D), complementando con revisión de obra y

análisis comparativo del flujo de información. En resultados, se reportó que BIM permitió trabajar de manera simultánea entre disciplinas, reducir desperdicios del proceso, y se documentó una reducción de tiempo (incluso señalando que el tiempo del proceso de diseño se redujo a la mitad respecto al método previo) y una reducción de costos del proyecto (se menciona un ahorro aproximado de 400 000 BDT y reducción de 1 mes en plazo); como conclusión, se sostuvo que la integración BIM mejora la coordinación, la comprensión del proyecto y el control anticipado de conflictos, especialmente cuando se incorpora la detección de interferencias y la programación/costos vinculados al modelo.

Shayesteh (2025), en Turín (Italia), desarrolló la tesis *“Enhanced BIM Clash Visualization using Visual Programming Techniques”*, cuyo objetivo principal fue corregir y automatizar la visualización de resultados de Clash Detection al transferir coordenadas de conflictos desde Navisworks hacia Revit, debido a errores de ubicación ocasionados por desajustes de rotación entre el norte del proyecto y el norte real. La metodología consistió en diseñar un flujo automatizado con Dynamo y scripting embebido (Python), incorporando una matriz de rotación para corregir la discrepancia angular y validar el procedimiento con un conjunto real de interferencias del proyecto Farfalla. En resultados, el sistema se validó con 196 interferencias, mejoró la precisión de ubicación a menos de 3 mm (RMSE 2.8 mm) y redujo el tiempo de procesamiento en 97% (de 21 horas manuales a 39 minutos automatizados); como conclusión, se indicó que la automatización redujo errores humanos, aceleró la coordinación y facilitó que usuarios sin programación ejecuten el proceso mediante Dynamo Player, haciendo más eficiente el control de interferencias en entornos BIM..

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Ccora (2018), en Huancayo (Junín, Perú), elaboró la tesis de maestría *“Costo de las interferencias constructivas de edificaciones con la aplicación de la Metodología BIM”*, cuyo objetivo principal fue calcular la incidencia de aplicar BIM en el costo asociado a interferencias constructivas. La metodología se desarrolló como investigación aplicada, de enfoque cuantitativo y nivel descriptivo-correlacional, recopilando

datos de costos de interferencias mediante checklist y matriz de interferencias multidisciplinarias, procesando la información en Excel y SPSS, y utilizando pruebas estadísticas (Wilcoxon y contraste con ANOVA/regresión) para evaluar significancia. En resultados, se determinó que la aplicación de BIM tuvo una incidencia significativa (<5%) en la reducción de costos vinculados a interferencias; como conclusión, se sostuvo que la gestión temprana de conflictos en la fase de diseño permitió disminuir impactos económicos que suelen materializarse cuando las interferencias se detectan tardíamente en obra.

Herrera (2020), en Jaén (Cajamarca, Perú), desarrolló la tesis de pregrado *“BIM, para Detectar las Interferencias en la Etapa de Diseño en una Edificación, Distrito y Provincia de Jaén, Región Cajamarca”*, cuyo objetivo principal fue determinar de qué manera BIM detectaba interferencias durante la etapa de diseño. La metodología se basó en el modelado 3D de una vivienda de tres pisos mediante Autodesk Revit 2018, a partir de planos de arquitectura, estructuras e instalaciones, y la detección de interferencias se realizó en Navisworks Manage 2018, registrando los conflictos hallados en la compatibilización. En resultados, se reportó la detección anticipada de 1706 interferencias, destacando el beneficio de identificar errores antes de la etapa constructiva; como conclusión, se afirmó que BIM permitió proponer soluciones en fase de diseño, mejorar el control del proyecto y fortalecer buenas prácticas al reducir el riesgo de reprocesos y fallas posteriores.

Ventura (2021), en Villa El Salvador (Lima, Perú), realizó la investigación *“Detección de interferencias al compatibilizar el diseño estructural de un Centro Médico aplicando la metodología BIM”*, cuyo objetivo principal fue analizar la influencia del Clash Detection en los modelos de información, el flujo de procesos y la integración multidisciplinaria al compatibilizar el diseño estructural del proyecto. La metodología se planteó como estudio aplicado, de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y diseño no experimental, empleando como técnica la observación a partir de reportes de interferencias generados por la coordinación de modelos, y como instrumento una ficha técnica para

registrar incompatibilidades con apoyo de Navisworks. En resultados, se evidenció que la compatibilización permitió identificar interferencias de manera inmediata en la etapa de diseño; como conclusión, se sostuvo que BIM desplazó el mayor esfuerzo hacia el diseño (donde los cambios son manejables) y evitó que los errores se descubran recién en construcción, cuando corregirlos resulta más costoso y difícil de controlar.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Ortega y Caqui (2021), en Huánuco (Perú), elaboraron la tesis de grado titulada *“Implementación de la metodología BIM 4D al sistema Last Planner para mejorar la gestión de la productividad en la construcción del Hospital Hermilio Valdizán Nivel III-1 de Huánuco – 2019”*, cuyo objetivo principal fue implementar la metodología BIM 4D integrada al sistema Last Planner (LPS) para mejorar la gestión de la productividad en la construcción del Hospital Regional Hermilio Valdizán, debido a que uno de los principales retos del sector es lograr el cumplimiento de lo planificado en plazo, costo y calidad; la metodología empleada se desarrolló como una implementación aplicada de herramientas BIM–Lean, utilizando software que permitió vincular planificación y modelado (principalmente Revit, Dynamo y Navisworks, además de herramientas de apoyo como Microsoft Excel y Microsoft Project), culminando en una simulación 4D que permitió evaluar el desempeño de la planificación; como resultados y conclusiones, el trabajo dejó evidencia de que la integración BIM 4D–LPS fortaleció la gestión productiva al permitir el análisis comparativo frente a la planificación tradicional mediante indicadores de control como el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC), las Causas de No Cumplimiento (CNC), el Nivel General de Actividades (NGA) y la rentabilidad, concluyéndose que la simulación 4D y la coordinación de información aportaron una base más sólida para el seguimiento, la toma de decisiones y la mejora del control de la productividad en el proyecto.

Tabraj y Herrera (2019), en Huánuco, Perú, desarrollaron la tesis *“Estudio del rendimiento de la mano de obra aplicando el BIM en las partidas de concreto armado en la obra Hospital Regional Hermilio*

Valdizán Nivel III-1” (Universidad Nacional Hermilio Valdizán), con el objetivo general de determinar el rendimiento de la mano de obra utilizando la metodología BIM en las partidas de concreto armado del citado proyecto, comparándolo tanto con los planos como con los valores referenciales de CAPECO. La investigación se desarrolló con un enfoque cuantitativo y nivel correlacional, a partir del registro de rendimientos medibles y su contraste entre fuentes; para ello, modelaron partidas y elementos en Revit (replicando el armado y disposición observada en obra) y tabularon/analizaron la información en Microsoft Excel, considerando rendimientos calculados para una jornada de 8 horas. Entre los resultados más relevantes, reportaron variaciones marcadas: en acero de refuerzo, los rendimientos en obra alcanzaron 427 kg/día (columnas), 651 kg/día (vigas) y 450 kg/día (losa aligerada), frente a 200 kg/día de la documentación técnica disponible y 250 kg/día de CAPECO; en encofrado, registraron 55 m²/día (columnas), 67 m²/día (vigas) y 49 m²/día (losa), mientras que el Expediente y CAPECO consignaban 10 m²/día; y en concreto, consignaron 103 m³/día (columnas), 81 m³/día (vigas) y 81 m³/día (losa), comparados con 13–25 m³/día de la documentación técnica disponible y 10–100 m³/día de CAPECO, según la partida. Con base en ese contraste, concluyeron que, para las partidas evaluadas, los rendimientos obtenidos fueron mayores respecto a los usados en la documentación disponible que, frente a CAPECO, los rendimientos resultaron diferentes (en algunos casos mayores y en otros menores), evidenciando que el uso de BIM y el levantamiento de datos de obra permitieron una lectura más ajustada de la productividad real para la toma de decisiones en costos y planificación.

Espinoza (2021), en Huánuco, Perú, desarrolló la tesis de maestría titulada: *“Capacidad de respuesta de la supervisión de obra ante las consultas de incompatibilidad entre especialidades durante la ejecución de la obra del Hospital Regional de Huánuco, aplicando la metodología del Virtual Design and Construction – Huánuco – 2021”*, cuyo objetivo principal fue mejorar los factores que generaban deficiencias en la capacidad de respuesta de la supervisión frente a consultas por incompatibilidades entre especialidades en el proyecto “Mejoramiento de

la Capacidad Resolutiva de los Servicios de Salud del Hospital Regional Hermilio Valdizán de Huánuco nivel III-1". La metodología se sustentó en la aplicación del enfoque Virtual Design and Construction (VDC), integrando Tecnologías de información como BIM para identificar incompatibilidades del proyecto y la filosofía Lean Construction mediante sesiones ICE, orientadas a fortalecer la coordinación e integración del equipo técnico y a definir procedimientos para absolver consultas en tiempos oportunos y dentro de los plazos establecidos. Como resultados y conclusiones, la autora propuso dos formatos de gestión: uno para el registro estandarizado de la información necesaria para identificar las consultas y otro para la absolución de estas, incorporando procedimientos técnicos definidos; con ello, se logró estandarizar la información y mejorar la oportunidad de respuesta de la supervisión, contribuyendo al cumplimiento de plazos en el proyecto de estudio.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 CONCEPTUALIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA 4.0

La cuarta generación de tecnología, conocida también como Industria 4.0, es la manera en que el mundo físico y digital se conectan a través de herramientas avanzadas. Las tecnologías disruptivas, como él (IoT), la (IA), la computación en la nube, el análisis de Big Data y la robótica avanzada, están transformando por completo el panorama tecnológico, llevando la innovación a nuevos niveles. Hoy en día, los avances tecnológicos están cambiando por completo cómo nos relacionamos con el mundo que nos rodea. Gracias a estas innovaciones, se están abriendo nuevas formas de vivir, de trabajar y de mantenernos conectados con los demás. Esta nueva etapa es un paso más allá de la automatización que ya conocemos en las fábricas, y su objetivo es integrar los procesos de producción y construcción en un entorno más digital y colaborativo, donde las máquinas y sistemas se comuniquen entre sí de manera inteligente para hacer nuestro día a día más eficiente y conectado. (Basco, Beliz, Coatz, & Garnero, 2018)

2.2.1.1 ORIGEN Y EVOLUCIÓN

La industria 4.0 tiene sus raíces en Alemania, donde en el 2011 se lanzó como una estrategia para asegurar que su

industria manufacturera siguiera siendo competitiva. Aunque inicialmente se centró en el sector industrial, con el tiempo ha ido extendiéndose a otros campos, como la construcción, donde ha dejado una huella notable. Su evolución se basa en la adopción gradual de herramientas digitales, que no solo optimizan los procesos, sino que también mejoran la productividad y la eficiencia de una manera que está transformando muchos sectores a nivel global, incluido Perú. (Garrell & Guilera, 2019)

2.2.1.2 PRIMERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

A finales del siglo XVIII y durante las primeras décadas del XIX, la humanidad vivió uno de los momentos más decisivos de su historia: la Revolución Industrial, este proceso no solo transformó la forma en que se producían bienes, sino que también cambió radicalmente la vida cotidiana de millones de personas. Se dejó atrás una economía basada en la agricultura y la manufactura artesanal para dar paso a un sistema dominado por la industria, las fábricas y la producción en masa. Entre los avances tecnológicos más influyentes se encuentra la mejora de la máquina de vapor por James Watt, que permitió automatizar procesos y aumentar significativamente la eficiencia en la producción. Este cambio no solo impactó la economía, sino también el orden social, el crecimiento urbano, las condiciones laborales y la forma en que las personas se relacionaban entre sí y con su entorno. Fue un punto de inflexión que marcó el inicio de la era moderna. Gracias a estos avances, surgieron fábricas que aumentaron significativamente la producción en masa, lo que provocó una rápida urbanización y la formación de nuevas clases sociales, transformando profundamente tanto la economía como la sociedad de la época.

Entre 1750 y 1840, Inglaterra fue testigo de la primera revolución industrial, cuyo símbolo más conocido es el motor

de vapor. Este invento fue el inicio de todo de grandes cambios en la forma de trabajar y producir.

De acuerdo con Pacheco (2021), la industrialización fue resultado de una serie de avances tecnológicos que reemplazaron la fuerza humana y animal por máquinas y fuentes de energía inanimadas, como el carbón.

Desde la perspectiva de la ingeniería, esta revolución marcó el cambio de una sociedad agrícola y artesanal hacia la mecanización, donde las máquinas asumieron las tareas que antes eran realizadas manualmente. Áreas como la industria textil, la metalurgia, la siderurgia y el transporte crecieron enormemente gracias a esta transformación. (Garrell & Guilera, 2019)

El uso de energía también cambió: la energía hidráulica, obtenida de ruedas de agua, fue reemplazada por energía térmica, con el carbón como fuente principal. Baracca, en sus investigaciones, destaca cómo los avances en mecánica, termodinámica y energías contribuyeron a este proceso.

2.2.1.3 SEGUNDA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Entre la segunda mitad del siglo XIX y los primeros años del siglo XX, se vivió una etapa de grandes avances científicos y tecnológicos que impulsaron el crecimiento de naciones como Francia, Alemania, la Unión Soviética, EE. UU y Japón, mientras que Inglaterra dejó de ser el centro principal de innovación. (Garrell & Guilera, 2019)

Este periodo es conocido como la era eléctrica, marcada por la aparición de los inicios de los medios de comunicación eléctricos, revolucionaron la forma en que las personas se comunicaban, superando las limitaciones de tiempo y distancia. Desde el telégrafo hasta la televisión, permitieron la transmisión rápida y masiva de información. Estos avances transformaron la vida social, política y cultural. Su evolución sentó las bases de la era digital. Entre los inventos más icónicos de esta etapa se encuentran el motor diésel, radio,

automóvil, avión, telégrafo y la bombilla eléctrica. (Garrell & Guilera, 2019)

En cuanto a las fuentes de energía, se subrayan la electricidad y el empleo del petróleo como fuente de combustión, que revolucionaron la forma en que se movía el mundo y facilitaron muchos de estos avances tecnológicos.

Esta etapa fue un salto hacia adelante en cuanto a innovación y expansión global, donde las nuevas invenciones y el uso de nuevas energías transformaron profundamente la vida cotidiana y el desarrollo industrial de la época.

La Segunda Revolución Industrial tuvo un impacto significativo en la construcción civil, transformando por completo la manera en que se diseñaban y construían los edificios e infraestructuras. Durante este período, se hicieron avances clave como la invención de nuevos materiales, como el acero y el concreto armado, que permitieron la creación de estructuras más grandes, resistentes y con diseños más innovadores, incluyendo rascacielos y puentes más complejos.

La introducción de maquinaria más avanzada también facilitó la construcción de infraestructuras a gran escala, como redes de transporte, sistemas de alcantarillado y electricidad, y la expansión de ciudades. Este auge en la construcción civil estuvo impulsado por el rápido crecimiento urbano, la mayor demanda de viviendas y la necesidad de nuevas infraestructuras industriales.

Así, la Segunda Revolución Industrial no solo transformó el sector industrial, sino que también marcó el comienzo de una nueva era en la arquitectura y el urbanismo, estableciendo las bases para las grandes ciudades modernas y sus complejas infraestructuras.

2.2.1.4 TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

La Tercera Revolución Industrial, que comenzó a finales del siglo XX, trajo consigo avances tecnológicos que cambiaron radicalmente la ingeniería civil. El auge de la informática, la

automatización y las nuevas tecnologías de comunicación permitió un enfoque mucho más preciso y la incorporación de tecnologías digitales ha revolucionado el diseño y la construcción de infraestructuras, haciéndolos más eficientes y precisos. Herramientas como el diseño asistido por computadora (CAD) permiten crear planos detallados y modificaciones rápidas, lo que ahorra tiempo y reduce errores. Por otro lado, la modelación de información de construcción (BIM) facilita una visión integral del proyecto, integrando datos técnicos, estructurales y de costos en un solo modelo colaborativo. Esto no solo mejora la planificación, sino que también permite anticipar posibles problemas antes de que ocurran en la obra. Gracias a estas herramientas, los profesionales del sector pueden tomar decisiones más informadas, trabajar en equipo de manera remota y optimizar recursos. En conjunto, estas innovaciones han transformado la manera en que se diseñan, gestionan y construyen edificaciones en todo el mundo.

Entre 1960 y 1990, la tercera Revolución Industrial trajo consigo una era de increíble avance tecnológico y de información. Fue el momento en que la tecnología electrónica, la bioingeniería, las computadoras, las comunicaciones móviles, los dispositivos tecnológicos, el software y la robótica crecieron de manera acelerada. (Basco, Beliz, Coatz, & Garnero, 2018)

Este período transformó la industria mediante la automatización y la robótica, haciendo que las empresas invirtieran más en tecnología que en mano de obra. Aunque esto aumentó la eficiencia, también exacerbó la diferencia de condiciones entre las sociedades más industrializadas y las que están en proceso de transformación económica. (Basco, Beliz, Coatz, & Garnero, 2018)

En términos energéticos, además de seguir usando petróleo y otras fuentes tradicionales, se incorporó la energía

nuclear y se comenzaron a explorar energías alternativas como la solar, eólica, biomasa, geotérmica y mareomotriz. Estas nuevas fuentes son esenciales para un futuro más sostenible.

Además, la innovación en materiales, como los concretos de alto rendimiento y los compuestos, permitió la creación de estructuras más resistentes y duraderas, al tiempo que se reducía el peso de las mismas. La construcción también se vio beneficiada por el uso de sistemas automatizados, como resultado, se experimentó una reducción considerable de tiempos y costos. A su vez, tecnologías como la robótica y la impresión 3D empezaron a ser utilizadas para fabricar componentes de forma más rápida y precisa.

Otra característica clave de esta revolución fue el enfoque hacia la sostenibilidad. Las prácticas ecológicas y la eficiencia energética comenzaron a ser prioritarias, influyendo en cómo se diseñaban y construían las infraestructuras.

2.2.1.5 CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

También denominada Industria 4.0., es como un salto gigante hacia el futuro gracias a los increíbles avances en tecnología y comunicación de las últimas décadas. Imagina una red en entorno productivo que fusiona sistemas físicos, digitales y biológicos trabajan juntos de manera inteligente, cambiando radicalmente cómo nos vinculamos con el entorno que nos rodea. (Garrell & Guilera, 2019)

Industria 4.0 se trata de digitalizar y conectar todos los sistemas industriales a través de internet, lo que permite personalizar y adaptar los procesos de producción de manera flexible. Es como tener fábricas que no solo son más inteligentes, sino también capaces de tomar decisiones por sí mismas.

Las tecnologías en esta revolución son disruptivas, lo que significa que no solo mejoran lo que ya existe, sino que introducen cambios radicales que pueden hacer obsoletos los métodos antiguos. Este concepto de tecnologías disruptivas

fue popularizado por Clayton M. Christensen, y describe cómo las innovaciones pueden transformar industrias enteras. (Garrell & Guilera, 2019)

Gracias a la incorporación de tecnologías de vanguardia, estamos viviendo un momento en que la cuarta revolución industrial redefine la manera en que trabajamos, haciendo que las fábricas y procesos sean más inteligentes y eficientes.

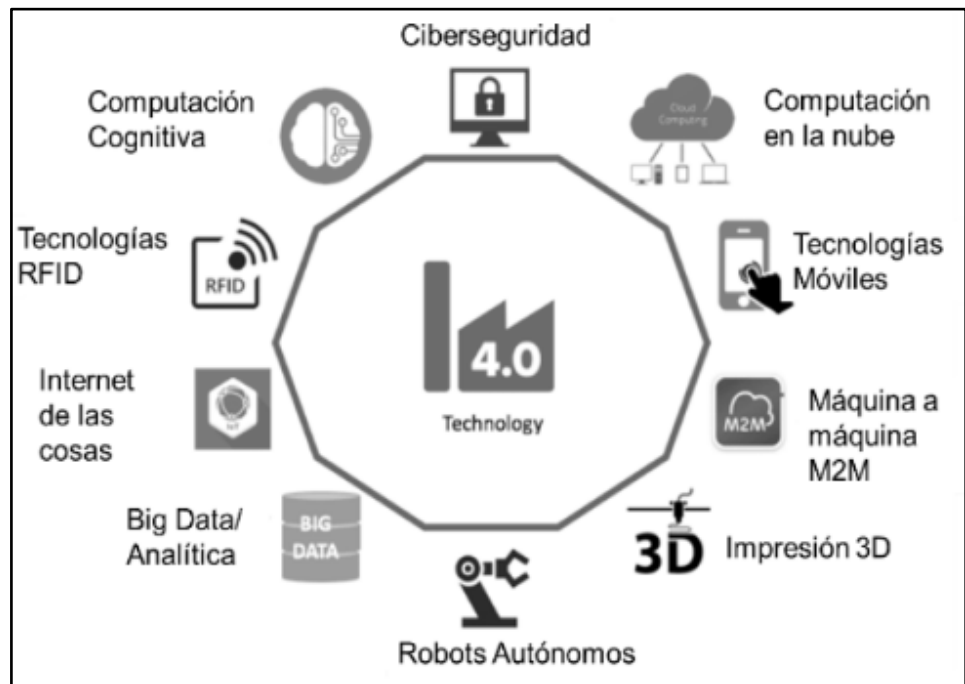
La Cuarta Revolución Industrial está cambiando radicalmente la ingeniería civil al incorporar tecnologías de última generación como la inteligencia artificial, la robótica, el Internet de las Cosas (IoT) y la impresión 3D. Estas innovaciones no solo permiten que el diseño, la construcción y el mantenimiento de infraestructuras sean más precisos y eficientes, sino que también abren la puerta a proyectos más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente. Gracias a la automatización y al análisis de grandes cantidades de datos en tiempo real, es posible anticipar problemas antes de que ocurran, mejorar la seguridad en las obras y optimizar el uso de materiales, reduciendo desperdicios y costos. Además, estas tecnologías facilitan la colaboración entre equipos multidisciplinarios, incluso a distancia, haciendo que los procesos sean más ágiles y coordinados. En conjunto, la cuarta revolución industrial no solo transforma la ingeniería civil, sino que también está redefiniendo la manera en que construimos y vivimos nuestras ciudades.

El modelado de información de construcción (BIM) ha mejorado la forma en que se planifican y gestionan los proyectos, ofreciendo un control más detallado en todas sus etapas. Por otro lado, el internet de las cosas hace posible el monitoreo en tiempo real de las infraestructuras, lo que incrementa su durabilidad y seguridad. Las tecnologías automatizadas y los robots están transformando el trabajo en el sitio de construcción, acelerando los procesos y minimizando errores humanos.

A su vez, el uso de materiales inteligentes y la adopción de energías renovables están impulsando un enfoque más sostenible, lo que da lugar a infraestructuras más ecológicas y resilientes. En conjunto, la Cuarta Revolución Industrial está llevando la ingeniería civil hacia un futuro más eficiente, inteligente y amigable con el medio ambiente.

Figura 1

Tecnologías que todavía están en desarrollo pero que prometen un gran potencial a futuro



Nota. Tecnologías presentes en la Industria 4.0. (Garrell & Guilera, 2019)

La Figura 1 presenta un resumen de las tecnologías que todavía están en desarrollo como la computación cognitiva, Tecnología RFID, Big Data, etc.

2.2.1.6 CONCEPTOS CLAVE

Dentro de la Industria 4.0, hay algunos conceptos clave que vale la pena entender:

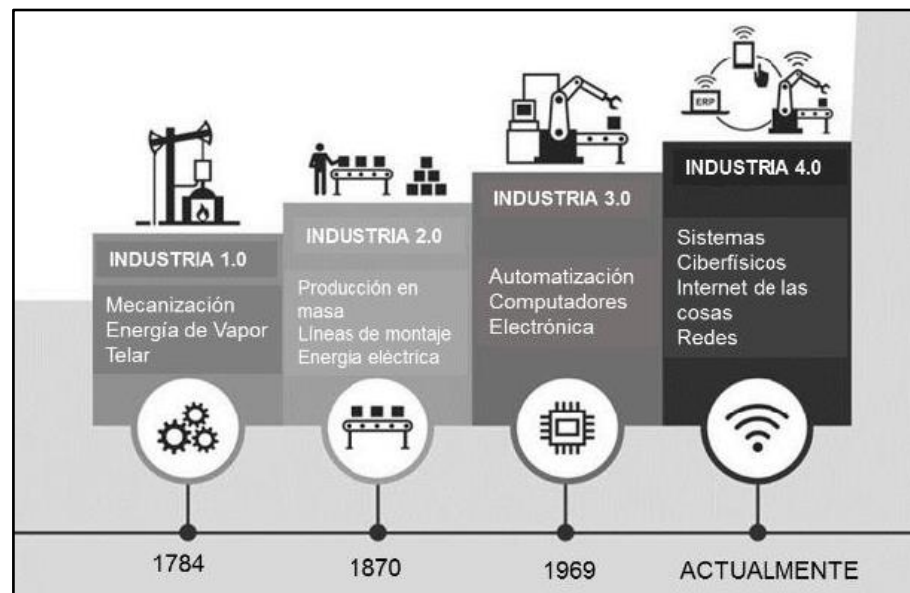
Sistemas ciber físicos: Se trata de la interacción entre lo físico y lo digital, donde los sistemas trabajan juntos para monitorear y controlar procesos en tiempo real. Es como si el mundo físico y el virtual se conectaran para hacer las cosas más inteligentes y eficientes. (Pacheco, 2021)

Autonomía: Aquí hablamos de sistemas que tienen la habilidad de decidir por sí mismos, sin necesidad de intervención humana constante. Piensa en máquinas o programas que pueden ajustarse y actuar por cuenta propia. (Pacheco, 2021)

Digitalización: Este concepto se refiere a convertir procesos que antes eran manuales o analógicos en digitales. Además de aumentar la eficiencia, esto contribuye a que las tareas se realicen con mayor precisión y mejor comunicación entre equipos. (Garrell & Guilera, 2019)

Figura 2

Síntesis visual de las diversas revoluciones industriales a nivel global



Nota. Revoluciones industriales. (Pacheco, 2021)

En la Figura 2 se puede ver un resumen de las cuatro revoluciones industriales, ilustrando cómo hemos avanzado tecnológicamente.

2.2.2 PROYECTOS DE EDIFICACIÓN Y SU TRANSFORMACIÓN DIGITAL

Tradicionalmente, los proyectos de construcción han sido procesos complejos y largos, con la participación de muchos profesionales como arquitectos, ingenieros, constructores y contratistas. Pero con la introducción de la Tecnología 4.0, estamos viendo una transformación hacia la construcción inteligente. Las herramientas digitales están

haciendo que la concepción, la organización y el cuidado de edificios sean más eficientes y sostenibles. (Basco, Beliz, Coatz, & Garnero, 2018)

A) LIMITACIONES DEL ENFOQUE TRADICIONAL

Los métodos de construcción de toda la vida a menudo se ven limitados por la ausencia de coordinación entre los procesos, resultando en una menor productividad, costos altos y desperdicio de materiales. Sin una visión clara y coordinada, los proyectos sufren retrasos y sobrecostos. Este escenario resalta la necesidad de modernizar los métodos de trabajo y aprovechar las nuevas Tecnologías para hacer frente a estos desafíos. (Basco, Beliz, Coatz, & Garnero, 2018).

B) TRANSFORMACIÓN CON TECNOLOGÍA 4.0

Con la llegada de la Tecnología 4.0, la forma de planificar y gestionar proyectos de construcción ha cambiado por completo. La automatización de tareas rutinarias y el uso de inteligencia artificial para prever fallos estructurales mejoran notablemente la eficiencia, disminuyendo los tiempos de ejecución, los costos y los riesgos para los trabajadores. (Basco, Beliz, Coatz, & Garnero, 2018).

2.2.3 APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA 4.0 EN LA EDIFICACIÓN

La incorporación de la Tecnología 4.0 en la construcción facilita una digitalización completa de los proyectos, abarcando todo el procedimiento, desde la creación del diseño hasta el mantenimiento de los edificios. (Farfán & Chavil, 2016)

A) BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

El BIM, es una de las herramientas clave dentro de la Tecnología 4.0 en la construcción. Este proceso digital permite crear y gestionar modelos 3D con datos precisos y completos sobre todos los elementos que conforman un proyecto. Al combinar BIM con tecnologías como IoT y Big Data, se mejora la capacidad de simulación y análisis, lo que permite optimizar tanto la planificación

como la realización de las obras. (Basco, Beliz, Coatz, & Garnero, 2018)

El Big Data: está transformando la industria de la construcción al ofrecer herramientas avanzadas para manejar y analizar información en cada etapa del proceso. Durante el diseño, facilita la creación de proyectos más precisos al integrar datos históricos y aportes de los interesados, permitiendo prever problemas y ajustar presupuestos. En la construcción, mejora la eficiencia al usar sensores para supervisar maquinaria y tráfico, reduciendo costos y desperdicios. Finalmente, en la fase de operación, el big data ayuda a gestionar el edificio de manera más efectiva al monitorear aspectos como el consumo de energía y las temperaturas interiores, lo que permite un mantenimiento más preciso y optimiza el rendimiento del edificio. (Construyamos, 2019).

