

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



Aplicación de la metodología BIM para la identificación de  
inconsistencias técnicas en la etapa de diseño de un reservorio circular  
de 200 m<sup>3</sup>

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

**AUTOR**

Julio César Jesús Vega Verastegui

**ASESOR**

Manuel Ismael Laurencio Luna

Tarma, Perú  
2023

**METADATOS COMPLEMENTARIOS****Datos del autor**

Nombres	JULIO CESAR JESUS
Apellidos	VEGA VERASTEGUI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	71273566
Número de Orcid (opcional)	

**Datos del asesor**

Nombres	MANUEL ISMAEL
Apellidos	LAURENCIO LUNA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	42362708
Número de Orcid (obligatorio)	0000-0002-5992-0202

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

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

**Datos del segundo miembro**

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

**Datos del tercer miembro**

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

**Datos de la obra**

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

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

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ACTA N° 047-2024-UCSS-FI/TPICIV**

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

Los Olivos, 29 de febrero de 2024

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

**Aplicación de la metodología BIM para la identificación de inconsistencias técnicas en la etapa de diseño de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>**

Presentado por el bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil de la Filial Tarma:

**VEGA VERASTEGUI, JULIO CESAR JESUS**

Ante la comisión evaluadora de especialistas conformado por:

BANCES MEZA, ALCIBIADES  
CARMENATES HERNANDEZ, DAYMA SADAMI

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

**APROBADO**

En mérito al resultado obtenido se expide la presente acta con la finalidad que el Consejo de Facultad considere se le otorgue al Bachiller VEGA VERASTEGUI, JULIO CESAR JESUS el Título Profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

En señal de conformidad firmamos,



Ing. BANCES MEZA, ALCIBIADES  
Evaluador especialista 1



Dra. CARMENATES HERNANDEZ, DAYMA SADAMI  
Evaluador especialista 2

**Anexo 2**

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

Los Olivos, 08 de febrero de 2024

Señor

Marco Antonio Coral Ygnacio

Presidente de la Comisión Ejecutora del Programa de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional  
Facultad de Ingeniería

Universidad Católica Sedes Sapientiae

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que el informe de trabajo de suficiencia profesional, bajo mi asesoría, con título: **“Aplicación de la metodología BIM para la identificación de inconsistencias técnicas en la etapa de diseño de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>”** presentado por VEGA VERASTEGUI, JULIO CESAR JESUS con código 2012101232 y DNI: 71273566 para optar el título profesional de Ingeniero Civil, ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser evaluado y calificado por la comisión evaluadora de especialistas.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 9 %** \* Por tanto, en mi condición de asesor, firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



---

MANUEL ISMAEL LAURENCIO LUNA

DNI N°: 42362708

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5992-0202>

Facultad de Ingeniería - UCSS

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

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

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

## Resumen

El diseño de infraestructuras de almacenamiento de agua a través de la metodología tradicional conlleva inconsistencias técnicas que podría afectar el presupuesto y el cronograma de trabajo en una obra de construcción. El presente informe busca determinar cómo la aplicación de la metodología BIM permite identificar inconsistencias técnicas en la etapa de diseño de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>., se utiliza el software BIM Revit para el modelado 3D de las especialidades y Navisworks Manage para la identificación, inspección y corrección de interferencias de los modelos tridimensionales. Los resultados obtenidos revelaron 75 inconsistencias técnicas, siendo más prominentes en instalaciones hidráulicas (60.00%), arquitectura (26.67%) y estructura (13.33%). Al analizar la interacción entre especialidades, se identificaron 48 inconsistencias técnicas, destacando la interacción de arquitectura y estructuras (45.83%), arquitectura e instalaciones hidráulicas (29.17%) y estructura e instalaciones hidráulicas (25.00%). La aplicación de la metodología BIM en infraestructuras hidráulicas demuestra ser más efectiva y precisa, facilitando la detección temprana de incompatibilidades en el diseño, esto previene retrabajos, permite anticipar problemas significativos y sobrecostos durante la ejecución del proyecto.

*Palabras clave:* BIM, Revit, Navisworks Manage, reservorio circular, inconsistencias, diseño.

### **Abstract**

The design of water storage infrastructure through traditional methodology entails technical inconsistencies that could affect the budget and construction schedule. This report seeks to determine how the application of BIM methodology allows for the identification of technical inconsistencies in the design phase of a 200 m<sup>3</sup> circular reservoir. BIM Revit software is used for 3D modeling of specialties, and Navisworks Manage for the identification, inspection, and correction of interferences in the three-dimensional models. The results obtained revealed 75 technical inconsistencies, with the most prominent ones in hydraulic installations (60.00%), architecture (26.67%), and structure (13.33%). Analyzing the interaction between specialties, 48 technical inconsistencies were identified, highlighting the interaction between architecture and structures (45.83%), architecture and hydraulic installations (29.17%), and structure and hydraulic installations (25.00%). The application of BIM methodology in hydraulic infrastructures proves to be more effective and accurate, facilitating the early detection of incompatibilities in the design. This prevents rework, allows for anticipating significant problems, and avoids cost overruns during project execution.

*Keywords:* BIM, Revit, Navisworks Manage, circular reservoir, inconsistencies, design.

## Índice

Resumen.....	2
Abstract.....	3
Índice de Tablas .....	6
Índice de Figuras.....	8
Introducción .....	10
Trayectoria del autor .....	15
Descripción de la Empresa.....	15
Organigrama de la Empresa .....	16
Áreas y funciones desempeñadas.....	18
Experiencia profesional realizada en la organización .....	20
Problemática .....	22
Planteamiento del Problema.....	22
Definición del Problema.....	25
<i>Problema principal</i> .....	26
<i>Problemas secundarios</i> .....	26
Objetivos .....	27
<i>Objetivo General</i> .....	27
<i>Objetivos específicos</i> .....	27
Justificación.....	27
Alcances y limitaciones.....	29
Alcances.....	29
Limitaciones .....	30
Marco Teórico .....	32
Antecedentes .....	32
Antecedentes nacionales.....	32
Antecedentes internacionales .....	34
Bases Teóricas .....	37
Definición de Términos Básicos .....	47
Propuesta de Solución.....	49
Metodología de la solución .....	49



Flujo de trabajo para el modelado .....	49
Desarrollo de la solución.....	50
Desarrollo del modelo digital 3D para la infraestructura hidráulica .....	50
Análisis de inconsistencias técnicas. ....	82
Impacto económico generado por las inconsistencias técnicas .....	134
Factibilidad técnica – operativa.....	135
Cuadro de inversión .....	137
Análisis de Resultados .....	139
Síntesis de los resultados.....	139
Desarrollo de un modelo digital 3D de una infraestructura hidráulica.....	140
Detección de inconsistencias técnicas. ....	141
Impacto económico por la metodología BIM.....	146
Análisis Costos – beneficio .....	149
Aporte más Destacable a la Institución.....	152
Conclusiones .....	154
Recomendaciones .....	157
Referencias.....	159
Anexos .....	165

## Índice de Tablas

Tabla 1 Sectorización de la infraestructura hidráulica .....	55
Tabla 2 Cuadro de accesorios del reservorio. ....	80
Tabla 3 Tipos de las inconsistencias técnicas. ....	83
Tabla 4 Listado de las Pruebas de conflicto.....	87
Tabla 5 Identificación y clasificación de inconsistencias en arquitectura. ....	89
Tabla 6 Identificación y clasificación de inconsistencias en estructuras. ....	97
Tabla 7 Identificación de inconsistencias técnicas en instalaciones hidráulicas.....	103
Tabla 8 Identificación y clasificación de inconsistencias, A vs E.....	118
Tabla 9 Identificación y clasificación de inconsistencias, A vs IH. ....	126
Tabla 10 Identificación y clasificación de inconsistencias, E vs IH. ....	130
Tabla 11 Costo generado por las inconsistencias técnicas según especialidad.....	134
Tabla 12 Ventajas y desventajas de la metodología BIM en los gobiernos locales. ....	136
Tabla 13 Presupuesto para softwares. ....	137
Tabla 14 Presupuesto para hardware.....	137
Tabla 15 Presupuesto para cursos de capacitación .....	138
Tabla 16 Presupuesto para servicios profesionales.....	138
Tabla 17 Interferencias técnicas por según especialidad. ....	141
Tabla 18 Interferencias según tipología por especialidad. ....	142
Tabla 19 Interferencias entre especialidades.....	144
Tabla 20 Interferencias según tipología entre especialidades. ....	145
Tabla 21 Tabla de costos aproximados por el servicio del profesional BIM. ....	148
Tabla 22 Costo del reservorio + costo por incompatibilidades.....	148

Tabla 23 Costo – beneficios para la identificación y solución de inconsistencias.....	150
---	-----

## Índice de Figuras

Figura 1 Estructura administrativa de la municipalidad distrital de Palcamayo.....	17
Figura 2 Plano bidimensional de la infraestructura hidráulica, especialidad arquitectónica. ....	52
Figura 3 Plano bidimensional del reservorio circular, especialidad estructural.....	53
Figura 4 Plano bidimensional del reservorio circular, especialidad de hidráulica.....	54
Figura 5 Archivos DWG recopilados y generados para el modelamiento.....	55
Figura 6 Plano de Sectorización de la infraestructura hidráulica. ....	56
Figura 7 Elección de las unidades del proyecto.....	57
Figura 8 Importación de los archivos CAD .....	59
Figura 9 Creación de niveles para el reservorio circular.....	60
Figura 10 Inserción de ejes para la caseta de válvula y cloración. ....	61
Figura 11 Modelamiento de la excavación y vaciado del solado .....	62
Figura 12 Vista en corte del detalle constructivo del solado.....	63
Figura 13 Modelamiento de la cimentación y losa de fondo. ....	64
Figura 14 Vista en corte del detalle constructivo de la cimentación y la losa de fondo. ....	65
Figura 15 Modelamiento de los muros circulares.....	66
Figura 16 Vista en corte del detalle constructivo del muro circular.....	67
Figura 17 Modelamiento de la viga anular. ....	68
Figura 18 Vista en corte del detalle constructivo de la viga circular. ....	69
Figura 19 Modelamiento de la cúpula. ....	70
Figura 20 Vista en corte del detalle constructivo de la cúpula.....	71
Figura 21 Modelamiento del cimiento corrió y las columnas.....	72
Figura 22 Modelamiento del conjunto de vigas.....	73

Figura 23 Modelamiento de la losa aligerada.....	74
Figura 24 Modelamiento de la losa aligerada.....	75
Figura 25 Modelamiento del piso y sobrecimiento.....	76
Figura 26 Modelamiento de vereda y graderías.....	77
Figura 27 Modelamiento de los muros arquitectónicos.....	78
Figura 28 Modelamiento de puertas y ventanas.....	79
Figura 29 Modelamiento de los accesorios y válvulas.....	81
Figura 30 Archivos con extensión NWC.....	84
Figura 31 Importación de las especialidades a la plataforma Navisworks.....	85
Figura 32 Selección del comando Chash Detective.....	86
Figura 33 Creación de las pruebas de conflicto en la ventana de Clash Detective.....	87
Figura 34 Configuración para la identificación de conflictos, arquitectura.....	88
Figura 35 Configuración para la identificación de conflictos, Estructuras.....	96
Figura 36 Configuración para la identificación de conflictos, Instalaciones Hidráulicas.....	102
Figura 37 Modelo digital 3D de un reservorio circular de 200 m <sup>3</sup> .....	140
Figura 38 Interferencias identificadas por especialidad.....	141
Figura 39 Interferencias según tipología por especialidad.....	143
Figura 40 Interferencias entre especialidades.....	144
Figura 41 Interferencias según tipología entre especialidad.....	146
Figura 42 Resumen del presupuesto del reservorio circular.....	147
Figura 43 Porcentaje de costo adicional por las inconsistencias técnicas.....	149

## **Introducción**

La planificación y el diseño de infraestructuras de almacenamiento de agua es clave para garantizar una gestión del recurso hídrico, y, su disponibilidad futura en el ámbito de la ingeniería civil y la dirección de obras de saneamiento. De este modo, el suministro y la distribución de agua potable ha demostrado que los depósitos circulares son uno de los elementos de infraestructura más importantes, sin embargo, podría haber errores técnicos en la fase de diseño que interfieran con su correcto funcionamiento. Así, la necesidad de soluciones efectivas y confiables en la planificación y la construcción de embalses circulares es mayor a la luz de las tendencias de urbanización y cambio climático.

La Municipalidad Distrital de Palcamayo, en la provincia de Tarma, Perú, busca ser un referente en servicios educativos y de salud, promoviendo el desarrollo sostenible y la inclusión social. Con liderazgo del Sr. Jairo Carhuas Condor, la gestión prioriza proyectos mediante un proceso presupuestario anual, enfocándose en mejorar la calidad de vida de los residentes y generar oportunidades económicas, todo bajo valores de eficacia y transparencia.

Trayectoria en la Municipalidad Distrital de Palcamayo, Perú, como asistente técnico administrativo en la Unidad de Infraestructura y Obras Públicas. Participación activa en el diseño, supervisión y ejecución de proyectos de saneamiento, adquiriendo sólida experiencia en ingeniería civil. Destacada labor incluyó la elaboración de expedientes técnicos, revisión de informes mensuales de contratistas y la inspección de obras, contribuyendo al éxito de proyectos como la renovación de la línea de conducción en Palcupunan - Shacamarca. Experiencia aplicada en proyectos fuera de la organización, demostrando compromiso con la excelencia en la ingeniería civil.

La problemática abordada se centra en las persistentes inconsistencias técnicas en la etapa de diseño de reservorios circulares de 200 m<sup>3</sup> en el distrito de Palcamayo, Junín, Perú. Estos problemas incluyen errores en cálculos, dimensiones incorrectas y falta de coordinación, resultando en costos adicionales, retrasos en proyectos y afectando la calidad del suministro de agua. La falta de estándares claros, capacitación y herramientas tecnológicas contribuyen a esta problemática, que amenaza la funcionalidad y sostenibilidad a largo plazo de la región.

En este sentido se planteó el siguiente objetivo: Determinar cómo la aplicación de la metodología BIM permite identificar inconsistencias técnicas en la etapa de diseño de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>.

Este estudio justifica la aplicación de la metodología BIM en el diseño de reservorios circulares de 200 m<sup>3</sup> en Junín, Perú, respaldado por el impulso estatal del uso de BIM. Busca prevenir inconsistencias técnicas, reducir costos y mejorar la calidad del agua. Socialmente, beneficia a la población brindando acceso a agua potable saludable. Académicamente, aplica conocimientos universitarios y abre oportunidades para futuras investigaciones. Las limitaciones incluyen restricciones de tiempo, recursos y posibles obstáculos en la adquisición de datos precisos.

Los antecedentes nacionales e internacionales destacan la efectividad de la metodología BIM en diversos proyectos de construcción e infraestructura. En Perú, Mendoza demostró la mejora en la productividad mediante la combinación de BIM y Lean Construction, mientras Pillaca y Saavedra resaltaron la optimización del diseño geométrico de carreteras. A nivel internacional, estudios como el de Álvarez enfatizaron la necesidad de transparencia en proyectos de vivienda social, y Gómez identificó desafíos humanos en la transición a BIM. La

implementación de BIM en la ingeniería civil y la construcción se considera crucial para mejorar eficiencia y calidad en proyectos.

El Building Information Modeling (BIM) ha evolucionado desde la década de 1970 como una herramienta integral para la gestión de proyectos de construcción, destacando su importancia en la eficiencia, toma de decisiones y calidad. La implementación exitosa de BIM depende de factores tecnológicos, procesuales y organizativos. Las inconsistencias técnicas, identificadas como discrepancias no previstas, son abordadas proactivamente por BIM para evitar costosos retrabajos. En Perú, la adopción de BIM, respaldada por normativas como ISO 19650-1, se impulsa en el sector público con el Plan BIM Perú, buscando mejorar la calidad y eficiencia en proyectos de infraestructura hasta 2030.

La propuesta de solución se fundamenta en la adopción de la metodología BIM para la fase de diseño de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>. Se seleccionó esta metodología moderna, alineada con las prácticas actuales de entidades públicas y en concordancia con la obligación futura de su adopción generalizada para el año 2030 en Perú. Se empleó el software Autodesk Revit para la creación de modelos tridimensionales basados en planos bidimensionales, mientras que Autodesk Navisworks Manage se utilizó para identificar y corregir inconsistencias técnicas en los modelos. El flujo de trabajo incluyó la limpieza y organización de archivos CAD, la importación selectiva de vistas relevantes, y el modelado tridimensional en Revit con un Nivel de Desarrollo 200. La solución se enfocó en el diseño de la infraestructura hidráulica, identificando inconsistencias en arquitectura, estructura e instalaciones hidráulicas. Se detalló el desarrollo del modelo digital 3D para la infraestructura hidráulica, abordando aspectos como la cimentación, los muros circulares, vigas, cúpula y otros elementos clave. Se estableció una



sectorización para facilitar la construcción y se describió el proceso de modelado en cada especialidad, desde la excavación hasta la inserción de elementos estructurales y arquitectónicos.

La implementación de la metodología BIM en el diseño de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup> representa un hito significativo, destacando su eficacia en la identificación y corrección de inconsistencias en arquitectura, estructura e instalaciones hidráulicas. El análisis de costos y beneficios se centra en evaluar el impacto económico y operativo en comparación con métodos convencionales. Se logró desarrollar un modelo digital 3D integral de la infraestructura hidráulica, identificando 75 interferencias técnicas, con mayor incidencia en instalaciones hidráulicas. El análisis económico revela que la inversión en la metodología BIM representa el 10.89% del costo total del proyecto. Se destaca la escasez de datos concretos sobre costos reales de implementación, pero se proporcionan estimaciones de servicios de modeladores. La inversión total para la implementación de BIM en el proyecto fue de S/35,250. Los beneficios incluyen la reducción de errores, mejora en la coordinación y ahorro de tiempo. Aunque los costos son significativos, el análisis costos-beneficios respalda la relevancia de la metodología BIM en la ingeniería hidráulica moderna, subrayando su valor a largo plazo para proyectos futuros.

La investigación sobre la aplicación de la metodología BIM en el diseño de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup> destaca la creación exitosa de un modelo 3D integral, la detección de interferencias técnicas y el análisis económico. La metodología BIM demostró ser efectiva al abordar proactivamente inconsistencias, aunque con un aumento del 10.89% en el presupuesto. El análisis costos-beneficios respalda la eficacia y rentabilidad a largo plazo de BIM en la ingeniería hidráulica.

La investigación sobre la aplicación de la metodología BIM en el diseño de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup> se enriquece con antecedentes relevantes. Experiencias previas destacan la utilidad de BIM en proyectos inmobiliarios, la optimización del diseño geométrico en infraestructuras viales, la viabilidad en proyectos de inversión pública y la eficacia en proyectos multifamiliares. Estos antecedentes informan la creación exitosa de un modelo 3D integral, la detección de interferencias y el análisis económico. La metodología BIM demostró eficacia, respaldando su relevancia en la ingeniería hidráulica moderna.

Para una implementación efectiva de la metodología BIM en proyectos similares, se recomienda establecer programas de capacitación continuos para mantener actualizado al personal. La integración más efectiva de especialidades en el modelo 3D se lograría mediante la implementación de protocolos de colaboración estandarizados entre profesionales. Para optimizar el análisis de inconsistencias, se sugiere la utilización de herramientas de visualización avanzada, como Navisworks. Además, se propone establecer un sistema de seguimiento de costos para una evaluación económica más precisa y una toma de decisiones informada en proyectos futuros.

## **Trayectoria del autor**

### **Descripción de la Empresa**

De acuerdo con la Constitución del Perú, existen tres tipos de niveles de gobierno, siendo uno de los tres niveles, el gobierno local. Así mismo, dentro del gobierno local se subdivide en dos: gobierno local provincial y gobierno local distrital, perteneciendo a este último la Municipalidad Distrital de Palcamayo, institución donde me encuentro laborando.

La municipalidad distrital de Palcamayo, con Registro Único de Contribuyente (RUC) N.º 41846580 y ubicado en Jirón Lima S/N de Palcamayo, la cual es un distrito de la provincia de Tarma, región de Junín, Perú. El distrito de Palcamayo, conocido como el distrito de las hortalizas, es un organismo de gobierno local que inicio sus labores el 03 de octubre del 1904 mediante Ley N° 8253, teniendo autonomía administrativa, social, política y económica dentro de su territorio. La actual gestión liderada por el Sr. Jairo Carhuas Condor tiene la misión de brindar servicios de calidad a los habitantes dentro de su jurisdicción generando desarrollo armónico y sostenible, así como también empleos temporales.

Es competencia de las municipalidades, ser promotores del desarrollo local y mejorar la calidad de vida de los residentes mediante la construcción, rehabilitación y mejoramiento de los reservorios, ampliación de redes de distribución y construcción de instalaciones de tratamiento de aguas residuales entre otros. En ese contexto, para cumplir con su mandato, el municipio de Palcamayo implementa cada año un proceso presupuestario común para la priorización de proyectos a implementar y la preparación de documentos preliminares como estudios de preliminares de factibilidad y expedientes técnicos.

El distrito de Palcamayo tiene como visión convertirse en un referente en cuanto a servicios educativos y de salud de alta calidad, ofreciendo servicios básicos a toda su población

de manera organizada e integrada, así como también generando oportunidades y riquezas mediante productores altamente competitivos y comprometidos con la conservación del medio ambiente. Asimismo, se busca fomentar la inversión y el crecimiento económico sostenible, promoviendo la inclusión social de las poblaciones más vulnerables y un gobierno local participativo y comprometido en la gestión de desarrollo. Todo esto se logrará aplicando valores y políticas sociales coherentes con la realidad del distrito.