Modelado: En la construcción, la programación y administración de recursos son esenciales para que los proyectos avancen de manera eficiente, pero los métodos tradicionales de planificación a menudo tienen problemas, como cambios frecuentes y falta de recursos. Para enfrentar estos desafíos, se ha comenzado a utilizar el modelado 4D, una herramienta que permite visualizar el proceso de construcción en tiempo real, anticipando y resolviendo posibles problemas antes de que sucedan. Aunque requiere un enfoque organizado, el modelado 4D ofrece mayor flexibilidad y mejora la planificación en comparación con los métodos convencionales. Un estudio reciente mostró que, si bien la planificación tradicional puede reducir el tiempo en un 20%, el modelado 4D brinda un control más efectivo a largo plazo. (Garrido, Pérez, & Irastorza, 2016).

Figura 3

Instalaciones de saneamiento observadas en el terreno



Nota. Observación de instalaciones sanitarias en terreno. (Alonso, 2015)

En la Figura 3 se presenta la observación de las instalaciones sanitarias en el terreno. Esta revisión en sitio es fundamental para asegurar que la infraestructura esté correctamente ubicada y cumpla con los requisitos técnicos y normativos antes de avanzar con el proyecto de construcción.

Figura 4

Representación en tiempo real de tuberías de ACI y sistemas de desagüe



Nota. Simulación en tiempo real de tuberías de ACI y sistemas de desagüe. (Alonso, 2015)

En la Figura 4 se muestra cómo se integran las instalaciones sanitarias dentro de un proyecto de construcción. Esta integración es crucial para asegurar que el sistema de agua funcione correctamente y también del saneamiento, optimizando el diseño y la eficiencia del proyecto.

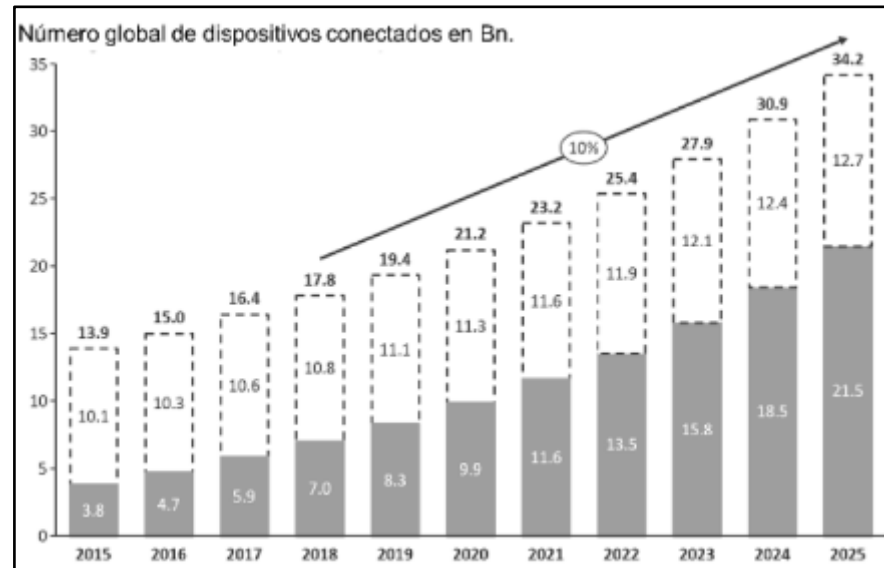
B) INTERNET DE LAS COSAS (IOT)

El uso de IoT en la construcción permite conectar sensores y dispositivos que monitorean en tiempo real el estado de la obra, los materiales y el rendimiento de las máquinas. Gracias a esta tecnología, es posible gestionar de forma remota aspectos clave como la seguridad, el desarrollo del proyecto y la productividad energética de los edificios tras su construcción. (Basco, Beliz, Coatz, & Garnero, 2018)

En la industria de la construcción, las ciudades inteligentes están revolucionando la forma en que se busca mejorar el bienestar y la forma en que disfrutamos la vida de los individuos, utilizando tecnología para recopilar datos sobre el ambiente. A través de microcontroladores, se pueden monitorear factores como la temperatura, la humedad o el nivel de CO₂, lo que permite ajustar automáticamente las condiciones del espacio, como abrir ventanas cuando es necesario. Un ejemplo de esto es un edificio en Donostia-San Sebastián, donde esta tecnología se usa para garantizar un ambiente más saludable y confortable, respondiendo de forma expedita y eficiente para cubrir las necesidades del entorno. (Garin, García, Lizarraga, Betanzos, & Bairi, 2018)

Figura 5

Crecimiento en el uso de dispositivos IOT



Nota. Número global de dispositivos conectados en Bn. (Alonso, 2015).

Según la Figura 5, de los 17 mil millones de dispositivos conectados en 2018, 7 mil millones pertenecen al internet de las Cosas (IoT), dejando fuera teléfonos inteligentes, tabletas, laptops y líneas telefónicas fijas. El término IoT abarca tanto dispositivos de uso cotidiano como aquellos conectados en entornos empresariales, aunque no se incluyan dentro del concepto tradicional de IoT.

C) IMPRESIÓN 3D Y PREFABRICACIÓN

La impresión 3D está revolucionando la construcción al permitir la fabricación rápida y personalizada de componentes para edificios. También, la prefabricación digital aprovecha esta Tecnología para producir elementos con gran precisión fuera del sitio de construcción, lo que ayuda a acelerar el proceso y reducir los costos en el lugar. (Fernández, 2019)

Al implementar la impresión 3D, los proyectos de construcción se transforman, facilitando la visualización de cambios, reduciendo tiempos y optimizando los recursos financieros y naturales. Además, la impresión 3D está ayudando a minimizar las

consecuencias ecológicas de la construcción y fomenta el uso de materiales reciclados (Medina, 2018).

Figura 6

Tecnología de Construcción por Contornos



Nota. Contour Crafting es la Tecnología que fabricará viviendas tanto en la Tierra como en la Luna. (Conteras, 2016)

En la Figura 6, se puede apreciar el prototipo conocido como Big Delta 3D tiene una altura impresionante de 12 metros y un diámetro de 6 metros, y se puede montar y desmontar para facilitar su transporte.

El año pasado, se mostró otra impresora 3D gigantesca de 4,5 metros, pero la Big Delta 3D la supera con creces en tamaño. (Medina, 2018).

Figura 7

Impresora 3D de Gran Delta



Nota. Big Delta, la impresora 3D que puede edificar viviendas. (Alonso, 2015)

La Figura 7 refleja la impresora 3D, un dispositivo capaz de trabajar con materiales como barro, arcilla, fibras naturales e incluso cemento en el futuro. Requiere solo unas pocas decenas de vatios de potencia para operar, por lo que su consumo energético es relativamente bajo.

D) ROBÓTICA Y AUTOMATIZACIÓN

En la construcción, la robótica está cambiando por completo la forma de abordar las tareas repetitivas y riesgosas, como el transporte de materiales pesados y la construcción de muros. Los robots autónomos no solo mejoran la eficiencia y reducen el riesgo de accidentes, sino que también aceleran las distintas fases del proyecto. (Garrell & Guilera, 2019)

El ARC Mate 120 es un dispositivo robótico de seis ejes utilizado en la construcción, conocido por mejorar la precisión y la velocidad en procesos como la soldadura y el corte. Además, otros robots en las plantas de materiales de construcción realizan tareas como mover materiales y aplicar resina. Por ejemplo, la empresa CREATON ha desarrollado robots que fabrican 60 ladrillos de arcilla por minuto, una tarea compleja de hacer a mano (Ferreiro, 2014).

E) GEMELOS DIGITALES

Son representaciones digitales en tiempo real de dispositivos y procesos dentro de una fábrica, conectadas al sistema real a través de Sistemas Ciber físicos (CPS). Al integrar datos actuales de la planta, el historial de operaciones y mantenimiento, y técnicas de Machine Learning, se genera un modelo preciso que refleja con exactitud el comportamiento del sistema real. (Rodríguez-González, Morales, & Sucar, 2020).

Con los gemelos digitales, es posible tener una representación virtual en tiempo real del edificio en construcción. Esto ayuda a simular distintos escenarios y a detectar fallos potenciales antes de que se materialicen, permitiendo hacer correcciones por adelantado y reduciendo los costos que suelen surgir de errores y sorpresas imprevistas. (Colpari, 2020).

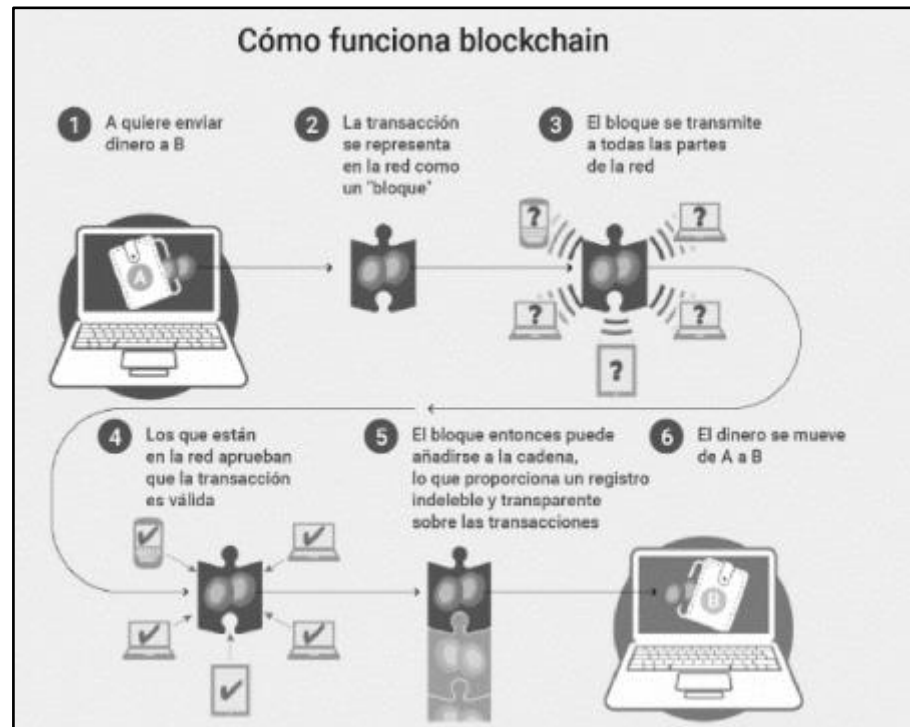
F) BLOCKCHAIN

En una red de bloques distribuida, los contenidos se duplica en toda la red de computadoras, asegurando que ninguna persona o entidad tenga control absoluto sobre ella. Los cambios en la cadena solo se pueden realizar si todas las computadoras, que poseen versiones idénticas de la cadena, están de acuerdo. Esto asegura que la información que el sistema tiene registrada de bloques no se puede modificar.

En una cadena de bloques, cada bloque contiene varios registros transaccionales y se conecta con el bloque anterior usando una función hash. Con la adición de nuevos registros, estos pasan por un proceso de validación por una red de computadoras distribuidas y se vinculan al bloque previo, creando una secuencia continua de bloques. (Linares, 2018)

Figura 8

Organización de la información en Blockchain, las operaciones se agrupan en bloques que se conectan entre sí



Nota. Desbloqueo de Blockchain: Un enfoque del tratamiento de datos en la Tecnología Blockchain. (Dinh, y otros, 2018, págs. 30(7), 13366-1385.)

La Figura 8 presenta una explicación de cómo operan los algoritmos de consenso en una red blockchain. Estos algoritmos son fundamentales con el fin de preservar y cuidar que la red esté protegida y no sufra alteraciones, dado que permiten alcanzar un acuerdo sobre la validez de las transacciones y el estado del sistema.

2.2.4 IMPACTO DE LA TECNOLOGÍA 4.0 EN LOS RESULTADOS DE LOS PROYECTOS

El uso de la Tecnología 4.0 en el rubro de la construcción está cambiando la manera en que se realizan los proyectos, trayendo beneficios significativos. (Diéz, 2020)

En los últimos años, la ingeniería civil ha comenzado a experimentar una transformación profunda gracias a la incorporación de tecnologías propias de la llamada Industria 4.0. Este nuevo enfoque, que integra herramientas como el modelado digital (BIM), sensores

inteligentes (IoT), drones, inteligencia artificial y análisis de datos en tiempo real, está cambiando la manera en que se conciben, planifican y ejecutan los proyectos de infraestructura. (Diéz, 2020)

A) REDUCCIÓN DE COSTOS

Automatizar procesos y utilizar modelos digitales como BIM e inteligencia artificial ayuda a evitar errores, retrasos y desperdicio de materiales. Esto se traduce en un manejo más eficiente del presupuesto, ya que se optimizan los recursos y se previenen problemas antes de que ocurran. (Linares, 2018)

B) MEJORA DE LA SEGURIDAD EN LA OBRA

Con la ayuda de robótica y dispositivos IoT, es posible monitorear continuamente el entorno de trabajo. Esto mejora la seguridad al identificar riesgos potenciales y evitar accidentes. Las máquinas automatizadas también realizan tareas peligrosas, protegiendo a los trabajadores de situaciones riesgosas. (Diéz, 2020)

C) MAYOR SOSTENIBILIDAD

La Tecnología 4.0 facilitan la construcción de edificios más ecológicos. A través de simulaciones digitales, se puede optimizar el diseño energético para minimizar el gasto de energía. Además, la impresión 3D y la prefabricación minimizan el desperdicio de materiales, mientras que el estudio de grandes volúmenes de datos mejora el manejo de recursos. (Linares, 2018)

D) MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El examen de datos en tiempo real posibilita de realizar el mantenimiento predictivo en los edificios una vez construidos. Los sensores inteligentes recogen información que ayuda a anticipar fallos, lo que permite intervenir antes de que surjan problemas graves, evitando costosas reparaciones a largo plazo. (Diéz, 2020)

El impacto de estas tecnologías no se limita solo al aspecto técnico; también influye directamente en los resultados generales de cada obra. Por ejemplo, ahora es posible anticipar problemas antes de que ocurran, optimizar el uso de materiales, reducir desperdicios y tomar decisiones más rápidas y acertadas durante la ejecución del proyecto. Todo esto se traduce en beneficios concretos: obras más eficientes, reducción de costos, cumplimiento de plazos y mayor calidad en los resultados finales. (Diéz, 2020)

Además, estas herramientas permiten mejorar la colaboración entre los distintos actores del proyecto, ya que facilitan el acceso a la información en tiempo real y promueven una comunicación más fluida entre diseñadores, ingenieros, contratistas y supervisores. Esto no solo mejora la productividad, sino que también reduce errores y retrabajos que suelen generar retrasos y sobrecostos. (Diéz, 2020)

2.2.5 DESAFÍOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA 4.0 EN LA CONSTRUCCIÓN

Aunque los beneficios de la Tecnología 4.0 en la construcción son claros, su implementación enfrenta ciertos desafíos.

A) RESISTENCIA AL CAMBIO

Muchos actores del sector están acostumbrados a métodos tradicionales y pueden mostrarse reticentes a adoptar nuevas Tecnologías. Cambiar esta mentalidad requiere invertir en capacitación y promover una cultura de innovación. (Linares, 2018)

B) INVERSIÓN INICIAL

La implementación de tecnologías innovadoras, como la robótica o el IoT, puede implicar altos costos iniciales, lo que supone un obstáculo para empresas más pequeñas. Sin embargo, los beneficios en ahorro de costos y eficiencia a largo plazo suelen justificar esta inversión. (Linares, 2018)

C) CAPACITACIÓN Y ADAPTACIÓN

La digitalización exige que los trabajadores adquieran nuevas habilidades técnicas, lo cual puede ser un reto, especialmente en un sector acostumbrado a métodos más convencionales.

D) CIBERSEGURIDAD

La vinculación de sistemas y la utilización de datos en tiempo real aumenta los riesgos de seguridad, por lo que proteger la información es fundamental y los sistemas digitales es fundamental para garantizar una implementación segura y eficiente de estas Tecnologías. (INCIBE, 2017)

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

2.3.1 ALGORITMO

Según Ermi (2015) Son formulado en un lenguaje que una computadora puede procesar.

2.3.2 CONSTRUCCIÓN INTELIGENTE Y SOSTENIBLE

Implica la implementación de soluciones tecnológicas para crear edificios inteligentes y sostenibles en Huánuco, que utilicen sistemas de automatización, sensores y la evaluación de datos para mejorar el rendimiento operativo y el confort de los usuarios, mientras reducen su impacto ecológico. (IBM, 2021)

2.3.3 COLABORACIÓN Y COMUNICACIÓN DIGITAL

Se refiere al uso de herramientas digitales y plataformas colaborativas para facilitar la interacción y el trabajo conjunto entre los diversos equipos en los proyectos de construcción en Huánuco, incluso si están ubicados en diferentes lugares geográficos. (IBM, 2021)

2.3.4 DIGITALIZACIÓN DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

Implica la transformación de los procesos tradicionales de construcción en Huánuco mediante la digitalización el aprovechamiento de datos y la simplificación de procesos mediante tecnología y la gestión eficiente de la información utilizando software y plataformas especializadas. (IBM, 2021)

2.3.5 GEMELOS DIGITALES

Un gemelo digital se definió como una representación virtual integrada y basada en datos de un activo físico (por ejemplo, un edificio o sus sistemas), que se mantuvo sincronizada con su contraparte real mediante el intercambio de información a una frecuencia y nivel de detalle establecidos. En ese sentido, el gemelo digital no se limitó a un modelo 3D, sino que funcionó como un entorno digital que permitió observar, analizar y anticipar el comportamiento del activo a partir de datos y modelos, para sustentar decisiones durante su ciclo de vida. (Grieves & Vickers, 2017; Vickers, 2025; ISO, 2021).

- a) **Activo físico (Physical Twin):** el objeto/sistema real (edificio, instalaciones, estructura). (Grieves & Vickers, 2017).
- b) **Activo virtual (Virtual Twin):** representación digital que incluye geometría, atributos e información funcional del activo. (ISO, 2021).
- c) **Vínculo de datos o “hilo digital” (Data link / Digital thread):** mecanismo de intercambio que sincronizó estados entre lo físico y lo virtual (frecuencia definida). (Vickers, 2025; ISO, 2021).
- d) **Modelos/servicios de análisis:** capacidades de simulación, diagnóstico o predicción soportadas por datos y modelos para apoyar decisiones. (Abdelrahman et al., 2025; Vickers, 2025).

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

H_1 : La aplicación de la Tecnología 4.0 influye en los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.

H_0 : La aplicación de la Tecnología 4.0 no influye en los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.

2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

- H_{1_1} : La implementación de la Tecnología 4.0 impacta en la eficiencia operativa de los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.

- $H1_0$: La implementación de la Tecnología 4.0 no impacta en la eficiencia operativa de los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.
- $H2_1$: La Tecnología 4.0 influye en la calidad de las construcciones en la ciudad de Huánuco.
- $H2_0$: La Tecnología 4.0 no influye en la calidad de las construcciones en la ciudad de Huánuco.
- $H3_1$: La adopción de la Tecnología 4.0 influye en la sostenibilidad en los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.
- $H3_0$: La adopción de la Tecnología 4.0 no influye en la sostenibilidad en los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.

2.5 VARIABLES

2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Desempeño del proyecto de edificación

2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

Tecnología 4.0

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Operacionalización de variables de la investigación

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA	TÉCNICA/INSTRUMENTO
Independiente: Tecnología 4.0	Detección de interferencias (Clash Detection)	N.º total de interferencias detectadas	Razón	Reporte de choques (Revit)
	Severidad de interferencias	N.º de interferencias clasificadas por severidad	Razón	Informe de clasificación por severidad
Dependiente: Desempeño del proyecto de edificación	Eficiencia operativa	Distribución de interferencias por elemento estructural	Razón	Reporte BIM
	Calidad constructiva	N.º de interferencias que ocasionan incompatibilidades críticas	Razón	Registro de conflictos severos
		N.º de interferencias eléctricas y sanitarias	Razón	Registro BIM por especialidad
	Sostenibilidad	Nº de elementos estructurales afectados	Razón	Conteo por especialidad

Nota. Se presenta las variables desglosadas en dimensiones más específicas, junto con sus indicadores correspondientes, lo que facilita una observación directa.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue de tipo **aplicada**, debido a que buscó generar conocimiento práctico y utilizable en situaciones del mundo real (Hernández, 2014). En este caso, se aplicó Tecnología 4.0 en un proyecto de edificación en Huánuco, con la finalidad de optimizar la eficiencia, la calidad y la sostenibilidad a partir del modelado y la compatibilización digital de especialidades. En ese sentido, los resultados obtenidos aportaron información relevante para la toma de decisiones técnicas vinculadas a la construcción.

3.1.1 ENFOQUE

El trabajo se enfocó en obtener resultados a partir de la evaluación y el modelado de un proyecto de edificación mediante el uso de Tecnología 4.0. De acuerdo con lo señalado por Hernández (2014), este enfoque se clasificó como una investigación de carácter **cuantitativo**.

Por lo tanto, en este estudio se desarrolló una investigación cuantitativa, debido a que se recopilaron, analizaron e interpretaron datos numéricos derivados del modelado y de los reportes obtenidos, con el propósito de sustentar mejoras orientadas a una mayor eficiencia y a la automatización de procesos asociados a la construcción.

3.1.2 ALCANCE O NIVEL

De acuerdo con (Hernández Sampieri et al., 2014), el alcance **descriptivo** se orienta a caracterizar un fenómeno tal como ocurre en una población, situación o contexto determinado, especificando sus propiedades, rasgos y componentes. En este tipo de estudios, el propósito central no es explicar causas ni probar relaciones de efecto, sino medir y describir con precisión “qué” sucede, “cómo” se manifiesta y “con qué frecuencia” aparece, utilizando procedimientos sistemáticos de recolección y análisis (p. ej., conteos, clasificaciones y distribuciones) para presentar el comportamiento de las variables en el escenario estudiado.

En esta tesis, el alcance **descriptivo** se justificó porque el estudio se centró en identificar, cuantificar y clasificar las incompatibilidades técnicas (interferencias) detectadas mediante el modelado BIM/Tecnología 4.0, describiendo su frecuencia, su distribución por especialidad (estructuras e instalaciones) y su nivel de severidad/prioridad, así como los elementos del modelo en los que se concentraron. En consecuencia, los resultados se presentaron como número de interferencias y categorías, con el propósito de caracterizar el estado de coordinación a partir del modelado y la compatibilización digital de especialidades, para luego sustentar decisiones técnicas de mejora.

3.1.3 DISEÑO

Según Hernández (2014), una investigación se considera **no experimental** cuando no se realiza la manipulación de la variable independiente y cuando se analizan hechos o situaciones tal como ocurren en su contexto, observando la relación natural entre las variables. En este tipo de investigación, el fenómeno se estudia sin intervenir directamente en él, describiendo su comportamiento a partir de la información disponible.

En concordancia con lo anterior, el diseño de la investigación fue no experimental, debido a que no se manipuló la variable independiente y el análisis se realizó a partir del modelado y la evaluación del proyecto, observando la interacción de las variables en condiciones naturales del caso estudiado.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

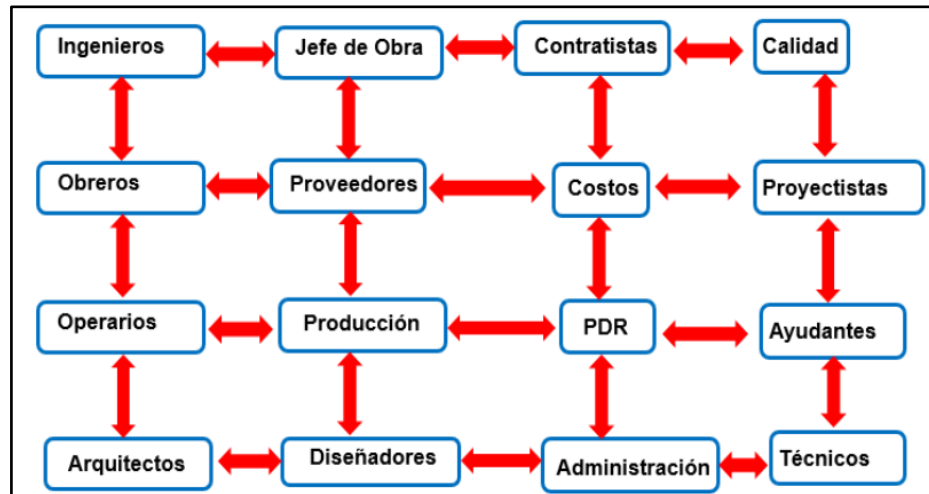
La población de estudio estuvo conformada por el conjunto de proyectos de edificación formal desarrollados en la ciudad de Huánuco que contaron con diseño técnico y dirección profesional, y que presentaron condiciones comparables al caso analizado para su evaluación mediante tecnologías 4.0. Esta delimitación permitió enmarcar los resultados dentro del contexto de edificaciones semejantes y respaldó su utilidad como referencia técnica (Valderrama Mendoza, 2013).

3.2.2 MUESTRA

La muestra de estudio estuvo constituida por un (1) proyecto de edificación ubicado en la ciudad de Huánuco, seleccionado por conveniencia y por disponibilidad de información necesaria para su modelado y análisis en un entorno BIM. En este caso, se aplicó tecnología 4.0 mediante el modelado digital y la detección de interferencias entre especialidades, obteniéndose resultados cuantificables acordes con los objetivos de la investigación (Valderrama Mendoza, 2013).

Figura 9

Actores y flujo de coordinación del proyecto



Nota. En la Figura 9 se muestran los principales actores que intervienen en un proyecto de edificación y su relación de coordinación durante el desarrollo del diseño y la ejecución. Esta representación se incluyó con fines descriptivos para contextualizar el entorno de trabajo donde se aplicó la metodología BIM.

A partir del mapa de actores, se identificó que la coordinación del proyecto se concentra en el equipo encargado de integrar la información técnica (grupo BIM), debido a que articula y verifica la compatibilidad entre estructuras e instalaciones. En esta tesis, dicha identificación se utilizó únicamente para describir el flujo de coordinación del proyecto y justificar el uso de BIM como herramienta de integración. La información analizada provino del modelado y de los reportes técnicos generados por el software, sin recurrir a entrevistas, encuestas u otras técnicas aplicadas a personas.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica empleada fue el análisis documental y la observación estructurada del modelo BIM, orientadas a identificar y registrar de manera sistemática las incompatibilidades técnicas (interferencias) entre estructuras e instalaciones dentro del entorno digital de modelamiento.

El instrumento principal fue el registro de interferencias, para consignar de forma ordenada cada incompatibilidad detectada, incluyendo su especialidad, ubicación, tipo de elemento involucrado y

nivel de severidad. También, se utilizaron los reportes de interferencias generados por el software de modelado (Revit) como evidencia cuantitativa, los cuales permitieron consolidar los resultados mediante conteos y clasificación por categorías, coherentes con el alcance descriptivo del estudio.

- Técnica 1: Análisis documental (revisión de planos y documentación técnica del proyecto).
- Técnica 2: Observación estructurada en gabinete del modelo BIM (detección y verificación de interferencias en el entorno digital).
- Instrumentos:
 - ✓ Reportes de interferencias emitidos por Revit (base de datos para el procesamiento de resultados).

La investigación no consideró técnicas de recolección basadas en interacción con personas (entrevistas o encuestas), debido a que el análisis se sustentó en el modelado BIM y los reportes técnicos obtenidos del software.

3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Los resultados se organizaron de acuerdo con los indicadores establecidos en la operacionalización. La información se obtuvo del modelado BIM y de los reportes generados en Autodesk Revit 2025, los cuales se sistematizaron en tablas para registrar el número total de interferencias y su distribución por especialidad (instalaciones eléctricas e instalaciones sanitarias). Asimismo, los datos se presentaron según el elemento estructural involucrado (por ejemplo, vigas, columnas, muros, losas y cimentación) y mediante una clasificación por severidad (crítica, alta y media). Para facilitar la comprensión de los resultados, se incluyeron figuras y gráficos que resumieron la distribución de interferencias en el proyecto analizado.

3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

El análisis de datos se realizó mediante un tratamiento cuantitativo basado en el conteo y clasificación de las interferencias identificadas en el entorno BIM. En primer lugar, los reportes de interferencias fueron revisados y depurados para evitar duplicidades y asegurar consistencia

en los registros. Posteriormente, se calcularon frecuencias y porcentajes para describir la distribución de interferencias por especialidad, por elemento estructural y por severidad. Finalmente, los resultados se interpretaron en función de la concentración de interferencias y su nivel de severidad, con el fin de sustentar la utilidad del modelado BIM para identificar incompatibilidades entre especialidades en la etapa previa a la ejecución.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

El procesamiento de datos se realizó a partir de la información obtenida del modelo BIM y de los reportes generados en Autodesk Revit 2025. En primer lugar, las interferencias detectadas se registraron y se consolidaron en un solo listado, verificándose que los datos no presentaran duplicidades. Posteriormente, la información se organizó en tablas para facilitar su análisis, agrupándola por especialidad (instalaciones eléctricas e instalaciones sanitarias) y por el elemento estructural involucrado (vigas, losas, columnas, muros y cimentación). Finalmente, las interferencias se clasificaron según su severidad (críticas, altas y medias), con el propósito de obtener frecuencias y distribuciones que permitieran presentar resultados claros y comparables en el presente capítulo.

4.1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

Ubicación geográfica de lugar de estudio.

- Región: Huánuco
- Provincia: Huánuco
- Distrito : Huánuco
- Lugar: Jr. Los Naranjos #212.

Figura 10

Ubicación del lugar de estudio



Fuente: Esquema de la localización del proyecto, Google Earth.

En la FIGURA 10, se puede apreciar la ubicación (Departamental, Provincial, Distrital y el lugar de estudio) del presente proyecto.

4.1.2 ANÁLISIS PARA EL MODELADO

Se ha desarrollado un modelo 3D, bajo la metodología BIM en la etapa temprana del proyecto. La metodología BIM, consiste en una forma de trabajo que emplea un modelo digital para representar todos los aspectos del proyecto a construir. En este caso, el proyecto es el diseño de una edificación multifamiliar a partir del modelado y la compatibilización digital de especialidades que tendrá 3 niveles con azotea, y cada nivel contará con dos departamentos.

Para crear el modelo BIM, se han utilizado datos del proyecto en formato CAD (Diseño Asistido por Computadora). El formato CAD es una Tecnología que permite a los diseñadores crear planos y dibujos técnicos de manera digital. Estos datos se convierten en un modelo 3D bajo la metodología BIM en Revit, que es más avanzado debido a sus características y detallado que un simple dibujo CAD.

El propósito de utilizar la metodología BIM en Revit es llevar a cabo un análisis adecuado del objeto de estudio. En el contexto de la edificación, esto significa que el modelo BIM no solo representa visualmente el edificio, sino que también permite realizar análisis detallados sobre diversos aspectos, como la estructura, instalaciones eléctricas y sanitarias, y la optimización energética, la administración de materiales y la colaboración entre diferentes disciplinas en el proyecto.

4.1.3 TOMA DE DATOS INICIALES Y DIMENSIONAMIENTO

A) CREACION DE ELEMENTOS

- Columnas
- Vigas principales y secundarias
- Escalera
- Vigas de cimentación
- Zapatas

B) IMPORTACION DE FAMILIAS

- Tabiquería ladrillo 6 huecos Pandereta
- Losa aligerada

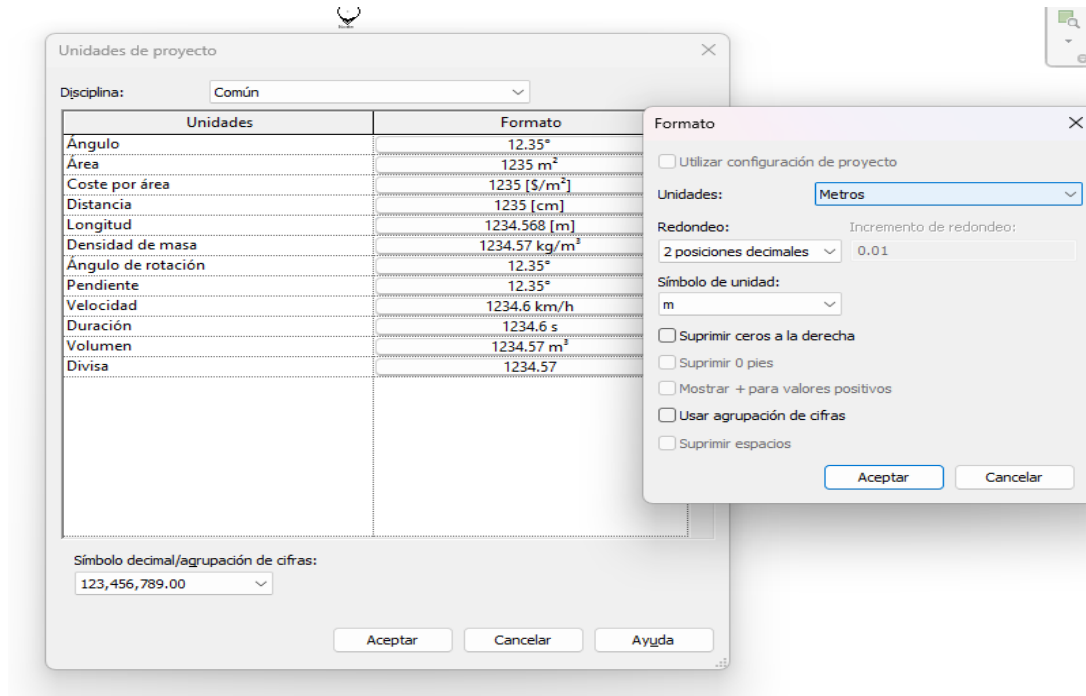
4.1.4 MODELAMIENTO BIM

Se mostrará el proceso detallado de construcción para cada uno de los componentes estructurales, tanto desde la perspectiva de los planos arquitectónicos como de los planos estructurales. Este enfoque paso a paso tiene como propósito facilitar la identificación de fallas o errores que puedan presentarse durante la planificación o realización de la construcción.

4.1.4.1 CONFIGURACIÓN INICIAL DEL PROYECTO: UNIDADES Y DIMENSIONES EN REVIT 2025

Figura 11

Cambio de unidad de medida en el software aplicable



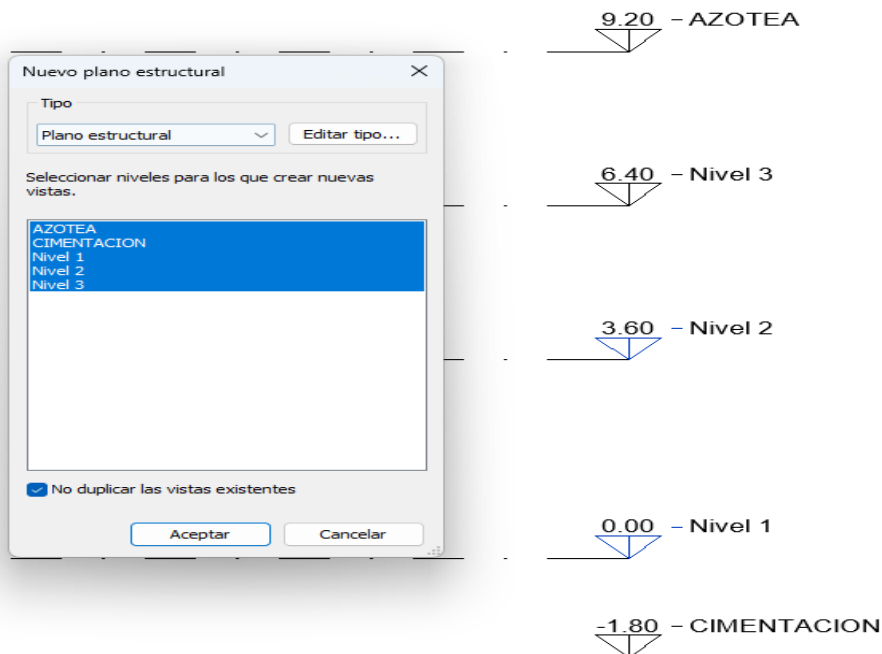
Nota. Se configuraron las unidades del proyecto y el formato de medición en Autodesk Revit, estableciendo el sistema en metros y ajustando la precisión (redondeo) para asegurar consistencia en los cálculos y reportes del modelado.

4.1.4.2 CREACIÓN DE NIVELES Y ASIGNACIÓN DE ALTURAS

El proyecto contempla un total de cuatro plantas, distribuidas de la siguiente forma: planta baja, primer piso, segundo piso, tercer piso, terraza y/o cubierta.

Figura 12

Asignamos nivel de cota de selección



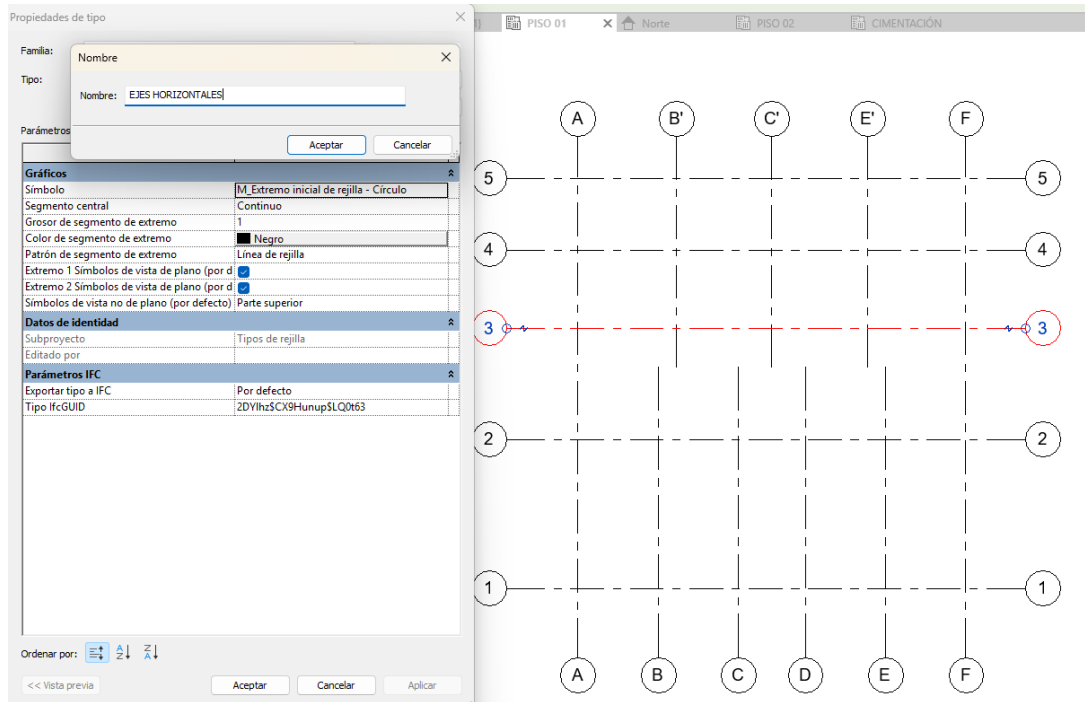
Nota. El nivel de cota que se asignó es de -1.80 m para el nivel más bajo, cimentación.

4.1.4.3 CREACIÓN DE EJES DEL PROYECTO

En el modelado de edificaciones, los ejes del proyecto se definieron como líneas de referencia que organizaron la geometría y la ubicación de los elementos principales del sistema estructural y arquitectónico. Su trazado permitió establecer alineamientos, controlar distancias y mantener coherencia entre niveles y componentes como columnas, muros, vigas y vanos. En esta investigación, la creación de ejes facilitó el ordenamiento del modelo en Autodesk Revit 2025 y mejoró la precisión del posicionamiento de los elementos, lo que contribuyó a una coordinación más clara entre especialidades y a una posterior detección de interferencias con mayor consistencia.

Figura 13

Modelado de los ejes en la coordenada Norte



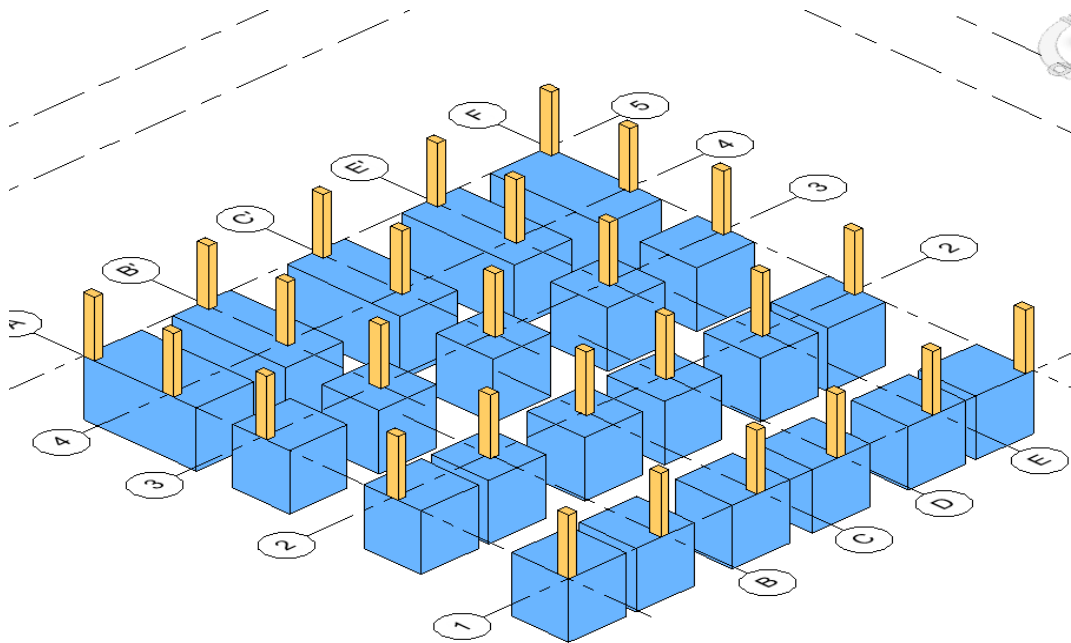
Nota. Modelamiento de la primera etapa en la planificación de una construcción.

4.1.4.4 CREACIÓN DE ZAPATAS CORRESPONDIENTES AL PROYECTO

El modelado de una zapata en el software BIM (Revit) consiste en la representación precisa de la cimentación existente, partiendo de la definición del tipo y de las dimensiones previamente diseñadas. Este modelado permite incluir la armadura de refuerzo existente y generar una representación 3D. El propósito es integrar este componente al modelo general para la detección de interferencias, garantizando la precisión geométrica para la posterior comparación con los sistemas de instalaciones.

Figura 14

Modelado de las zapatas



Nota. Modelamiento de las zapatas aisladas y combinadas de concreto, de dimensiones de 1.80x1.80x1.80 cm y 3.57x1.80x1.80.

4.1.4.5 CREACIÓN DE COLUMNAS PARA EL PROYECTO

La creación de columnas en el proyecto consistió en modelar los elementos verticales del sistema estructural conforme a la geometría y dimensiones definidas en el proyecto, asignándoles su tipología y material correspondiente dentro de Autodesk Revit 2025. Para ello, las columnas se ubicaron de acuerdo con los ejes y niveles previamente configurados, asegurando alineamiento y continuidad con los demás elementos estructurales. Posteriormente, el modelo se revisó mediante el análisis de interferencias con otras especialidades, con la finalidad de identificar posibles cruces o incompatibilidades que afectaran la compatibilización del proyecto.

Figura 15

Dimensiones de las columnas para el modelado

Nombre

Nombre: COLUMNA DE CONCRETO F'C 210 KG/CM2_0.25X0.35

Aceptar Cancelar

Forma de sección Sin definir

Cotas

b 0.2500 m

h 0.3500 m

Datos de identidad

Clave de nombre de sección

Imagen de tipo

Nota clave

Modelo

Fabricante

Comentarios de tipo

URL

Descripción

Código de montaje

Costo

Descripción de montaje

Marca de tipo

Subproyecto Familia : Pilares estructurales : Hormigón-

Editado por

Número OmniClass

Título OmniClass

Nombre de código

Parámetros IFC

Introducir el tipo predefinido de IFC

Exportar tipo a IFC como

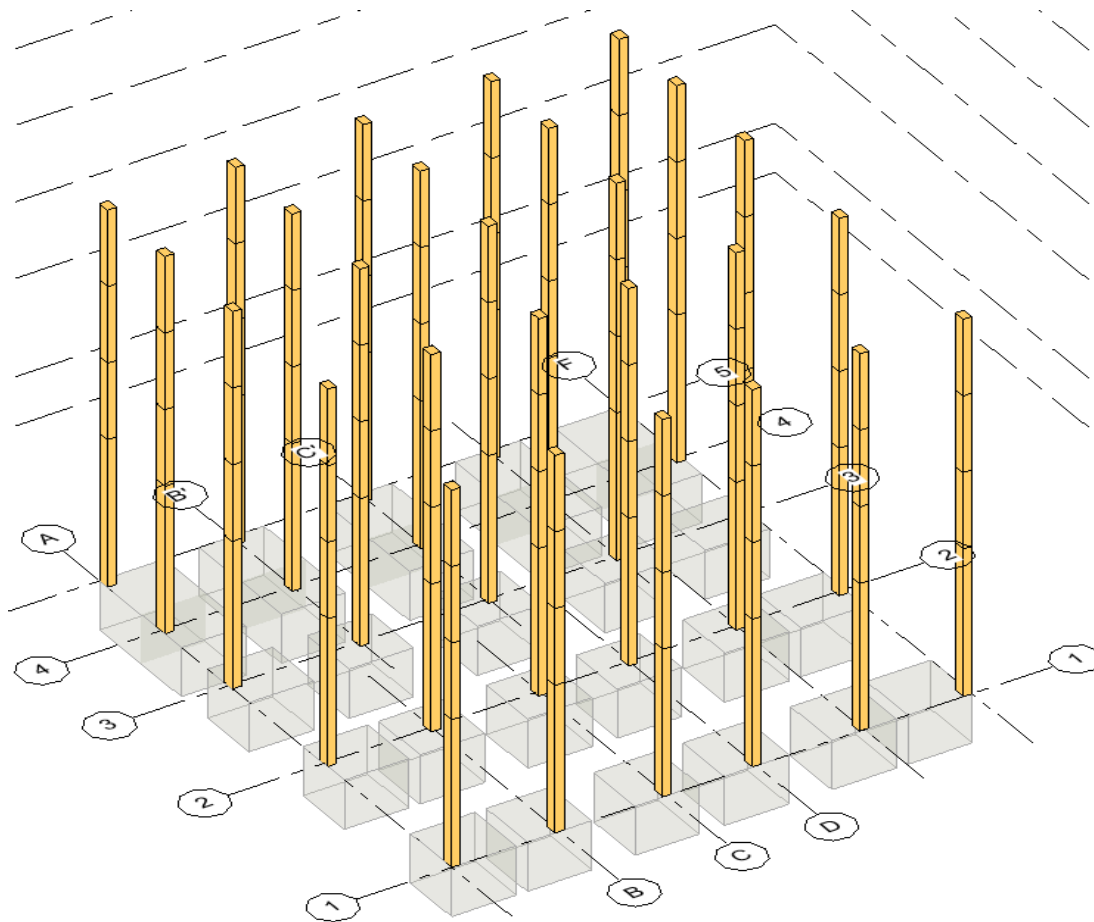
Exportar tipo a IFC Por defecto

Tipo IfcGUID 2rBmRObATCKATBIWPafIJw

Nota. Se colocaron las dimensiones de las columnas.

Figura 16

Modelado de las columnas/pilares estructurales



Nota. Modelamiento de columnas en la primera etapa en la planificación de una construcción, donde sus dimensiones son de 25x35cm.

4.1.4.6 AGREGADO DE VIGAS DE CIMENTACIÓN AL PROYECTO

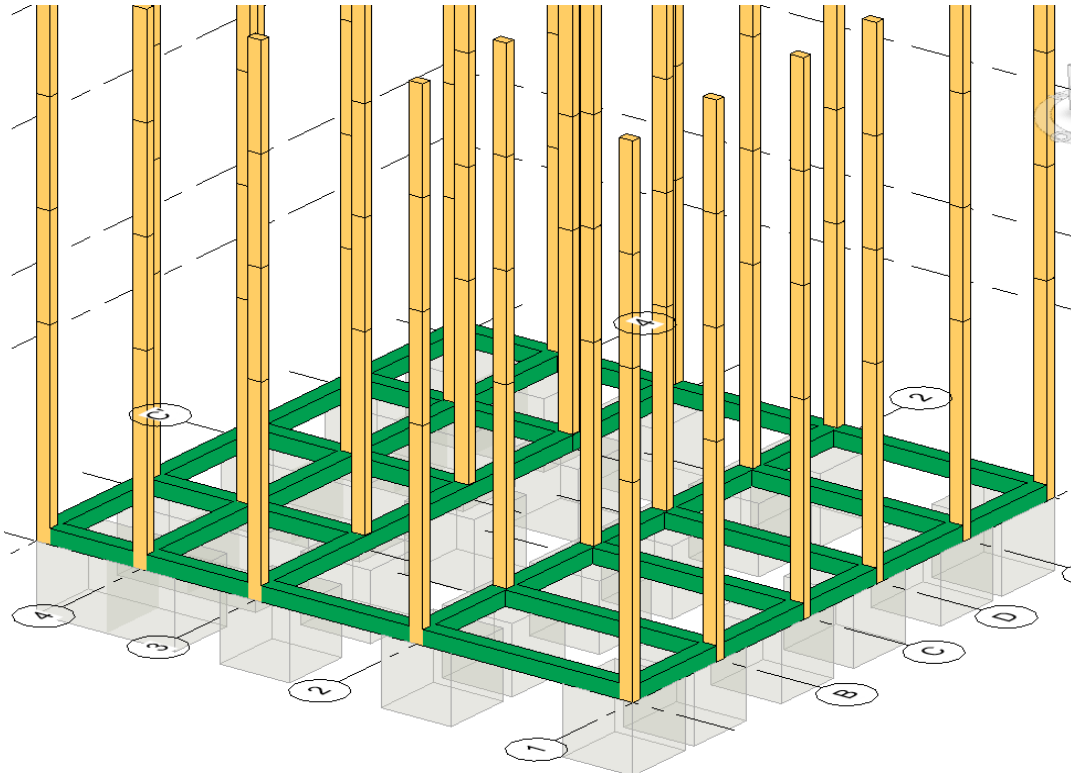
Las vigas de cimentación son componentes estructurales que se encargan de transferir las cargas de la edificación hacia las zapatas o directamente al terreno, evitando asentamientos diferenciales y garantizando la estabilidad global de la construcción.

El proceso de modelado contempla la creación de la estructura y las nomenclaturas de los nombres según sea el tipo, es decir, la configuración de las secciones y materiales de las vigas. Con la nomenclatura definida, se procede a identificar en la parte de análisis de interferencias. Finalmente, se

elaboran un informe detallado y reportes técnicos que respaldan el análisis de interferencias.

Figura 17

Modelado de las vigas de Cimentación



Nota. Modelamiento de cimientos y cimentación en la primera etapa en la planificación de una construcción, con una dimensión de 40x40cm.

4.1.4.7 CREACIÓN DE VIGAS PRINCIPALES Y VIGAS SECUNDARIAS CORRESPONDIENTES AL PROYECTO

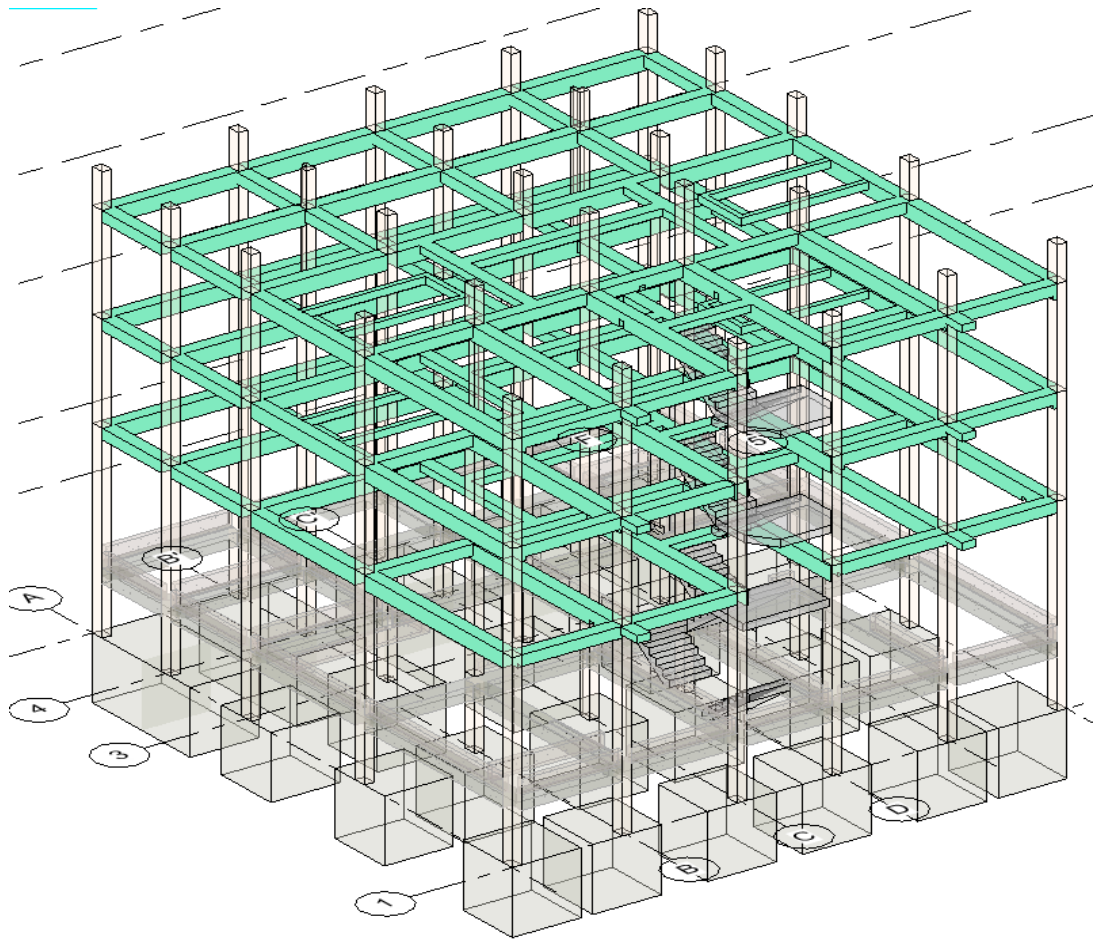
Las vigas son elementos estructurales cuya función es recibir y transferir las cargas provenientes de losas, techos o muros hacia los pilares o paredes portantes.

El proceso de modelado consiste en establecer sus dimensiones y propiedades, asignar los materiales correspondientes y efectuar un análisis que permite evaluar las interferencias, garantizando así un diseño adecuado que previene gasto innecesario en obra.

Cada viga fue modelada de manera individual siguiendo las especificaciones de los planos técnicos.

Figura 18

Modelamiento de las vigas primarias y secundarias



Nota. Modelamiento de vigas en la primera etapa en la planificación de una construcción, viga principal de 35x40cm y la viga secundaria de 30x35cm.

4.1.4.8 MODELADO DE LOSAS CORRESPONDIENTES AL PROYECTO

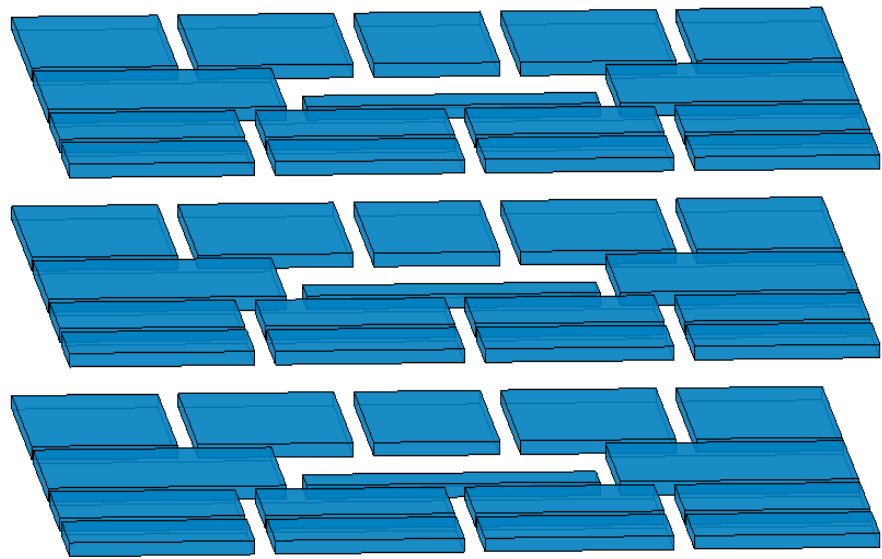
Una losa aligerada se definió como un elemento estructural de concreto que incorpora componentes de aligeramiento (como casetones u otros elementos) con la finalidad de reducir el peso propio, manteniendo su función dentro del sistema estructural de la edificación. En el proyecto analizado, las losas se modelaron en Autodesk Revit 2025 como parte del sistema de entrepisos, considerando su geometría, espesores y configuración según los niveles establecidos.

El modelado de losas consistió en delimitar su contorno, asignar el tipo de losa y el material correspondiente, y ajustar

sus propiedades para que se integren correctamente con vigas, muros y columnas. Posteriormente, el modelo se verificó mediante la revisión de compatibilización y el análisis de interferencias con las especialidades de instalaciones sanitarias y eléctricas, con el propósito de identificar cruces, perforaciones o conflictos que pudieran generar incompatibilidades durante la ejecución.

Figura 19

Modelamiento de losa aligerada



Nota. Modelamiento de losa con espesor de 20cm en la primera etapa de planificación.

4.1.4.9 CONFIGURACIÓN Y MODELADO DE ACERO EN SECCIÓN ESTRUCTURA

La configuración y modelado de secciones de acero estructurales en Revit es un proceso que permite a ingenieros y diseñadores crear, detallar y analizar elementos de acero dentro de un modelo BIM (Building Information Modeling). Se centra en la representación precisa de la geometría, las conexiones y los detalles de fabricación de componentes de acero.

Figura 20

Barra de acero de 1/2" para secciones estructurales

Propiedades de tipo

Familia: Familia de sistema: Barra de armadura Cargar...

Tipo: BARRA DE ACERO DE 1/2" Duplicar... Cambiar nombre...

Parámetros de tipo

Parámetro	Valor	=
Construcción ^		
Deformación	Deformado	
Modificaciones de redondeo	Editar...	
Gráficos ^		
Subcategoría	Ninguno	
Materiales y acabados ^		
Material	Barra de acero de 1/2"	
Cotas ^		
Diámetro de barra de modelo	0' 0 1/2"	
Diámetro de barra	0' 0 1/2"	
Diámetro de curvatura estándar	0' 3"	
Diámetro de curvatura de gancho estándar	0' 3"	
Diámetro de curvatura de estribo/tirante	0' 2"	
Longitudes de gancho	Editar...	
Longitudes de empalme	Editar...	
Radio máximo de curvatura	18.0000 m	
Datos de identidad ^		
Imagen de tipo		
Nota clave		
Modelo		

Ordenar por: [Iconos de ordenamiento]

<< Vista previa Aceptar Cancelar Aplicar

Nota. Configuración de acero N° 4.