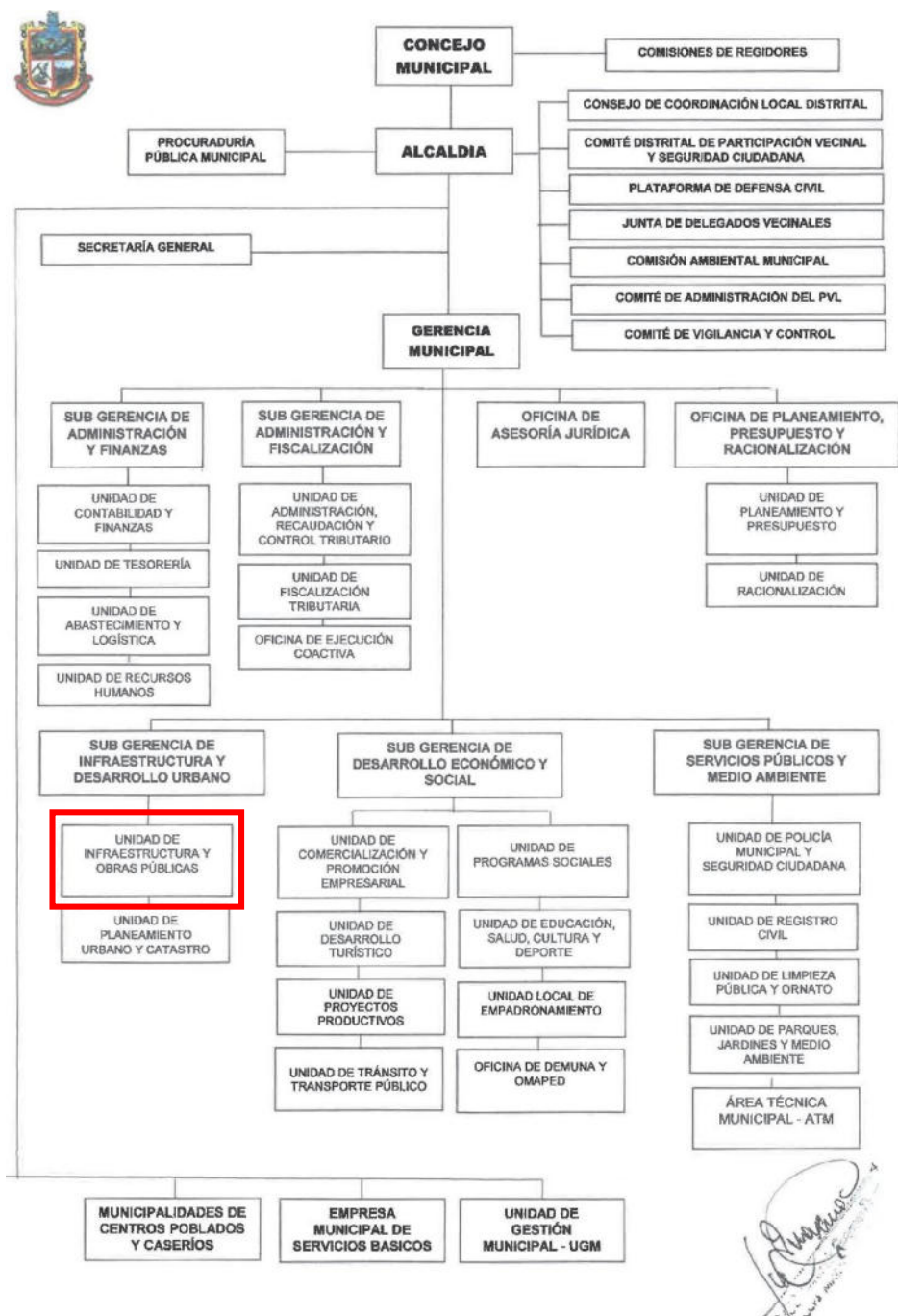
Para lograr la visión, la municipalidad se propuso la misión de mejorar la gestión municipal a través de la organización, supervisión y ejecución de las funciones de las distintas áreas municipales, con el fin de garantizar que el trabajo realizado sea eficaz y transparente.

### **Organigrama de la Empresa**

El Reglamento de Organización y Funciones (ROF), del gobierno local de Palcamayo fue aprobada mediante la Ordenanza Municipal N° 011-2022/CM/MDP el 01 de agosto del 2022. En dicho reglamento, se establece que la Unidad de Infraestructura y Obras Públicas (UIOP) es responsable de la planificación, organización, supervisión, control y evaluación de obras, ya sean públicas o privadas. Según el organigrama de la entidad, la UIOP forma parte de la Sub-Gerencia de Infraestructura y Desarrollo Urbano (DGIDU), como se logra observar en la Figura 1.

Figura 1

*Estructura administrativa de la municipalidad distrital de Palcamayo*



*Nota.* Reglamento de Organización y Funciones (2022) del gobierno local de Palcamayo, vigente desde el 01 de agosto del 2022.

De acuerdo con el Reglamento de Organización y Funciones (2022), en el Artículo 97, se establece que la Subgerencia de Infraestructura y Desarrollo Urbano planifica, organiza, dirige, coordina y controla la ejecución de obras públicas y proyectos de inversión. También tiene a su cargo la planificación administrativa, el control, el saneamiento urbano, la habilitación de tierras, el acondicionamiento territorial y el catastro, al tiempo que supervisan las acciones de defensa civil. Su misión es generar condiciones físicas que promuevan el desarrollo económico y social sostenible del distrito. La Subgerencia de Infraestructura y Desarrollo Urbano ejerce dirección y es responsable del funcionamiento de los servicios municipales asignados a su despacho, los cuales incluyen las siguientes unidades orgánicas: La Unidad de Supervisión, Evaluación y Liquidación de Obras, la Unidad de Planeamiento Urbano y Catastro y la Unidad de Infraestructura y Obras Públicas, siendo esta última el área donde vengo laborando.

Asimismo, en el Artículo 99 del ROF se establece que la Unidad de Infraestructura y Obras Públicas cumple diversas funciones para la ejecución de estudios y obras de acuerdo con los planes y presupuestos establecidos. Entre sus tareas se encuentran la planificación, organización, supervisión, control y evaluación de las obras públicas o privadas que afecten la vía pública o zonas aéreas. Además, ejecutan las obras según la normatividad vigente, controlan su ejecución y remiten informes técnicos y financieros a la comisión correspondiente. También, se encargan de la dotación de personal técnico-administrativo, la integración de la Comisión de Recepción y Entrega de Obras y de cualquier otra función que se les asigne como parte de su cargo.

### **Áreas y funciones desempeñadas.**

Durante el tiempo de servicio brindado en la Unidad de Infraestructuras y Obras Públicas de la Municipalidad Distrital de Palcamayo, se asumió el rol de asistente técnico administrativo,

involucrándome en diversas áreas y desempeñando una variedad de funciones. Las responsabilidades incluyeron la coordinación y supervisión de trabajos de topografía, elaboración de presupuestos, planificación, ejecución y control de obras, tanto por administración directa como por contratación. También se tuvo a cargo la gestión de adquisición de materiales, coordinación de trámites documentales y presentación de informes de obra, así como inspecciones técnicas y apoyo en la revisión de expedientes técnicos y valorizaciones. La labor desempeñada fue esencial para garantizar el progreso exitoso de los proyectos de infraestructura y obras públicas en el distrito.

En la función como Asistente Técnico, se hizo supervisiones acerca de los procesos constructivos de acuerdo con los Expedientes Técnicos y me aseguré de que se cumplieran las especificaciones técnicas establecidas. Se coordinó y orientó al personal obrero y me aseguré de que tuvieran los equipos de protección necesarios. Además, se utilizó un software especializado como Delphin Expres, RW7+ y RW7i para la elaboración de presupuestos, valorizaciones, informes técnicos y expedientes técnicos. También se obtuvo experiencia en el modelamiento tridimensional de infraestructuras a través del software Autoesk Revit.

La trayectoria laboral también ha incluido experiencias en otras empresas, donde he aplicado conocimientos y habilidades similares en la gestión y supervisión de proyectos de construcción, se puede destacar lo realizado en la Empresa JOTSA Constructora S.A.C., donde se asumió el rol de asistente de oficina, desempeñando una variedad de funciones, entre ellas el apoyo en la elaboración de informes técnico, elaboración de metrados ejecutados y valorizaciones mensuales de las partidas ejecutadas de la obra “Creación del servicio deportivo y recreativo de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Distrito de Ahuaycha, Provincia de Tayacaja, Región Huancavelica”. Durante la ejecución de la obra se

garantizó que el proceso constructivo de las losas multideportivos sea acorde con las especificaciones técnicas del expediente técnico, para lo cual, se tuvo constante comunicación y coordinación con los maestros de obra y sus cuadrillas. El cumplimiento con los trabajos encomendados se vio reflejado en la culminación de la obra sin observación por parte de la entidad ejecutora.

### **Experiencia profesional realizada en la organización**

Durante el tiempo de labor en la Municipalidad Distrital de Palcamayo, se tuvo la oportunidad de participar activamente en diversas tareas relacionadas con el diseño y la ejecución de proyectos de obras de saneamiento, lo que me permitió adquirir una sólida experiencia en el ámbito de la ingeniería civil.

Uno de los aspectos más destacados en la Municipalidad fue la contribución en el desarrollo de expedientes técnicos para obras de saneamiento, incluyendo la elaboración de presupuestos y el diseño de planos. Además, la labor en la revisión y evaluación de informes mensuales presentados por contratistas fue crucial para garantizar la transparencia y eficiencia en el proceso de ejecución de las obras.

Además, el desempeño fue un papel fundamental en la inspección de las obras en curso, asegurándome de que se llevaran a cabo de acuerdo con los expedientes técnicos y en los plazos establecidos. Esto permitió contribuir significativamente al logro de los objetivos establecidos por la institución.

Un proyecto destacado en el que estuve involucrado directamente fue la renovación de la línea de conducción, conexiones domiciliarias de agua potable y reservorio en el anexo Palcupunan - Shacamarca, distrito de Palcamayo. Durante este proyecto, participé en el desarrollo del expediente técnico, con un presupuesto asignado de S/. 80,000.00.



De acuerdo con la trayectoria profesional, también se aplicó estas experiencias y conocimientos adquiridos en otros proyectos y organizaciones, demostrando un compromiso constante con la excelencia y la eficacia en la ejecución de obras de ingeniería civil.

## Problemática

### Planteamiento del Problema

A nivel global BIM ha crecido rápidamente en la última década y se ha convertido en la norma principal en la industria de la arquitectura, construcción e ingeniería. Según McGraw-Hill, el 71% de las empresas de AEC en América del Norte adoptaron BIM, lo que representó un aumento del 75% en los últimos cinco años. El 86% de estas empresas habían estado usando BIM durante más de 3 años. A pesar de su popularidad, la industria de AEC aún no ha aprovechado plenamente los usos y beneficios de BIM (Castillo, 2020). En esta misma línea, se estima que alrededor del 15% de los proyectos de saneamiento enfrentan desafíos relacionados con la detección y resolución de inconsistencias técnicas en la etapa de diseño (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2019). Asimismo, la construcción enfrenta desafíos por la reciente contracción económica. La supervivencia en mercados competitivos depende de la calidad de productos y servicios ofrecidos por las empresas (Delgado-Hernández et al., 2013).

En Colombia, la implementación de BIM destaca en la gestión financiera de proyectos al evaluar variables económicas en la viabilidad de las construcciones. La precisión en la estimación de indicadores financieros, como VPN y TIR, es esencial en este análisis (Prieto et al., 2019). La implementación de la metodología BIM, en este contexto, busca solventar algunas de las deficiencias identificadas en los sistemas de gestión del agua, posibilitando una planificación y diseño más detallados y precisos que puedan prevenir y mitigar potenciales discrepancias técnicas y de diseño durante la construcción de infraestructuras hídricas, como es el caso de los reservorios circulares (Martín y Bautista, 2015). En este sentido, la creciente demanda de infraestructuras de saneamiento y proyectos en entornos urbanos en expansión

destaca la problemática de inconsistencias técnicas. Esto obstaculiza el desarrollo sostenible según la (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], (2020).

En el Perú y específicamente en la región de Junín, la necesidad de abordar las inconsistencias técnicas en el diseño de reservorios circulares se hace aún más apremiante. A pesar de los avances en la infraestructura de saneamiento, la falta de aplicación de metodologías en la detección temprana de problemas técnicos ha llevado a costosos retrasos. En una encuesta realizada a 50 empresas constructoras de la región Pasco, el 20% de ellas atribuyen las inconsistencias técnicas en la etapa de diseño como factor para caer en costosos retrasos (Santos, 2019). En este sentido se busca abordar desafíos en el sector de la construcción. Esta iniciativa pretende superar la gestión ineficiente y la falta de intervención estatal en proyectos de obras públicas, mitigando retrasos y altos costos de implementación, lo que podría generar confianza en futuros emprendimientos, BIM asegura gestión integrada, eficiencia y transparencia en infraestructura. Su entorno colaborativo apoya a expertos, comparte conocimientos, reduce errores y permite mantenimiento digital eficaz en tiempo real (Ministerio de Economía y Finanzas [MEF, 2021]).

En la etapa de diseño de los reservorios circulares de 200 m<sup>3</sup> en Junín, Perú, se enfrenta el desafío de inconsistencias técnicas, que incluyen errores de cálculo, dimensiones erróneas y deficiencias de coordinación. Estas deficiencias generan costos adicionales, retrasos en la ejecución de proyectos y afectan la calidad del suministro de agua, lo que compromete la efectividad y la funcionalidad de las infraestructuras de saneamiento.

Las causas subyacentes de estas inconsistencias se atribuyen a la falta de estándares de diseño claros, una capacitación limitada en metodologías modernas y una comunicación ineficiente entre los profesionales involucrados en el proceso de diseño y construcción de los

reservorios. Además, la ausencia de herramientas tecnológicas avanzadas, como la metodología BIM, contribuye a la persistencia de estos problemas técnicos, lo que dificulta la identificación y la resolución temprana de las discrepancias en la fase de diseño.

Las consecuencias de estas deficiencias en el diseño de los reservorios circulares podrían tener impactos significativos, incluyendo un uso ineficiente de los recursos, riesgos potenciales para la seguridad pública y la insatisfacción de los usuarios finales. Si no se aborda de manera efectiva, esta situación podría deteriorar la calidad de vida de la población local y comprometer la sostenibilidad a largo plazo de las infraestructuras de saneamiento en la región de Junín, teniendo implicaciones más amplias en el desarrollo y la funcionalidad de las estructuras de infraestructura en el área.

En consideración con la complejidad de las inconsistencias técnicas en la etapa de diseño de los reservorios circulares en Junín, Perú, la implementación de la metodología BIM representa un aporte significativo para la resolución de problemas y la optimización de procesos en el campo de la ingeniería civil y la construcción de infraestructuras hidráulicas. Al permitir una detección temprana de errores, una planificación más precisa y una colaboración mejorada entre los equipos de proyecto, el enfoque BIM tiene el potencial de mejorar la eficiencia en la ejecución de proyectos, reducir costos adicionales y asegurar la calidad y funcionalidad óptimas de las infraestructuras de saneamiento. Además, al fomentar una gestión más transparente y una comunicación efectiva entre los profesionales, la metodología BIM puede impulsar el desarrollo sostenible y el avance de la ingeniería civil en la región de Junín y más allá.

## **Definición del Problema**

El problema central abordado en este estudio se refiere a las inconsistencias técnicas que se presentan en la etapa de diseño de reservorios circulares de 200 m<sup>3</sup>. Esta problemática es de suma relevancia en el contexto de la ingeniería civil y el abastecimiento de agua en la provincia.

El distrito de Palcamayo enfrenta una creciente necesidad de mejorar y expandir sus infraestructuras de almacenamiento y distribución de agua para satisfacer las demandas de una población en constante crecimiento. Los reservorios circulares de 200 m<sup>3</sup> desempeñan un papel crucial en la gestión de los recursos hídricos y el suministro de agua potable a las comunidades locales.

Actualmente, la etapa de diseño de estos reservorios circulares se ve afectada por una serie de inconsistencias técnicas. Estas inconsistencias se manifiestan en errores en los cálculos de capacidad, dimensiones incorrectas, selección inadecuada de materiales, discordancia entre los planos del expediente técnico y falta de coordinación efectiva entre los equipos de diseño y construcción.

En numerosos proyectos de construcción de reservorios circulares en Junín, los diseños presentan notables deficiencias técnicas, lo que resulta en estructuras con potenciales riesgos de funcionamiento, costos adicionales y, en última instancia, la entrega de servicios de agua de calidad deficiente a la comunidad.

Las consecuencias de estas inconsistencias técnicas son significativas. Primero, aumentan los costos de construcción debido a la necesidad de correcciones y ajustes en las etapas posteriores del proyecto. Segundo, los retrasos en la ejecución de los proyectos son comunes, lo que afecta la disponibilidad oportuna de agua para la población. Por último, la calidad del agua

suministrada puede verse comprometida, lo que representa un riesgo para la salud y el bienestar de la población.

Las causas subyacentes de estas inconsistencias técnicas abarcan varios aspectos. Estas incluyen la falta de estándares claros de diseño para reservorios circulares en la región, la limitada capacitación en metodologías modernas de diseño y la comunicación ineficiente entre los profesionales involucrados. Además, la falta de herramientas tecnológicas avanzadas, como la metodología BIM, contribuye a la persistencia de estas inconsistencias.

La investigación sobre la aplicación de la metodología BIM para identificar inconsistencias técnicas en el diseño de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup> se originó a raíz de la urgente necesidad de abordar los persistentes problemas en la etapa de diseño de infraestructuras de diseño de los reservorios circulares en Junín, Perú. La detección temprana de errores críticos, como cálculos incorrectos y falta de coordinación, resulta crucial para prevenir retrasos costosos, garantizar el uso eficiente de recursos y proteger la seguridad pública. La falta de estándares claros, capacitación insuficiente y deficiencias en la comunicación han perpetuado esta problemática. De no resolverse, se prevé un deterioro continuo en la calidad del suministro de agua, poniendo en riesgo la funcionalidad de las infraestructuras y la sostenibilidad a largo plazo de la región de Junín.

### ***Problema principal***

¿De qué manera la aplicación de la metodología BIM permite identificar inconsistencias técnicas en la etapa de diseño de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>?

### ***Problemas secundarios***

¿Cómo desarrollar un modelo digital 3D que integre todas las especialidades de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>?

¿Cuáles son las principales inconsistencias técnicas encontradas durante la fase de diseño de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>, y cómo afectan estos problemas la viabilidad y funcionalidad del proyecto?

¿Cuál es el impacto económico generado por la aplicación de la metodología BIM tras haber identificado y subsanado las inconsistencias técnicas en la etapa de diseño de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>?

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Determinar cómo la aplicación de la metodología BIM permite identificar inconsistencias técnicas en la etapa de diseño de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>.

### ***Objetivos específicos***

Desarrollar un modelo digital 3D que integre todas las especialidades de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>.

Analizar las principales inconsistencias técnicas encontradas durante la etapa de diseño del reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>.

Calcular el impacto económico generado por la aplicación de la metodología BIM tras haber identificado y subsanado las inconsistencias técnicas en la etapa de diseño del reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>.

## **Justificación**

El presente estudio cuenta con justificaciones sólidas, ya que contribuye a mejorar la calidad de vida de la población y amplía el conocimiento en la aplicación de la metodología BIM en la etapa de diseño para las infraestructuras de saneamiento, específicamente la planificación

de un reservorio circular de 200 metros cúbicos de agua para consumo humano. Las razones que respaldan este estudio son las siguientes:

Este estudio se respalda teóricamente debido a que el Estado Peruano promueve activamente el uso la metodología Building Information Modeling (BIM) a nivel nacional. En este contexto, el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) aprobó recientemente la Guía técnica BIM para edificaciones e infraestructura públicas, proporcionando a las instituciones estatales los principios y criterios de la metodología BIM. El objetivo de mejorar la eficiencia, calidad y transparencia en la gestión de proyectos de inversión pública.

Así mismo, tiene una justificación práctica porque existe la necesidad de prevenir las inconsistencias técnicas que presentan los expedientes técnicos en la etapa de diseño, evitando incongruencias entre planos de las diferentes especialidades, así como también en los planos de detalles.

La implementar la metodología BIM en la etapa de diseño no solo identifica y resuelve inconsistencias técnicas, sino que también contribuye a la reducción de costos en las etapas de Ejecución y Operación & Mantenimiento. Esto se traduce en la disminución de gastos económicos asociados con las de paralizaciones, ampliación de plazo, adicionales, deductivos, mayores metrados.

Igualmente presenta una justificación social en razón que la población del distrito de Palcamayo cuenta con 1947 habitantes que actualmente se abastecen de un reservorio que cumplió su vida útil, 22 años de antigüedad, lo que requiere la construcción de un nuevo reservorio el cual cumpla con las necesidades de la población. La propuesta de este estudio busca Optimizar el diseño de reservorio circular Tucuhajana de 200 m<sup>3</sup> mediante la metodología BIM en la identificación y resolución de inconsistencias técnicas. Para que la población de Palcamayo



pueda contar un reservorio que cumpla con los estándares de calidad necesarios para garantizar una vida saludable para los habitantes. El diseño adecuado del reservorio libre de inconsistencias técnicas favorecerá a que la población cuente con acceso a agua potable salubre para reducir la incidencia de enfermedades diarreicas, lo que a su vez permite a las gestantes llevar un embarazo más saludable y disminuir la desnutrición crónica infantil en la población. Por lo tanto, la implementación de la metodología BIM en la etapa de diseño del reservorio sería un avance significativo para mejorar la calidad de vida y salud de los habitantes. Teniendo en cuenta los objetivos principales y secundarios del proyecto, se justifica socialmente la necesidad de implementar la metodología BIM en la etapa de diseño.

También cuenta con una justificación académica porque ha permitido aplicar los conocimientos, procedimientos y metodologías científicas aprendidos durante los años de preparación universitaria en la Universidad Católica Sedes Sapientiae para implementar la metodología BIM en la identificación y resolución de inconsistencias técnicas en la etapa de diseño.

Los resultados obtenidos pueden ser el punto de partida para futuras investigaciones en este campo, explorando posibles variables no consideradas en el presente estudio.

## **Alcances y limitaciones**

### ***Alcances***

La investigación descriptiva tiene como objetivo esclarecer las características y perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos u otros fenómenos que requieran análisis. Es decir, están diseñados para medir o recopilar información sólo sobre conceptos o variables referenciados de forma independiente o conjunta. (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

Esta investigación se centra en el desarrollo de un modelo digital 3D utilizando la metodología BIM para representar de manera integral todas las especialidades de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup> en Junín, Perú. Se abordarán aspectos específicos relacionados con la creación detallada del modelo, considerando la geometría, materiales, y coordinación entre diferentes disciplinas involucradas en el diseño. El objetivo es proporcionar una herramienta visual y funcional que sirva como base para el análisis de inconsistencias técnicas y la evaluación de su impacto en la fase de diseño.

Además, se llevará a cabo un análisis exhaustivo de las principales inconsistencias técnicas identificadas durante la etapa de diseño del reservorio circular. Esto incluirá errores de cálculo, dimensiones incorrectas y deficiencias en la coordinación entre los equipos de diseño y construcción. La investigación se enfocará en entender cómo estas inconsistencias afectan la viabilidad y funcionalidad del proyecto. Asimismo, se calculará el impacto económico de la aplicación de la metodología BIM en la identificación y corrección de estas inconsistencias, considerando costos adicionales, retrasos y mejoras en la calidad del suministro de agua. Estos alcances se circunscriben específicamente al contexto de Junín, Perú, y buscan proporcionar resultados y recomendaciones prácticas para la mejora de los procesos de diseño en infraestructuras hidráulicas en esta región.

### ***Limitaciones***

La investigación se verá limitada por restricciones de tiempo que podrían reducir la exhaustividad del análisis y la recopilación de datos. Asimismo, la disponibilidad limitada de recursos financieros y tecnológicos podría restringir la implementación completa de la metodología BIM y la adquisición de herramientas específicas necesarias. La falta de acceso a datos precisos y la reticencia de algunas partes interesadas para compartir información sensible

podrían obstaculizar la comprensión completa de las inconsistencias técnicas. Además, la complejidad técnica asociada con la metodología BIM y la posible falta de conocimiento especializado podrían afectar la eficacia del análisis y la identificación de soluciones óptimas. Cabe mencionar que la investigación no considerará factores externos como condiciones climáticas cambiantes, desastres naturales o cambios legislativos, que podrían influir en la implementación de la metodología BIM y en la resolución de las inconsistencias técnicas.