Figura 21

Barra de acero de 3/8" para secciones estructurales

Propiedades de tipo

Familia: Familia de sistema: Barra de armadura Cargar...

Tipo: BARRA DE ACERO DE 3/8" Duplicar... Cambiar nombre...

Parámetros de tipo

Parámetro	Valor	=
Construcción ^		
Deformación	Deformado	
Modificaciones de redondeo	Editar...	
Gráficos ^		
Subcategoría	Ninguno	
Materiales y acabados ^		
Material	Barra de acero de 3/8"	
Cotas ^		
Diámetro de barra de modelo	0' 0 3/8"	
Diámetro de barra	0' 0 3/8"	
Diámetro de curvatura estándar	0' 2 65/256"	
Diámetro de curvatura de gancho estándar	0' 2 65/256"	
Diámetro de curvatura de estribo/tirante	0' 1 1/2"	
Longitudes de gancho	Editar...	
Longitudes de empalme	Editar...	
Radio máximo de curvatura	18.0000 m	
Datos de identidad ^		
Imagen de tipo		
Nota clave		
Modelo		

Ordenar por: [Icono] A ↓ Z ↓

<< Vista previa Aceptar Cancelar Aplicar

Nota. Configuración de acero N°3.

Figura 22

Barra de acero de 5/8" para secciones estructurales

Propiedades de tipo

Familia: Familia de sistema: Barra de armadura Cargar...

Tipo: BARRA DE ACERO DE 5/8" Duplicar...

Cambiar nombre...

Parámetros de tipo

Parámetro	Valor	=
Construcción ⬆		
Deformación	Deformado	
Modificaciones de redondeo	Editar...	
Gráficos ⬆		
Subcategoría	Ninguno	
Materiales y acabados ⬆		
Material	Barra de acero de 5/8"	
Cotas ⬆		
Diámetro de barra de modelo	0' 0 5/8"	
Diámetro de barra	0' 0 5/8"	
Diámetro de curvatura estándar	0' 3 193/256"	
Diámetro de curvatura de gancho estándar	0' 3 193/256"	
Diámetro de curvatura de estribo/tirante	0' 2 1/2"	
Longitudes de gancho	Editar...	
Longitudes de empalme	Editar...	
Radio máximo de curvatura	18.0000 m	
Datos de identidad ⬆		
Imagen de tipo		
Nota clave		
Modelo		

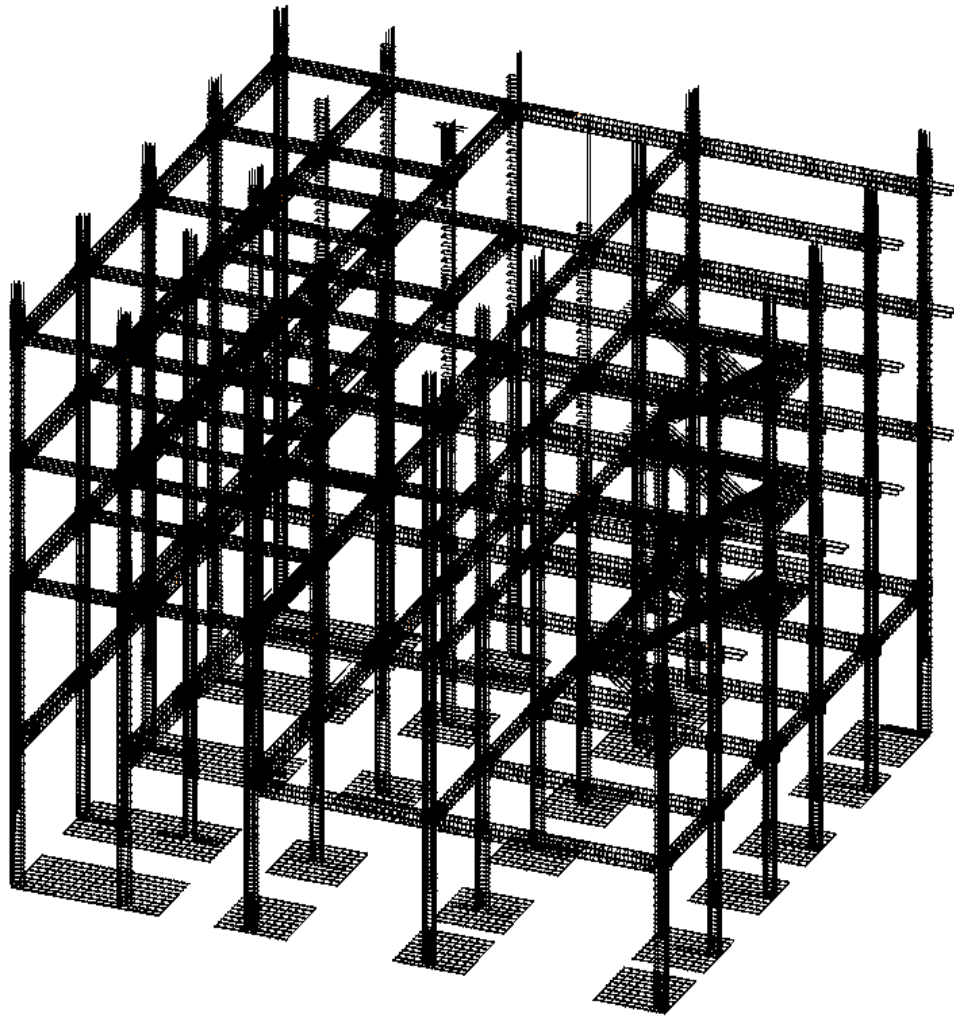
Ordenar por: ⬆ A Z ↓ A ↓

<< Vista previa Aceptar Cancelar Aplicar

Nota. Configuración de acero N°5.

Figura 23

Modelo estructural de acero



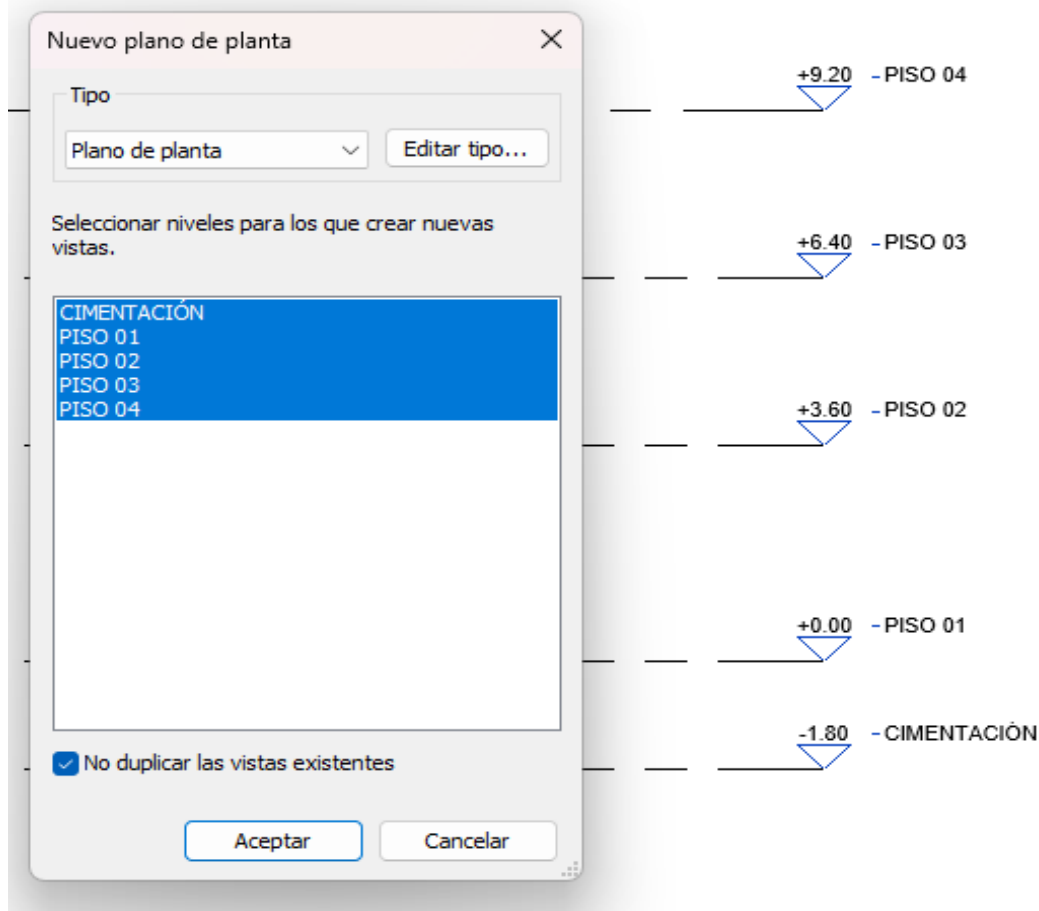
Nota. Visualización completa de aceros de refuerzo en sección estructural.

4.1.4.10 ACONDICIONAMIENTO DE PLANTAS DE TRABAJO Y UNIDADES DE TUBERÍAS (MEP)

El acondicionamiento de la planta de trabajo y de la unidad de tuberías (MEP) se refiere al proceso de diseño, modelado y documentación de los sistemas de plomería, ventilación, calefacción y otros sistemas de tuberías en un edificio. El término MEP (Mecánica, Eléctrica y Plomería) engloba estos sistemas.

Figura 24

Creación de niveles para el diseño de tuberías



Nota. Se generaron los planos de planta a partir de los niveles del proyecto (cimentación y pisos), creando las vistas necesarias para el modelado y la coordinación BIM.

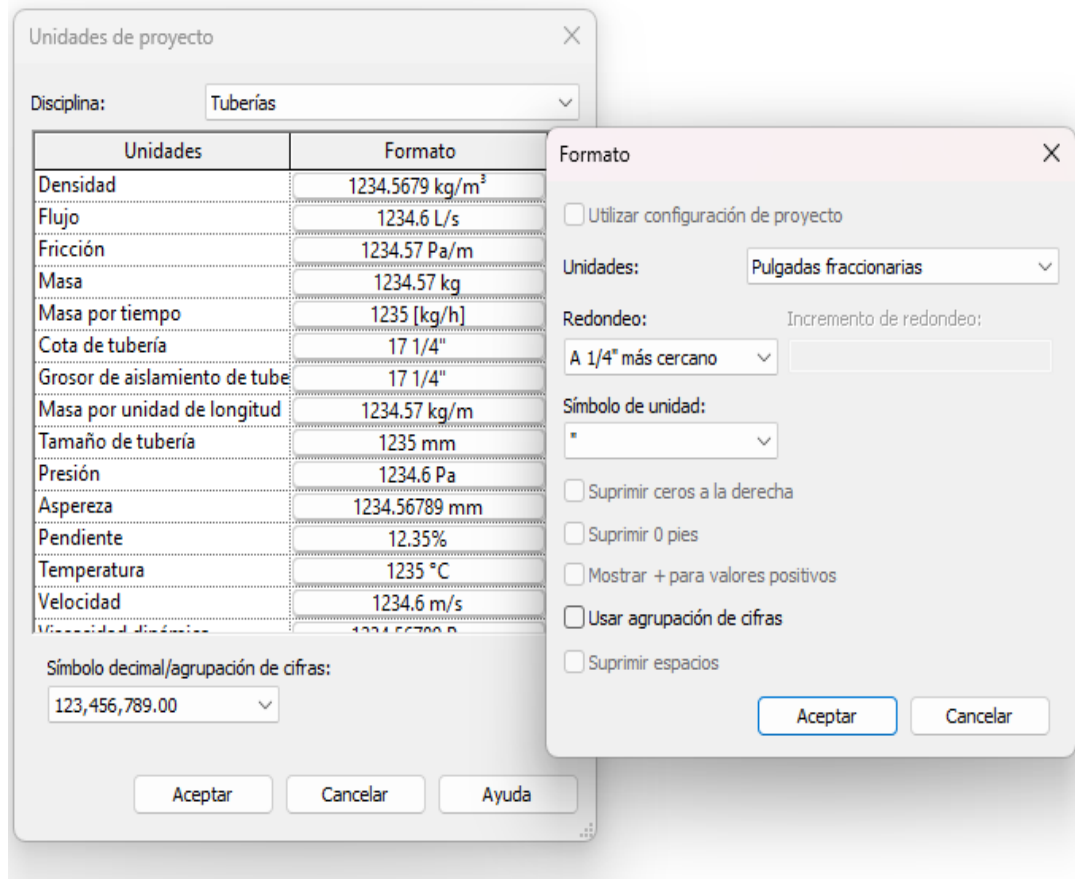
4.1.4.11 CONFIGURACIÓN DE UNIDADES PARA TUBERÍAS EN EL MODELADO DE INSTALACIONES SANITARIAS (REVIT 2025)

La Norma Técnica IS.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones establece criterios generales para las instalaciones sanitarias en edificaciones. En esta tesis, su mención se consideró como referencia normativa del contexto; sin embargo, el trabajo desarrollado se centró en el modelado y compatibilización de la especialidad sanitaria. Por ello, se configuraron las unidades y el formato de medida para tuberías en Autodesk Revit 2025, con el fin de estandarizar la representación del modelo, facilitar la lectura técnica y asegurar

consistencia en la detección de interferencias con los elementos estructurales.

Figura 25

Selección de la unidad de medida para tuberías



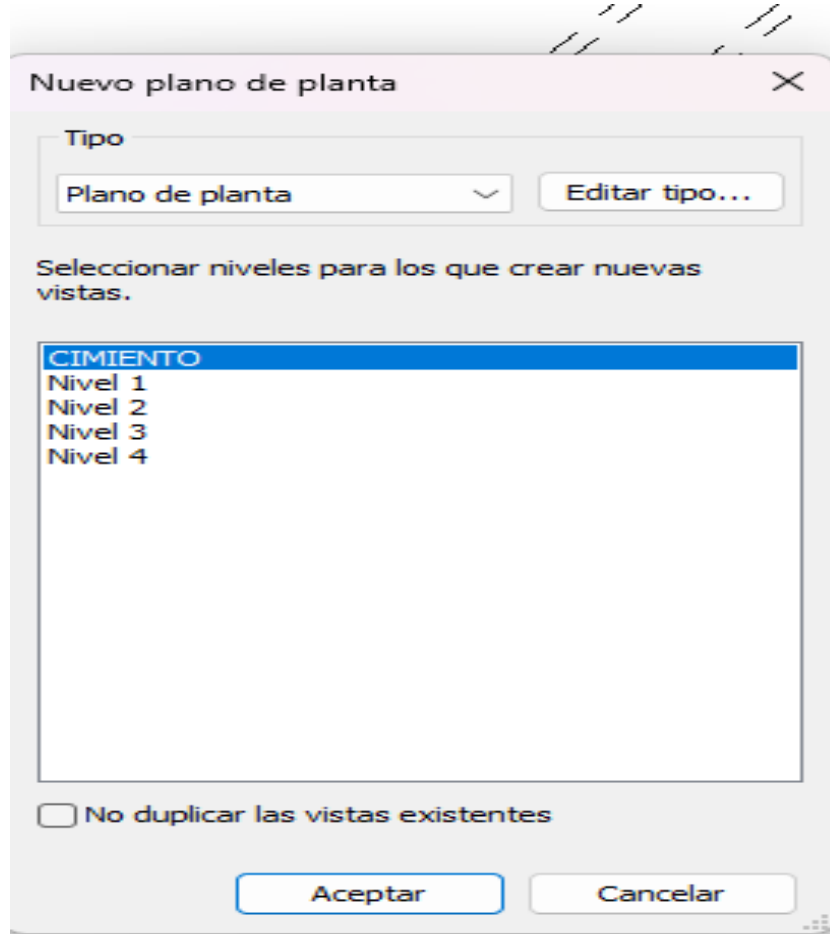
Nota. Se ajustaron las unidades y el formato de medida para tuberías, con el fin de estandarizar la representación del modelo sanitario en el entorno BIM.

4.1.4.12 CREACIÓN DE NIVELES Y ASIGNACIÓN DE ALTURAS PARA REFERENCIAS DE LOS ELEMENTOS II. SS

La creación de niveles y la asignación de alturas para las instalaciones de II.SS. (Instalaciones Sanitarias) en Revit es un paso fundamental para garantizar un modelado preciso y coordinado. Los niveles actúan como planos de referencia que controlan la elevación de los elementos en el proyecto.

Figura 26

Insertando los números de plantas de la edificación en estudio



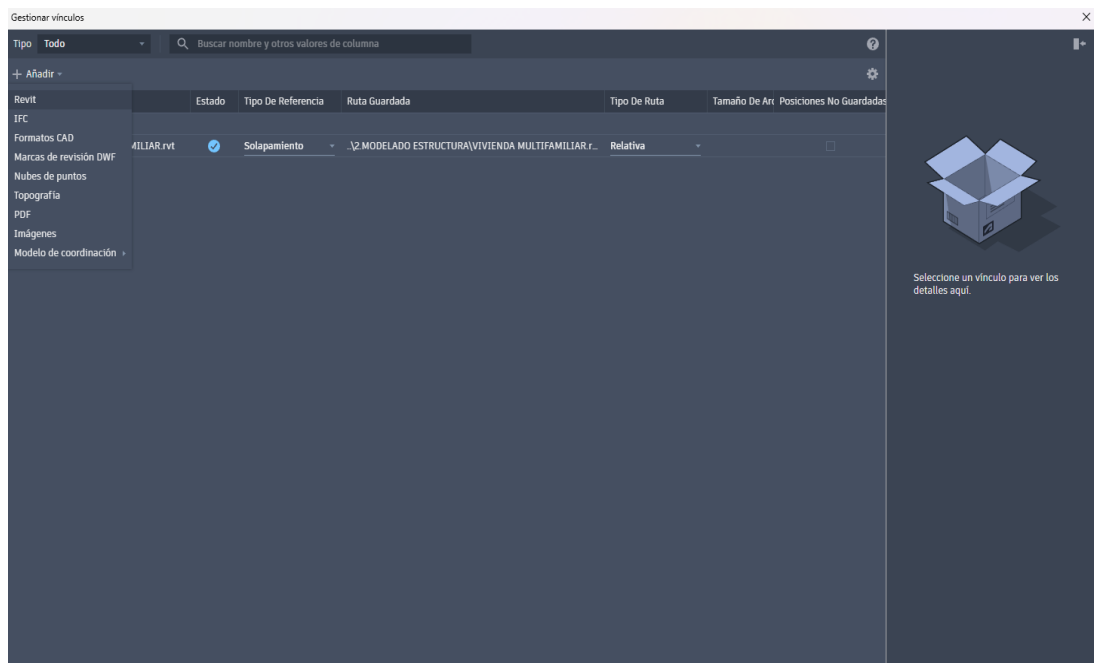
Nota. Se han insertado las 5 plantas de trabajo, correspondientes a el proyecto, para el modelado de instalaciones sanitarias.

4.1.4.13 CREACIÓN DE VÍNCULOS ENTRE PLANTILLAS DEL PROYECTO

La creación de vínculos entre plantillas de proyecto en Revit es un proceso crucial para la colaboración multidisciplinaria y el trabajo en equipo, permitiendo que diferentes especialistas (arquitectos, ingenieros estructurales, e ingenieros MEP) trabajen en sus propios modelos de forma independiente y sincronizada.

Figura 27

Inserción del vínculo Revit de la plantilla estructura que se trabajó la primera fase



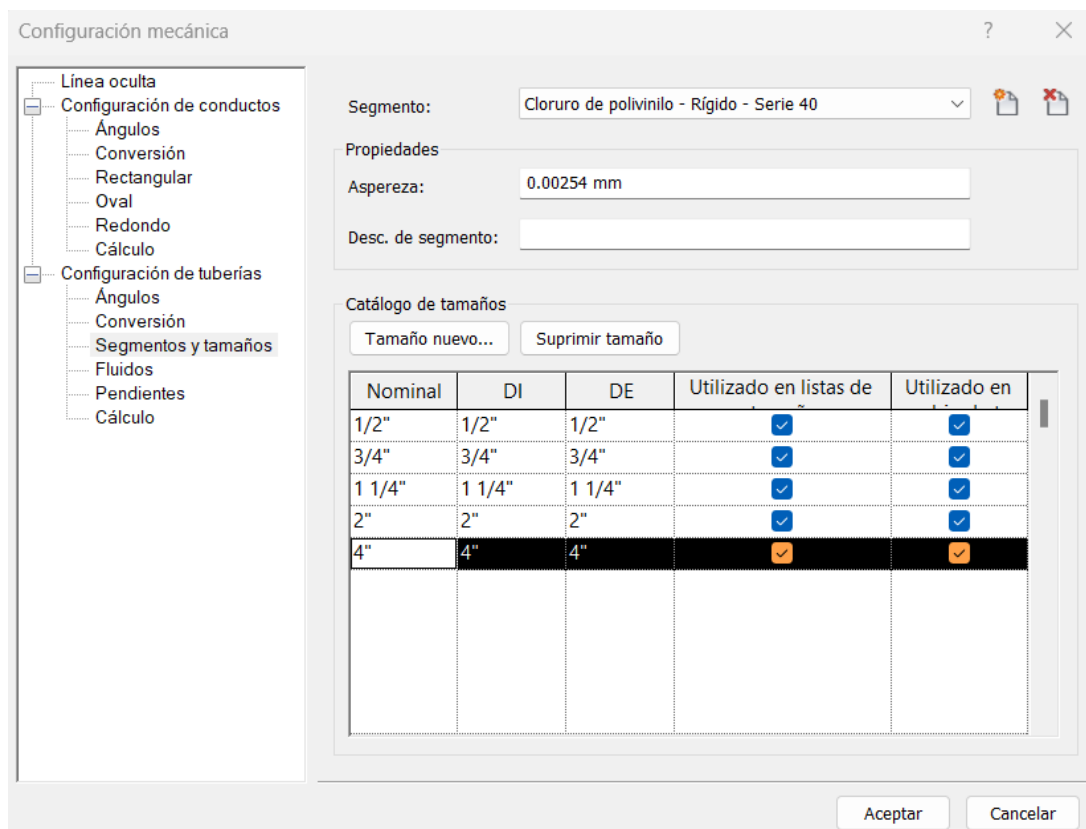
Nota. Se seleccionó y vinculó la plantilla de trabajo correspondiente para desarrollar el modelo estructural y las instalaciones, asegurando que la configuración del proyecto (categorías, parámetros y estilos) sea consistente durante el modelado BIM.

4.1.4.14 CONFIGURACIÓN DE NUEVOS SEGMENTO PARA TUBERÍAS

La configuración de un nuevo segmento de tubería en Revit es un proceso que permite definir las propiedades de un tipo específico de tubería, incluyendo su material, tamaño, y su comportamiento para ser utilizado en un proyecto.

Figura 28

Se crea un nuevo segmento con los tamaños de tubos requeridos



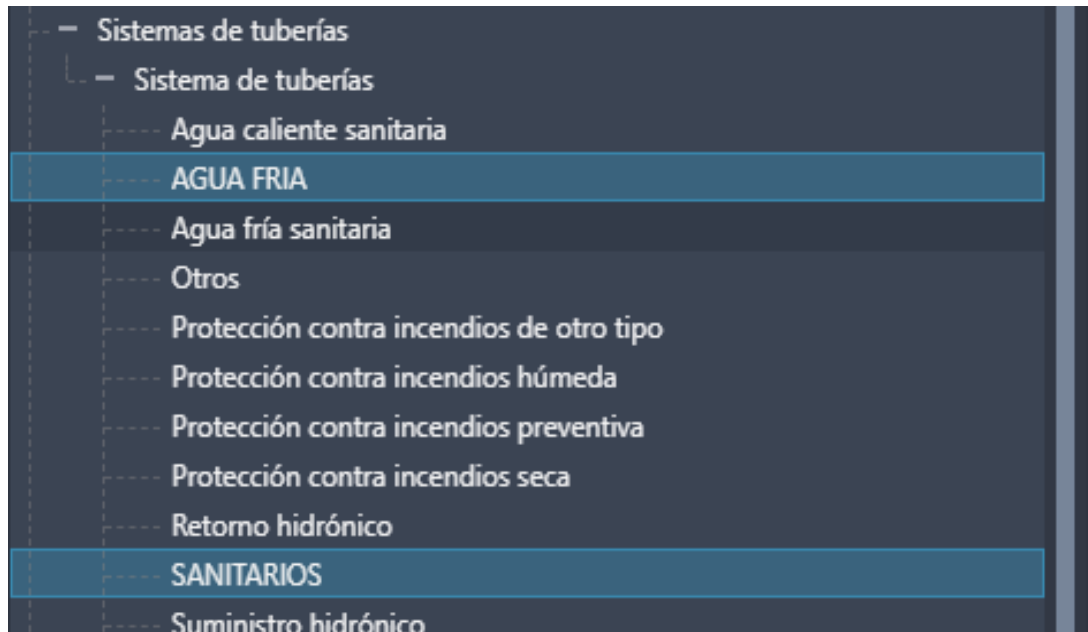
Nota. Cambiamos la materialidad y dimensiones de los tubos (polivinilo de cloruro-rígido-Serie 40).

4.1.4.15 CREACIÓN DE SISTEMAS DE TUBERÍAS

La creación de sistemas de tuberías en Revit es el proceso de agrupar y clasificar elementos de tuberías, como segmentos y accesorios, para organizarlos lógicamente según su función dentro de un proyecto, como agua fría, desagüe, ventilación, etc.

Figura 29

Generamos nuevos sistemas para trabajar por separado cada área



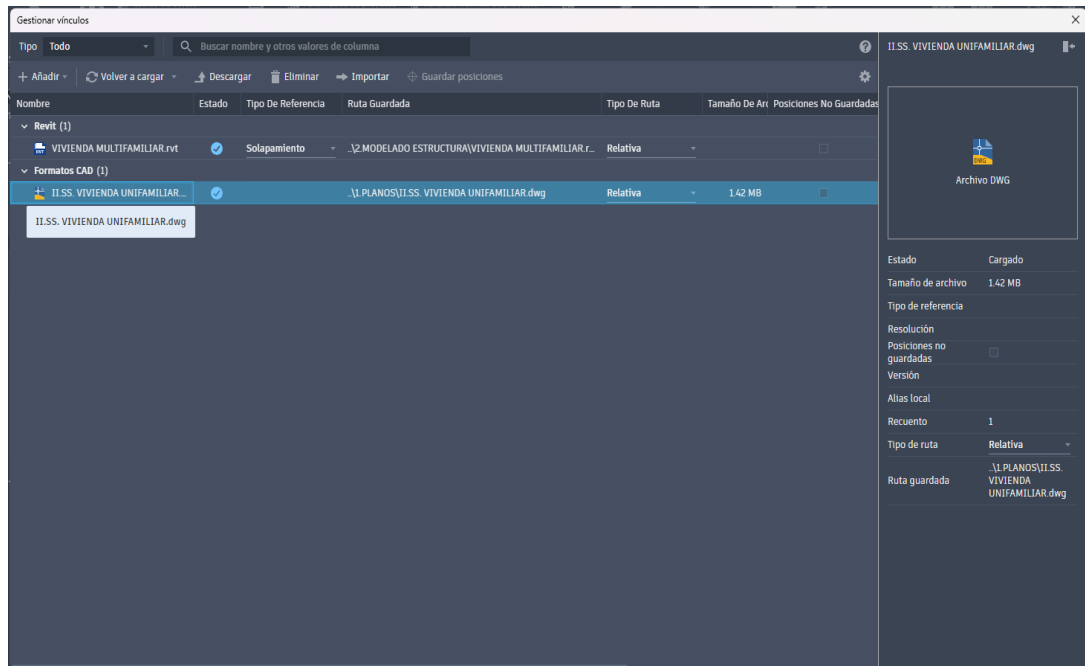
Nota. Generamos los nuevos sistemas de tubería.

4.1.4.16 AGREGADO EL VÍNCULO CAD DE INSTALACIONES

Para agregar un vínculo CAD de instalaciones en un proyecto de Revit, el proceso es similar al de vincular un archivo de Revit, pero se utiliza la herramienta específica para formatos CAD. Este vínculo es fundamental para tener un plano de referencia de las instalaciones existentes o propuestas y para coordinar el trabajo con otras disciplinas.