## Marco Teórico

### Antecedentes

#### *Antecedentes nacionales*

Mendoza (2023), llevó a cabo un estudio con el propósito de demostrar los beneficios de la aplicación conjunta de la metodología BIM y los principios de Lean Construction en la planificación y control de proyectos inmobiliarios. La investigación se basó en un enfoque cuantitativo, utilizando una muestra de diez proyectos y una serie de indicadores obtenidos de proyectos similares. Los resultados revelaron que la utilización de la metodología BIM facilitó la exportación de datos y una interacción más ágil, lo que permitió un seguimiento más preciso de los registros históricos de los proyectos. Este proceso de agilización y valoración en función del tiempo contribuyó directamente a mejorar la productividad de la obra a través del sistema Last Planner. Como conclusión, se determinó que la integración de la metodología BIM con la filosofía Lean Construction es una estrategia viable que repercute positivamente en la eficiencia de la obra.

Pillaca y Saavedra (2022), llevaron a cabo una investigación con el propósito de demostrar los beneficios de la implementación de la metodología BIM en la optimización del diseño geométrico de la vía Evitamiento de Abancay - Apurímac. El estudio se realizó mediante una metodología aplicada, con un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental de tipo descriptivo transversal. La muestra consistió en un tramo de 8 km de la mencionada vía. Los resultados revelaron que al aplicar la metodología BIM, se logra obtener un presupuesto real que refleja con precisión los mayores metrados generados a través de la simulación 4D. Este presupuesto actualizado evita la necesidad de repetir procesos innecesarios que podrían resultar en retrasos y ampliaciones presupuestarias durante la fase de ejecución del proyecto. Se observó

un incremento del costo directo total del 6.94%, pasando de S/.7,164,095.88 (con el método tradicional) a S/.7,661,235.42 (con el método BIM), lo que representa una diferencia de S/.497,139.54. En consecuencia, se concluye que la implementación de la metodología BIM tiene un impacto positivo en la optimización del diseño geométrico de la vía Evitamiento de Abancay - Apurímac e.n el año 2022.

Del Carpio (2022), llevó a cabo un informe con el propósito de analizar la implementación de la metodología BIM en el proceso de revisión de proyectos de concesiones realizados entre 2019 y 2021. El estudio se basó en un enfoque cualitativo de tipo básico, con un nivel descriptivo exploratorio y un diseño no experimental. El informe se fundamentó en la revisión y análisis de documentos pertinentes a estos proyectos, empleando la técnica de observación documental y la ficha de análisis documental. Como resultado, se determinó que la metodología BIM representa una alternativa actual y precisa para el desarrollo y ejecución de proyectos de inversión pública en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. No obstante, se señaló la necesidad urgente de que la Dirección General de Programas y Proyectos de Transportes lleve a cabo una transformación digital, especialmente en el ámbito aeroportuario, para garantizar el funcionamiento efectivo de esta metodología. Además, se destacó la importancia de implementarla progresivamente en proyectos relacionados con carreteras, puertos y ferrocarriles.

Espinel y Miranda (2021), llevaron a cabo un estudio con el propósito de simular la implementación de la metodología BIM en la realización del Proyecto Multifamiliar Ibiza. La investigación adoptó un enfoque mixto de nivel explicativo, con un diseño experimental de tipo correlacional. La muestra consistió en el Proyecto Multifamiliar Residencial Ibiza. Los hallazgos revelaron que la aplicación de la metodología BIM resultó ser más efectiva que los enfoques

convencionales para mitigar costos excesivos y cambios en los plazos durante la ejecución de proyectos de construcción. La investigación concluyó que la metodología BIM tuvo un impacto positivo en la ejecución del proyecto. Además, al analizar las intersecciones de las interferencias más significativas, se demostró que la implementación de la metodología BIM podría prevenir un retraso de 56 días en la fecha de finalización y una sobreinversión de S/.70,330.81 soles (equivalente al 0.70% del presupuesto contractual).

El estudio de Espinoza et al. (2020) se enfocó en identificar los requisitos clave para la integración exitosa de la metodología BIM en el diseño de condominios en Piura. Aunque la mayoría de los encuestados (70%) estaban familiarizados con BIM, su aplicación seguía siendo limitada, ya que el 100% de los profesionales utilizaban CAD en lugar de BIM en sus proyectos actuales. La carencia de tecnología y diseños inadecuados fueron señalados como los problemas principales. A pesar de esto, hubo un amplio respaldo (90%) para la adopción de BIM en el diseño de condominios, con la creencia generalizada (80%) de que su implementación podría resolver problemas persistentes en proyectos de construcción. El informe concluyó que en Piura hay profesionales capacitados en el uso de la metodología BIM, lo que puede contribuir a superar los desafíos comunes en los proyectos de construcción. Además, se recomienda iniciar con una fase de pre-implementación de BIM para proyectos de condominios, con el objetivo de fomentar la experiencia en nuevos profesionales.

### ***Antecedentes internacionales***

Álvarez et al. (2020), se propusieron facilitar la integración práctica de conceptos de arquitectura bioclimática en el diseño de viviendas sociales desde las etapas iniciales mediante el desarrollo de un enfoque de trabajo aplicable durante el proceso de proyección. Los resultados destacaron la necesidad de examinar con mayor detalle los cálculos realizados por los diversos

motores de los softwares utilizados, así como de abordar las limitaciones identificadas para garantizar la precisión de las simulaciones. Sugieren la inclusión de ejemplos adicionales para determinar si las discrepancias entre la temperatura interior de los modelos BIM y los resultados de EnergyPlus son generalizables y pueden ser utilizadas como correcciones en el diseño bioclimático. Se concluye que los softwares BIM son herramientas valiosas que deben ser aprovechadas plenamente, destacando la importancia de la transparencia y trazabilidad de los datos, especialmente en proyectos de obra pública como la vivienda social.

Gómez et al. (2020), se enfocó en evaluar el impacto de la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción, identificando los factores que obstaculizan su implementación en el sector. Se utilizó un enfoque cuantitativo para el análisis. Los hallazgos revelaron que, a pesar de la efectividad de la metodología CAD clásica, que ha sido utilizada durante décadas en numerosas obras de construcción por su simplicidad, su capacidad de recopilación de datos no se compara con la ofrecida por la metodología BIM. Se concluyó que la transición de la metodología tradicional a BIM requiere capacitación, adaptación a nuevos métodos de trabajo colaborativo, familiarización con software avanzado y mejora digital, lo que puede llevar a un aumento de la carga de trabajo y las responsabilidades. Además, los profesionales a menudo experimentan incertidumbre y perciben el cambio como un riesgo. Estos desafíos resaltan que las limitaciones clave para la transformación digital y la mejora de los procesos en el sector no son tanto de índole tecnológica como humana.

Pérez (2019), se centró en estudiar y proponer la implementación de la metodología BIM en entornos empresariales, evaluando el marco legal propuesto y las competencias de los ingenieros recién graduados para cumplir con estas regulaciones. Los hallazgos revelaron que las grandes empresas priorizan el conocimiento de la metodología BIM sobre el CAD, mientras que

las empresas más pequeñas consideran que el CAD es indispensable y que BIM tiene una importancia secundaria. Esto sugiere que las grandes empresas están mejor preparadas y resalta la importancia de reclutar personal joven y cualificado. La investigación concluyó que la metodología BIM presenta numerosas posibilidades en la ingeniería civil, especialmente en el ámbito de diseño de infraestructuras, lo que resulta económicamente rentable al proporcionar herramientas eficientes para la gestión de recursos destinados al desarrollo de la infraestructura nacional.

El estudio realizado por Meana y et al. (2019), se centró en investigar la implementación de la metodología BIM en las diversas universidades y escuelas de Ingeniería Industrial en España. La metodología utilizada se basó en una revisión exhaustiva de publicaciones y comunicaciones en congresos especializados sobre el tema. El análisis reveló el estado actual de la adopción de BIM en estas instituciones y propuso posibles soluciones para superar las deficiencias en la formación de competencias en BIM de los futuros graduados. Las conclusiones enfatizaron la necesidad de abordar la falta de enfoque en la formación universitaria en relación con la metodología BIM, resaltando la importancia de implementar estrategias para cerrar esta brecha educativa.

Mendez et al. (2021), realizó un estudio cuyo propósito fue presentar la propuesta de implementación de la metodología BIM en proyectos de viviendas de interés social (VIS). Se enfoca en la eficiencia, rentabilidad y sostenibilidad mejorada, junto con la reducción de costos y tiempos de construcción, manteniendo la calidad de las viviendas. La muestra consistió en un proyecto de viviendas VIS de 4 niveles, con 2 apartamentos por nivel y un área construida de 65.03 m<sup>2</sup> por apartamento. Se utilizó una combinación de programas, incluidos AutoCAD, Revit y Cype, para el diseño estructural y los cálculos, cumpliendo con la normativa NSR-10. Además,



se empleó una matriz de riesgos basada en la norma ISO 45001 de 2018 para gestionar la seguridad y salud laboral en la aplicación informática MGA. El estudio destaca los beneficios de la implementación de BIM en proyectos de viviendas de interés social y resalta la importancia de cumplir con las normativas pertinentes para garantizar la calidad y seguridad del proyecto.

### **Bases Teóricas**

De acuerdo con Ghaffarianhoseini et al. (2017), en la década de 1970, Eastman introdujo por primera vez el concepto de Building Information Modeling (BIM) como una base de datos que podía proporcionar descripciones detalladas de edificios, facilitando su diseño y construcción. Desde entonces, BIM ha evolucionado hasta convertirse en un proceso integral para crear y gestionar información de proyectos de construcción a lo largo de su ciclo de vida. Según la NBS del Reino Unido, BIM es considerado una tecnología fundamental en el sector de la construcción.

Según el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF, 2020), la metodología colaborativa BIM tiene como objetivo la gestión integral de la información de inversiones. Se señala además que esta metodología se fundamenta en la aplicación de tecnologías, procesos y estándares para lograr una integración efectiva.

Según Murguía (2021), la implementación de Building Information Modeling (BIM) representa la evolución digital en la construcción, potenciando la calidad y la toma de decisiones. Esta transformación ha generado la necesidad de que las entidades gubernamentales desarrollen estrategias para fortalecer su competencia en el uso de BIM, asegurando la integración de datos de alta calidad en los proyectos de construcción. Este enfoque se vuelve esencial para optimizar la edificación de nuevos inmuebles y adaptarse a las demandas actuales de la industria.

En su estudio sobre la generación de modelos, Jiménez et al. (2018) explican que el Building Information Modeling (BIM) constituye una representación virtual de una obra, empleando herramientas tecnológicas que alimentan de información al modelo. Esta práctica facilita su aplicación en diversas fases del proyecto. Dichos modelos, adaptados a las especialidades del proyecto como arquitectura, estructuras e instalaciones, destacan como una valiosa herramienta de planificación y ejecución.

Montalván y Ruíz (2022) sostienen que, al enfrentar los desafíos de planificación, construcción y operación en proyectos de infraestructura, el enfoque preeminente es el Building Information Modeling (BIM). Esta elección se fundamenta en la creación, recopilación e intercambio de modelos tridimensionales y datos estructurados. La generación de valor colaborativo se extiende a lo largo de la vida útil del activo, caracterizada por la interconexión, inteligencia y compartición de elementos. En resumen, BIM se erige como la alternativa principal para optimizar la gestión integral de proyectos de construcción, capitalizando la conectividad y la inteligencia de los elementos a lo largo de su existencia.

La Norma Técnica Peruana (2021), indica que el Modelado de Información de Construcción (BIM) se refiere a una representación digital de una estructura física que se emplea en todas las etapas del proyecto, desde la planificación y el diseño hasta la construcción, así como en análisis y evaluaciones posteriores. Este modelo digital integra información gráfica y no gráfica de una inversión y es desarrollado y compartido de manera colaborativa por todo el equipo, facilitando un intercambio eficiente de información y mejorando la comunicación en general.

La implementación exitosa de la metodología BIM depende de variables fundamentales como el uso de tecnologías, el diseño de procesos y la implementación de políticas (Succar y

Kaseem, 2015). Por otro lado, los elementos clave de la implementación de BIM se centran en los procesos, los recursos, la estructura organizativa y la documentación asociada (Moreno, 2018). En conclusión, tanto Succar como Moreno coinciden en la importancia de aspectos tecnológicos, procesuales y organizativos en la exitosa adopción de BIM en un proyecto de construcción.

La Guía Nacional BIM, mencionada por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF, 2021), destaca que la generación de documentos de planos se deriva directamente del modelo de información en el contexto del Building Information Modeling (BIM). Según Vitorino (2022), una ventaja fundamental de este enfoque radica en la representación gráfica de los planos. A diferencia de los métodos tradicionales, donde cada dibujo es independiente, el BIM permite una interconexión integral. Este modelo unificado posibilita modificaciones instantáneas en la geometría, reflejándose automáticamente en la representación gráfica de los planos. Este enfoque innovador elimina los errores de diseño e incompatibilidades, marcando un avance significativo en la eficiencia y precisión del proceso de planificación y diseño en proyectos de construcción.

Según Autodesk (2023), el Building Information Modeling (BIM) no solo implica la generación y gestión de datos en el desarrollo de un proyecto de construcción, sino que también abarca todo su ciclo de vida. Este proceso integral de modelado no se limita solo a la forma física de la estructura, sino que tiene en cuenta su ubicación, las propiedades específicas de los componentes del edificio, así como información detallada sobre contadores y cantidades relevantes. BIM, según esta definición, se presenta como un enfoque holístico que va más allá de la representación visual, incorporando una rica variedad de datos para una planificación, ejecución y gestión más efectivas a lo largo de la vida útil del proyecto.

En conclusión, la evolución del Building Information Modeling (BIM) desde su introducción en la década de 1970 hasta la actualidad representa una transformación significativa en la industria de la construcción. Este enfoque ha pasado de ser una simple base de datos para facilitar el diseño y la construcción a convertirse en un proceso integral para la gestión de información a lo largo del ciclo de vida de un proyecto. La metodología colaborativa BIM, respaldada por tecnologías, procesos y estándares, se ha convertido en una herramienta fundamental en el sector de la construcción, potenciando la calidad, la toma de decisiones y la eficiencia en la planificación y diseño de proyectos.

La implementación exitosa de BIM no solo se basa en aspectos tecnológicos, sino también en la consideración de variables esenciales como el diseño de procesos, la estructura organizativa y la implementación de políticas. La interconexión integral que BIM proporciona, como se destaca en la Guía Nacional BIM, se traduce en beneficios sustanciales, como la eliminación de errores de diseño e incompatibilidades, marcando un avance significativo en la eficiencia y precisión del proceso de planificación y diseño en la construcción de proyectos. En este contexto, la implementación de BIM se presenta como una respuesta clave para la optimización y adaptación de la industria de la construcción a las demandas actuales y futuras.

### ***Inconsistencias técnicas***

Las inconsistencias técnicas, según la obra "BIM Handbook", se refieren a discrepancias no previstas entre los elementos del modelo de información de construcción (BIM) y los requisitos técnicos reales durante el proceso de diseño y construcción. Estas discrepancias pueden surgir debido a errores en la interpretación de los datos, la falta de coordinación entre los diversos actores del proyecto o cambios no registrados en la documentación. Estas discrepancias pueden abarcar aspectos como dimensiones, materiales, o normativas específicas del proyecto.

Identificar y abordar estas inconsistencias de manera temprana en el ciclo de vida del proyecto es crucial para evitar costosos retrabajos, retrasos en la construcción y posibles impactos en la calidad del producto final. La metodología BIM se presenta como una herramienta valiosa en la detección y corrección proactiva de estas inconsistencias, al permitir una representación digital precisa y unificada de la información del proyecto, facilitando así la colaboración entre los diversos participantes en todas las fases del proceso de construcción (Eastman et al., 2008).

De acuerdo con Pahl et al. (2007), en el ámbito del diseño de ingeniería, las inconsistencias técnicas constituyen discrepancias y falta de coherencia entre diversos componentes, especificaciones o requisitos del diseño. Este fenómeno puede desencadenar problemas significativos en el desarrollo y desempeño del producto final. La presencia de contradicciones en la planificación y ejecución del diseño puede tener un impacto negativo en la funcionalidad, seguridad y rendimiento del producto ingenieril.

Las inconsistencias técnicas pueden surgir en diferentes etapas del proceso de diseño, desde la conceptualización hasta la implementación práctica. Esto incluye desafíos en la interpretación de requisitos, discrepancias entre las expectativas del cliente y las especificaciones técnicas, así como problemas derivados de la integración de componentes diversos. Cuando estas discrepancias no se abordan de manera efectiva, pueden dar lugar a deficiencias estructurales, riesgos de seguridad o incluso a la incapacidad de cumplir con los objetivos del proyecto.

Para mitigar las inconsistencias técnicas, es esencial llevar a cabo una gestión cuidadosa del diseño, realizando revisiones y pruebas exhaustivas, y asegurándose de que todas las partes involucradas en el proceso de ingeniería estén alineadas con los objetivos y requisitos establecidos. La identificación temprana y la resolución proactiva de estas inconsistencias son

fundamentales para garantizar la calidad y la eficiencia en la materialización de proyectos de ingeniería.

### **Métodos de solución**

En el Reino Unido, se ha estimado un ahorro inicial de 2 mil millones de libras esterlinas anuales como resultado de la implementación generalizada de BIM. Esto destaca la importancia de BIM como herramienta para que el gobierno cumpla su objetivo de reducir entre un 15 % y un 20 % los costos de los proyectos. Estudios diversos han revelado los impactos positivos y mejoras en la productividad para las Pequeñas y Medianas Empresas (Pymes). Según un informe de McKinsey, el 75 % de las empresas que adoptaron BIM lograron un retorno de la inversión positivo, así como ahorros en los costos de materiales y una reducción de la burocracia (Medina et al., 2019).

La visualización tridimensional de las disciplinas de un proyecto arquitectónico desempeña un papel fundamental en la detección temprana de incompatibilidades y errores. Según Espinel y Miranda (2021), esta representación gráfica posibilita la integración y coordinación de modelos de información de diversas especialidades en una sola entidad, lo que permite una visión integral y detallada del proyecto. Del mismo modo, el uso de la metodología BIM (Building Information Modeling) proporciona la ventaja de anticipar y resolver problemas potenciales antes de la etapa de construcción, evitando así ajustes y retrabajos posteriores durante la ejecución del proyecto.

### **Tecnologías asociadas**

Sánchez (2021) amplía este punto al mencionar que la implementación de software especializado, como Revit, facilita la detección de errores y conflictos entre las diferentes

disciplinas de la construcción. Estos errores pueden derivar tanto de aspectos específicos de cada especialidad como de problemas de diseño en general.

### **Aspectos legales**

La primera vez que Perú inicia la implementación del modelo BIM se encuentra en el Decreto Legislativo N° 1444, específicamente en el artículo 3, que incorpora disposiciones en la Ley N° 30225, conocida como la Ley de Contrataciones del Estado. La decimotercera disposición de este decreto establece que mediante un Decreto Supremo se definirán los criterios para la progresiva inclusión de herramientas obligatorias de modelado digital de la información en la ejecución de obras públicas. Estas herramientas tienen como objetivo mejorar la calidad y eficiencia de los proyectos en todas sus fases, desde el diseño hasta la construcción, operación y mantenimiento. Esta información fue publicada en el Diario Oficial "El Peruano" el 16 de septiembre de 2018.

El 28 de julio de 2019, a través del Decreto Supremo N° 237-2019-EF, se ratificó la aprobación del Plan Nacional de Competitividad y Productividad en Perú. Este plan, con un enfoque prioritario, busca proporcionar al país infraestructura económica y social de alta calidad. Entre los objetivos destacados, el Ministerio de Economía y Finanzas se planteó la meta ambiciosa de hacer obligatorio el uso de la metodología BIM en el sector público para el año 2030. Este compromiso se propone llevar a cabo mediante la implementación de un Marco Regulatorio específico destinado a regular la aplicación de BIM en el ámbito público. De esta manera, se busca impulsar la eficiencia y calidad en la ejecución de proyectos, abarcando desde el diseño hasta la operación y mantenimiento de la infraestructura. La iniciativa refleja un paso significativo hacia la modernización y optimización de los procesos en el sector de la construcción y obras públicas en el país.

El Plan BIM Perú, como parte integral del Plan Nacional de Competitividad y Productividad, surge como una medida estratégica impulsada por el Ministerio de Economía y Finanzas. Este plan tiene como propósito fundamental la progresiva implementación de la metodología BIM en los procesos de inversión de entidades públicas hasta el año 2030, con la meta de mejorar la ejecución de inversiones a lo largo del Ciclo de Inversión. En este contexto, el BIM, según la normativa NTP-ISO 19650-1:2021, se define como el "uso de una representación digital compartida de un activo construido" con el objetivo de facilitar los procesos de diseño, construcción y operación. La definición destaca que la adopción de BIM va más allá de la creación de modelos 3D, implicando la configuración organizada de toda la información de la inversión (MEF, 2023).

La implementación de BIM en el marco de la adopción progresiva en la inversión pública peruana sigue un proceso compuesto por ocho actividades a lo largo del Ciclo de Inversión. Estas actividades incluyen desde la evaluación de necesidades hasta la entrega del modelo de información y el fin de la fase de ejecución. Este enfoque busca una gestión eficiente de la información y un trabajo colaborativo entre todos los equipos involucrados en el proyecto, mejorando la comunicación y el intercambio de información, independientemente de la complejidad o escala de la inversión (MEF, 2023).

Los beneficios de la aplicación de BIM son diversos y trascienden la mera utilización de herramientas tecnológicas. La metodología busca asegurar una gestión eficiente de la información a lo largo del Ciclo de Inversión. Entre los beneficios destacados se encuentran la transformación digital, la integración de información gráfica y no gráfica, mejora en la calidad de las inversiones, eficiencia en costos y plazos, mejor comunicación, diseño para fabricación y ensamblaje, supervisión del avance de obra, rendimiento de activos y un impacto positivo en el



medio ambiente. Todos estos aspectos contribuyen a una mayor transparencia en la toma de decisiones, gracias a procesos consistentes en la creación, compartición y gestión de información a lo largo del Ciclo de Inversión. En síntesis, el Plan BIM Perú y la adopción de BIM buscan no solo modernizar los procesos de inversión pública sino también mejorar la calidad, eficiencia y sostenibilidad de las infraestructuras generadas en el país (MEF, 2023).

Asimismo, el documento presenta la jerarquía de documentos técnicos y legales del marco colaborativo peruano para la gestión de información BIM. El objetivo principal es definir y estandarizar conceptos relacionados con la aplicación de BIM en el desarrollo de inversiones, específicamente en las fases de Formulación y Evaluación, y Ejecución, bajo la Ley de Contrataciones del Estado.