Figura 30

Importamos nuevos planos dibujados en AutoCAD



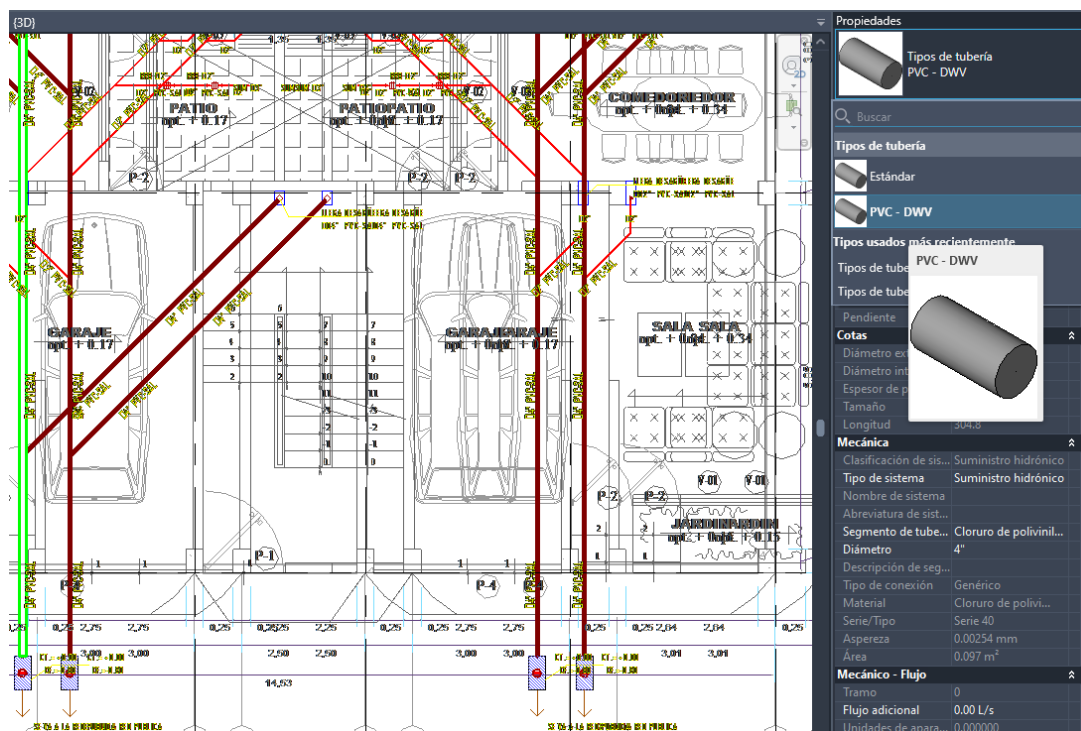
Nota. Importamos el modelo nativo de dibujo a los diferentes niveles, trabajado en el software AUTOCAD.

4.1.4.17 CREACIÓN DE TUBERÍAS PARA LOS SISTEMA

Para crear tuberías en Revit para los diferentes sistemas de un proyecto, es fundamental seguir un flujo de trabajo que asegure la precisión, la coordinación y la correcta clasificación de los elementos.

Figura 31

Creación de las tuberías del sistema sanitario



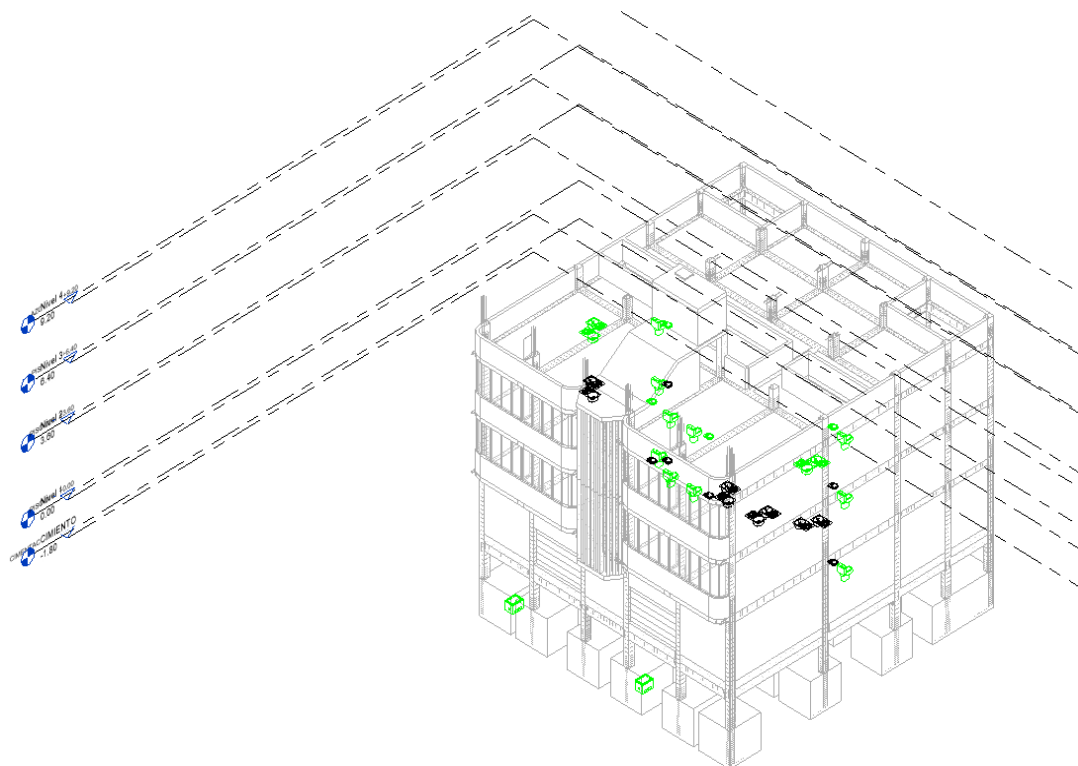
Nota. Al iniciar la creación solo marcamos el sistema de sanitarios.

4.1.4.18 MODELADO DE APARATOS SANITARIOS

El modelado de aparatos sanitarios en Revit es el proceso de insertar y configurar elementos como inodoros, lavatorios, duchas, urinarios, etc., que son fundamentales para las instalaciones sanitarias de un proyecto.

Figura 32

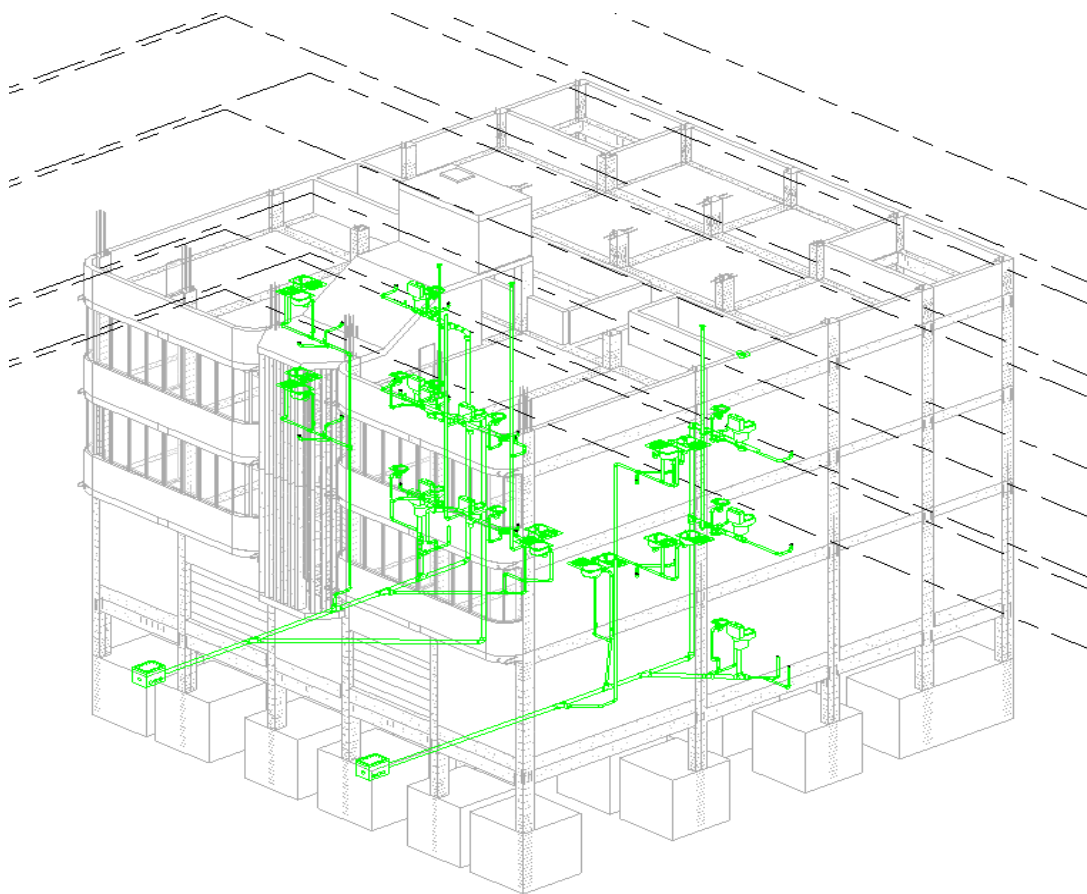
Introducción de aparatos sanitarios (lavadero, inodoro, etc.)



Nota. Cambiamos también el sistema a cada aparato, al sistema correspondiente (sistemas sanitarios).

Figura 33

Introducción de tuberías más sanitarios



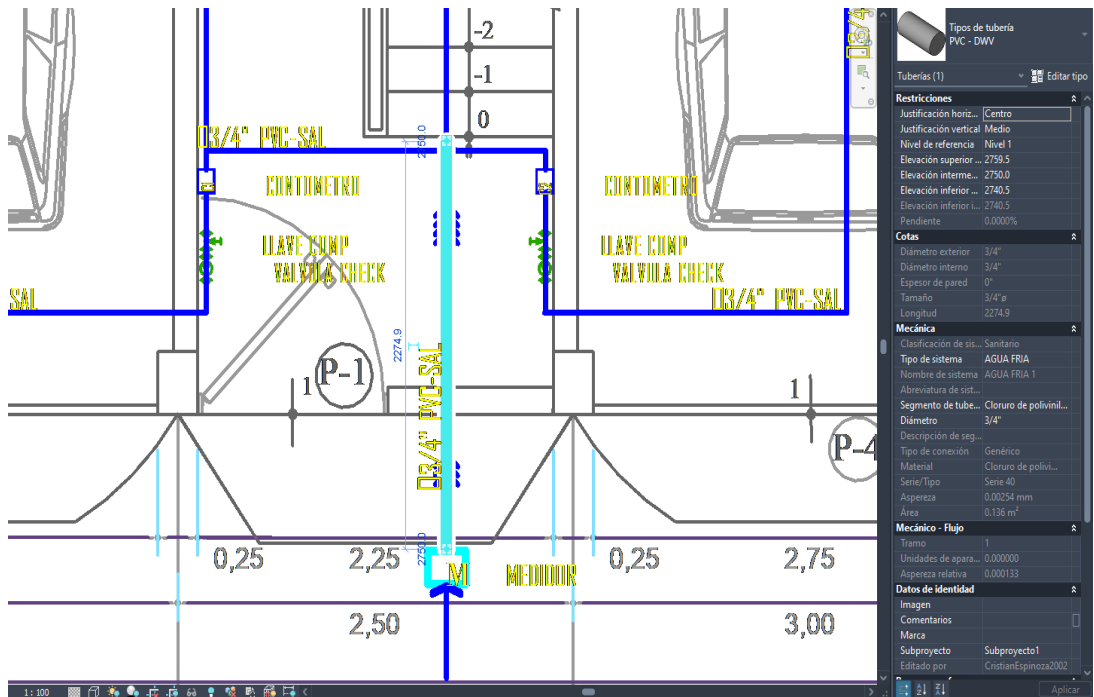
Nota. Sistema de sanitarios conectados.

4.1.4.19 MODELADO DE TUBERÍAS PARA AGUA FRÍA

El modelado de tuberías del sistema de agua fría en Revit fue un paso importante para representar adecuadamente la especialidad sanitaria dentro del entorno BIM y facilitar la compatibilización con las demás disciplinas. Para ello, se siguió un flujo de trabajo orientado a asegurar consistencia en la geometría, trazado y parámetros del modelo, incluyendo la configuración de unidades y formatos de medición. La Norma IS.010 del RNE del Perú se consideró como referencia normativa del contexto de instalaciones sanitarias; sin embargo, el alcance del trabajo se centró en el modelado y la revisión de interferencias, más que en el diseño y dimensionamiento hidráulico de la red.

Figura 34

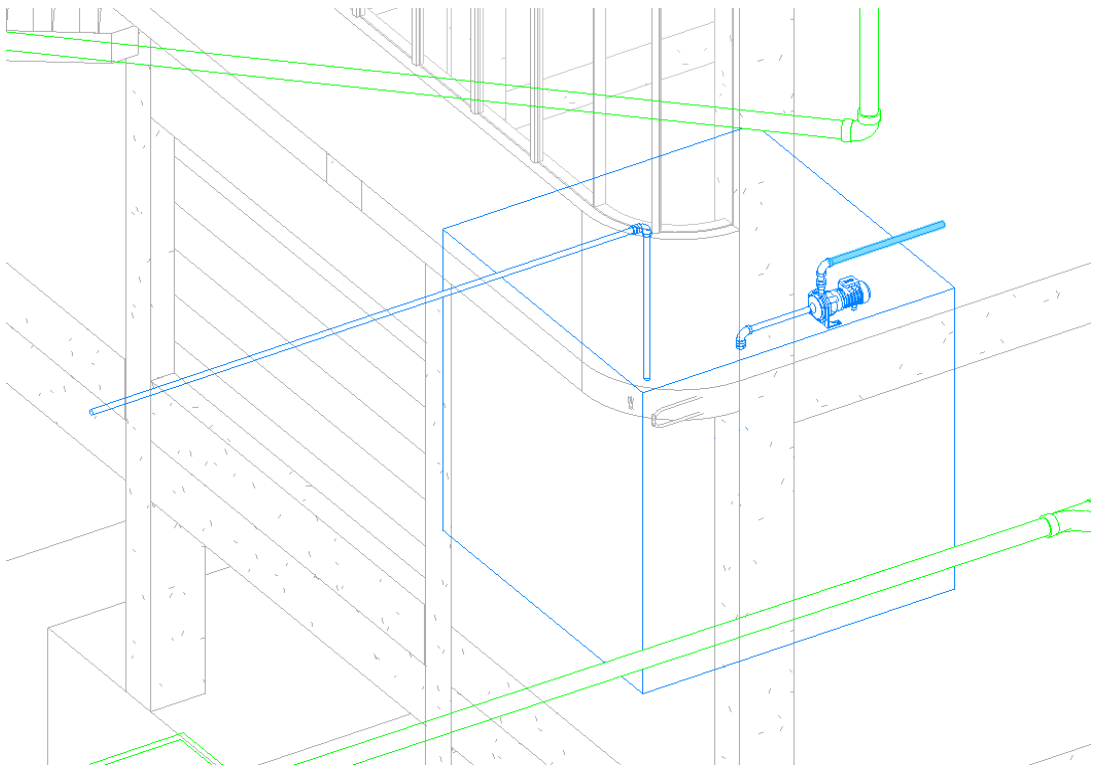
Creación de las tuberías del sistema de agua fría



Nota. Evaluación del archivo de dibujo nativo de AutoCAD y modelado de tuberías de agua Fría.

Figura 35

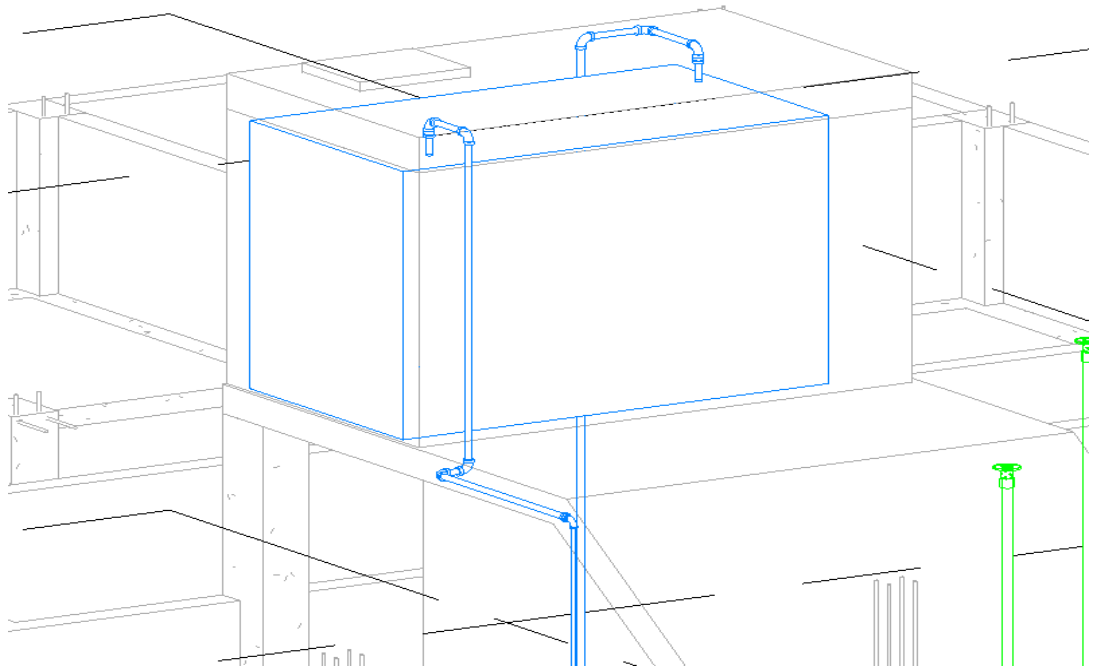
Creación del Sistema y sistema de bombeo



Nota. Implementación/modelado de cisterna correspondiente para el sistema de bombeo según CAD.

Figura 36

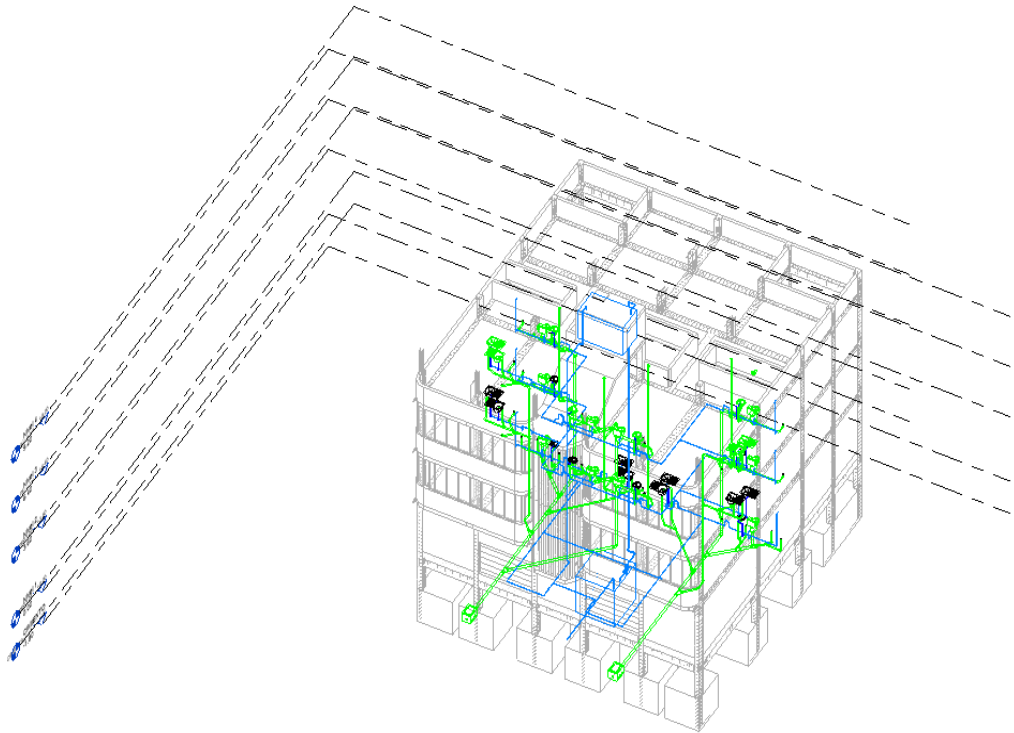
Colocación de tanque elevado



Nota. Implementación/modelado de tanques correspondientes para el sistema de bombeo según CAD.

Figura 37

Finalización de instalaciones sanitarias



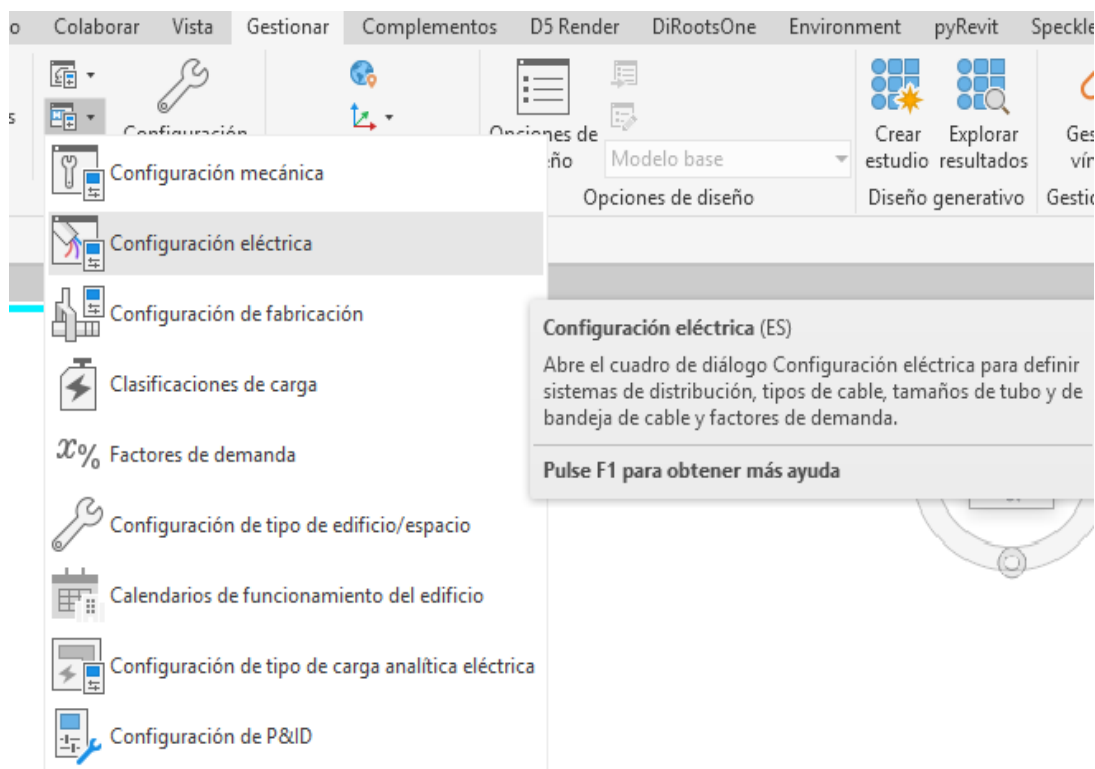
Nota. Se muestra las instalaciones de sistema sanitarios y sistema de agua con cisterna y tanque elevado, conjuntamente con su sistema de bombeo.

4.1.4.20 MODELADO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

El modelado de instalaciones eléctricas en Revit es un proceso crucial para el diseño, la documentación y la coordinación de proyectos eléctricos en el entorno BIM. Este proceso abarca desde la creación de circuitos hasta la colocación de equipos y luminarias, permitiendo una representación digital precisa y rica en información.

Figura 38

Configuración de instalaciones eléctricas



Nota. Se muestra la configuración previa para las instalaciones eléctricas.

Figura 39*Configuración de unidades eléctricas*

Unidades de proyecto ✕

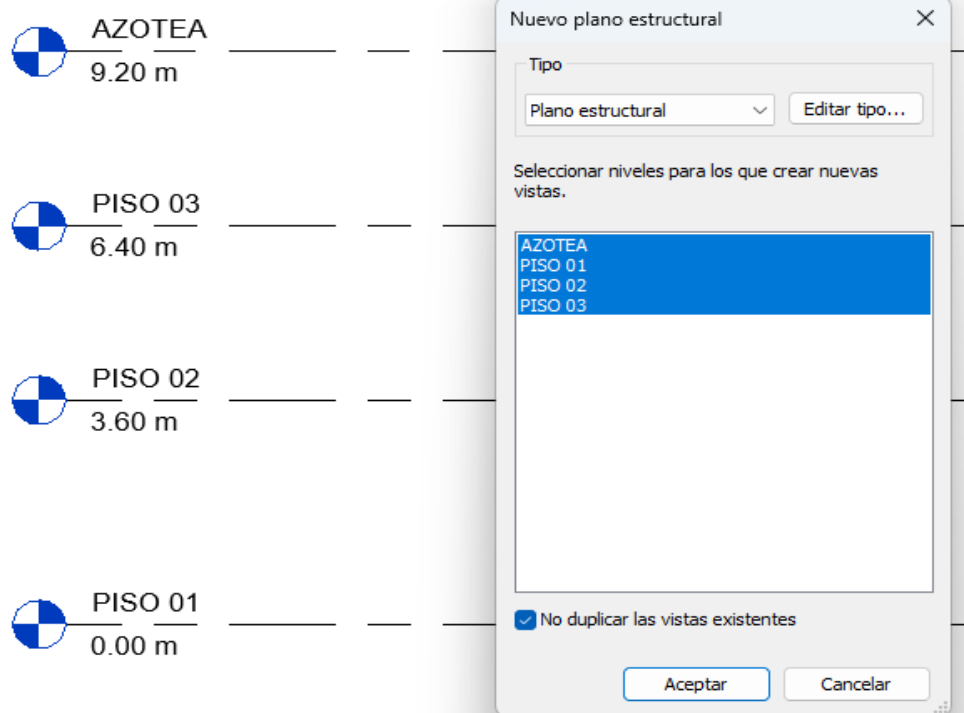
Disciplina: Eléctrico

Unidades	Formato
Potencia aparente	1235 VA
Densidad de potencia aparente	1234.57 VA/m ²
Tamaño de bandeja de cables	1235 mm
Temperatura de color	1235 K
Tamaño de tubo	1235 mm
Costo (energía)	1235 [\$/W·h]
Costo (potencia)	1235 [\$/W]
Corriente	1235 A
Factor de demanda	12.35%
Eficacia	1235 lm/W
Frecuencia	1235 Hz
Iluminancia	1235 lx
Luminancia	1235 cd/m ²
Flujo luminoso	1235 lm
Intensidad luminosa	1235 cd
Potencial eléctrico	1235 V
Potencia	1235 W
Densidad de potencia	1234.57 W/m ²
Potencia por longitud	1235 [W/m]
Resistividad eléctrica	1234.5679 ohmio·m
Temperatura	1235 °C
Vataje	1235 W
Diámetro de cable	1234.57 mm

Nota. Modificación de unidades para el sistema eléctrico.

Figura 40

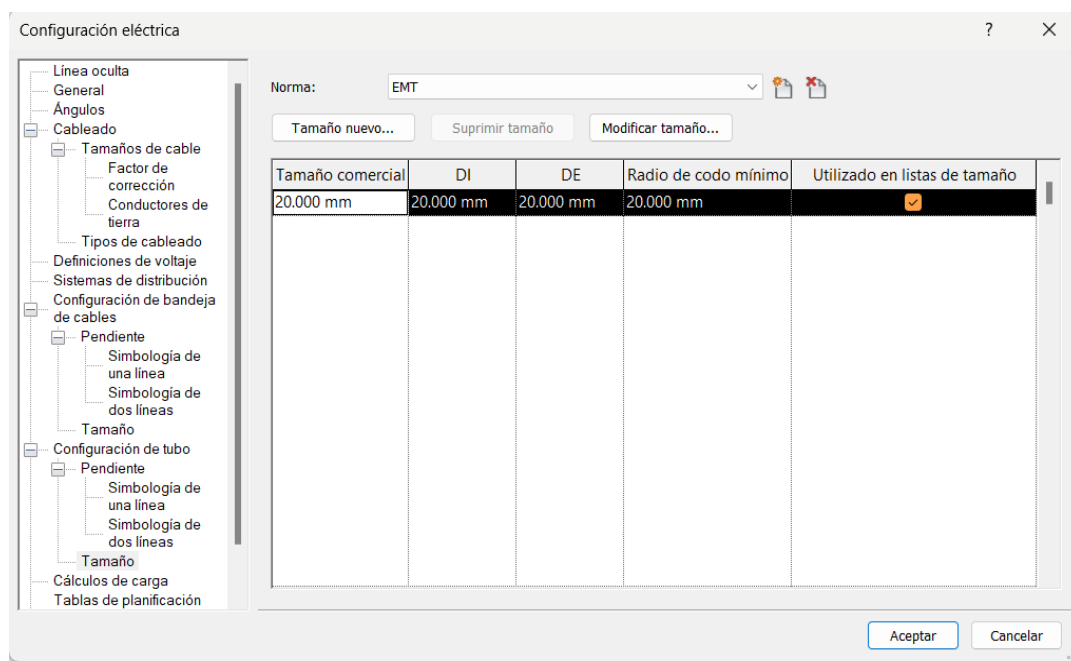
Organización de niveles



Nota. Organización de niveles.

Figura 41

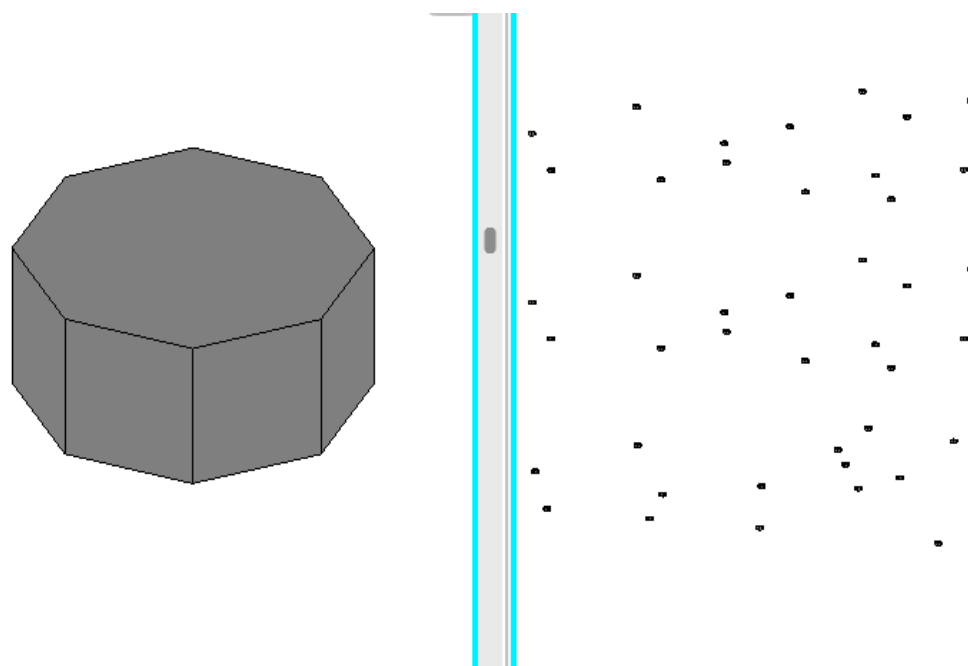
Configuración eléctrica, diámetros de tubos y tipos de cables



Nota. Configuración eléctrica para la instalación.

Figura 42

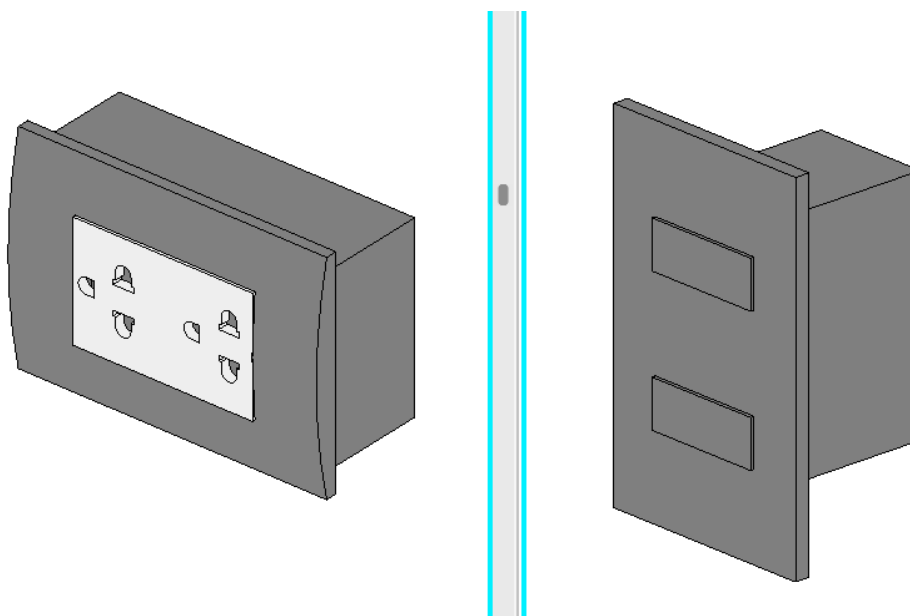
Modelado de cajas octogonales según planos eléctricos



Nota. Modelado y distribución de cajas octogonales y distribuidas en todos los niveles.

Figura 43

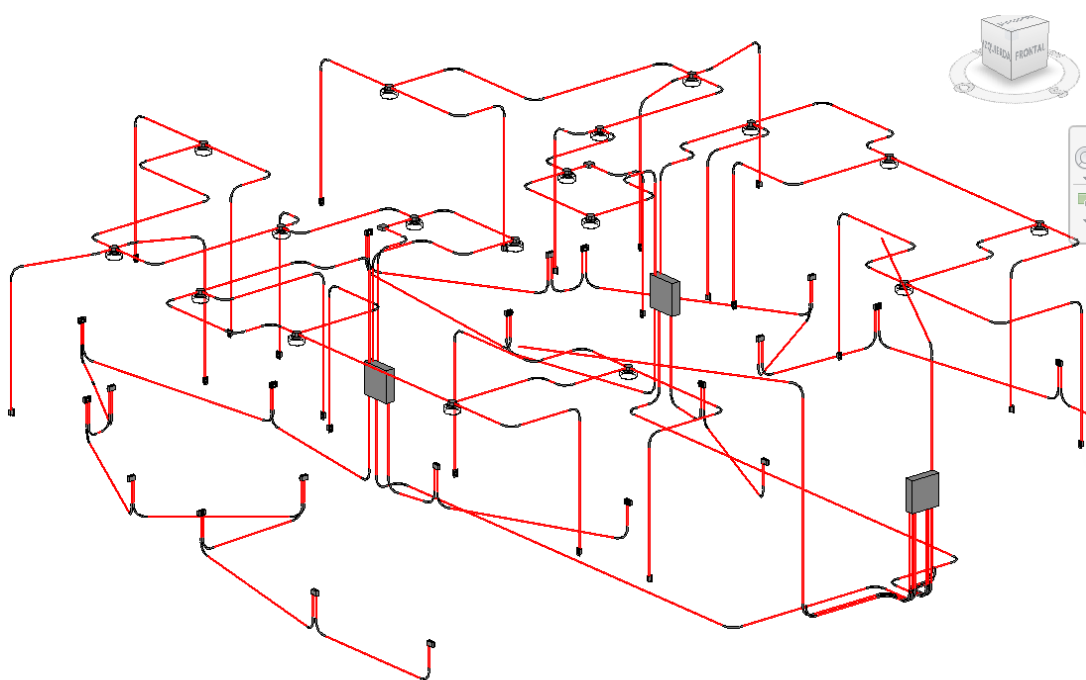
Inserción de tomacorrientes e interruptores



Nota. Distribución de tomacorrientes e interruptores en los diferentes niveles y según el plano de instalaciones eléctricas.

Figura 44

Modelamiento de tubos para instalación eléctrica



Nota. Modelado de tubos de 20mm para instalaciones eléctricas, en sistema de tomacorrientes y alumbrados.

4.1.4.21 REVISIÓN DE INTERFERENCIAS

La revisión de interferencias en Revit, bajo la metodología BIM, es un proceso automatizado y esencial para detectar conflictos o choques entre los diferentes modelos de las disciplinas de un proyecto (como estructuras e instalaciones). En lugar de esperar a encontrarlos en obra, se utiliza la herramienta de detección de interferencias para comparar los modelos 3D inteligentes y generar un reporte de todos los elementos que se solapan indebidamente, por ejemplo, una viga que atraviesa un ducto de ventilación.

Este proceso va más allá de la simple detección; es una práctica colaborativa. El reporte de interferencias se comparte con los equipos responsables para que analicen, prioricen y resuelvan cada conflicto directamente en sus modelos de Revit. Al solucionarlos de manera coordinada en la fase de diseño, se evitan costosos reprocesos y retrasos durante la construcción,

asegurando que el proyecto sea viable y eficiente desde su planificación.

Figura 45

Monitoreo de interferencia entre estructuras e instalaciones sanitarias

Comprobación de interferencias

Categorías de Proyecto actual

- ☒ Accesorios de tuberías
- ☒ Aparatos sanitarios
- ☒ Equipos mecánicos
- ☒ Tuberías
- ☒ Uniones de tubería

Categorías de VIVIENDA MULTIFAMILIAR.rvt

- ☐ Aparatos sanitarios
- ☒ Armazón estructural
- ☒ Cimentación estructural
- ☒ Escaleras
- ☒ Montantes de muro cortina
- ☒ Muros
- ☒ Paneles de muro cortina
- ☒ Pilares estructurales
- ☐ Puertas
- ☐ Suelos

Selección

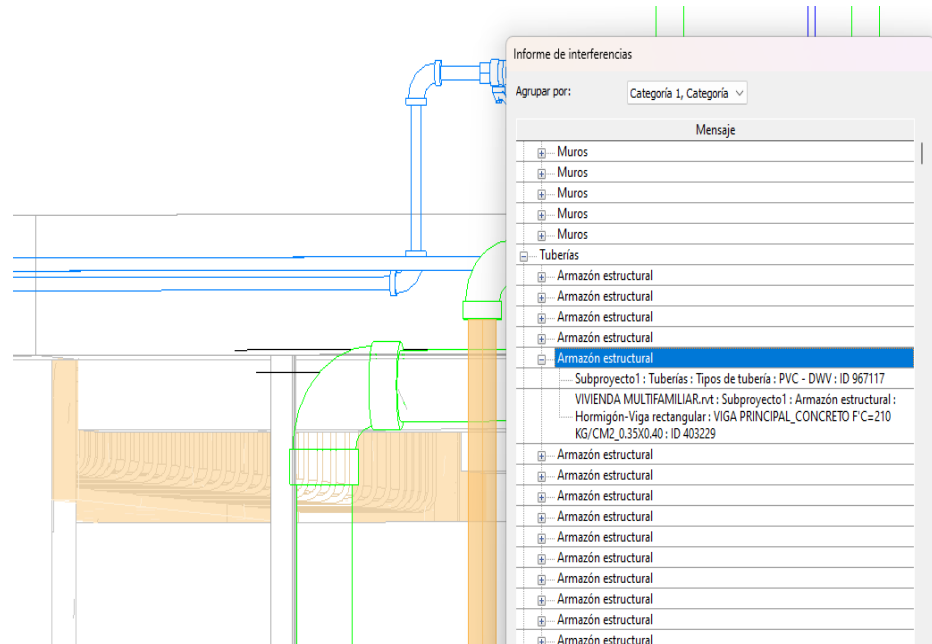
Todas Ninguna Invertir

Aceptar Cancelar

Nota. Se revisa de a pares, Plantilla de instalaciones sanitarias y estructuras.

Figura 46

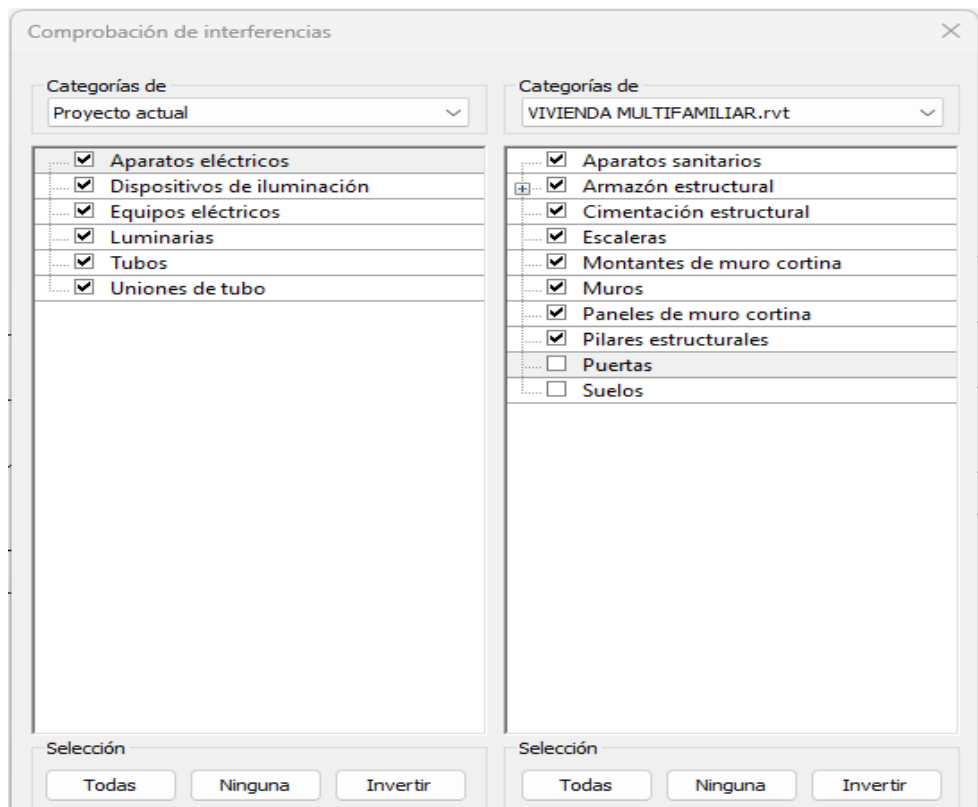
Interferencia detectada entre viga estructural y tubería sanitaria (PVC–DWV)



Nota. La figura muestra un ejemplo de interferencia (colisión) identificada en el modelo BIM entre un elemento estructural (viga) y una instalación sanitaria, registrada en el reporte de interferencias para su revisión y corrección.

Figura 47

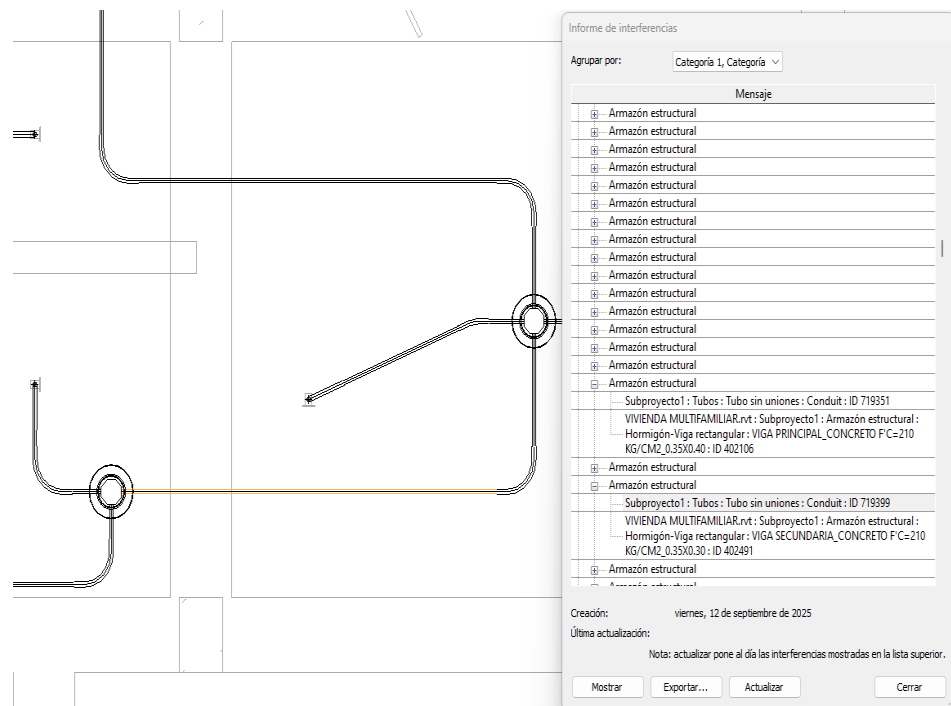
Monitoreo de interferencia entre estructuras e instalaciones eléctricas



Nota. Se revisa de a pares, Plantilla de instalaciones eléctricas y estructuras.

Figura 48

Interferencia entre vigas y tuberías eléctricas (conduit)



Nota. Se muestra la imagen evaluada por Revit como uno de los ejemplares que se identificó al evaluar la interferencia.

4.1.5 RESULTADOS DEL PROCESO DE MODELADO BIM

4.1.5.1 EVALUACIÓN DE COMPONENTES ESTRUCTURALES

A partir del proceso de modelado BIM y la compatibilización digital de especialidades, se han identificado las deficiencias que se muestran en la siguiente figura. En esta representación gráfica, se puede apreciar el total de comentarios obtenidos dependiendo del tipo de fallo.

Tabla 2

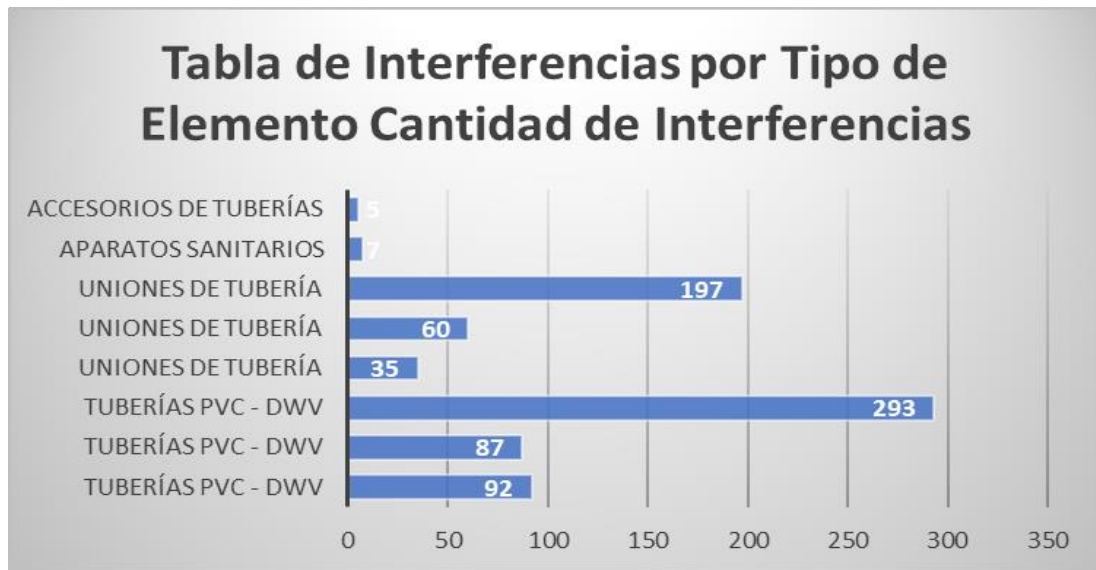
Estructuras e instalaciones sanitarias

Tipo de Elemento Sanitario	Tipo de Elemento Estructural	Cantidad de Interferencias
Tuberías PVC - DWV	Vigas Principales	92
Tuberías PVC - DWV	Vigas Secundarias	87
Tuberías PVC - DWV	Muros de 15 cm	293
Uniones de tubería	Vigas Principales	35
Uniones de tubería	Vigas Secundarias	60
Uniones de tubería	Muros de 15 cm	197
Aparatos sanitarios	Muros de 15 cm	7
Accesorios de tuberías	Muros de 15 cm	5

En la Tabla 2 muestra la cantidad de errores clasificados según los tipos de elementos identificados por Revit interferencias por el lado de estructuras e instalaciones sanitarias.

Figura 49

Número de interferencias por tipo de elementos



Nota. La figura presenta la frecuencia absoluta de interferencias identificadas en el modelo BIM, clasificadas por tipo de elemento de las instalaciones (tuberías PVC-DWV, uniones, aparatos sanitarios y accesorios) y su interacción con elementos estructurales (vigas y muros).

En el diagrama de barras horizontales (Figura 49) que muestra la distribución de interferencias entre elementos sanitarios y estructurales.

Tabla 3

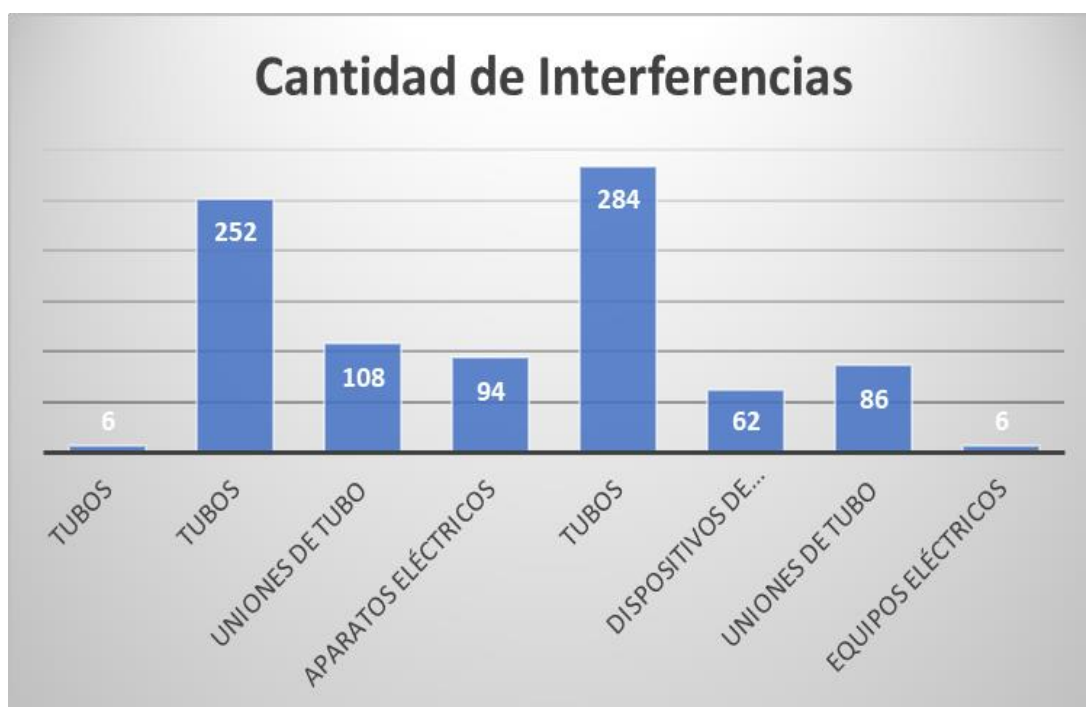
Cantidad de interferencias entre elementos eléctricos y estructurales

Categoría Eléctrica	Categoría Estructural	Cantidad de Interferencias
Tubos	Pilares estructurales	6
Tubos	Armazón estructural	252
Uniones de tubo	Armazón estructural	108
Aparatos eléctricos	Muros	94
Tubos	Muros	284
Dispositivos de iluminación	Muros	62
Uniones de tubo	Muros	86
Equipos eléctricos	Muros	6

En la Tabla 3 muestra la cantidad de errores clasificados según los tipos de elementos identificados por Revit (interferencias), por el lado de estructuras e instalaciones eléctricas.

Figura 50

Número de interferencias por tipo de elementos



Nota. La Figura 50 muestra la cantidad de interferencias detectadas en el modelo BIM, agrupadas por tipo de elemento (tubos, uniones de tubo, aparatos eléctricos, dispositivos y equipos eléctricos), considerando su colisión o incompatibilidad con elementos del sistema estructural (columnas, vigas y muros) y con el trazado de instalaciones eléctricas según la coordinación del proyecto.

En el diagrama de barras vertical (Figura 50) que muestra la distribución de interferencias entre elementos eléctricos y estructurales.

Tabla 4

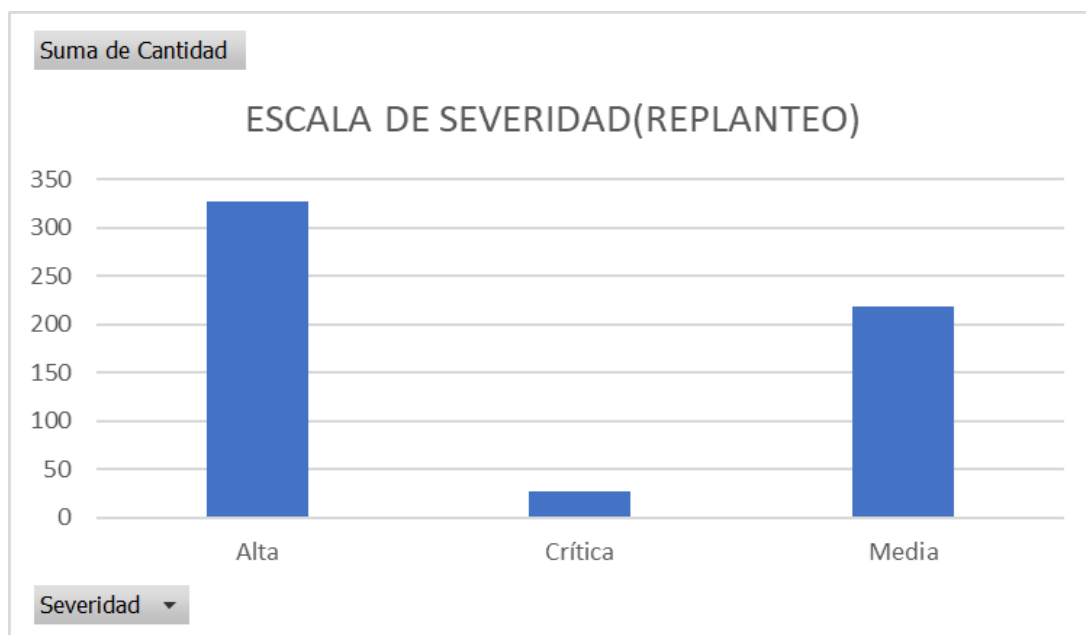
Distribución de interferencias por sistema, elemento estructural y severidad

Sistema	Elemento Estructural	Tipo de Interferencia	Cantidad	Severidad
Eléctrico	Vigas Principales	Paso a través de viga	142	Alta
Eléctrico	Columnas	Adosamiento a columnas	68	Media
Eléctrico	Vigas Secundarias	Cruce en zona de anclaje	108	Alta

Eléctrico	Muros	Empotramiento en muro estructural	94	Media
Sanitario	Losas	Paso a través de losa	35	Alta
Sanitario	Vigas	Cruce perpendicular	42	Alta
Sanitario	Cimentación	Paso por zapata	28	Crítica
Sanitario	Losas	Columnas (Elementos interferentes)	57	Media

Figura 51

Escala de severidad de interferencias con tentativa de replanteo



Nota. Se muestra la cantidad de interferencias según su severidad para identificar si se trata de un replanteo total o parcial.

La Figura 51 detalla la escala de severidad de las interferencias detectadas, clasificadas según el impacto en la integridad estructural sobre un total de 574 observaciones. El análisis gráfico revela que la mayor incidencia corresponde a las interferencias de severidad alta, registrando 327 casos que representan el 57% del total. Este nivel agrupa los conflictos directos con vigas y/o elementos estructurales principales que requieren una coordinación precisa.

En segundo lugar, se encuentran las interferencias de severidad media, con 219 casos (38%), caracterizadas por ser interferencias pequeñas o roces mínimos que pueden corregirse con cambios leves en el diseño.

Por último, las interferencias de severidad Crítica conforman la minoría cuantitativa con un 5% (28 casos). Este nivel identifica situaciones donde la interferencia elimina secciones importantes de la estructura, ocurriendo específicamente en zonas donde la densidad del acero de refuerzo es alta, haciendo imposible el paso de la instalación sin un replanteo drástico (como en cimentaciones). Esta distribución evidencia que, si bien existen errores graves, la gran mayoría de los conflictos (95% sumando alta y media) son resolubles mediante coordinación técnica BIM sin generar sobrecostos destructivos en obra.

En conjunto, los resultados evidenciaron que la aplicación del modelado BIM permitió registrar y organizar las interferencias detectadas en el proyecto, sistematizándolas por especialidad, elemento estructural y severidad. Esta organización facilitó explicar los puntos críticos de incompatibilidad del diseño y sustentó el análisis posterior orientado a la coordinación técnica en etapa previa a la ejecución.

4.2 CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.2.1 HIPÓTESIS GENERAL

(H1): La aplicación de la Tecnología 4.0 influye en los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.

(H0): La aplicación de la Tecnología 4.0 no influye en los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.

Tras analizar el modelo utilizando la Tecnología 4.0 (Tecnologías BIM en edificaciones), se identificaron las deficiencias que se muestran en la Figura 49 y Figura 50, donde se detalla el número total de observaciones clasificadas por elementos causantes de interferencia, en consecuencia, una falencia. En la fase de diseño con el enfoque tradicional, se detectaron 574 interferencias entre los planos de instalaciones y estructuras. En conclusión, se acepta la hipótesis de investigación (Hi): la aplicación de Tecnología 4.0 influye en los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco, validando su precisión, coherencia y correspondencia con la realidad.

Los resultados mostraron que 412 interferencias correspondieron a instalaciones eléctricas y 162 interferencias a instalaciones sanitarias. En el caso del sistema eléctrico, los conflictos se distribuyeron

principalmente en 142 vigas principales, 108 vigas secundarias, 68 columnas y 94 muros, evidenciando cruces y adosamientos con elementos estructurales. Por su parte, las interferencias del sistema sanitario se concentraron en 92 losas, 42 vigas y 28 elementos de cimentación, lo que reflejó incompatibilidades que, de no haberse detectado en etapa de diseño, podrían haber generado correcciones tardías y riesgos de intervención sobre componentes estructurales relevantes.

En consecuencia, los resultados obtenidos respaldaron la hipótesis de investigación (H1) y permitieron rechazar la hipótesis nula (H0), debido a que la aplicación de Tecnología 4.0 mediante BIM influyó en la identificación y organización temprana de interferencias, fortaleciendo la compatibilización del diseño y aportando evidencia técnica cuantificable para la toma de decisiones en proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.

4.2.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

H_{1_1} : La implementación de la Tecnología 4.0 impacta en la eficiencia operativa de los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.

H_{1_0} : La implementación de la Tecnología 4.0 no impacta en la eficiencia operativa de los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.

Tras obtener el diseño de la edificación con la implementación de la Tecnología 4.0, se identificaron las deficiencias mostradas en la Figura 49 y Figura 50, donde se detalla el total de interferencias por tipo de elementos.

Además, en la Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4, se detallan las cantidades de errores, como los 574 errores de compatibilidad identificados en los planos, donde la partida con más errores es la de instalaciones eléctricas, con 412 observaciones distribuidas en vigas principales, secundarias, columnas y muros, seguida de las instalaciones sanitarias con 162 observaciones en elementos como losas, vigas y cimentación.

El uso de Tecnología 4.0 mejora la constructibilidad en la etapa de diseño al facilitar la interacción entre los profesionales del proyecto,

permitiendo identificar esta gran cantidad de interferencias tempranamente y simplificando la toma de decisiones antes de la ejecución. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis de investigación (H_1).

H_{2_1} : La Tecnología 4.0 influye en la calidad de las construcciones en la ciudad de Huánuco.

H_{2_0} : La Tecnología 4.0 no influye en la calidad de las construcciones en la ciudad de Huánuco.