El alcance del documento abarca entidades y empresas públicas que implementan BIM en inversiones, tanto a nivel nacional como regional y local. Además, sirve como referencia para empresas privadas y personas naturales del sector de la construcción. Se destaca la alineación del documento con estándares internacionales, incluyendo la norma ISO 19650-1:2021, que establece los principios y conceptos para la gestión de información durante el ciclo de vida de los activos.

El análisis de los estándares internacionales incorporados en el documento revela una estructura sólida para la gestión de información BIM. Se toman en cuenta aspectos como la organización y digitalización de la información, la gestión de la información durante la ejecución de activos, roles y responsabilidades en el proceso BIM, niveles de desarrollo y de información necesarios, entre otros. Esto refleja un enfoque integral que considera diversos aspectos de la implementación de BIM en proyectos de construcción.

### *Normas*

La norma ISO 19650-1 (2021) conceptualiza el Building Information Modeling (BIM) como un modelo integral para gestionar la información en proyectos de construcción. Este estándar establece principios y procesos para la creación, gestión y utilización de información digital a lo largo del ciclo de vida de un proyecto. BIM, según la ISO 19650-1, implica la colaboración y el intercambio de datos entre los participantes del proyecto, utilizando modelos de información que contienen detalles geométricos y datos no gráficos. Además, destaca la importancia de la estandarización en la representación de la información para lograr coherencia y consistencia en la comunicación entre diferentes actores del proyecto. La norma enfatiza la necesidad de un enfoque coordinado y colaborativo, permitiendo a los profesionales de la construcción tomar decisiones informadas basadas en datos precisos y actualizados. En conclusión, la ISO 19650-1 establece las bases para una implementación efectiva de BIM, fomentando la eficiencia, la transparencia y la toma de decisiones fundamentadas en la industria de la construcción.

Por su parte, Building SMART (2020) amplía la definición de BIM al describirlo como un método colaborativo para la gestión integral de proyectos de construcción. Este enfoque implica la consolidación de información en un modelo virtual, transformando la representación tradicional bidimensional en una tridimensional que incorpora datos geométricos. La evolución hacia esta representación más completa y detallada promueve una visión holística del proyecto, mejorando la comunicación y la comprensión entre los diversos actores involucrados en el proceso constructivo.

## **Definición de Términos Básicos**

**Building Information Modeling:** Con sus siglas en inglés (BIM), se la describe como una metodología moderna basada en el trabajo colaborativo para la creación de un modelo virtual de todo un proyecto, concentrando toda la información de las propiedades físicas y funcionales en cada uno de los componentes estructurales, arquitectónicos e hidráulicos que conforma la estructura.

**Modelado 3D:** Resultado final del proyecto visualizado a través de modelos digitales. La información también está orientada a objetos y se muestra en formato tridimensional.

**Elementos BIM:** cimentaciones, columnas, vigas, muros, puertas, ventanas, etc. Algo así como un modelo BIM donde los componentes y/u objetos se representan en tres dimensiones y se muestran según los requisitos del diseño.

**Level of Development (LOD):** Es una definición de lo que está compuesto el modelo, más no es un hito o una fase del proyecto. Se traduce como "nivel o grado de información", y se clasifican de acuerdo con la cantidad de información que almacena cada elemento estructura que se modelada.

**Autodesk Revit:** Conocido en el mundo del modelamiento como Revit, el cual es un software BIM utilizado para diseñar proyectos arquitectónicos e ingenieriles mediante la creación de familias u objetos basadas en parámetros, las cuales almacenan información necesaria según la etapa del proyecto.

**Autodesk Navisworks Manage:** Es un software de Autodesk para coordinar y estimar proyectos de construcción en un entorno de modelado de información de construcción (BIM). Integra modelos 3D de diferentes disciplinas, facilita la detección de conflictos y mejora la colaboración entre equipos durante todo el ciclo de vida del proyecto.

Fase de diseño: Un componente del ciclo de vida del proyecto, la fase de diseño es la fase inicial donde el concepto se planifica cuidadosamente, los límites y objetivos se definen claramente y se define la configuración del proyecto.

Familias de Revit: Las familias en Revit representan objetos que combinan información tridimensional y bidimensional y proporcionan un marco integral para el modelado BIM. Estas familias no son sólo elementos estáticos, sino que son una parte integral de las capacidades de Revit para crear representaciones virtuales detalladas y personalizables de proyectos arquitectónicos y de construcción.

## **Propuesta de Solución**

### **Metodología de la solución**

En la elección de la metodología de solución, se optó por enfoques modernos y compatibles para las prácticas de las entidades públicas. La selección de la metodología BIM no solo se basa en sus beneficios inherentes, sino también en la obligación futura para todas las entidades, tanto públicas como privadas, de adoptar para el año 2030. El Estado peruano ha estado promoviendo progresivamente el uso de esta metodología desde el año 2019.

La modelación de la infraestructura implica recopilar información de los planos bidimensionales de diversas especialidades. En ese contexto, se aplicará la metodología BIM en la etapa de diseño utilizando software especializado.

Para este estudio, se utilizó el software Autodesk Revit en su versión 2024, facilitando la creación de modelos tridimensionales con base en la información recopilada. El software Autodesk Navisworks Manage, se utilizó para identificar inconsistencias técnicas en los modelos tridimensionales de las diferentes especialidades, permitiendo la solución y corrección de incompatibilidades en la fase de diseño.

### ***Flujo de trabajo para el modelado***

El inicio de la implementación de la metodología BIM en la etapa de diseño requiere el establecimiento de bases sólidas para el modelado y la creación de un flujo de trabajo eficiente. La importancia de comenzar con archivos organizados y limpios en Revit se destacó; por lo tanto, antes de llevar los archivos de AutoCAD a Revit, se llevará a cabo una limpieza, orden y optimización de los archivos CAD.

Solo las vistas relevantes de la infraestructura contenidas en el software tradicional se trasladarán a Revit, evitando así información innecesaria. Las vistas en corte y la vista en planta

de la infraestructura se guardarán como bloques mediante el comando “WBLOCK” en AutoCAD, facilitando su importación a otros softwares.

Posteriormente, en el software Revit, se procederá con la importación de los archivos DWG, seleccionando la plantilla y las unidades a utilizar. Con el plano de planta y las vistas en cortes de la infraestructura importadas, se iniciará el modelado de la infraestructura en las especialidades que contempla dicha infraestructura, así como los componentes correspondientes. Para este estudio, se optó por un Nivel de Desarrollo 200 (LOD 200), que implica un modelo esquemático con dimensiones, forma y ubicación en el software Revit.

Finalmente, los modelos 3D de las especialidades que fueron creados en el software Revit serán importados al software BIM Navisworks Manage para identificar, ubicar y corregir las interferencias entre los elementos de cada especialidad.

### **Desarrollo de la solución**

El propósito de este estudio se centra en la identificación de las inconsistencias técnicas presentes en la etapa de diseño de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>. Estas inconsistencias o incompatibilidades en las especialidades de arquitectura, estructura e instalaciones hidráulicas se identificaron mediante software BIM, comenzando con el modelado de la estructura hidráulica en Revit y culminando con la identificación, inspección y registro de las interferencias de los modelos 3D de las tres especialidades gracias al software Navisworks Manage.

### ***Desarrollo del modelo digital 3D para la infraestructura hidráulica***

Para el modelado de la infraestructura hidráulica, se optó por utilizar un nivel de detalle 200, también conocido como LOD 200. Este nivel de detalle se eligió a que el diseño del reservorio se realizó en la fase de diseño del proyecto. Por lo tanto, el modelado en las especialidades de la estructura, arquitectura e hidráulica se entenderá como un diseño

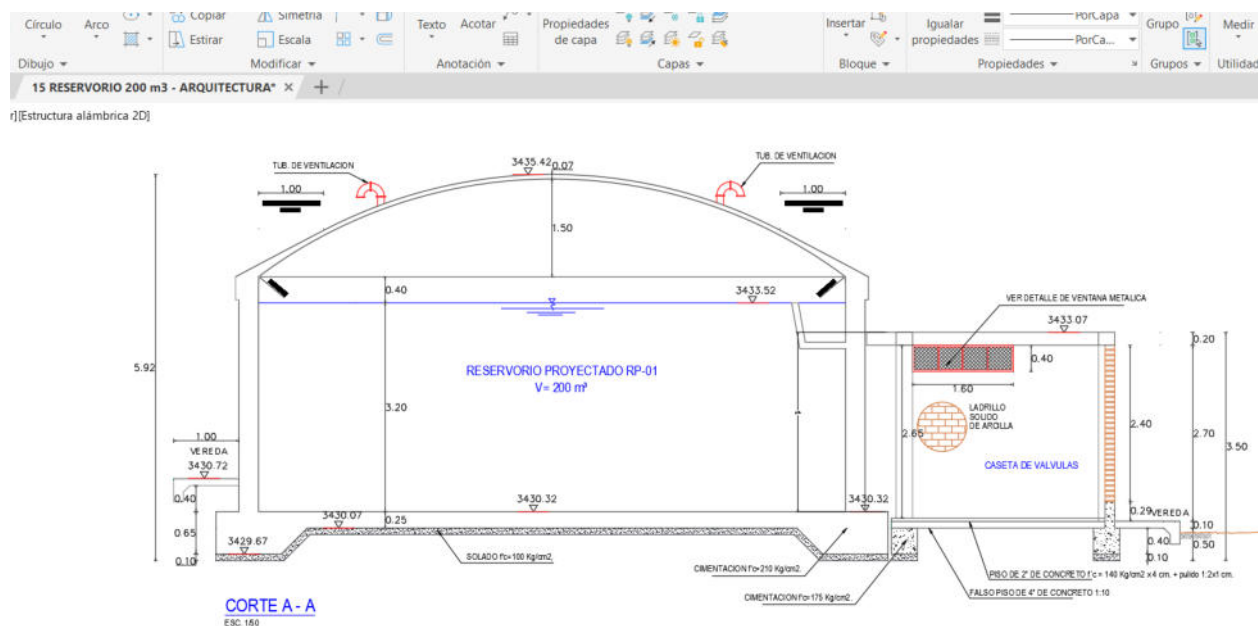
esquemático. Esto implica que cada elemento que compone la estructura hidráulica en sus diferentes especialidades almacenará información sobre dimensiones, forma y ubicación.

Con el nivel de información definido para los componentes del proyecto, se procedió a recopilar la información necesaria para el modelado. Se obtuvo la información requerida de los planos bidimensionales, incluyendo dibujos y los diseños, así como de las especificaciones técnicas, que proporcionaron información sobre el material a utilizar, parámetros de los elementos, normas aplicables a cada componente y el proceso constructivo. Toda esta información se extrajo del expediente técnico que hace referencia a la construcción del reservorio circular.

De los planos bidimensionales de la especialidad de arquitectura, como se puede apreciar en la Figura 2, se obtuvo información sobre el diámetro interno de la cámara húmeda, que abarca una longitud de 9 metros. Asimismo, se observó que la infraestructura hidráulica incluye una caseta de válvulas, área donde albergará tuberías y accesorios hidráulicos, y cuenta con un pequeño cuarto denominado cuarto de cloración, donde se instalarán los equipos de cloración.

**Figura 2**

*Plano bidimensional de la infraestructura hidráulica, especialidad arquitectónica.*



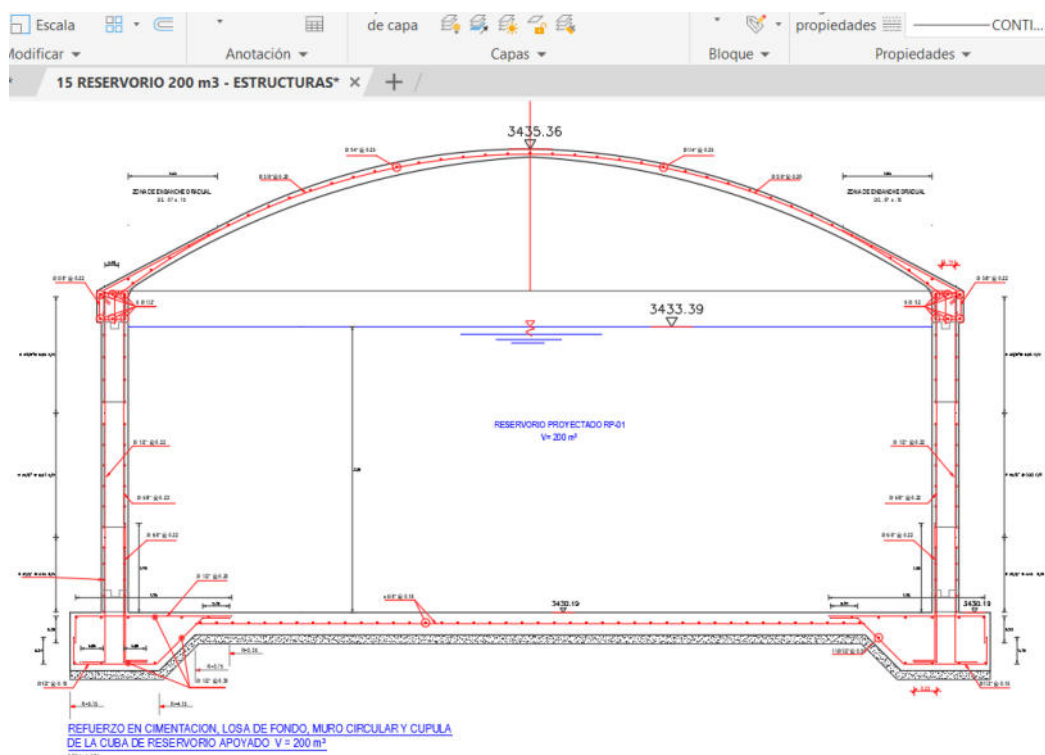
*Nota.* Vista en corte del reservorio circular y la caseta de válvulas en estado desordenado, elaborado por el autor.

Con los planos estructurales del reservorio, se obtuvo la información relacionada con los refuerzos en los diferentes elementos de la estructura circular. Para la cimentación, se calculó utilizar varillas de media pulgada como refuerzo para este elemento. En la losa de fondo, se proyectaron varillas de cinco octavos. Para los muros circulares, se eligió la combinación de dos tipos de varillas: las de 1/2 pulgada y 5/8 de pulgada de forma longitudinal y transversal, respectivamente. Para la cúpula, se seleccionó la varilla de 5/8 de pulgada de forma longitudinal y la de 1/4 de pulgada de la forma transversal. Por último, para la viga circular, se utilizaron 6 varillas de 1/2 pulgada, y para los estribos, se utilizó varillas de 3/8 de pulgada, espaciadas cada 22 centímetros, tal como se puede apreciar en la Figura 3.



**Figura 3**

*Plano bidimensional del reservorio circular, especialidad estructural.*

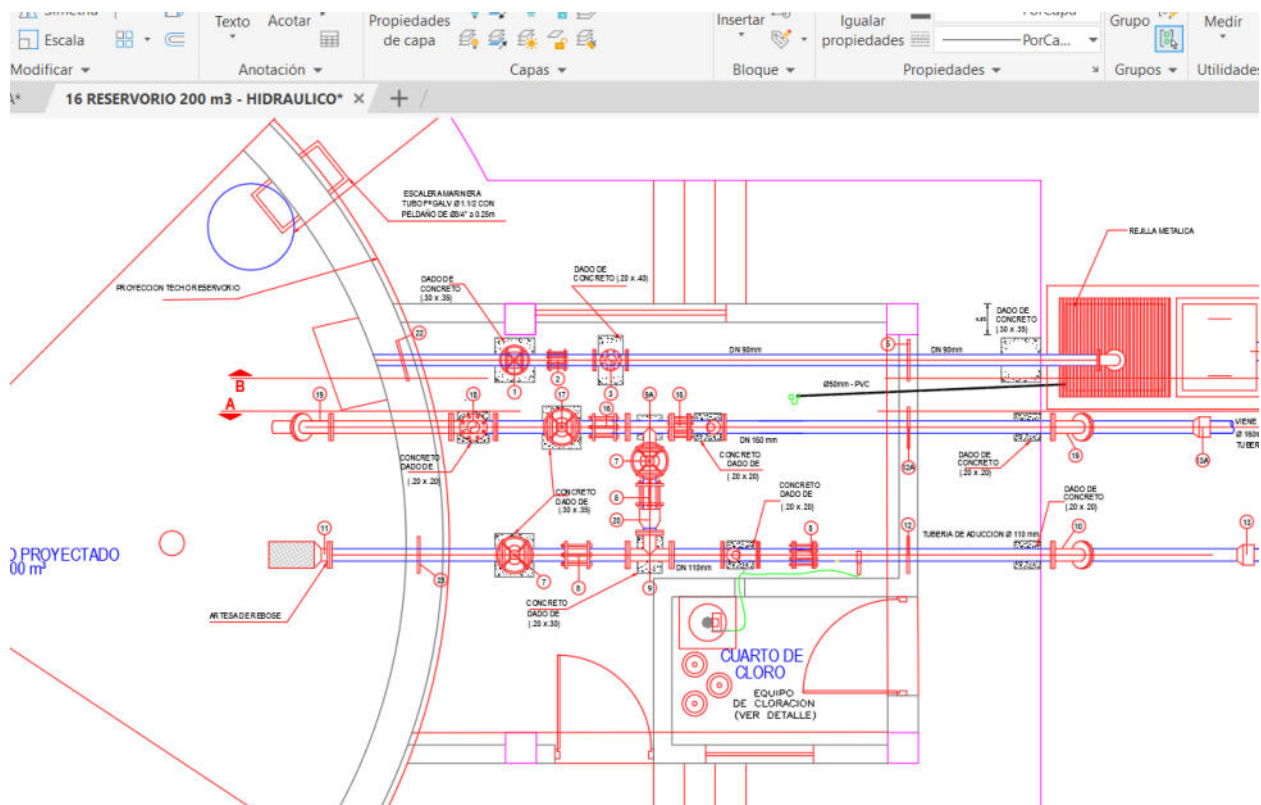


*Nota.* Vista en corte del reservorio circular, elaborado por el autor.

Con respecto al plano hidráulico del reservorio, se logró identificar los diámetros nominales de las tuberías, accesorios y válvulas a utilizar. Para la línea de aducción, se empleó una tubería de acero schedule de cédula 40 con un diámetro nominal de 110 milímetros, por donde fluirá el agua para abastecer a la población. Para línea de conducción, se utilizó una tubería del mismo material que la línea de aducción, pero con un diámetro nominal de 160 milímetros; esta línea proporcionará agua al reservorio circular para su almacenamiento. Con respecto a la limpieza del reservorio, se encuentra la línea de rebose y limpieza, la cual tiene un diámetro de 90 milímetros, tal como se puede apreciar en la Figura 4.

**Figura 4**

*Plano bidimensional del reservorio circular, especialidad de hidráulica*

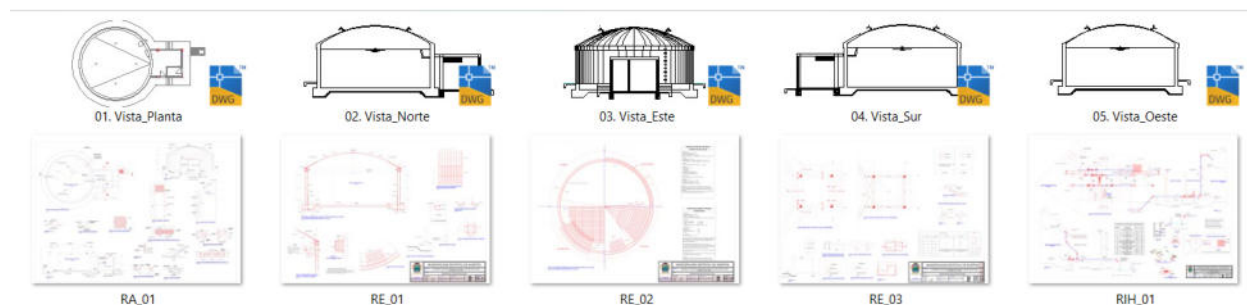


*Nota.* Vista en planta de la caseta de válvula y cuarto de cloración, estado: desordenado

Después de recolectar la información y antes de iniciar con el modelado del reservorio, fue necesario limpiar, ordenar y optimizar los dibujos representados en las vistas en cortes y la vista en planta de la infraestructura. Estas vistas estaban contenidas en los archivos CAD, para facilitar su posterior uso, cada vista se guardó como un archivo DWG independiente. Cabe mencionar que los formatos DWG se organizaron de manera ordenada, respetando los puntos cardinales, como se observa en la Figura 5.

## Figura 5

*Archivos DWG recopilados y generados para el modelamiento.*



*Nota.* El gráfico contempla las vistas en corte y la vista en planta del reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>, así como también el plano de arquitectura (RA\_01), los planos de estructuras (RE\_01, RE\_02 y RE\_03) y el plano hidráulico (RH\_01). Cabe mencionar que toda la información se guardó y codificó de manera ordenada. Elaborado por el autor.

Para iniciar con el modelado de la infraestructura hidráulica, se decidió dividir y nombrar la infraestructura en dos sectores. El reservorio circular propiamente dicho y la caseta de válvulas y cloración se han denominado como el Sector 1 (S1) y Sector 2 (S2) respectivamente, como se muestra en la Tabla 1. Con la sectorización de la infraestructura hidráulica, se busca obtener un modelado ordenado que también favorecerá la construcción del reservorio en la etapa de ejecución.