Al evaluar la influencia de la Tecnología 4.0 en la calidad de las construcciones en la ciudad de Huánuco, se realizó mediante el análisis de los resultados obtenidos tras la implementación de la metodología BIM en el modelado de un proyecto de vivienda multifamiliar. La hipótesis de investigación H_{2_1} planteaba que dicha tecnología sí influye de manera relevante, mientras que la hipótesis nula H_{2_0} sostenía que no existe tal influencia. Los resultados del proceso de modelado y la detección de interferencias aportaron evidencia contundente a favor de la hipótesis de investigación. La herramienta de revisión de conflictos en Revit identificó 574 (412 eléctrico, 162 sanitario) interferencias entre los sistemas estructural, sanitario y eléctrico, categorizadas según su nivel de severidad.

Se identificaron interferencias críticas, como el paso de tuberías de desagüe a través de zapatas de cimentación. Estos conflictos, si no se hubieran detectado en etapa de diseño, habrían generado retrabajos, incrementos de costo y mayores riesgos para la integridad estructural durante la ejecución. En ese sentido, la aplicación de Tecnología 4.0 mediante el entorno BIM permitió anticipar incompatibilidades antes de la materialización en obra y evidenció mejoras en la precisión y confiabilidad del proceso de coordinación del proyecto.

Asimismo, el análisis del modelo BIM permitió registrar un total de 574 interferencias, de las cuales 412 correspondieron a instalaciones eléctricas y 162 a instalaciones sanitarias. La clasificación y organización de estos resultados por tipo y severidad facilitó la priorización de los puntos críticos del diseño y sustentó la toma de decisiones técnicas para mejorar la compatibilización entre estructura e instalaciones. En

consecuencia, la evidencia obtenida respaldó el rechazo de la hipótesis nula H_{20} y la aceptación de la hipótesis de investigación H_{21} , al demostrarse que la aplicación de Tecnología 4.0 influyó de manera relevante en la coordinación y calidad del diseño en proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.

H_{31} : La adopción de la Tecnología 4.0 influye en la sostenibilidad en los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.

H_{30} : La adopción de la Tecnología 4.0 no influye en la sostenibilidad en los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.

La contrastación de esta hipótesis se sustentó en el análisis integral del modelado BIM aplicado al proyecto de vivienda multifamiliar. La hipótesis de investigación H_{31} planteó que la adopción de la Tecnología 4.0 incidió positivamente en la sostenibilidad, mientras que la hipótesis nula H_{30} señaló que no existió tal efecto. A partir del modelado BIM en Revit, se registró un total de 574 interferencias entre sistemas, de las cuales 412 correspondieron a instalaciones eléctricas y 162 a instalaciones sanitarias. En el componente eléctrico, los conflictos se concentraron principalmente en elementos estructurales relevantes, como 142 vigas principales, 68 columnas, 108 vigas secundarias y 94 muros, mientras que en el componente sanitario se identificaron interferencias en 35 losas a nivel alto de severidad, 42 vigas, 28 elementos de cimentación y 57 losas a nivel media de severidad. Estos resultados evidenciaron que la coordinación y la detección temprana de incompatibilidades permitió optimizar el diseño antes de su materialización, reduciendo la probabilidad de retrabajos y ajustes posteriores que suelen generar desperdicio de materiales y consumo adicional de recursos. En ese sentido, la identificación y sistematización de interferencias críticas y de alta severidad durante la etapa de diseño respaldó la mejora del control técnico del proyecto y la optimización potencial del uso de recursos. Por lo tanto, con base en la evidencia cuantificable obtenida, se rechazó la hipótesis nula H_{30} y se aceptó la hipótesis de investigación H_{31} .

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS

OE1. Determinar qué impacto tiene la implementación de Tecnología 4.0 en la eficiencia operativa

Los resultados evidenciaron que la aplicación de Tecnología 4.0 (BIM) permitió sistematizar la detección de incompatibilidades en el proyecto analizado, registrándose 574 interferencias y una concentración mayoritaria en severidades Alta (327; 57%) y Media (219; 38%), mientras que la severidad Crítica representó 28 casos (5%).

Esta distribución sugiere que el proceso de coordinación en gabinete permitió priorizar la atención de conflictos (por severidad) y enfocar los esfuerzos en los puntos con mayor impacto técnico, reduciendo la probabilidad de que incompatibilidades relevantes lleguen a obra sin control previo.

En el mismo sentido, se identificó que 412 interferencias correspondieron a instalaciones eléctricas y 162 a instalaciones sanitarias, lo que mostró que la mayor carga de coordinación operativa se concentró en el sistema eléctrico por su alta interacción con la estructura (vigas, columnas y muros).

Este hallazgo coincide con lo planteado por Praia et al. (2025), quienes destacaron que la coordinación mejora cuando se emplean herramientas de detección automática de conflictos y cuando las especialidades trabajan bajo una misma lógica BIM, reforzando la eficacia del proceso frente a métodos tradicionales.

Asimismo, en comparación con Datta et al. (2023), quienes reportaron mejoras de coordinación y reducciones de tiempo/costo al integrar BIM (3D–4D–5D) junto con Clash Detection, los resultados del presente estudio fueron coherentes en el enfoque preventivo y de control temprano; sin embargo, debe precisarse que aquí el impacto se sustentó principalmente en el registro y priorización de interferencias, sin medir directamente tiempos ni costos.

A nivel local, esta lógica también se relaciona con la evidencia de Ortega y Caqui (2021), quienes demostraron que la integración de BIM 4D con Last Planner fortaleció la gestión productiva (seguimiento y control) en un proyecto de Huánuco.

Aunque el presente estudio no implementó 4D, la organización cuantitativa de interferencias y su severidad constituye una base operativa compatible con una planificación más controlada.

OE2. Determinar cómo influye la Tecnología 4.0 en la calidad de las construcciones

Respecto a la calidad (entendida como consistencia y compatibilidad del diseño entre especialidades), los resultados mostraron que las interferencias se concentraron en elementos estructurales clave, lo cual confirma que la coordinación previa es determinante para mejorar la constructibilidad del proyecto. En el sistema eléctrico, destacaron interferencias de severidad Alta por paso a través de viga en vigas principales (142) y cruce en zona de anclaje en vigas secundarias (108), además de eventos en columnas (68) y muros (94).

En el sistema sanitario, se observaron interferencias de severidad Alta por paso a través de losa (35) y cruce perpendicular con vigas (42), y un grupo crítico asociado a paso por zapata en cimentación (28).

Adicionalmente, al desagregar por tipo de elemento, se evidenció una concentración importante de incompatibilidades en muros, por ejemplo: en sanitario, tuberías PVC-DWV con muros de 15 cm (293) y uniones de tubería con muros (197); y en eléctrico, tubos con muros (284) y con armazón estructural (252).

Estos patrones sugieren que la calidad del diseño mejora cuando se definen y verifican desde el modelado aspectos como rutas, pases, espacios técnicos y restricciones estructurales, antes de la ejecución.

Coincidiendo con Ventura (2021), quien sostuvo que la compatibilización permite identificar interferencias de manera inmediata en diseño y evita que los errores se descubran recién en construcción (donde corregir es más costoso y complejo), el presente estudio mostró que el control de interferencias en gabinete permitió evidenciar conflictos de alto impacto en vigas, muros y cimentación, elevando la confiabilidad del diseño coordinado.

Del mismo modo, en comparación con Herrera (2020), quien reportó la detección anticipada de 1706 interferencias en su caso, se observa una diferencia en magnitud respecto a las 574 interferencias del presente estudio; esta discrepancia es esperable por variaciones de tipología, alcance, nivel de detalle del modelado y criterios de detección, pero ambos coinciden en el beneficio central: identificar incompatibilidades antes de construir para mejorar el control del proyecto.

OE3. Determinar de qué manera la adopción de la Tecnología 4.0 influye en la sostenibilidad

En cuanto a sostenibilidad, los resultados se interpretaron principalmente desde la prevención de retrabajos y correcciones tardías que implican consumo adicional de materiales, energía y tiempo. En el caso analizado, la presencia de 28 interferencias Críticas (5%), asociadas a situaciones de alta complejidad de replanteo (por ejemplo, en cimentaciones), evidenció puntos donde una corrección en obra tendría mayor impacto técnico y potencialmente mayor desperdicio por reprocesos.

Esta interpretación coincide con Ccora (2018), quien concluyó que la gestión temprana de interferencias mediante BIM en fase de diseño permite disminuir impactos económicos que suelen materializarse cuando los conflictos se detectan tardíamente en obra; en la práctica, ese menor impacto económico suele estar asociado también a menor consumo adicional de recursos por correcciones y rehacer partidas.

Asimismo, en comparación con Datta et al. (2023), quienes reportaron reducción de desperdicios del proceso al integrar BIM y Clash Detection, los resultados del presente estudio fueron coherentes en el enfoque preventivo: al identificar y clasificar interferencias antes de la ejecución, se favoreció la sostenibilidad desde el control de diseño, aunque sin cuantificar residuos o huella ambiental de forma directa.

CONCLUSIONES

La presente investigación cumplió satisfactoriamente con el objetivo general de analizar la influencia de la aplicación de la tecnología 4.0 en los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco, demostrando mediante evidencia concreta que la implementación de la metodología BIM representa un avance significativo en la planificación y ejecución de proyectos constructivos en la región. El análisis comparativo entre los métodos tradicionales y el enfoque BIM permitió establecer diferencias sustanciales en términos de eficiencia, calidad y sostenibilidad.

En relación al primer objetivo específico, se determinó que la implementación de las Tecnologías 4.0 impacta positivamente en la eficiencia operativa de los proyectos de edificación en Huánuco. La identificación temprana de 574 interferencias mediante herramientas de detección de interferencias, permitiendo optimizar los procesos de diseño, reducir tiempos de coordinación y minimizar los reprocesos durante la etapa constructiva. Esta optimización se tradujo en una mejora sustancial en la gestión operativa del proyecto, validando la superioridad del enfoque BIM sobre los métodos tradicionales que solo se podría lograr la tercera parte en la fase de diseño y dibujo en CAD.

Respecto al segundo objetivo específico, se comprobó que las Tecnologías 4.0 influyen directamente en la calidad de las construcciones en la ciudad de Huánuco. El análisis detallado de las 412 interferencias en instalaciones eléctricas y 162 en instalaciones sanitarias evidenció que la detección preventiva de conflictos entre sistemas estructurales y de instalaciones garantiza mayores estándares de precisión constructiva. La capacidad de resolver estas incompatibilidades antes de su materialización en obra demostró una mejora tangible en la calidad final de la edificación, asegurando el cumplimiento de normativas técnicas y estructurales.

En cuanto al tercer objetivo específico, se estableció que la adopción de Tecnologías 4.0 influye positivamente en la sostenibilidad en los proyectos de edificación mediante la optimización de recursos materiales y la reducción de impactos ambientales. La minimización de desechos por reprocesos, la eficiencia en el uso de materiales como concreto y acero, y la reducción del

consumo energético durante la fase operativa del edificio, constituyen contribuciones relevantes al desarrollo sostenible de las construcciones en Huánuco.

La investigación validó consistentemente que la tecnología BIM permite una toma de decisiones proactiva durante la fase de diseño, contrastando favorablemente con los enfoques tradicionales que generaban correcciones reactivas durante la construcción. Los resultados obtenidos proporcionan evidencia contundente sobre los beneficios de implementar tecnologías 4.0 en el sector construcción de Huánuco, ofreciendo un marco de referencia para futuras aplicaciones en proyectos de edificación en la región que busquen optimizar sus procesos, mejorar la calidad constructiva y promover prácticas más sostenibles.

RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos en esta investigación, se recomienda en forma general que las empresas constructoras e instituciones públicas de Huánuco implementen progresivamente la metodología BIM en todos los proyectos de edificación, comenzando por aquellos de mediana y gran escala. Esta implementación debe incluir la capacitación técnica especializada de profesionales locales en el uso de herramientas BIM, con especial énfasis en la detección temprana de interferencias y la optimización de recursos.

Para maximizar el impacto en la eficiencia operativa con respecto al primer objetivo específico, se sugiere establecer protocolos obligatorios de revisión de interferencias en tres etapas claves del diseño: preliminar, desarrollo y expediente técnico. Los municipios podrían incorporar este requisito en los reglamentos técnicos locales, siguiendo el modelo de éxito documentado en esta investigación que permitió identificar 574 interferencias antes de la etapa constructiva.

Para mejorar la calidad constructiva, con respecto al segundo objetivo específico, se recomienda crear bancos de familias BIM estandarizadas adaptadas a las condiciones específicas de Huánuco, incorporando especificaciones técnicas de materiales y procedimientos constructivos locales. Esta medida permitirá asegurar la consistencia en la calidad de los proyectos y facilitará la transición digital de las pequeñas y medianas empresas constructoras.

Para potenciar la sostenibilidad, es decir, el tercer objetivo específico, se propone implementar análisis de ciclo de vida mediante herramientas BIM en la fase de diseño, permitiendo evaluar y optimizar el desempeño ambiental de los proyectos. Las entidades públicas podrían establecer incentivos fiscales o preferencias en licitaciones para proyectos que demuestren reducciones medibles en huella de carbono y consumo de recursos.

Finalmente, se recomienda a las universidades de la región incorporar en sus planes de estudio, formación práctica en tecnologías 4.0 aplicadas a la construcción, utilizando como base los casos de éxito documentados en esta investigación. La formación de capital humano especializado será

fundamental para sostener la transformación digital del sector construcción en Huánuco en el mediano y largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelrahman, M., Macatulad, E., Lei, B., Quintana, M., Miller, C., & Biljecki, F. (2025). *What is a Digital Twin anyway? Deriving the definition for the built environment from over 15,000 scientific publications*. Building and Environment.
- Alonso, J. (2015). Big Delta, la impresora 3D capaz de construir casas. *Libertad Digital*. .
- Antolín, V. (2020). El otro punto de mira de la construcción 4.0 del que nadie habla.
- Basco, A., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (2018). Industria 4.0: fabricando el futuro. *Inter-American Development Bank*., 647.
- Bos, M. (1989). *Discharge Measurement Structures*.
- Ccora Huaman, N. (2018). *Costo de las interferencias constructivas de edificaciones con la aplicación de la Metodología BIM*. Huancayo (Junín, Perú): Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Colpari, M. (2020). Uso de inteligencia artificial para la detección automatizada de fisuras en estructuras de hormigón armado.
- Construyamos. (2019). How big data is the transforming the Construction industry. .
- Conteras, L. (2016). Contour Crafting la tecnología que imprimirá casas en la Tierra y Luna,. *3D Natives*.
- Datta, S., Sobuz, M., Mim, N. J., & Nath, A. (2023). *Investigation on the effectiveness of using building information modeling (BIM) tools in project management: a case study*. Khulna (Bangladesh): Revista de la Construcción.
- Diéz, D. (2020). 10 Aplicaciones de blockchain para la construcción.
- Dinh, A., Liu, R., Zhang, M., Chen, G., Ooi, B., & Wang, J. (2018). Untangling blockchain: A data processing view of blockchain systems. *IEEE transactions on knowledge and data engineering*. (30(7).), 1366-1385.
- Ermí. (2015). Algoritmo en la construcción civil.
- Espinoza, M. (2021). *Capacidad de respuesta de la supervisión de obra ante las consultas de incompatibilidad entre especialidades durante la ejecución de la obra del Hospital Regional de Huánuco, aplicando la*

- metodología del Virtual Design and Construction – Huánuco –2021.*
Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/5160>.
- Farfán, E., & Chavil, J. (2016). Análisis y evaluación de la implementación de la metodología BIM en empresas peruanas. .
- Fernández, J. (2019). Impresoras 3D. *La revolución industrial llega a la construcción.*, (142), 68-72.
- Ferreiro, N. (2014). Automatización y robótica en edificación. .
- Garin , A., Garcia, J., Lizarraga, J., Betanzos, J., & Bairi, A. (2018). Internet de las cosas y plataformas de código abierto como herramientas de apoyo para la construcción 4.0. Internet of things and open source platforms as support tools for construction 4.0. *Anales de Edificación*,, 4(2), 1-8. .
- Garrell, A., & Guilera, L. (2019). La industria 4.0 en la sociedad digital. *Marge books*.
- Garrido, Pérez, & Irastorza. (2016). En la industria de la construcción, la planificación operativa y la gestión de recursos .
- Grieves, M., & Vickers, J. (2017). *Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems*.
- Hernández. (2014). *Metodología de la Investigación*. México.
- Herrera Fuentes, Y. L. (2020). *BIM, para Detectar las Interferencias en la Etapa de Diseño en una Edificación, Distrito y Provincia de Jaén, Región Cajamarca*. Jaén (Cajamarca, Perú): Universidad Nacional de Jaén.
- IBM. (2021). ¿Qué es la Industria 4.0? <https://www.ibm.com/pe-es/topics/industry-4-0> .
- INCIBE. (2017). Construcción. Ciberseguridad para tu sector. .
- International Organization for Standardization. (2021). *ISO 23247-1:2021 Automation systems and integration — Digital twin framework for manufacturing — Part 1: Overview and general principles*. ISO.
- JavaTpoint. (2019). proprocesamiento de datos.
- Linares, M. (2018). Revisión de la capacidad de transparencia y confianza que ofrece la tecnología blockchain. 119-133. Obtenido de <https://doi.org/10.26439/interfases2018.n011.2957>.

- Medina, D. (2018). El uso de las Impresoras 3D como tecnología emergente en la ingeniería civil,. *impacto en el desarrollo económico y sostenibilidad*.
- Ortega, C., & Gavidia, C. (2019). *Implementación de la metodología BIM 4D al sistema Last Planner para mejorar la gestión de la productividad en la construcción del Hospital Hermilio Valdizán Nivel III-1 de Huánuco– 2019*. Obtenido de <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/6157>
- Pacheco, C. (2021). Optimización en el manejo de proyectos de la construcción.
- Praia, P., Pantoja, J., Buzar, M., & Narváez, N. (2025). *El impacto de BIM en la coordinación de proyectos: investigación de interferencias*. Brasilia: Revista de Arquitectura (Bogotá).
- Rodríguez-González , A., Morales , E., & Sucar, L. (2020). COLDPower: el agente inteligente mexicano de mercadeo de energía. COLDPower: . *el agente inteligente mexicano de mercadeo de energía*. .
- Shayesteh, N. (2025). *Enhanced BIM Clash Visualization using Visual Programming Techniques*. Turín (Italia): Politecnico Di Torino.
- Tabraj, B., & Herrera, J. (2019). *Estudio del rendimiento de la mano aplicando el BIM en las partidas de concreto armado en la obra Hospital Regional Hermilio Valdizan Nivel III-1*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.13080/4523>
- Ventura Segura, R. V. (2021). *Detección de interferencias al compatibilizar el diseño estructural de un Centro Médico aplicando la metodología BIM – Villa el Salvador, 2021*. Villa El Salvador (Lima, Perú): Universidad Cesar Vallejo.
- Vickers, J. (2025). *The promise and applications of digital twins (NASA Technical Report/Presentation)*. NASA.
- Villena, Marcal, & Lucena. (2020). *La construcción 4.0: hacia la sostenibilidad en el sector de la construcción*. Obtenido de <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/2443>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Yabar Goñe, Y. E. (2026). *Aplicación de tecnología 4.0 a proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 0091-2025-D-FI-UDH

Huánuco, 28 de enero de 2025

Visto, el Oficio N° 046-2025-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA 4.0 A PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO"**, presentado por el (la) Bach. **Yadira Estefani YABAR GÓNE**.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 0441-2024-D-FI-UDH, de fecha 06 de marzo de 2024, perteneciente a la Bach. **Yadira Estefani YABAR GÓNE**, se le designó como ASESOR(A) al Mg. William Paolo Taboada Trujillo, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 046-2025-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA 4.0 A PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO"**, presentado por el (la) Bach. **Yadira Estefani YABAR GÓNE**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Yenerit Pamela Malpartida Valderrama (Presidente), Mg. Martin Cesar Valdivieso Echevarria (Secretario) y Mg. Yelen Lisseth Trujillo Ariza (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: **"APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA 4.0 A PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO"**, presentado por el (la) Bach. **Yadira Estefani YABAR GÓNE** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
SECRETARÍA
DOCENTE
Ing. Elibet Jhonatan Montano Lazaro
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DECANO
Mg. Bertha Campos Rios
DECANA RIOS - ASESORA DE INGENIERIA

Distribución:
Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Guadando - Interesado - Archivo.
BCR/EJML/rta.

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN Nº 0441-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 06 de marzo de 2024

Visto, el Oficio N° 296-2024-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 463350-0000000100, de la Bach. Yadira Estefani YABAR GONÉ, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 463350-0000000100, presentado por el (la) Bach. Yadira Estefani YABAR GONÉ, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone al Mg. William Paolo Taboada Trujillo, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27 y 28 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - DESIGNAR, como Asesor de Tesis de la Bach. Yadira Estefani YABAR GONÉ al Mg. William Paolo Taboada Trujillo, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo. - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Jhonny Méndez Lozano
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
DECANO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Mat. y Reg. Acad. - Interesado - Archivo.
BLCR/EJML/ndo.

ANEXO 3

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 5

Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
Problema General ¿De qué manera la aplicación de la Tecnología 4.0 influye en los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco?	Objetivo General Analizar la influencia de la aplicación de la Tecnología 4.0 en los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.	Hipótesis: H_1: La aplicación de la Tecnología 4.0 influye en los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco. H_0: La aplicación de la Tecnología 4.0 no influye en los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.	Enfoque: Cuantitativo.
Problema Específicos ¿Qué impacto tiene la implementación de Tecnología 4.0 en la eficiencia operativa de los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco?	Objetivo Específicos Determinar qué impacto tiene la implementación de Tecnología 4.0, en la eficiencia operativa de los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.	Hipótesis Específicos: H1_1: La implementación de la Tecnología 4.0 impacta en la eficiencia operativa de los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.	Alcance o nivel: Descriptivo.
¿Cómo influye la Tecnología 4.0 en la calidad de las construcciones en la ciudad de Huánuco?	Determinar cómo influye la Tecnología 4.0 en la calidad de las construcciones en la ciudad de Huánuco.	H1_0: La implementación de la Tecnología 4.0 no impacta en la eficiencia operativa de los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.	Diseño: No experimental.
¿De qué manera la adopción de Tecnología 4.0 influye en la sostenibilidad en los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco?	Determinar de qué manera la adopción de Tecnología 4.0 influye en la sostenibilidad en los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.	H2_1: La Tecnología 4.0 influye en la calidad de las construcciones en la ciudad de Huánuco. H2_0: La Tecnología 4.0 no influye en la calidad de las construcciones en la ciudad de Huánuco.	Técnica e instrumento de recolección de datos: La técnica empleada fue el análisis documental y la observación estructurada del modelo BIM, orientadas a identificar y registrar de manera sistemática las incompatibilidades técnicas (interferencias) entre estructuras e instalaciones dentro del entorno digital de modelamiento. El instrumento principal fue el registro de interferencias, para consignar de forma ordenada cada incompatibilidad detectada.

H3_1: La adopción de la Tecnología 4.0 influye en la sostenibilidad en los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.

H3_0: La adopción de la Tecnología 4.0 no influye en la sostenibilidad en los proyectos de edificación en la ciudad de Huánuco.

Población:

Estuvo conformada por el conjunto de proyectos de edificación formal desarrollados en la ciudad de Huánuco que contaron con diseño técnico y dirección profesional.

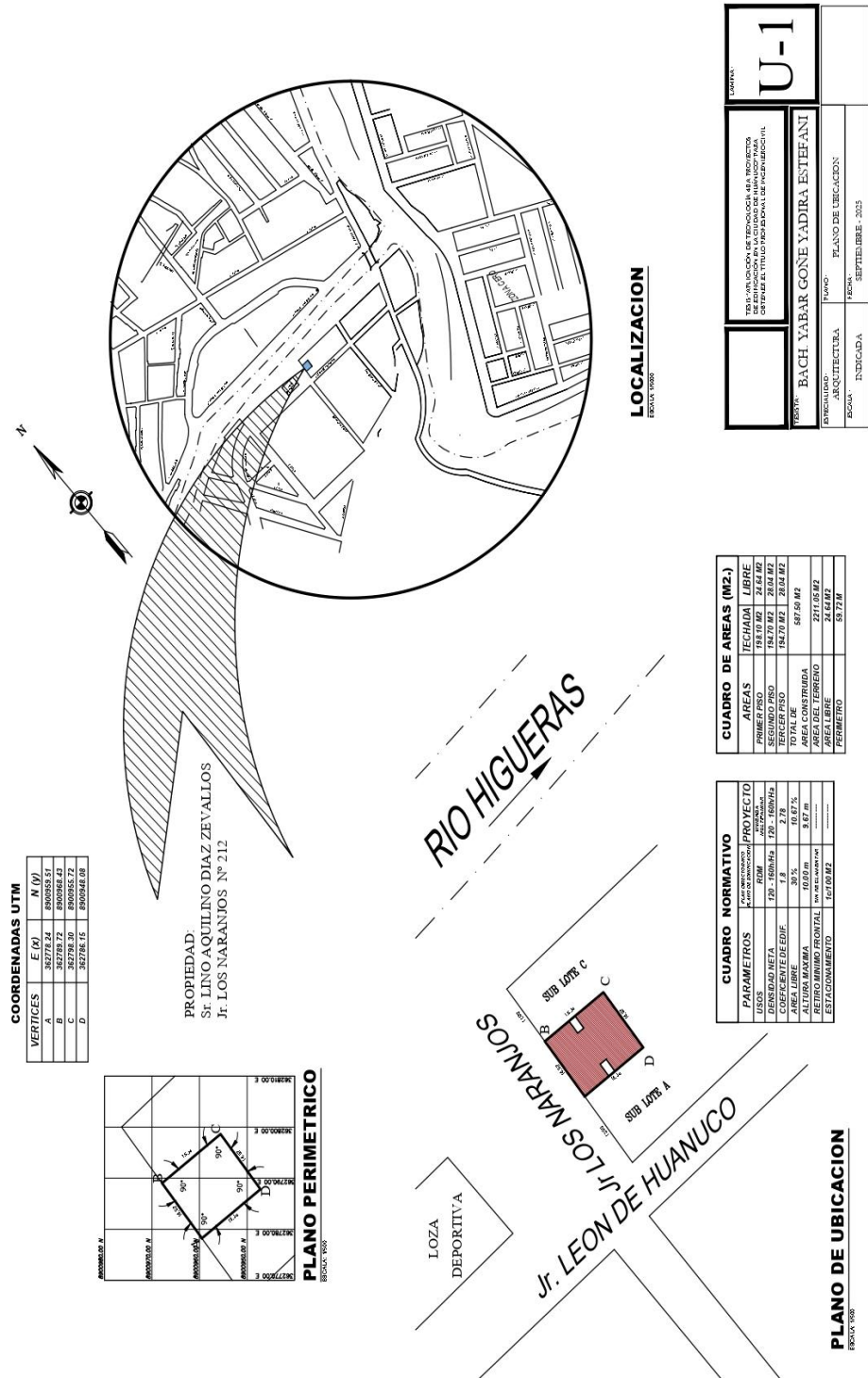
Muestra:

Estuvo constituida por un (1) proyecto de edificación ubicado en la ciudad de Huánuco, seleccionado por conveniencia y por disponibilidad de información necesaria para su modelado y análisis en un entorno BIM.