**Tabla 1**

*Sectorización de la infraestructura hidráulica*

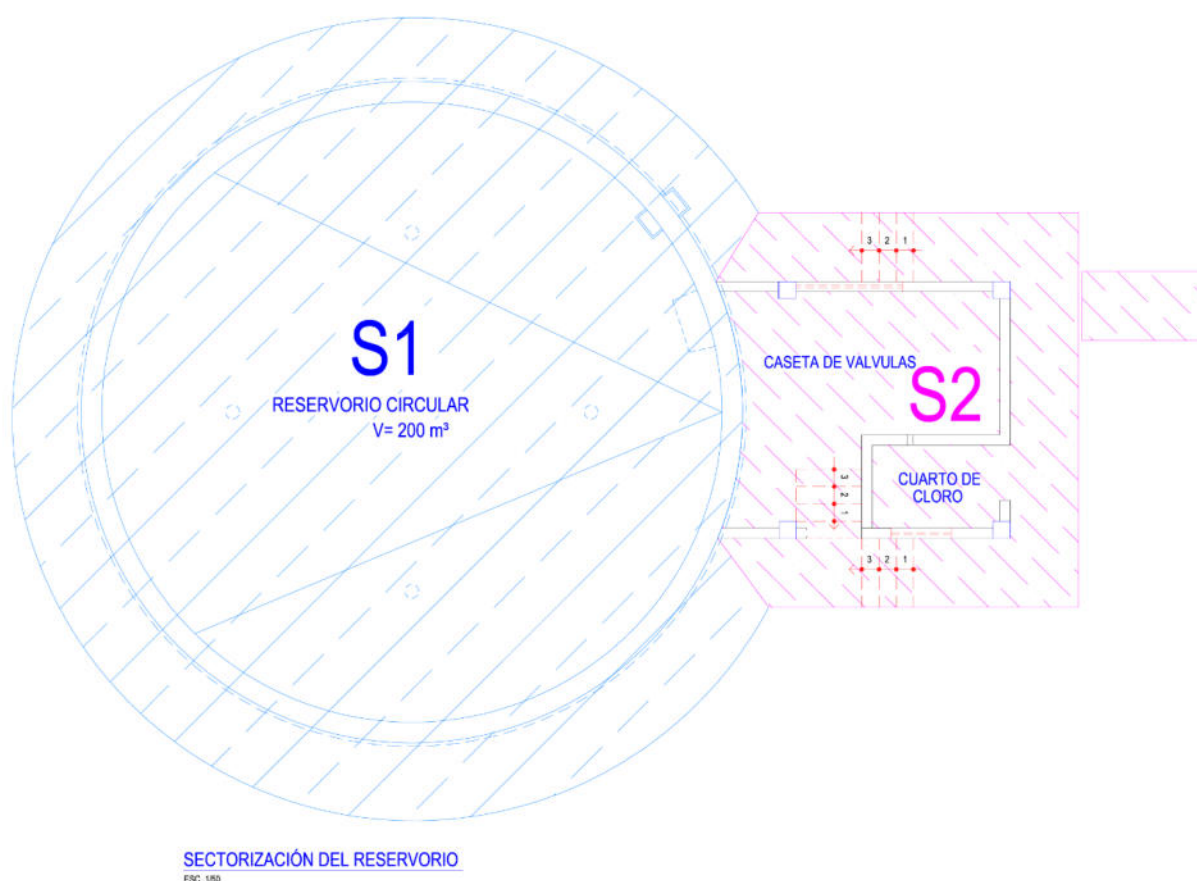
N°	Parte de la infraestructura	Nombrado	Simbología	Color
01	Reservorio circular o cámara húmeda	Sector 1	S1	
01	Caseta de válvulas y cuarto de cloro	Sector 2	S2	

*Nota.* Elaborado por el autor.

Con el objetivo de facilitar la comprensión de la sectorización realizada a la infraestructura hidráulica, se diseñó el plano titulado “sectorización de la infraestructura hidráulica”, el cual se puede visualizar en la Figura 6. Esta figura guarda relación con la Tabla 1 descrita anteriormente, ya que permite visualizar las partes de la infraestructura, nombrarlas mediante una simbología y diferenciar cada sector por color particular.

### Figura 6

*Plano de Sectorización de la infraestructura hidráulica.*



*Nota.* El gráfico comprende la sectorización de la infraestructura, donde el Sector 1 abarca los siguientes elementos del reservorio: la cimentación, la losa de fondo, los muros circulares, la viga circular, la cúpula del reservorio y la vereda exterior del reservorio. Por otro lado, el Sector 2 incluye la caseta de válvulas y el cuarto de cloración, los cuales están compuestos por

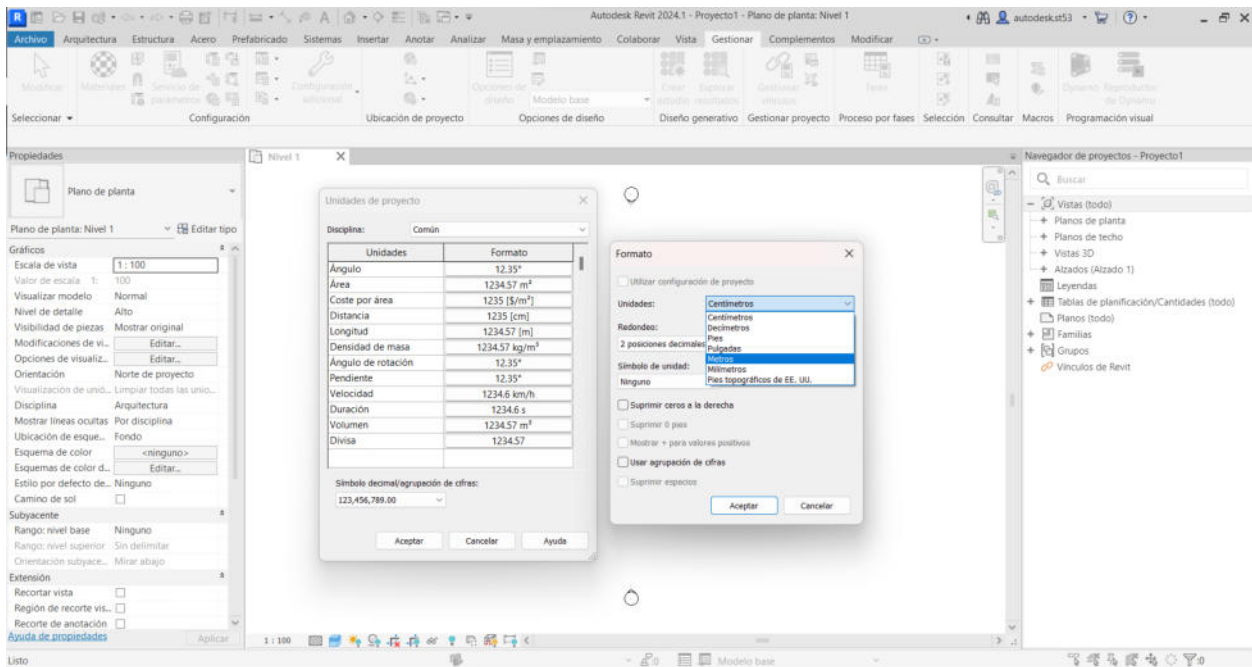
cimentaciones, columnas, vigas, losa de techo, así como elementos arquitectónicos como, los muros de tabiquería, graderías exteriores, puertas, ventanas y la vereda perimetral a la caseta.

Elaborado por el autor.

Con los planos obtenidos, los archivos DWG generados y la sectorización de la infraestructura hidráulica, se dio inicio la construcción de un flujo de trabajo ordenado para la implementación de la metodología BIM en la etapa de diseño de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>. Para comenzar el modelado de la infraestructura hidráulica en el software BIM Revit, se procedió a la elección de la plantilla y a la configuración de las unidades con las cuales se va a modelar, como se puede observar en la Figura 7.

### **Figura 7**

*Elección de las unidades del proyecto.*

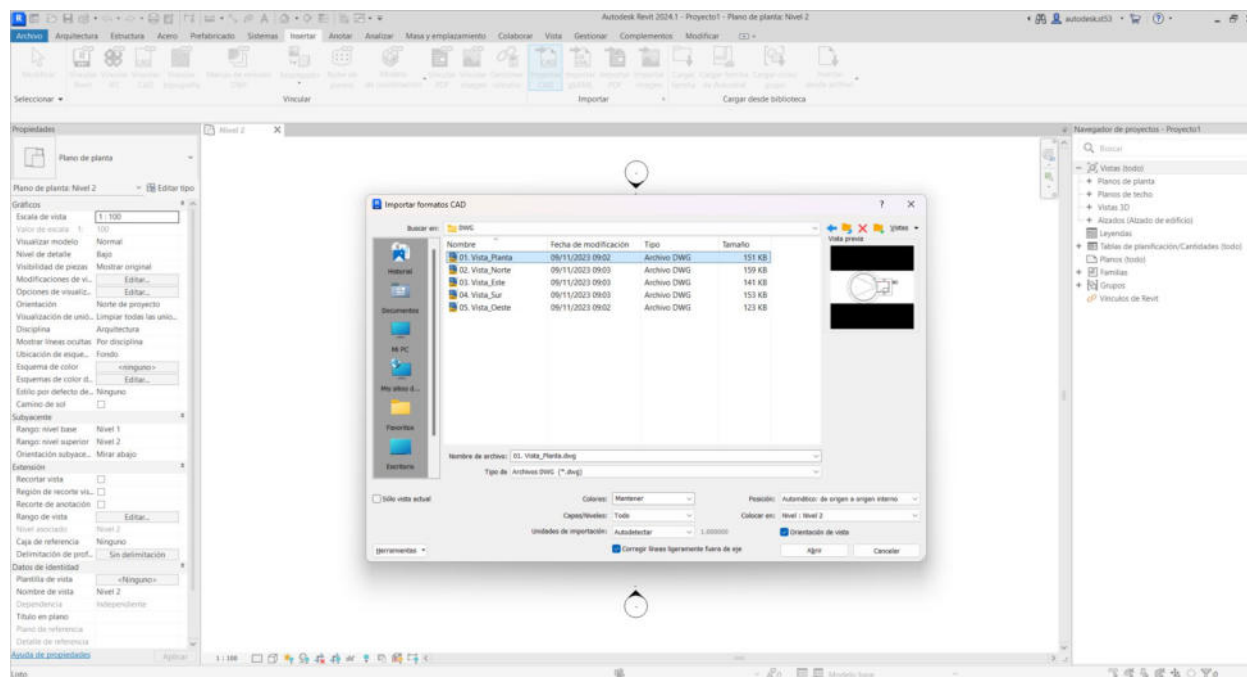


*Nota.* El gráfico representa la configuración de las unidades del proyecto. Para este estudio se eligió como unidad de distancia y longitud al metro.

Mediante la pestaña “insertar” del software Revit, se importaron los formatos DWG desde el software AutoCAD. Para ello, se configuraron los formatos CAD para mantener los colores del diseño. Así mismo, en las unidades de importación, se seleccionó “metro”. Con respecto a la posición, se optó por la opción “Automático -centro a centro” para asegurar que el dibujo aparezca al centro de la pantalla. Finalmente, cada formato del CAD se colocó en el nivel de la losa de fundación (Figura 8).

## Figura 8

### Importación de los archivos CAD

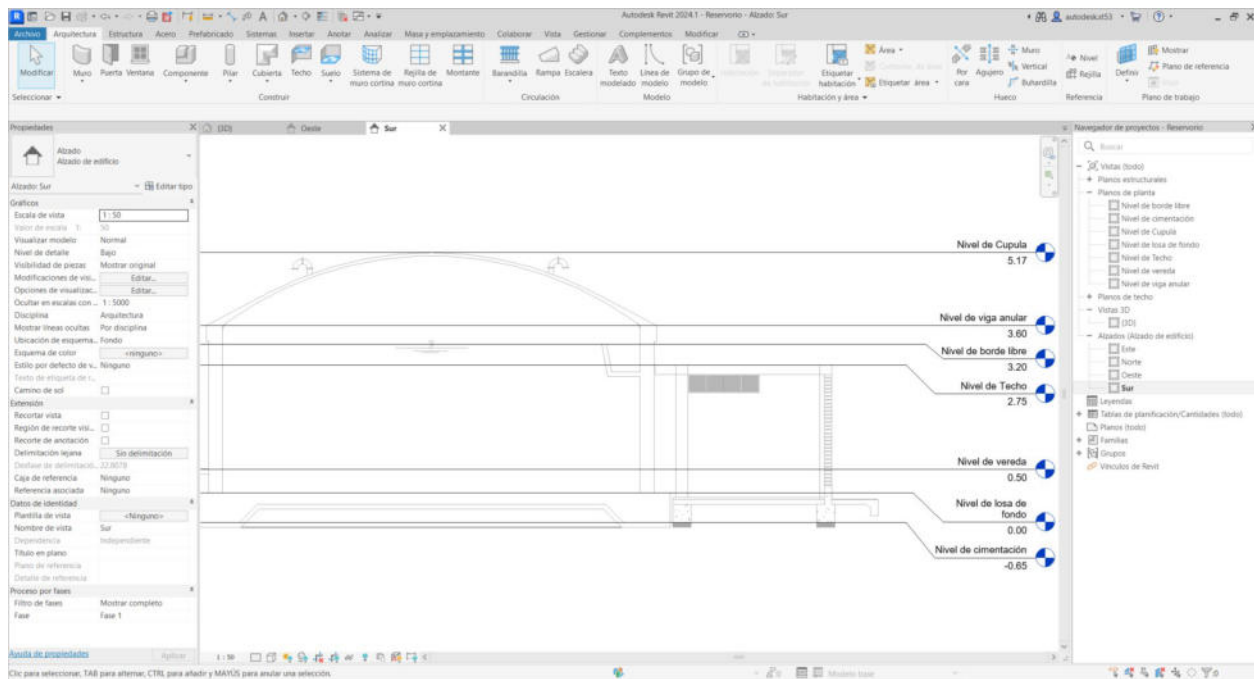


*Nota.* Elaborado por el autor.

Concluida la importación de todos los archivos en el formato tradicional, se procedió a la creación de los niveles para mostrar las diferentes alturas de los elementos estructurales y arquitectónicos de la infraestructura hidráulica. Para el nivel 0.00, se tomó como referencia el nivel de la losa de fondo. El nivel de la cimentación se encuentra a -0.65 metros de la losa, indicando la profundidad de excavación para el solado, Del mismo modo, se observa que el nivel de la cúpula se encuentra a +5.17 metros. Además, la caseta de válvulas y el cuarto de cloración cuentan con sus respectivos niveles, como se puede apreciar en la Figura 9.

**Figura 9**

*Creación de niveles para el reservorio circular.*



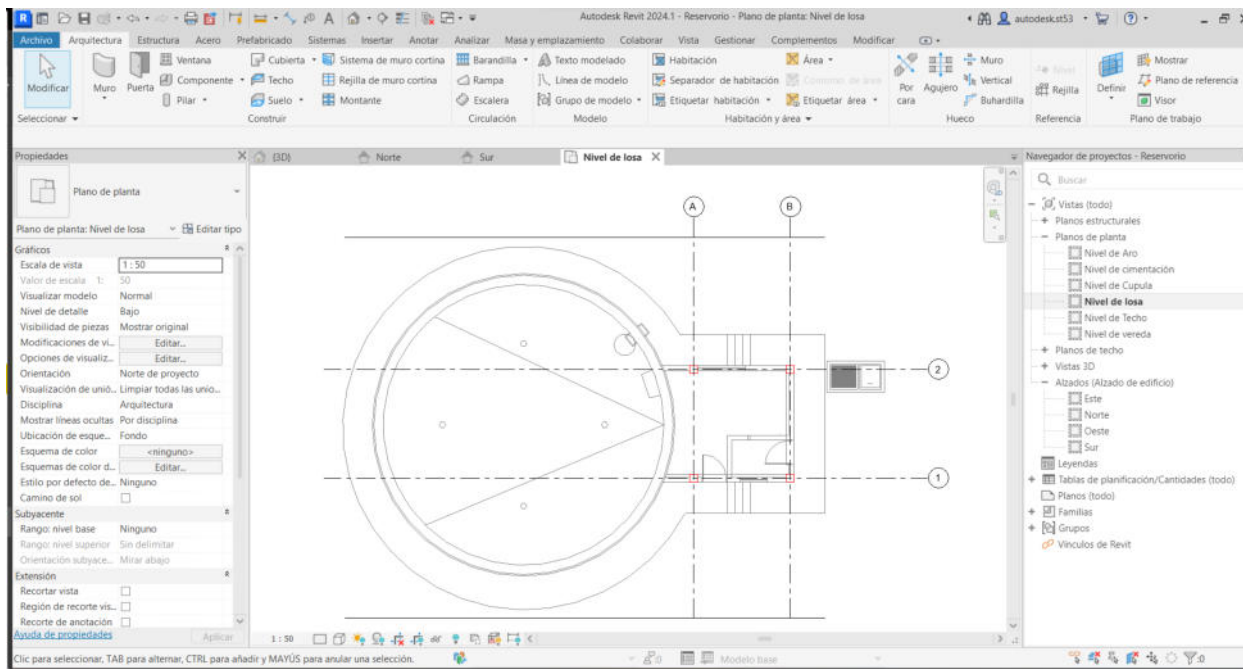
*Nota.* Elaborado por el autor.

Continuando con el modelado, se procedió a la inserción de los ejes de referencias en la caseta de válvulas y cloración, como se puede apreciar en la Figura 8. La colocación de los ejes principales y secundarios se decidió en la caseta de válvula y cloración con el fin de mantener un orden y una orientación al momento de modelar los elementos estructurales y arquitectónicos de la infraestructura hidráulica.



**Figura 10**

*Inserción de ejes para la caseta de válvula y cloración.*



*Nota.* Elaborado por el autor.

**Modelado de la Especialidad de Estructura.** El modelado en el ámbito de las estructuras implica una consideración cuidadosa de todos los elementos expresados en el plano estructural, utilizando metodologías tradicionales. En el contexto de esta sección titulada "Modelado de la Especialidad de Estructurales" con el software Revit, este enfoque comienza con la consideración de una amplia gama de elementos clave. Nos centramos en componentes estructurales clave (cimientos, losa de fondo, paredes circulares, vigas, columnas y cúpulas) y examinamos su representación detallada en el software Revit para modelado de tanques. A medida que desarrollamos nuestro modelado, también exploramos elementos más realistas, como juntas, accesorios y sistemas de soporte. Estos detalles son importantes para comprender completamente la integridad y eficiencia de las estructuras que modelamos. El software Revit

también proporciona herramientas poderosas para representar con precisión estos componentes, lo que en última instancia contribuye a la calidad y eficiencia del trabajo de ingeniería civil.

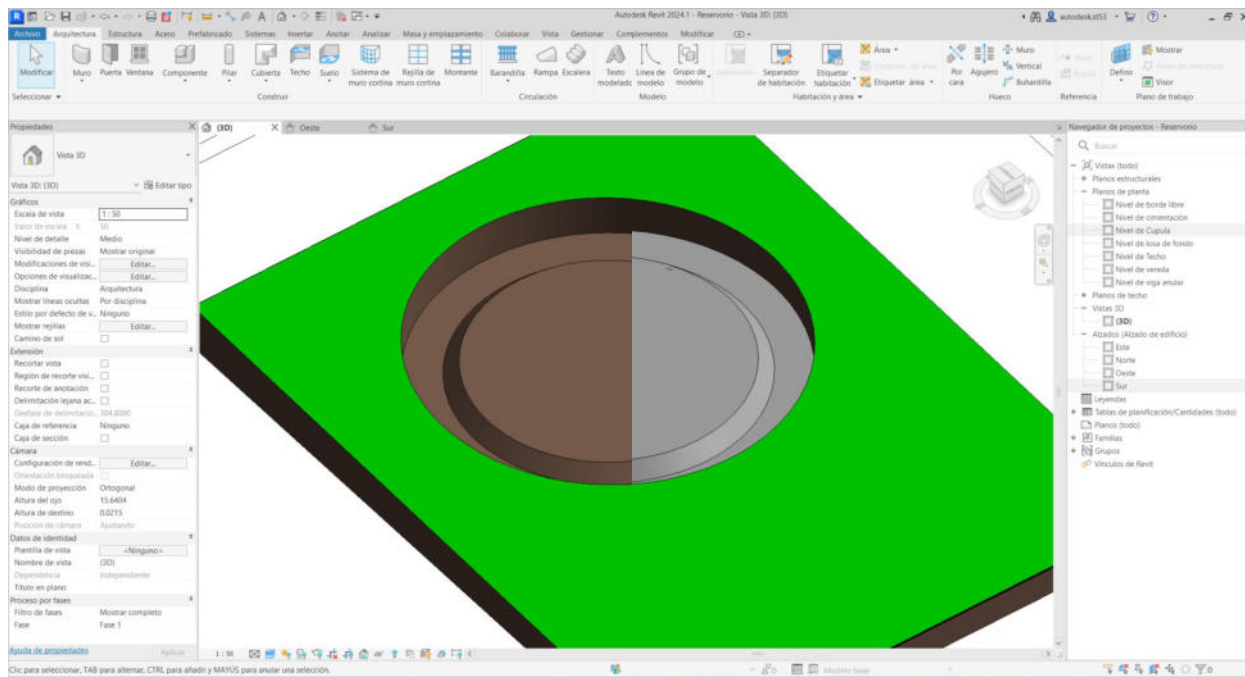
**Modelado 3D del Sector 1.** Para el modelado de los elementos estructurales que comprende el Sector 1, los cuales son: el solado, cimentación, losa de fondo, muro circular, viga circular y la cúpula (Figura 6). Estos elementos comprenden la especialidad de estructuras y se encuentran plasmadas en los planos estructurales bidimensionales recolectados del expediente técnico (Figura 5).

#### A. Modelado de excavación de terreno y solado para cimentación

Se inició el modelado de los elementos estructurales, comenzando por el solado para la cimentación. El propósito es aislar la humedad mediante la cimentación y losa de fondo, que contendrán la armadura de acero que soportará a la estructura del reservorio.

### Figura 11

#### Modelamiento de la excavación y vaciado del solado

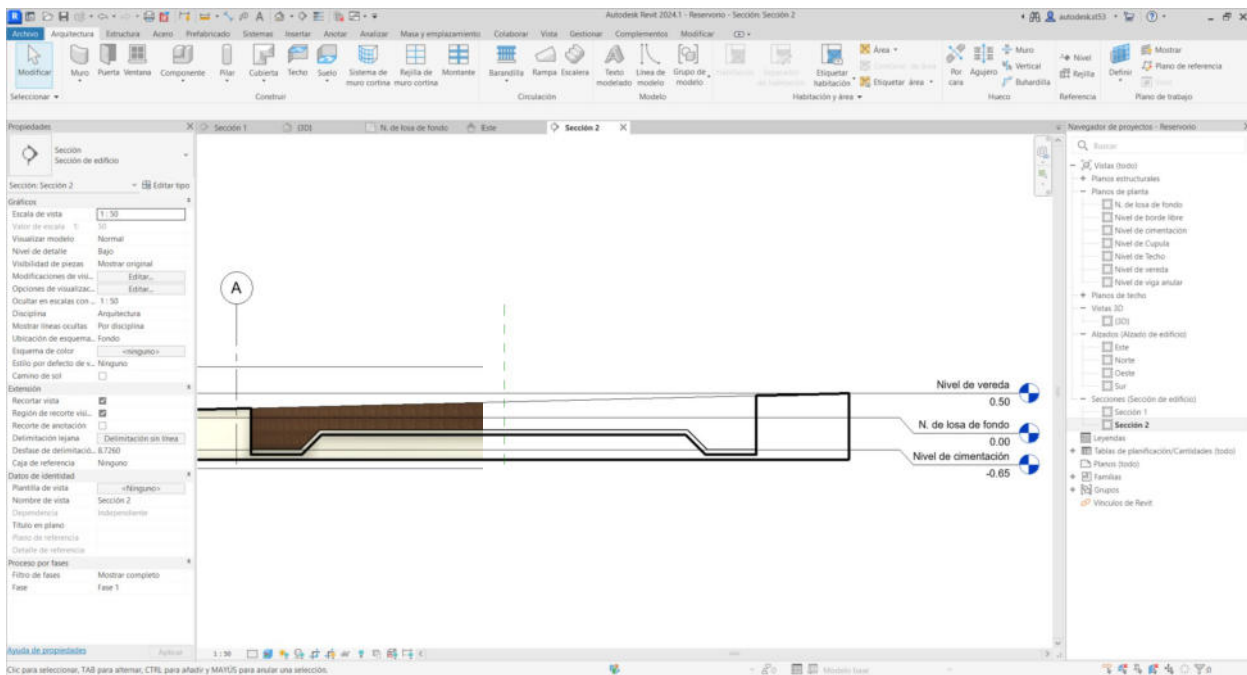


*Nota.* La figura representa la vista en planta del modelado realizado para un concreto pobre (solado) con una resistencia a la compresión de 100 kilogramos por centímetro cuadrado y un espesor de 10 cm. Además, se muestra el modelado para representar la excavación del terreno natural con una altura de 75 centímetros. Elaborado por el autor.