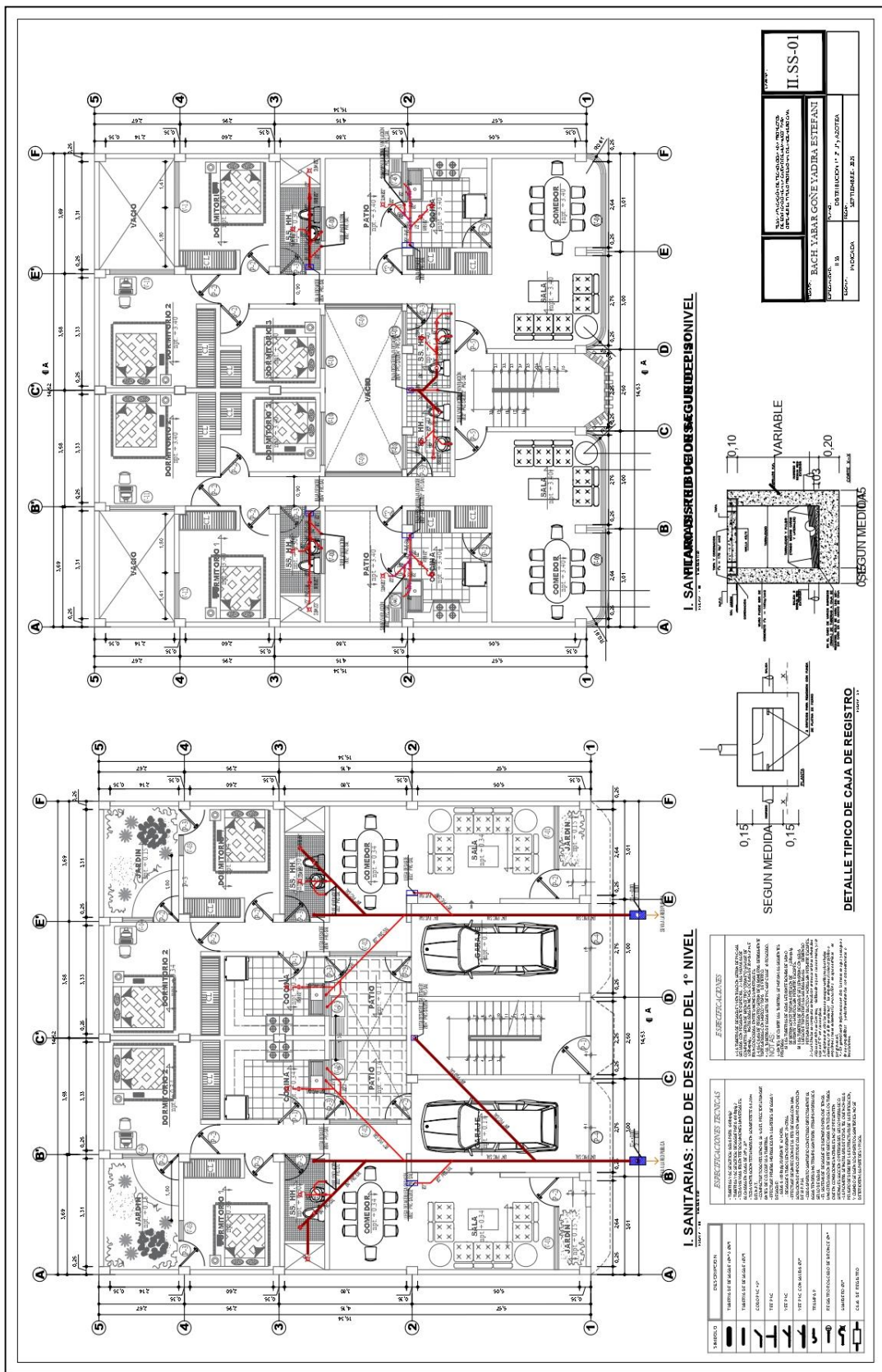
ANEXO 4

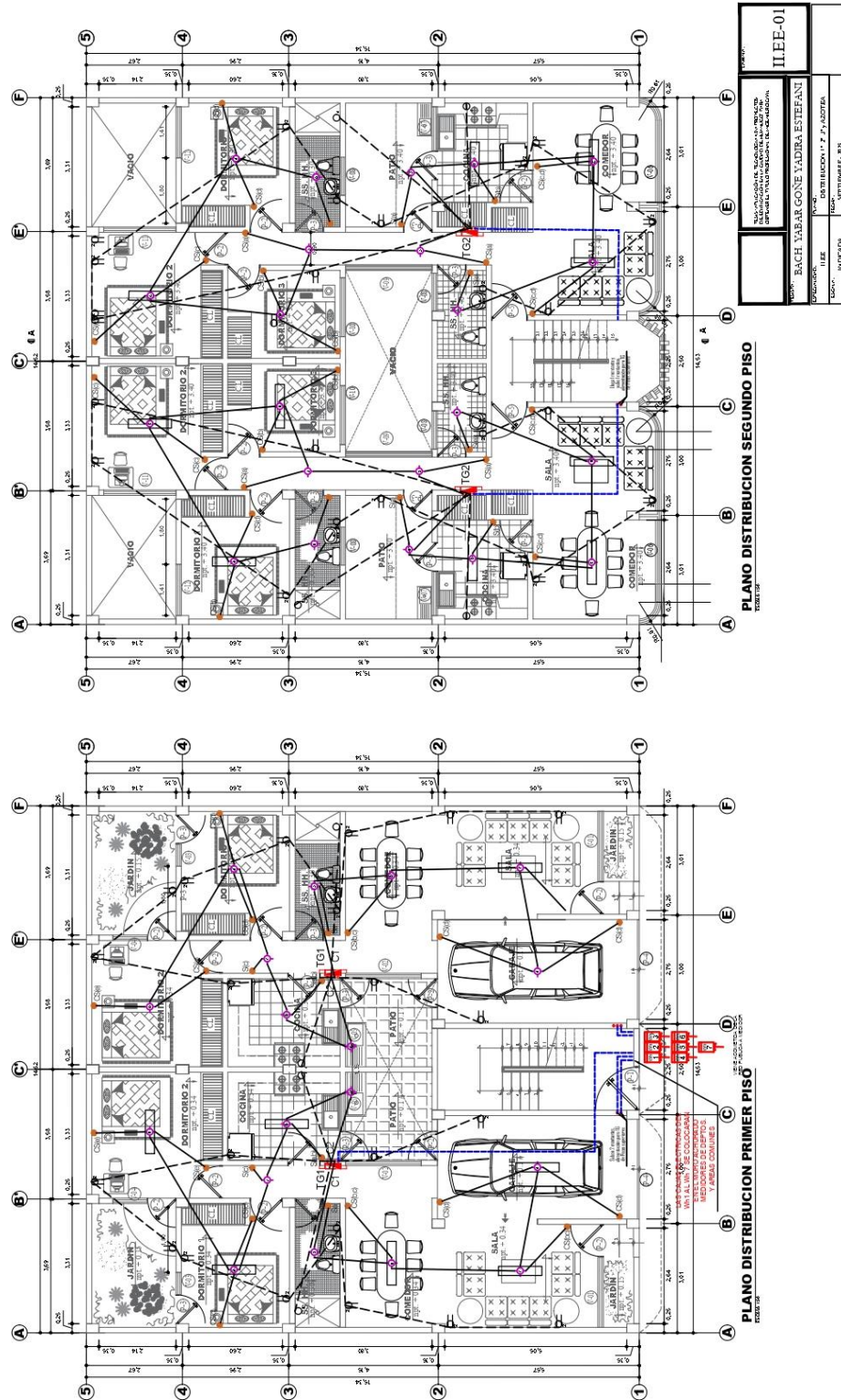
INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

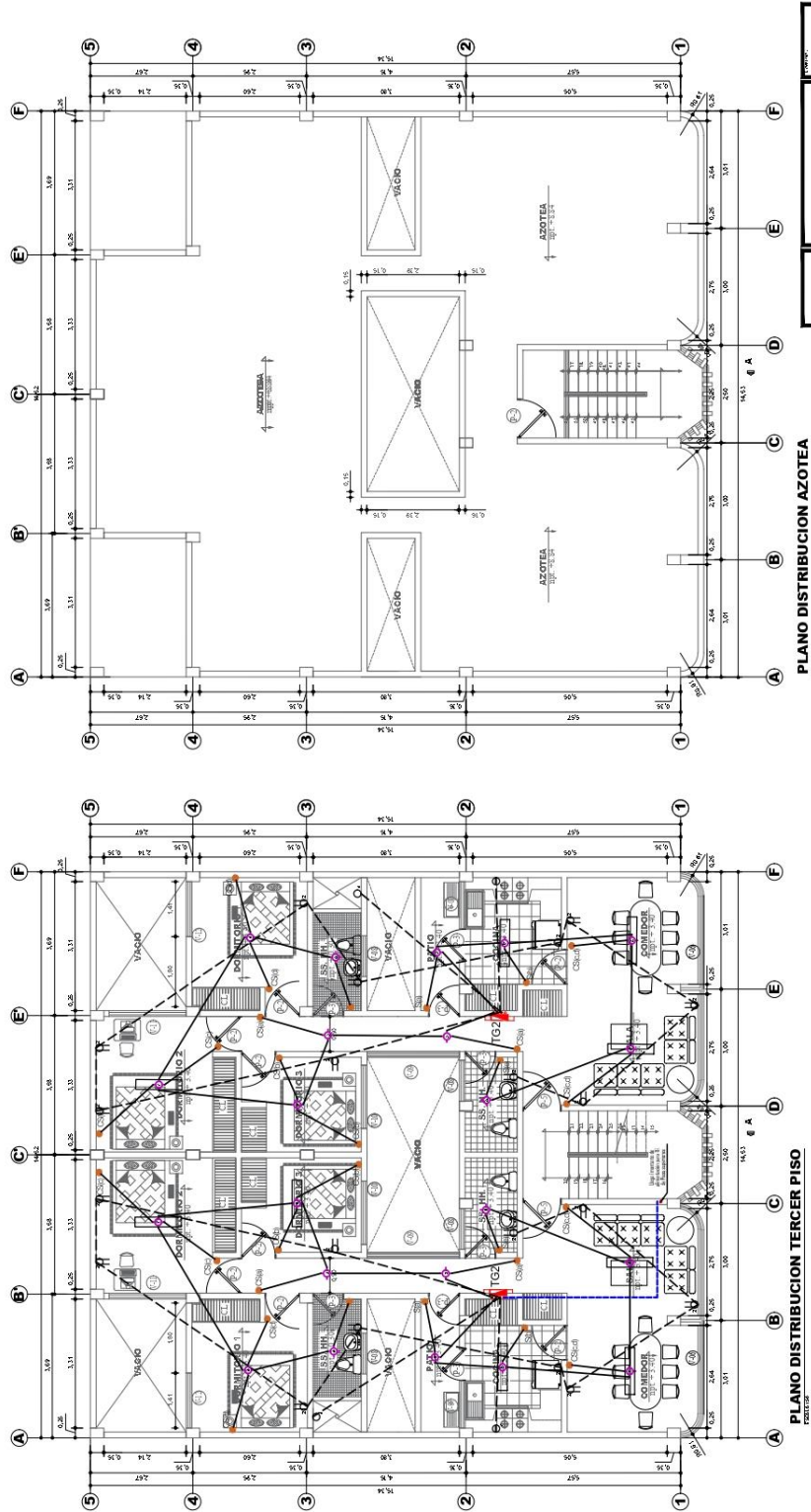
PLANO DE UBICACIÓN



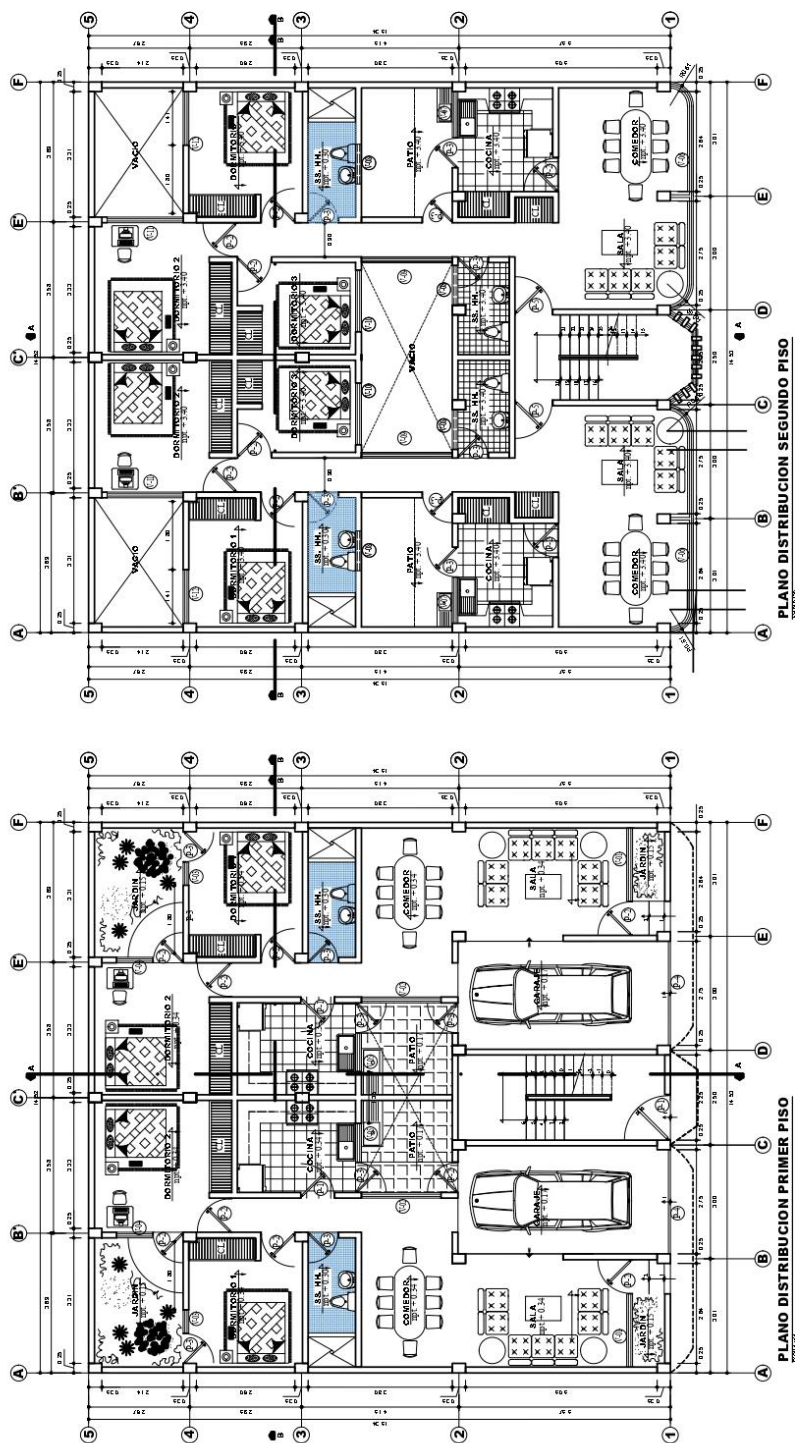
PLANOS DE DISTRIBUCIÓN



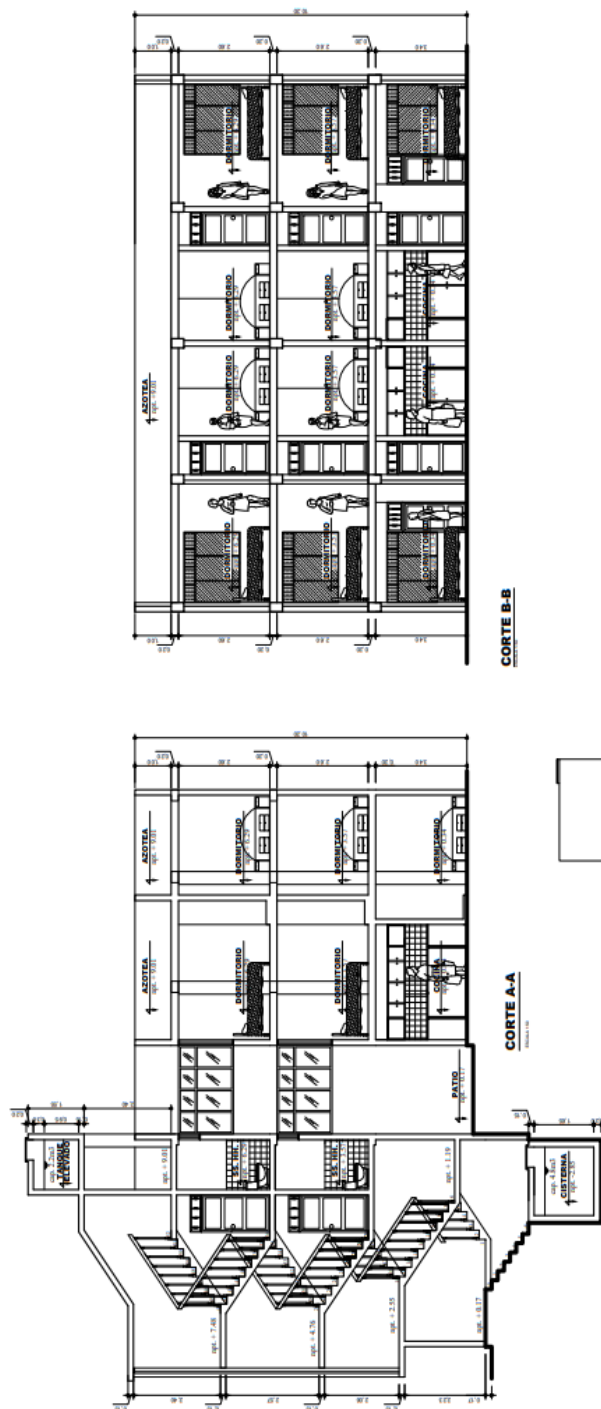




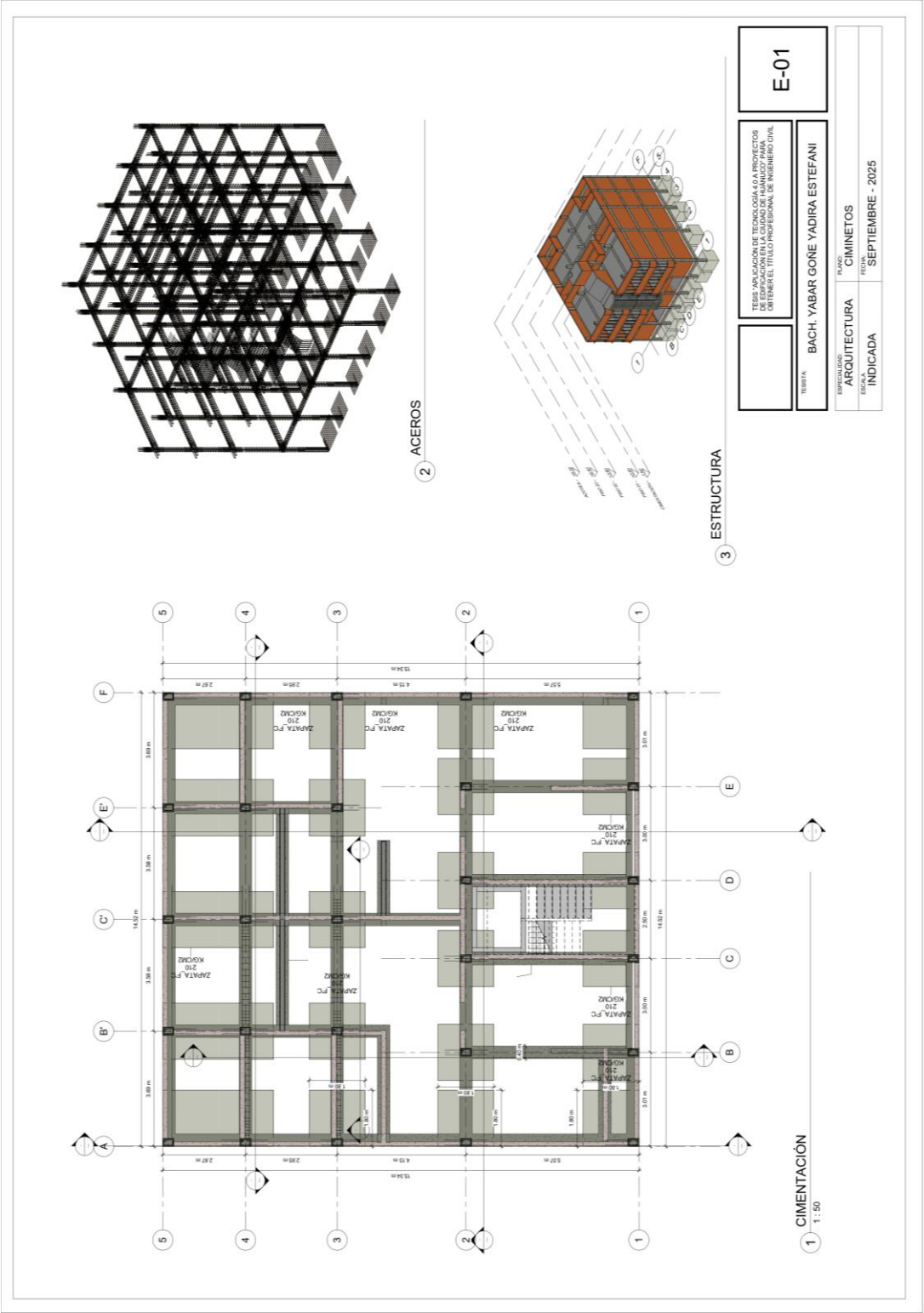
PROYECTO		IIEE-02
OBJETO		BACH YABAR GONE YADIRA ESTEFANI
UBICACION		II EE
FECHA		10/09/2011
AUTOR		IVAROLLA
REVISOR		SEPTEMBER - 2011



1991 "MAGAZINE OF THE FUTURE" AWARD FOR THE BEST PROJECT OF A HOUSE OF 600-800 SQ. M. 1991 "MAGAZINE OF THE FUTURE" AWARD FOR THE BEST PROJECT OF A HOUSE OF 600-800 SQ. M.	
NAME: BACH YABAR GONÉ YADIRA ESTEPANI	PLACE: CHUR BUCINTI Z' T' J' TOTÓBÁ
TYPE OF PROJECT: ARQUITECTURA	YEAR:
PRESENTED BY:	YEAR:

[illegible]

PLANO DE CIMENTACIÓN



ANEXO 5

PANEL FOTOGRAFICO



En la imagen se observa la inspección del margen derecho del lugar del estudio.

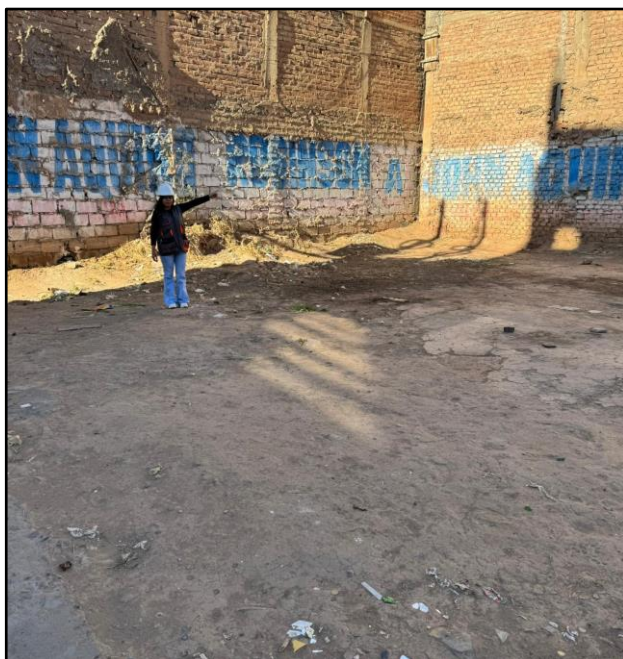
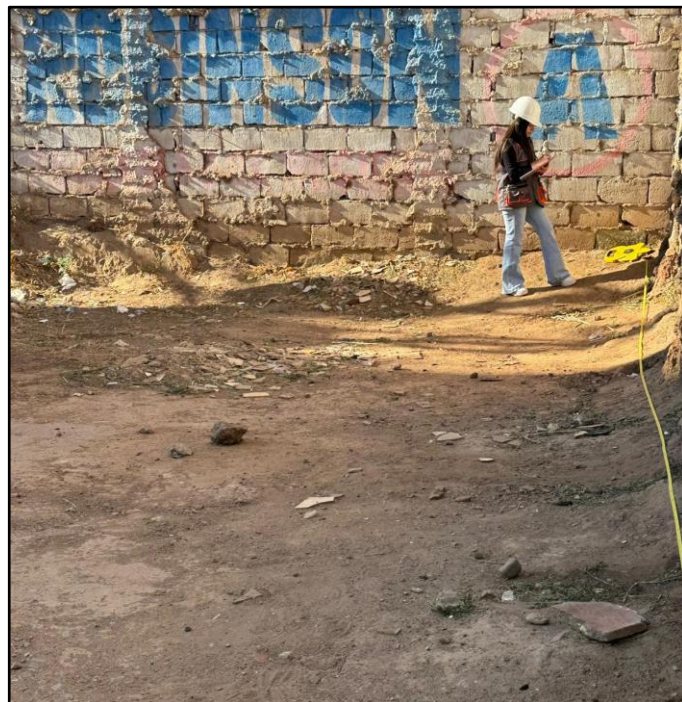


Imagen de la inspección frontal de la zona de estudio.



La imagen muestra el levantamiento de medidas, como parte del trabajo de campo en el área de estudio.



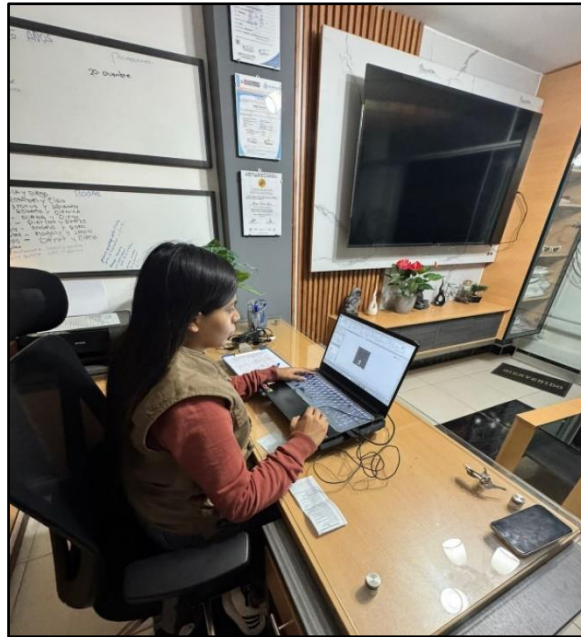
La imagen muestra toma de datos sobre el levantamiento de medidas del área de estudio.



Levantamiento de medidas, como parte del trabajo de campo.



La imagen muestra el proceso de modelado estructural de la vivienda en el software Autodesk Revit 2025 como parte del trabajo de gabinete.



Procesamiento de datos en el software Autodesk Revit 2025 como parte del trabajo de gabinete.



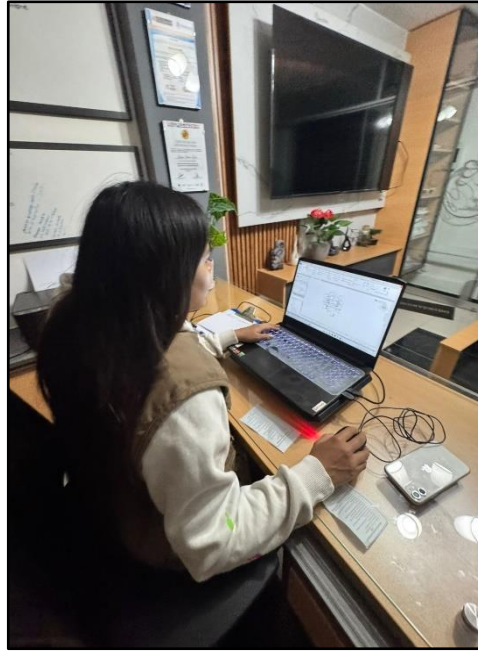
Modelado estructural de la vivienda en el software Autodesk Revit 2025.



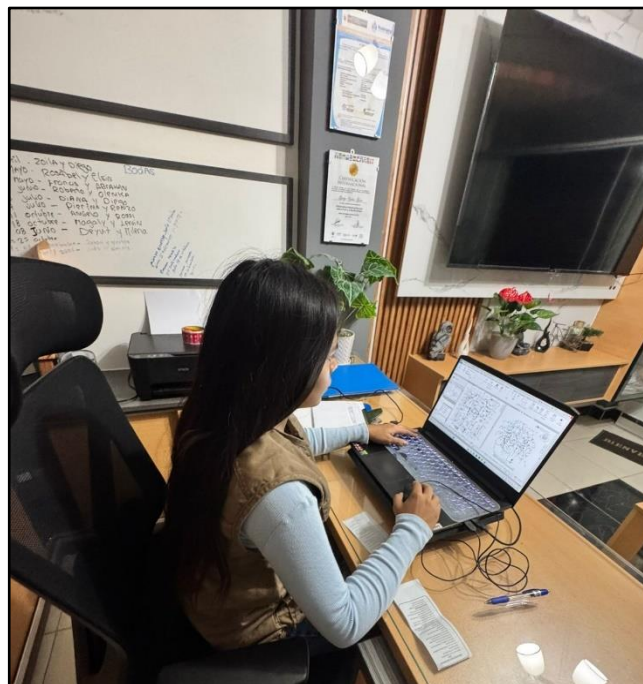
La imagen muestra el proceso de modelado de las instalaciones sanitarias de la vivienda, utilizando el software Autodesk Revit 2025.



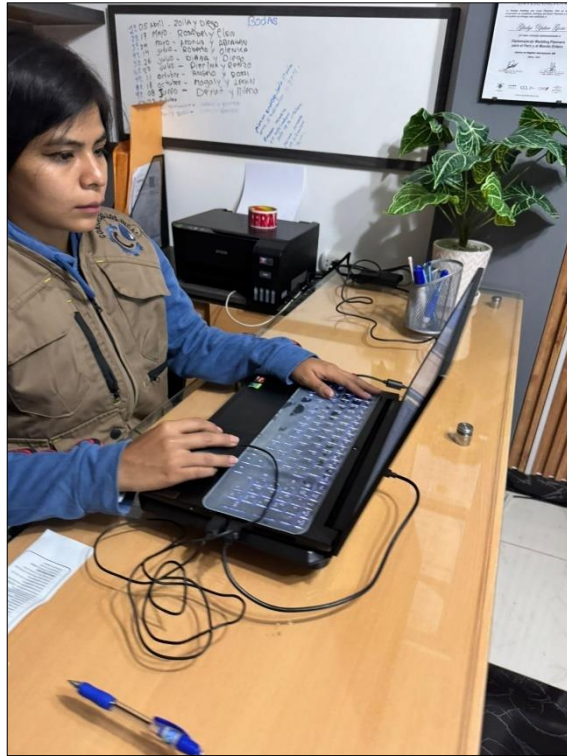
Segunda parte del modelado de las instalaciones sanitarias de la vivienda.



Primera parte del modelado de las instalaciones eléctricas de la vivienda, utilizando el software Autodesk Revit 2025.



Segunda parte del modelado de las instalaciones eléctricas de la vivienda, utilizando el software Autodesk Revit 2025.



La imagen muestra el procesamiento y consolidación de los resultados del modelado en el software Autodesk Revit 2025 como parte del trabajo de gabinete.