La vista en corte permite apreciar con detalle el proceso constructivo y el modelado del solado, proporcionando un aspecto realista al lado izquierdo de la figura, mientras que en el lado derecho se representa una representación gráfica con trazos. También se observa el nivel de cimentación en relación con el nivel de la losa de fondo, como se muestra en la Figura 12.

## Figura 12

*Vista en corte del detalle constructivo del solado.*



*Nota.* Elaborado por el autor.

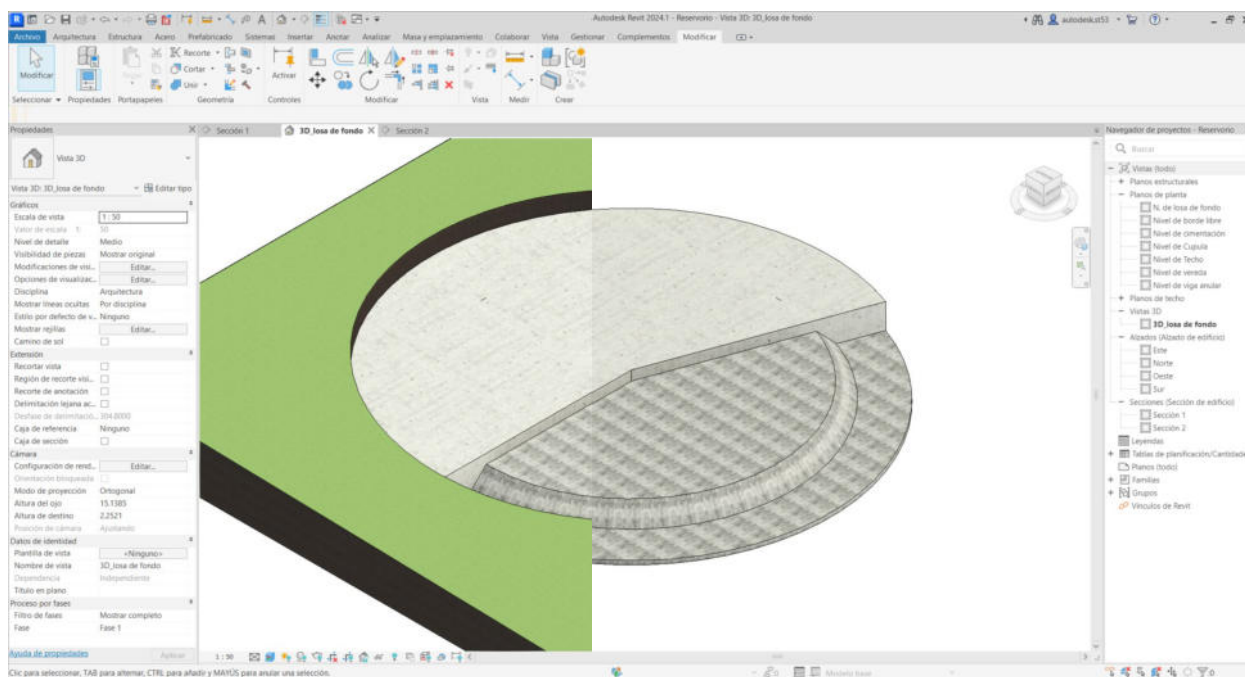
### B. Modelado de la Cimentación y Losa de fondo

Con el solado modelado, se procedió a la elaboración de la cimentación y la losa de fondo. Nos ubicamos en el nivel de losa de fondo para iniciar con el modelado in situ mediante

el comando “Componente”. Dado que la cimentación y la losa de fondo son circulares y pertenecen a la categoría de cimentación estructural, se modelaron mediante el comando “Revolución”. Este método agiliza el diseño al crear formas 3D girando un perfil 2D alrededor de un eje, como se muestra en la Figura 13.

**Figura 13**

*Modelamiento de la cimentación y losa de fondo.*

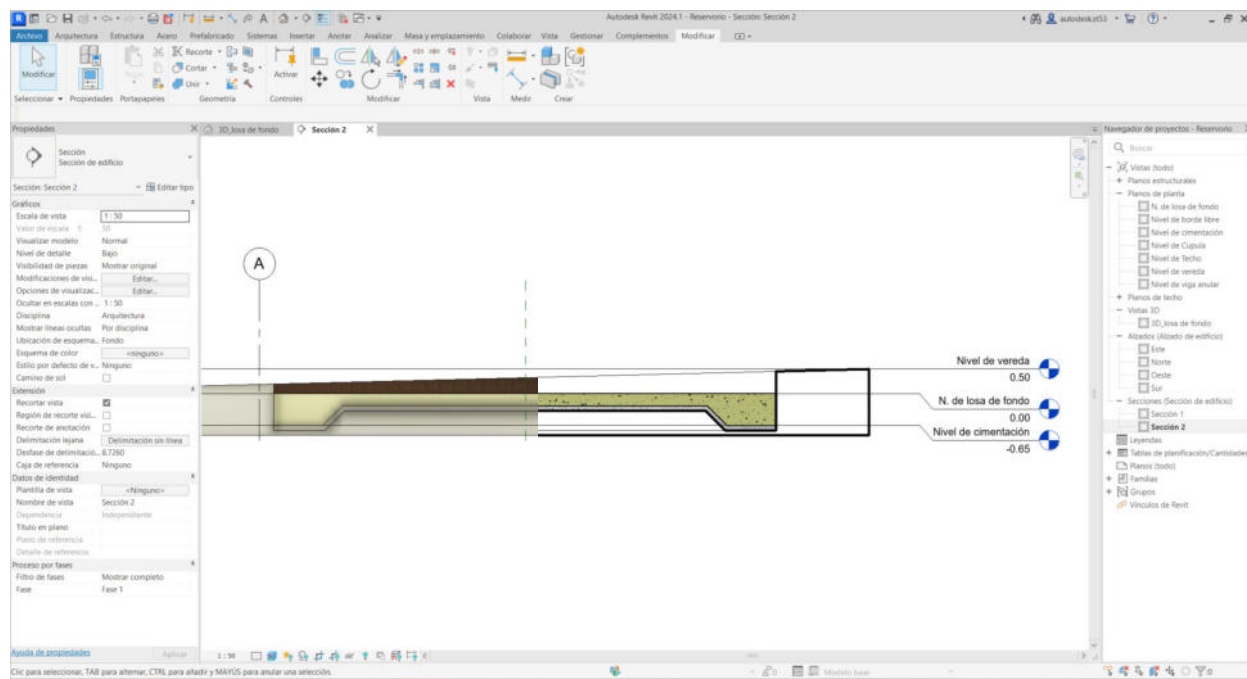


*Nota.* La figura representa el modelado de dos elementos estructurales, tales como la cimentación y la losa de fondo. Ambos elementos tienen una resistencia a la compresión de 210 kilogramos por centímetro cuadrado. Elaborado por el autor.

La vista en corte proporciona opciones para la apariencia de la cimentación circular y la losa de fondo, ambos elementos situados en el nivel de losa de fondo (Figura 12).

## Figura 14

*Vista en corte del detalle constructivo de la cimentación y la losa de fondo.*



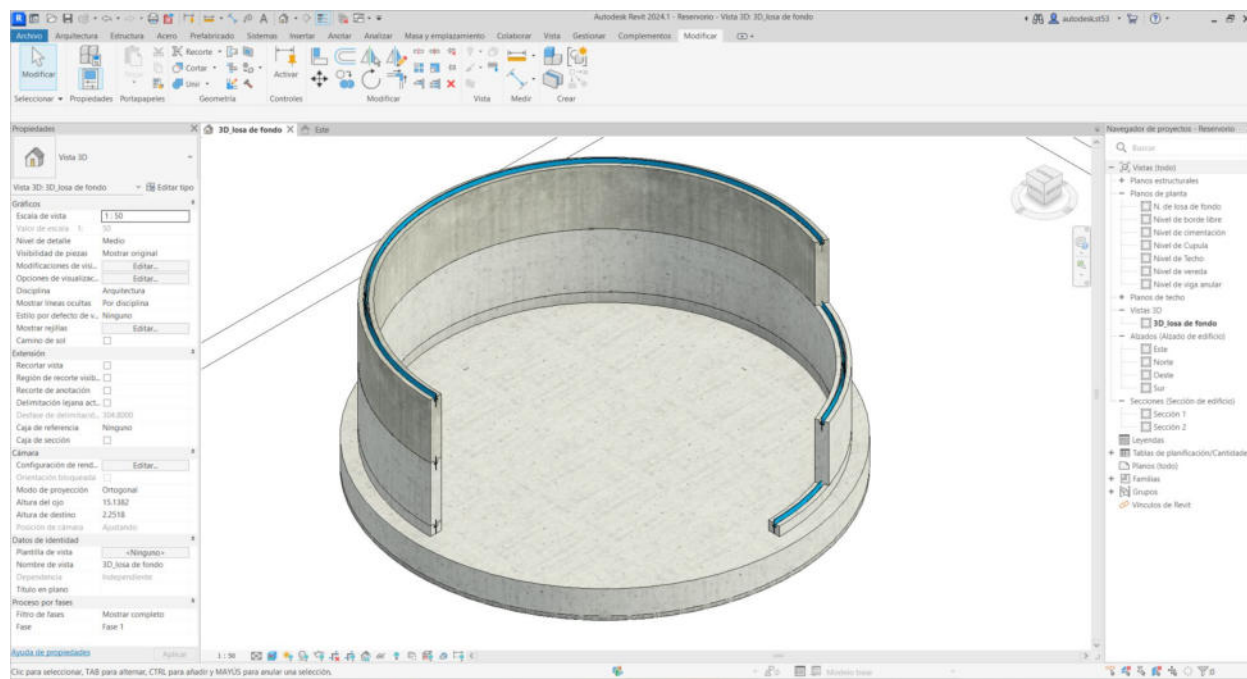
*Nota.* La figura muestra la vista en corte de la cimentación y la losa de fondo del reservorio circular. Ambos elementos tienen una resistencia a la compresión de 210 kilogramos por centímetro cuadrado. La cimentación tiene una altura de 65 centímetros, mientras que la losa de fondo tiene un espesor de 25 centímetros. Elaborado por el autor.

### C. Modelado de los Muros Circulares.

En este apartado se aborda el modelamiento de los muros circulares, estructuras que almacena información sobre forma, altura, espesor y material. Se incorporó Water Stop en las intersecciones para evitar filtraciones del agua. La Figura 15 muestra el modelado de los muros circulares el sellador.

**Figura 15**

*Modelamiento de los muros circulares.*

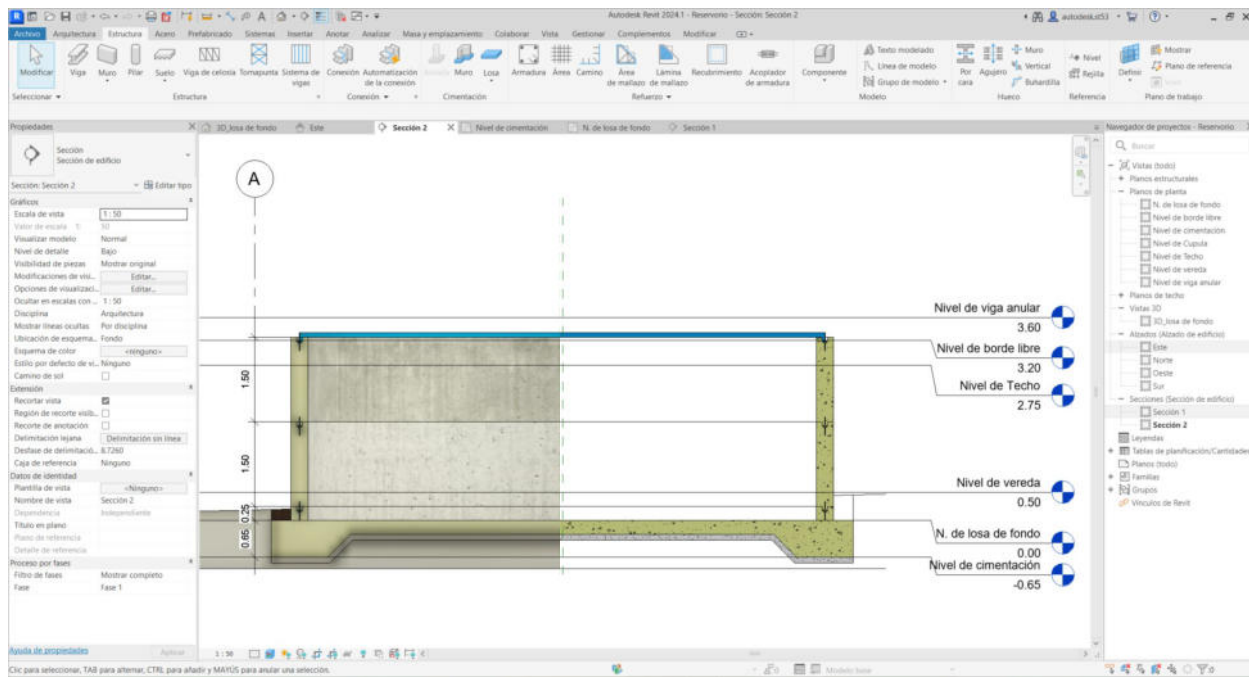


*Nota.* La figura representa el modelado de las paredes circulares. Para la representación, estos muros se muestran abiertos con el fin de visualizar el proceso constructivo en la etapa de ejecución. También se muestra la ubicación del sellador en las uniones entre los muros, los cuales tienen un espesor de 30 centímetros. Elaborado por el autor.

La vista en corte del muro circular facilita la interpretación del diseño. La Figura 16 identifica alturas, ubicación del Water Stop y material. Se consideró una altura inicial de 25 centímetros, seguida de dos cuerpos de 1.5 metros cada uno. Se aplicó sellador al final del muro para prevenir filtraciones entre la viga anular y el muro.

**Figura 16**

*Vista en corte del detalle constructivo del muro circular.*



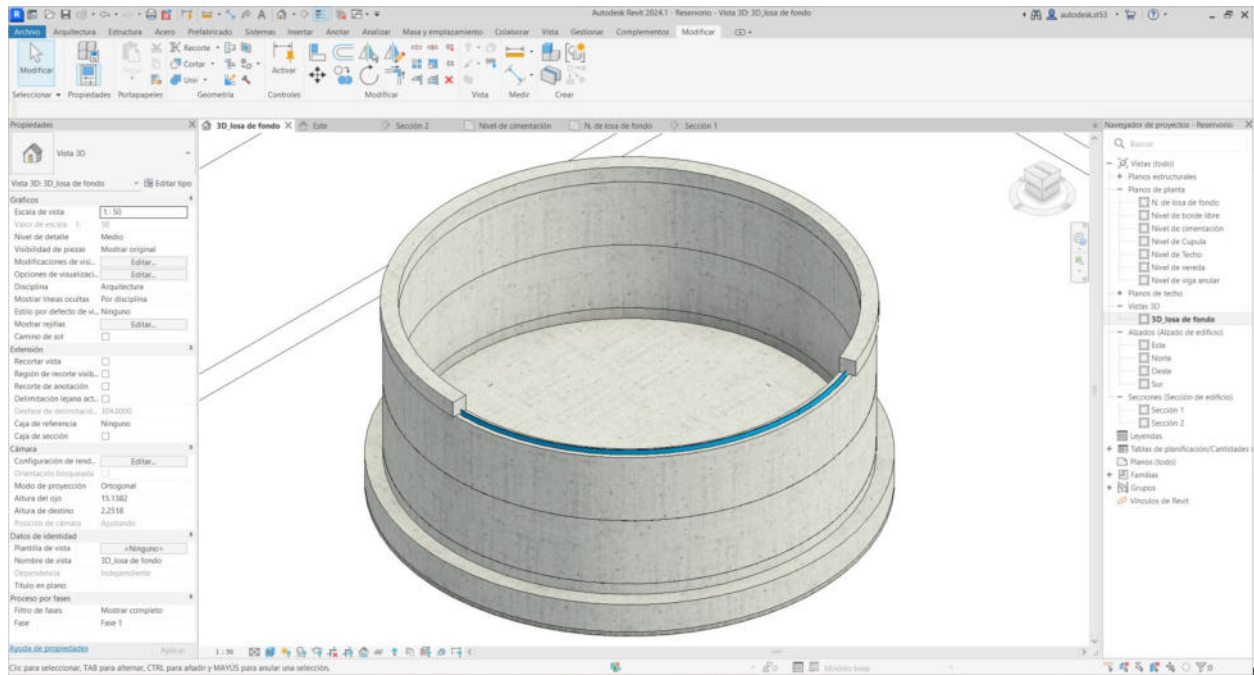
*Nota.* En la figura se muestra el modelado de las paredes circulares en los distintos niveles que comprende el diseño del reservorio circular. Elaborado por el autor.

#### D. Modelado de la viga anular o viga circular.

La viga anular aporta rigidez y resistencia a los reservorios circulares. Se ubicó sobre los muros circulares (ver, Figura 17). La vista en corte muestra su posición a 3.6 metros sobre la losa de fondo. En la Figura 18 compara el modelado en 3D con un dibujo tradicional.

Figura 17

*Modelamiento de la viga anular.*

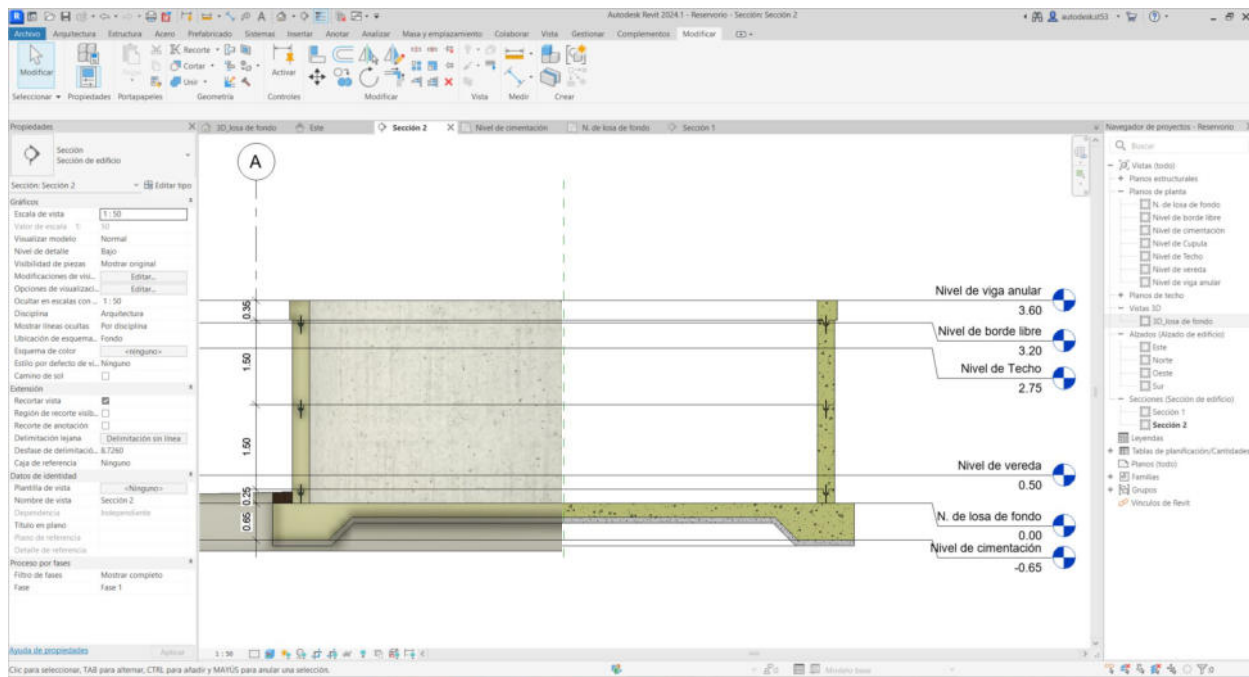


*Nota.* En la figura se visualiza el modelo de un elemento estructural, en este caso, la viga circular. La viga tiene dimensiones de 35 centímetros de largo por 35 centímetros de ancho y está diseñada con un concreto resistente a la compresión de 210 kilogramos por centímetro cuadrado. Este elemento circular dibuja un diámetro interno de 9 metros y un diámetro externo de 9.70 metros. Elaborado por el autor.



**Figura 18**

*Vista en corte del detalle constructivo de la viga circular.*



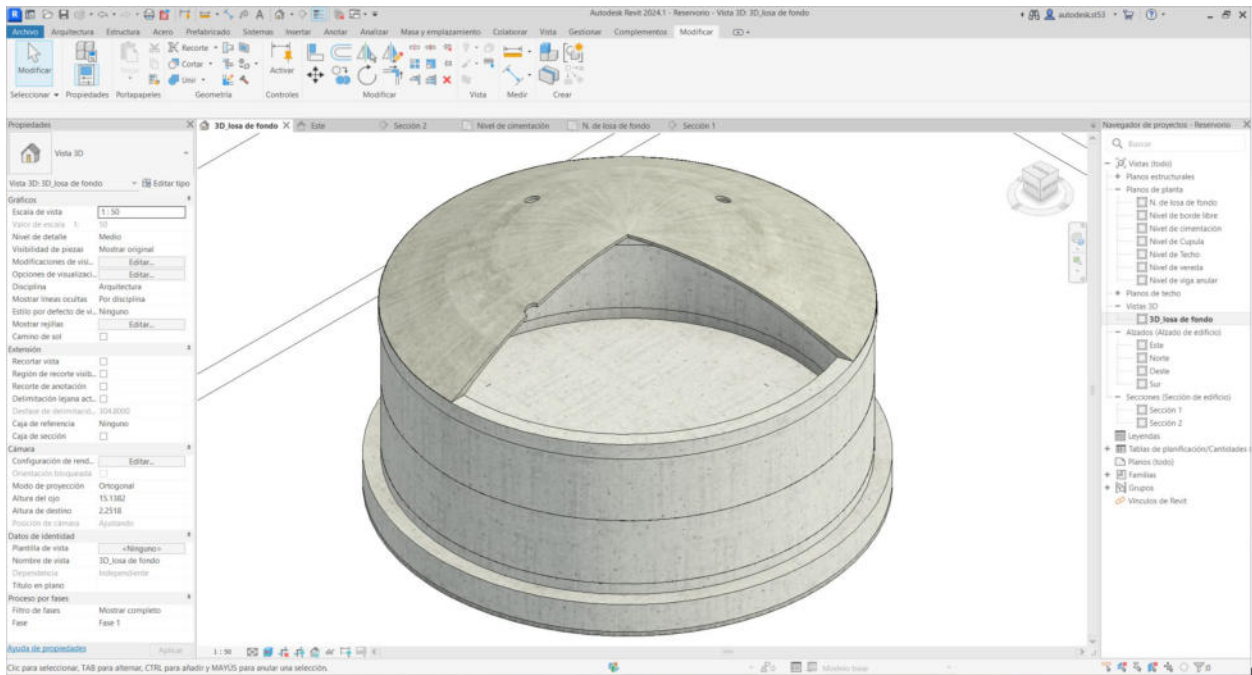
*Nota.* elaborado por el autor.

### E. Modelado de la cúpula.

La cúpula, protege el contenido almacenado de la lluvia y la contaminación, siendo crucial para la durabilidad del reservorio. Este apartado presenta el diseño de la cúpula considerando forma, dimensiones y materiales (Figura 19). Asegura resistencia estructural cuenta con 4 orificios para la ventilación.

**Figura 19**

*Modelamiento de la cúpula.*

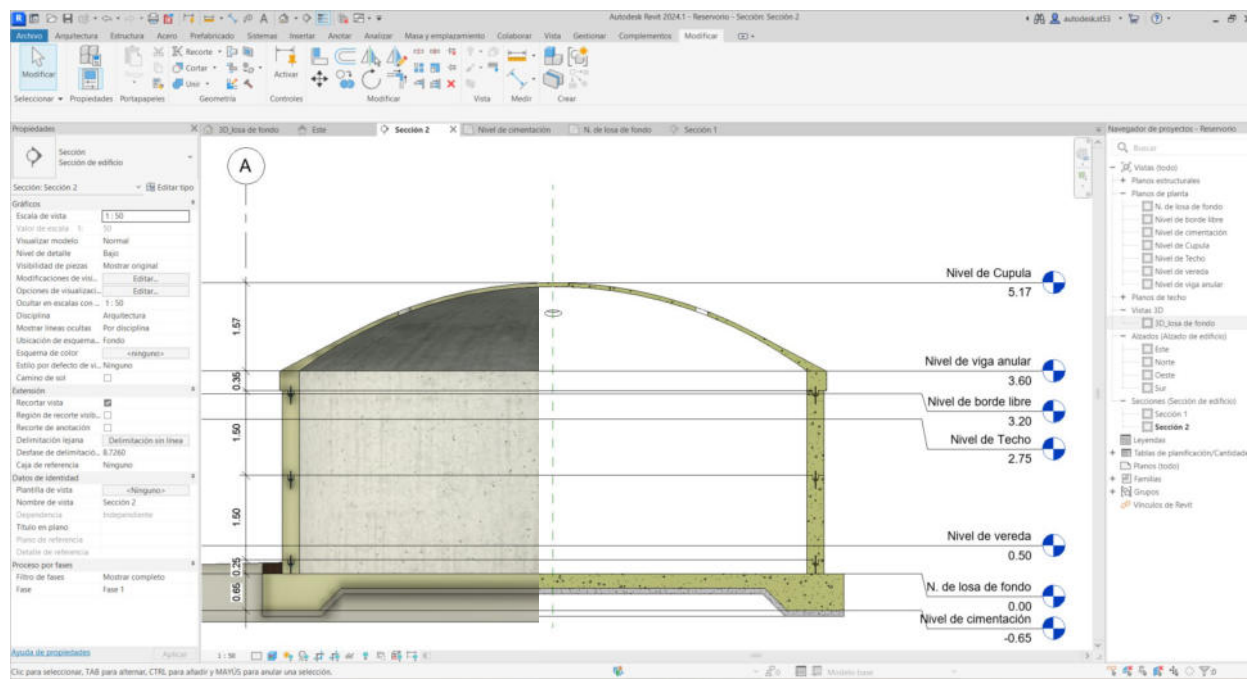


Nota. Elaborado por el autor.

La vista en corte (Figura 20) muestra su inicio a 3.6 metros sobre la losa de fondo, alcanzando 1.57 metros de altura y un espesor de 7 centímetros, modelada en concreto con resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 20**

*Vista en corte del detalle constructivo de la cúpula.*



Fuente. Elaborado por el autor.

**Modelado 3D del sector 2.** Para el modelado de los elementos estructurales que comprende el Sector 2, tales como la cimentación, columnas, vigas, losa aligerada, gradas y caja (Figura 6). Estos elementos constituyen la especialidad de estructura, plasmada en los planos estructurales bidimensionales recolectados del expediente técnico (Figura 5).

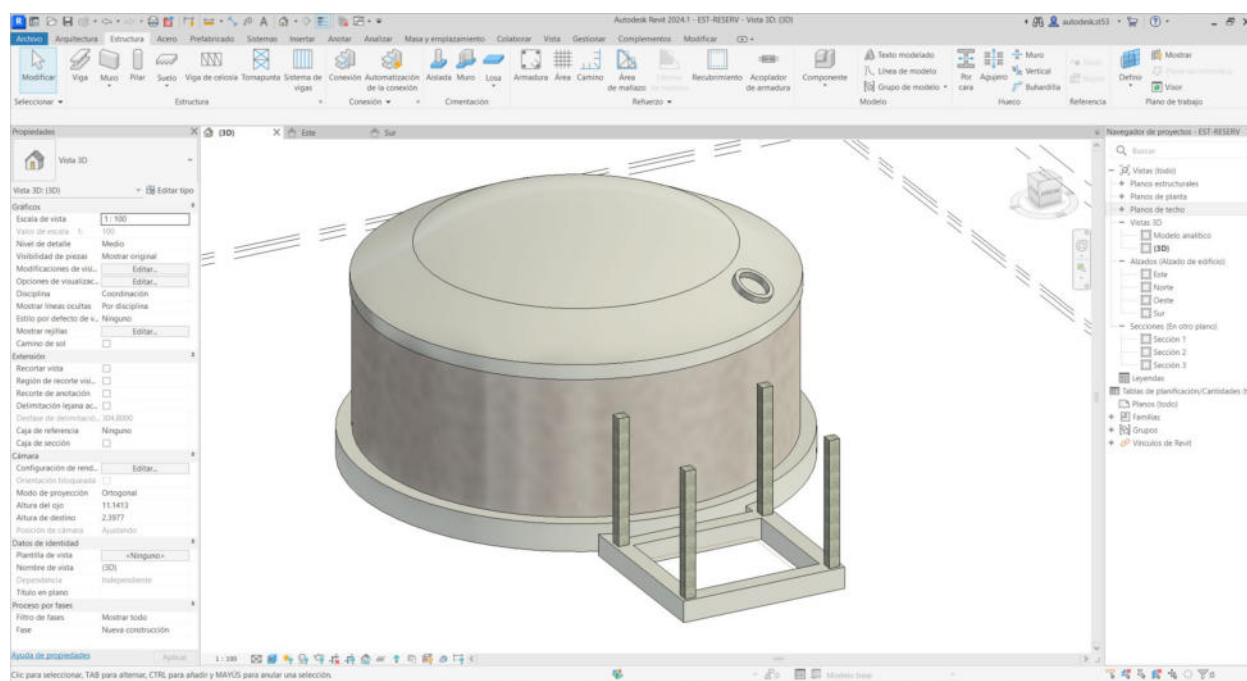
#### A. Modelado de Cimiento corrido y Columnas

Los cimientos corridos son elementos estructurales cuya función es soportar y distribuir las cargas provenientes de arriba. En este trabajo, se modelaron los cimientos de acuerdo con las características del suelo. Las columnas, por otro lado, son elementos verticales que brindan apoyo estructural a las vigas y la losa aligerada. Ambos elementos fueron diseñados con materiales resistentes como el concreto. Estos componentes son cruciales para garantizar la seguridad y la integridad de la estructura.

Siguiendo los planos bidimensionales de la especialidad de estructuras obtenidos del expediente técnico (ver Figura 5), se comenzó a modelar utilizando familias de cimientos corridos y columnas. Para los cimientos corridos, se modelaron teniendo en cuenta el material indicado en los planos, y para las columnas, se utilizó concreto estructural con una resistencia a la compresión de 210 kilogramos por centímetro cuadrado. Las dimensiones de cada elemento se indicaron en la Figura 21, donde se visualiza el modelamiento de cimientos corridos y columnas.

## Figura 21

*Modelamiento del cimiento corrió y las columnas.*



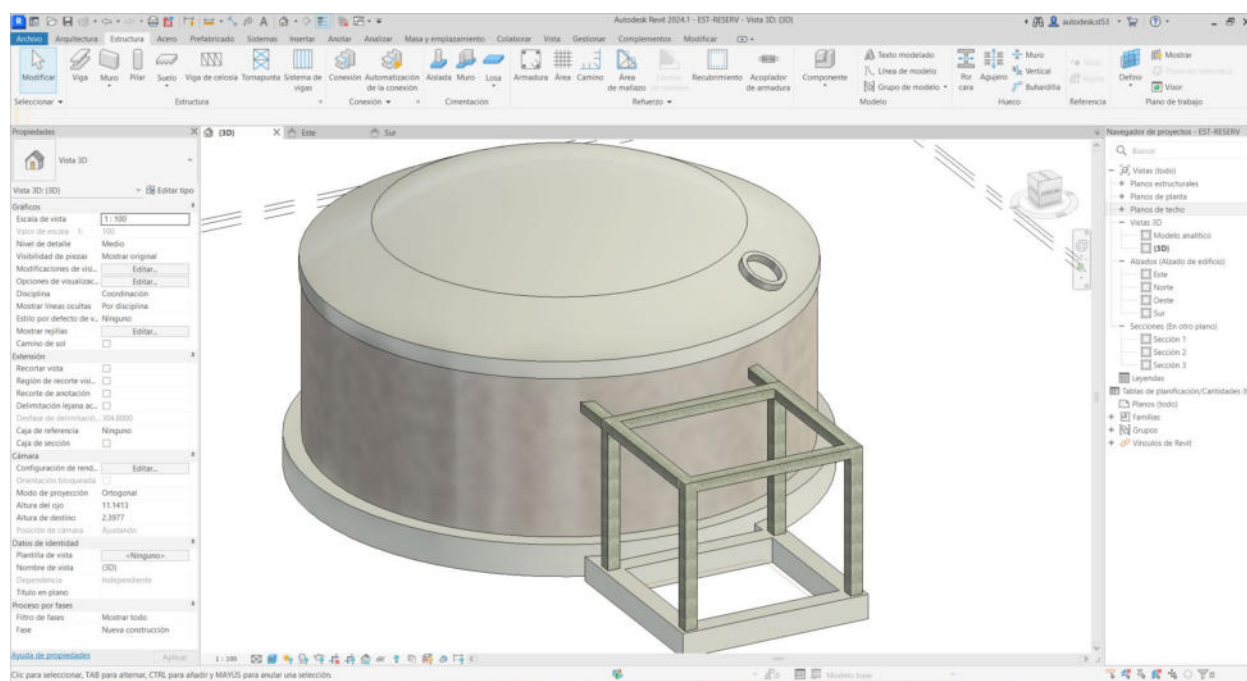
*Nota.* En la figura se visualiza el modelado de los cimientos corridos los cuales están compuestos por una relación de cemento y hormigón de 1:10 más un 30 por ciento de piedra grande, tal como indica los planos. De igual forma se logra apreciar el modelado de cuatro (4) columnas estructurales, las cuales cuentan con una dimensión de 25 por 25 centímetros y una altura de 3 metros. Elaborado por el autor.

### B. Modelado de vigas

Continuando con el modelamiento de los elementos estructurales que conforman la caseta de cloración como parte de la sectorización 2, en este apartado describiremos el modelamiento de las vigas. Estas son elementos estructurales horizontales que distribuyen los pesos hacia las columnas. Fueron modeladas con concreto resistente a la compresión de 210 kilogramos por centímetro cuadrado, con un diseño en forma de cuadrado de 25 centímetros de lado, como se aprecia en la Figura 22.

## Figura 22

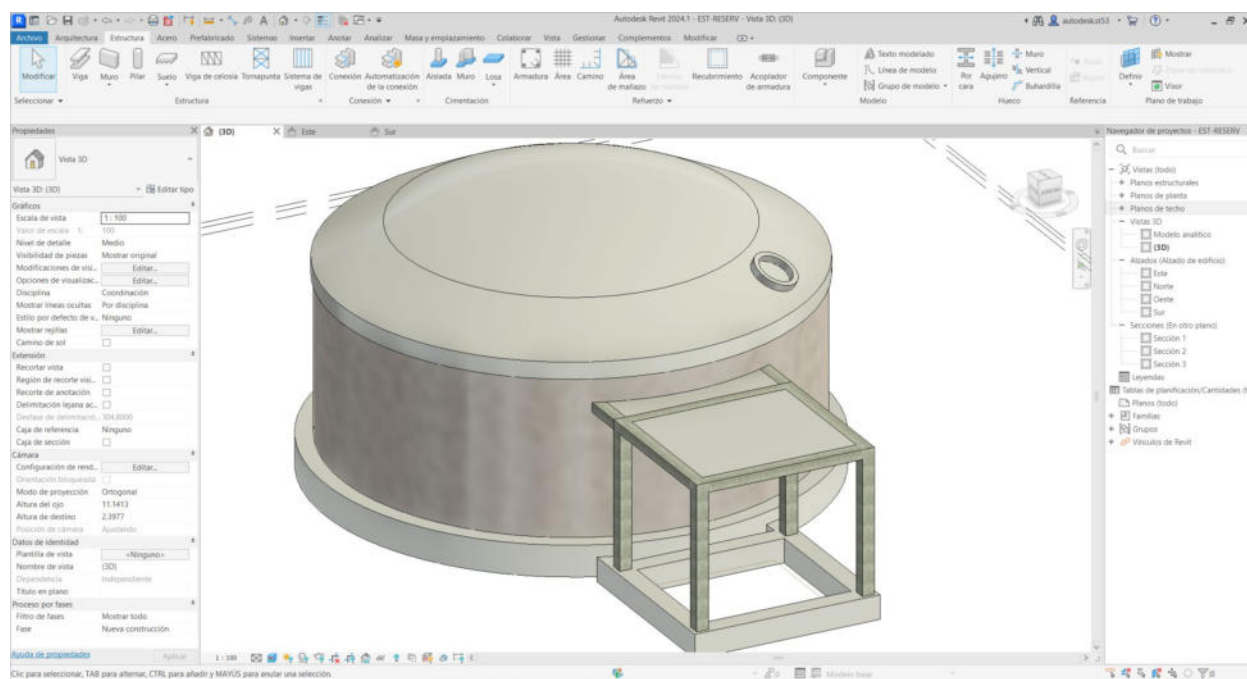
*Modelamiento del conjunto de vigas.*



*Nota.* elaborado por el autor.

### C. Modelado de las losas aligeradas

Como último elemento estructural en el Sector 2, se encuentran las losas aligeradas, para lo cual se utilizó una familia con las características necesarias para este trabajo. La losa tiene una forma rectangular con un espesor de 20 centímetros, ubicada en el nivel de la losa de techo (Figura 23).

**Figura 23***Modelamiento de la losa aligerada*

Nota. Elaborado por el autor.

**Modelado de la Especialidad de Arquitectura.** En esta sección se analiza el uso de herramientas arquitectónicas para el diseño y presentación de estructuras hidráulicas en el entorno digital. Este enfoque implica un análisis detallado de las capacidades del software Revit, demostrando su utilidad en la gestión y desarrollo de diseños arquitectónicos tridimensionales. El título intenta presentar la funcionalidad real de Revit, que mejora los servicios en el campo de la arquitectura. Asimismo, se busca ofrecer una visión global de cómo esta herramienta contribuye al diseño de conceptos arquitectónicos y los organiza, fomentando así nuevas y futuras aplicaciones en el campo de la arquitectura.

**Modelado 3D del Sector 1.** De acuerdo con la Figura 6, el sector 1 comprende como único elemento arquitectónico la vereda exterior al reservorio. Asimismo, de acuerdo con los

planos CAD, la vereda está plasmada en el plano arquitectónico bidimensional recolectado del expediente técnico (Figura 5).

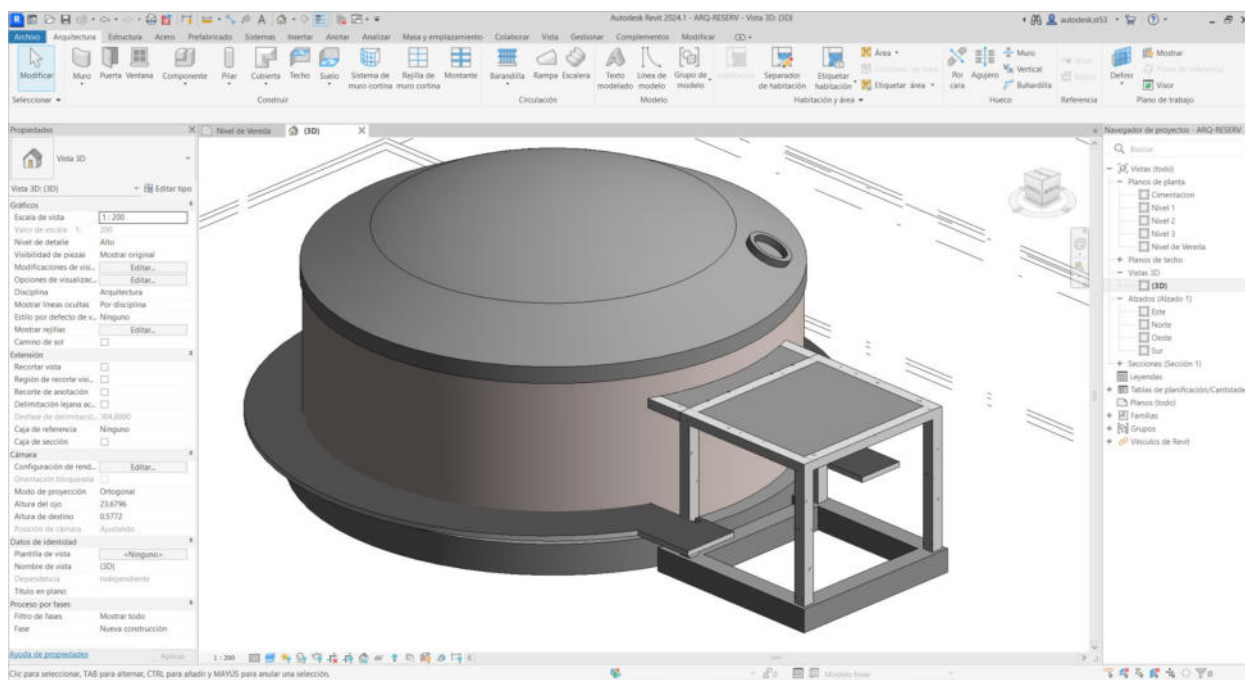
#### A. Modelado de la vereda exterior al reservorio.

En base a los planos CAD, se observó que en la sectorización 1 solo existe un elemento arquitectónico, siendo este la vereda exterior al reservorio. Se procedió a modelar la vereda.

En la Figura 24 se visualiza el modelamiento de la vereda con un ancho de 1 metro y un espesor de 10 centímetros, ubicada a una altura de 50 centímetros con respecto a la losa de fondo. Para este elemento se diseñó con concreto resistente a la compresión de 140 kilogramos por centímetro cuadrado.

### Figura 24

#### *Modelamiento de la losa aligerada*



*Nota.* Elaborado por el autor.

**Modelado 3D del sector 2.** Para el modelado de los elementos arquitectónicos que comprende el Sector 2, como piso de la caseta, sobrecimientos, los muros de ladrillo, puerta y

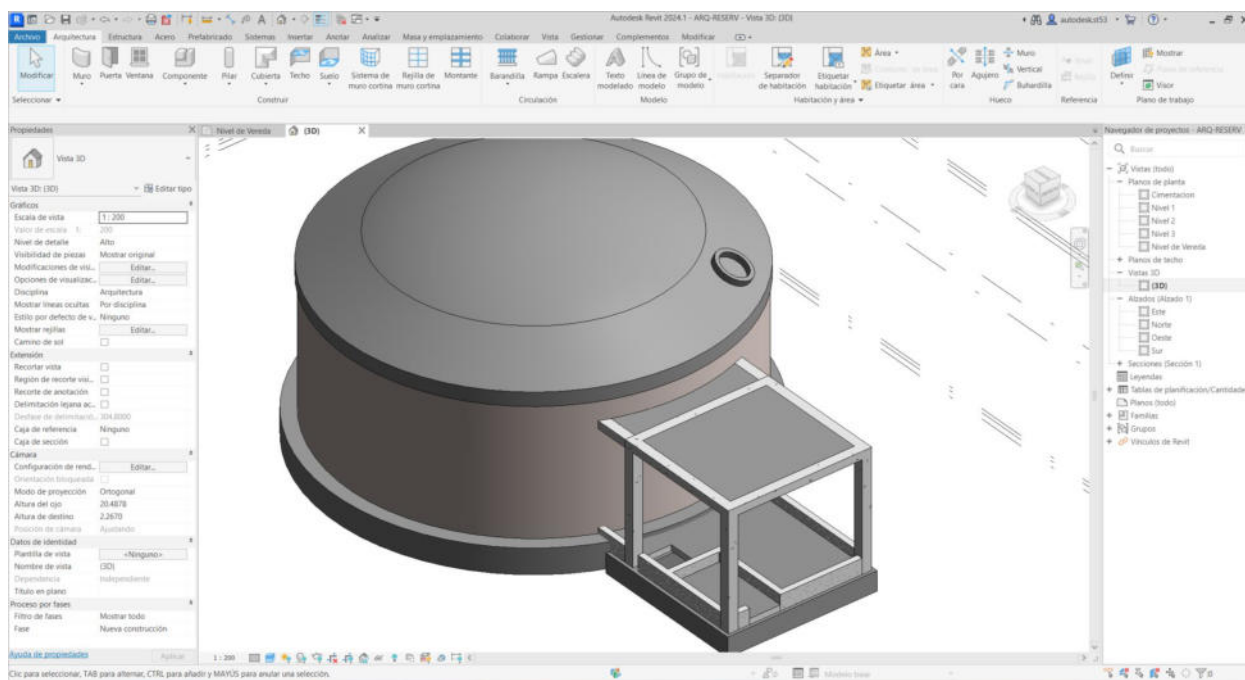
ventanas, vereda y graderías (Figura 2). Estos elementos comprenden la especialidad de arquitectura que está plasmada en los planos arquitectónicos bidimensionales recolectados del expediente técnico (Figura 5).

### A. Modelado de Piso y Sobrecimiento

Para el modelado del falso piso, se consideró un espesor de 4 pulgadas y una relación de cemento a arena de 1:10; posteriormente, se continuó con el modelamiento del piso con un concreto resistente a la compresión de 140 kilogramos por centímetro cuadrado y un espesor de 2 pulgadas. Luego, se modeló el sobrecimiento, el cual tiene una forma rectangular con una altura de 40 centímetros y un ancho de 15 centímetros (Figura 25).

**Figura 25**

*Modelamiento del piso y sobrecimiento.*



Fuente. Elaborado por el autor

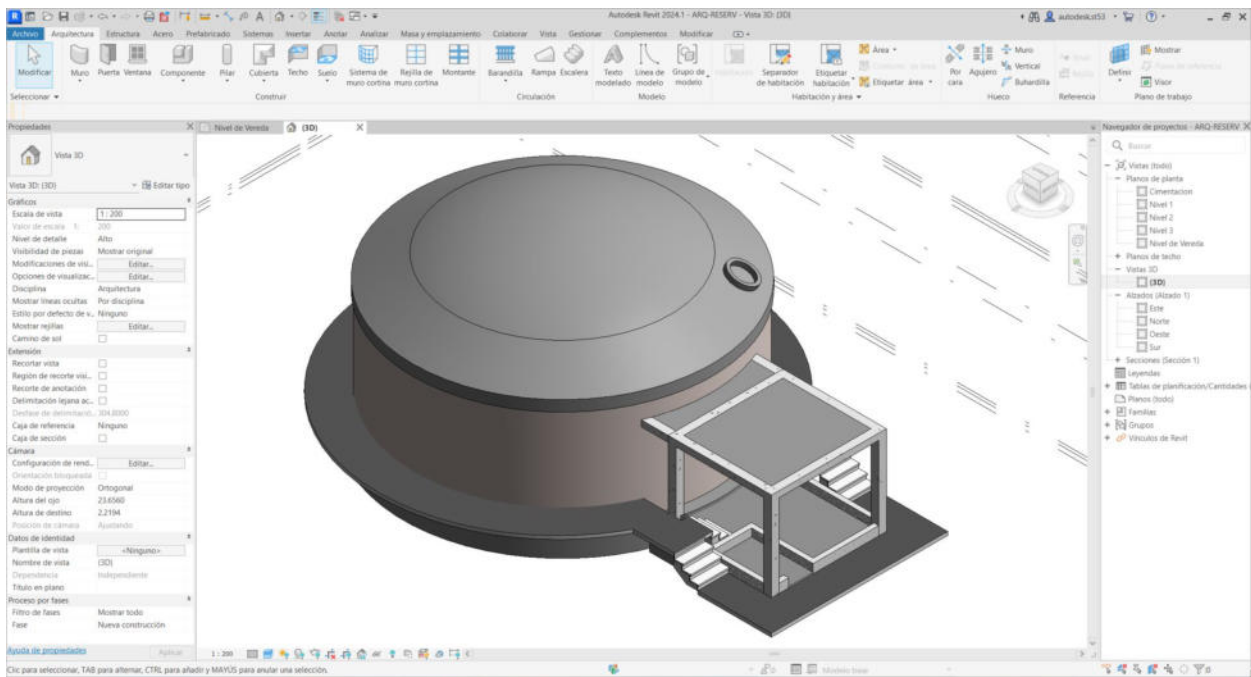
### B. Modelado de vereda y graderías



Continuando con el modelamiento arquitectónico, en este apartado se llevó a cabo el modelado de la vereda con un ancho de 1 metro y un espesor de 10 centímetros. Asimismo, se realizó el modelado de las graderías, tanto por la parte exterior como por la parte interior de la caseta de válvulas. Las graderías cumplen la función de subir de nivel, como se muestra en la Figura 26.

**Figura 26**

*Modelamiento de vereda y graderías.*



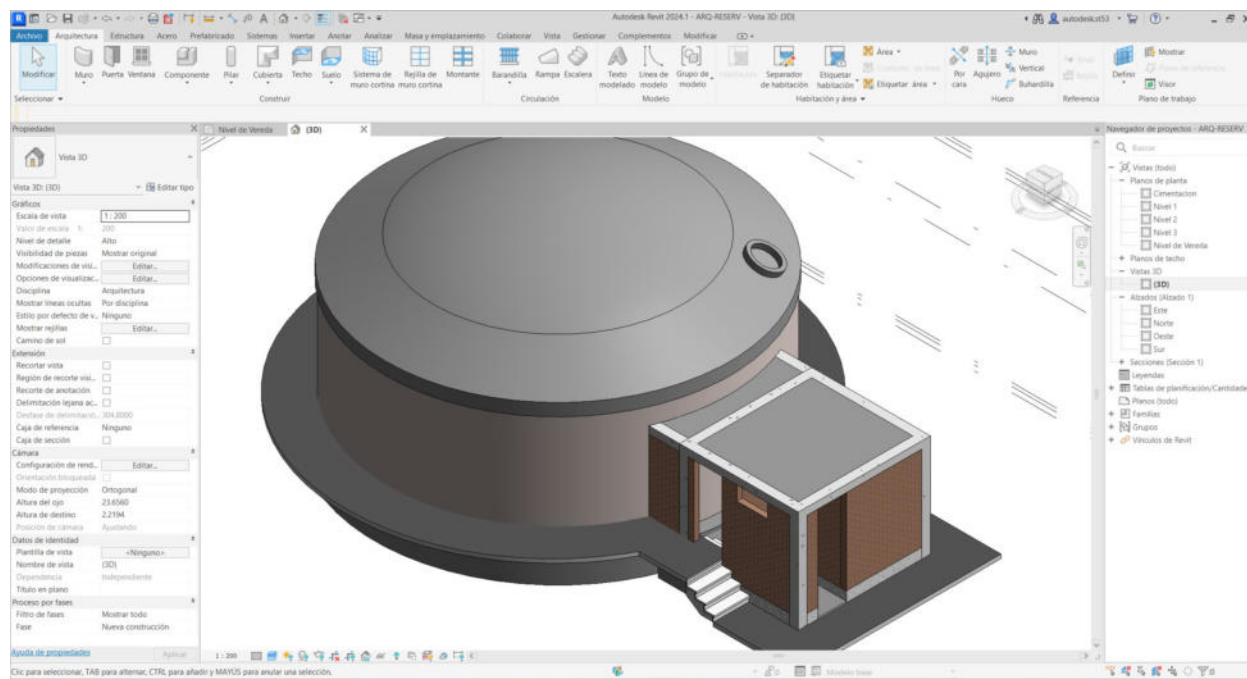
Fuente. elaborado por el autor.

### C. Modelado de los muros

Con los planos CAD insertados en el software Revit, tal como se mostró en la Figura 5, se inició con el modelamiento de los muros perimétricos y los muros divisorios, los cuales se modelaron con una familia de muro de ladrillo, como se puede observar en la Figura 27.

**Figura 27**

*Modelamiento de los muros arquitectónicos*



Nota. elaborado por el autor.

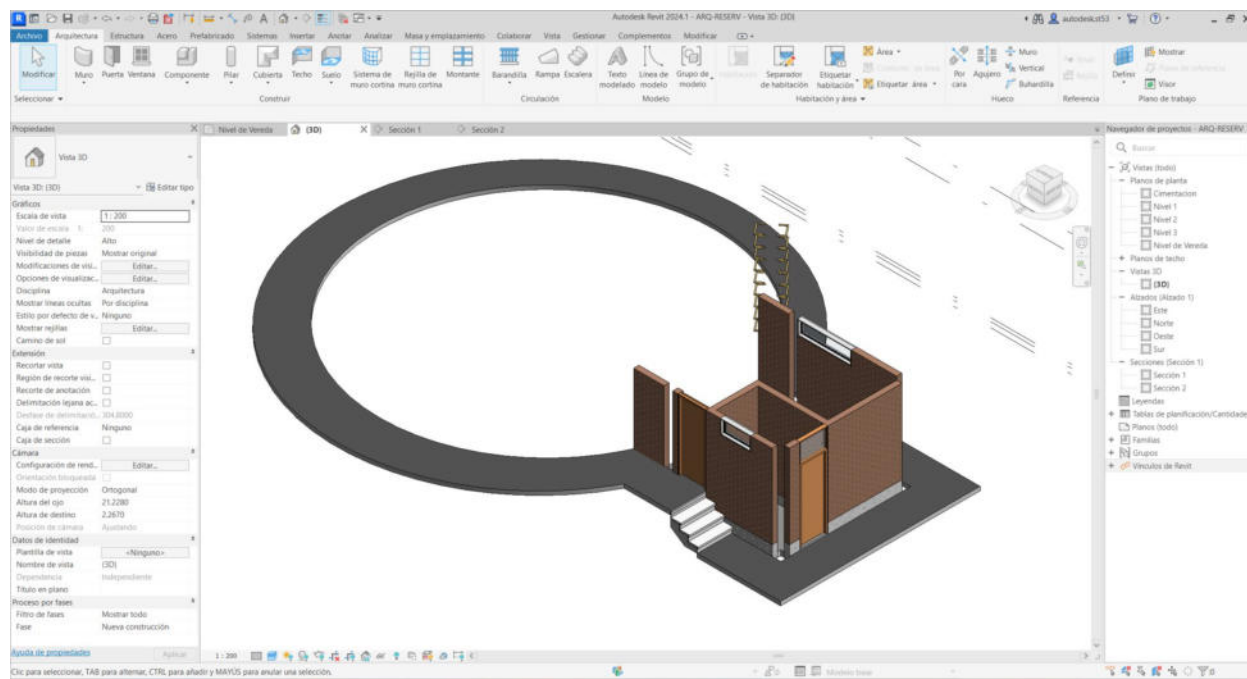
**D. Modelado de puertas y ventanas**

Para el modelado de las puertas y ventanas, se tomó como referencia los detalles constructivos encontrados en el plano de arquitectura. Para esta sección, se crearon las familias de puertas y ventanas cumpliendo con las dimensiones, materiales y ubicación según el expediente técnico.

En la Figura 28 se visualiza que, para el ingreso a la caseta de válvulas, cuenta con una puerta de 2 metros de alto y 80 centímetros de ancho, y para la iluminación del área, cuenta con una ventana de 1.55 metros de largo por 40 centímetros de ancho. Para la caseta de cloración, cuenta con una puerta de ingreso de 6.65 metros de alto por 80 centímetros de ancho; del mismo modo, cuenta con una ventana de 87 centímetros de largo por 40 centímetros de ancho, con la finalidad de que ambos ambientes tengan iluminación y acceso.

**Figura 28**

*Modelamiento de puertas y ventanas*



*Nota.* Elaborado por el autor.

**Modelado de la Especialidad de Instalaciones Hidráulicas.** Para este trabajo, se realizó el modelado de cada una de las válvulas y accesorios que contempla esta especialidad. Este apartado se centra en la aplicación eficaz y precisa del software Revit para la creación y representación de sistemas hidráulicos. Este enfoque implica la exploración detallada de las herramientas y funcionalidades específicas de Revit diseñadas para abordar los desafíos relacionados con las instalaciones hidráulicas. Desde el trazado inicial de la red de tuberías hasta la integración de detalles como válvulas y accesorios, el título busca destacar cómo Revit se convierte en una herramienta fundamental para el diseño integral de instalaciones hidráulicas.

El modelado de esta especialidad no solo se enfoca en la visualización tridimensional de los sistemas, sino también en la optimización del proceso de diseño y facilita la comunicación efectiva entre los profesionales involucrados en el proyecto. En última instancia, el título subraya

la relevancia y la eficiencia de emplear Revit como una plataforma integral para el modelado de instalaciones hidráulicas, brindando a los expertos en la materia las herramientas necesarias para llevar a cabo proyectos hidráulicos de manera avanzada y eficaz.

***Modelado 3D para el Sector 1 y Sector 2.***

Para el modelamiento de la especialidad de instalaciones hidráulicas, se llevó a cabo la creación de varias familias de accesorios y válvulas. Esto se debe a que la infraestructura hidráulica cuenta con 33 accesorios en total, como se observa en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Cuadro de accesorios del reservorio.*

<b>Descripción</b>	<b>DN (mm)</b>	<b>Cantidad</b>
Válvula de compuerta	90	01
Unión flexible tipo dresser	90	01
Tee	90	01
Codo de 90°	90	01
Brida para anclaje de sección cuadrada	90	01
Codo de 45°	90	01
Válvula de compuerta	110	02
Unión flexible tipo dresser	110	02
Tee	110	01
Tee	160	01
Codo de 45°	110	02
Canastilla	110	01
Brida para anclaje de sección cuadrada	110	01
Brida para anclaje de sección cuadrada	160	01
Transición F°F° AH. ductil	110	01
Transición F°F° AH. ductil	160	01
Codo de 90°	110	02
Brida para anclaje de sección cuadrada	75	01
Unión flexible tipo dresser	110	01

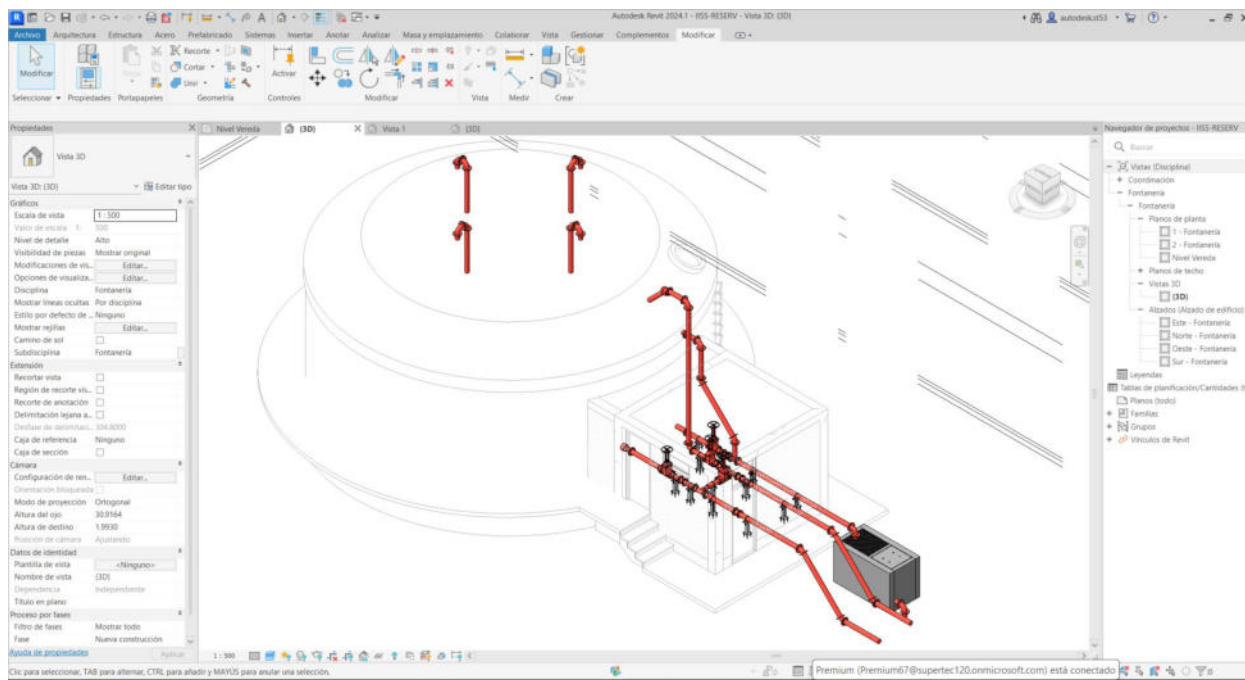
Unión flexible tipo dresser	160	02
Válvula de compuerta	160	01
Codo de 90°	160	01
Codo de 45°	160	02
Reducción de 1600 a110	-	01
Transición F°F° AH. ductil	110	01
Brida rompe agua	90	01
Brida rompe agua	110	01

*Nota.* Elaborado por el autor.

Después de haber creado las familias de los accesorios y válvulas, se procedió a la colocación de estas en el modelo, quedando de la siguiente forma, tal como se ve en la Figura 29.

**Figura 29**

*Modelamiento de los accesorios y válvulas.*



*Nota.* Elaborado por el autor.

### *Análisis de inconsistencias técnicas.*

En la fase de diseño de un proyecto, como en este caso de una infraestructura hidráulica, es común encontrar inconsistencias técnicas en los planos bidimensionales y en modelos tridimensionales. Estas discrepancias pueden surgir debido a diversos factores, como la complejidad del diseño, cambios de última hora, errores humanos o la falta de coordinación entre los diferentes equipos de diseño de las distintas especialidades. Las incompatibilidades pueden abarcar desde dimensiones incorrectas hasta detalles constructivos contradictorios.

Por tal motivo, la metodología BIM se ha convertido en una herramienta integral para la gestión de proyectos, específicamente en la etapa de diseño. Navisworks Manage, como parte del conjunto de herramientas BIM, desempeña un papel fundamental al permitir la coordinación, colaboración y detección de conflictos en un entorno virtual tridimensional.

Las inconsistencias técnicas en los diseños y la implementación de la metodología BIM mediante Navisworks Manage son sinérgicas. El software proporciona las herramientas necesarias para superar las limitaciones de los planos tradicionales, mejorando la coordinación y la calidad del proyecto a lo largo de todas las etapas, desde el diseño hasta la construcción.

**Identificación de inconsistencias técnicas.** Para analizar las inconsistencias técnicas, primero se propuso identificarlas. En ese sentido, para este estudio se llevó a cabo la identificación de inconsistencias técnicas en la etapa de diseño aplicando la metodología BIM mediante el software Navisworks Manage versión 2024.

Este software nos permitió identificar las inconsistencias técnicas gracias al modelamiento virtual que se realizó de la especialidad de estructuras, arquitectura e instalaciones hidráulicas en el apartado anterior.

Ybañez (2018) identificó 3 tipos de inconsistencias técnicas en la etapa de diseño durante el modelamiento de las especialidades. A estas inconsistencias las clasificó según naturaleza, las cuales son: Elementos que generan interferencia en su misma especialidad, Elementos que generan interferencia en otras especialidades distintas a la suya y Elementos que generan interferencias por error en el diseño de los planos bidimensionales.

**Tabla 3**

*Tipos de las inconsistencias técnicas.*

N°	Inconsistencia técnica	Siglas	Descripción
01	Inconsistencias por la geometría	IG	Se refiere a problemas derivados de la disposición y forma de los elementos en el modelo 3D. Pueden surgir por intersecciones o superposiciones de familias.
02	Inconsistencias por las dimensiones	ID	Se refiere a problemas relacionados con las dimensiones físicas de los elementos en el modelo.
03	Inconsistencias por alineación	IA	Se refiere cuando los elementos de la edificación no están correctamente alineados, ya sea en términos de posición horizontal o vertical.
04	Inconsistencias por conflictos en sistemas.	CS	Se refiere a la intersección o superposición de elementos pertenecientes a sistemas eléctricos, de fontanería u otros servicios.
05	Inconsistencias por errores topológicos	ET	Se refiere a problemas relacionados con la conectividad y la disposición de los elementos en el modelo 3D.
06	Inconsistencias por normativas	IN	Se refiere a discrepancias con las normativas, códigos de construcción o reglamentaciones locales y nacionales.
07	Inconsistencias por Hardware	IH	Se refiere a los problemas derivados de limitaciones o configuraciones inadecuadas en el hardware de la computadora utilizada para realizar el modelado en 3D

*Nota.* Adaptado de *Tabla de Tipo de Incompatibilidad*, por Ybañez, (2018).

Mediante la implementación de la metodología BIM en el diseño del reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>, se logró identificar las inconsistencias técnicas según su naturaleza en las distintas

especialidades que contempla esta infraestructura hidráulica. Todos estos tipos de inconsistencias técnicas se clasificaron tal como se visualiza en la tabla 3.

Para continuar construyendo un flujo de trabajo ordenado y lograr identificar las inconsistencias técnicas mediante el software BIM Navisworks, primero se tuvo que realizar la exportación de los modelos 3D realizados en el software Revit mediante el formato “.nwc” y nombrar a los archivos según la especialidad a la que pertenecen, tal como se logra observar en la Figura 30.

### Figura 30

*Archivos con extensión NWC.*



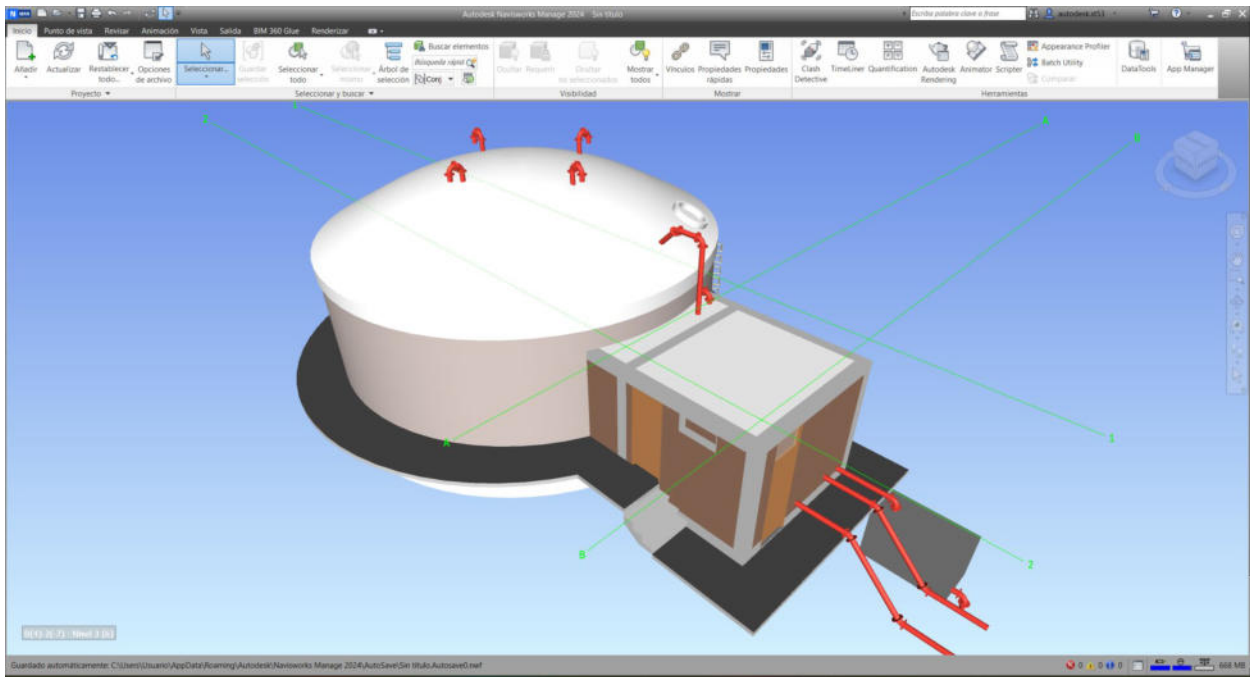
*Nota.* Las siglas NWC, significa Navisworks Caché. Elaborado por el autor.

Después de haber obtenido los archivos Navisworks Caché (nwc) de las tres especialidades, se procedió a la importación de estos al software Navisworks (ver Figura 31), obteniendo como resultado la integración de los modelos 3D de las diferentes disciplinas, la cual facilitará la detección de conflictos y mejorará la colaboración entre equipos durante todo el ciclo de vida del proyecto.



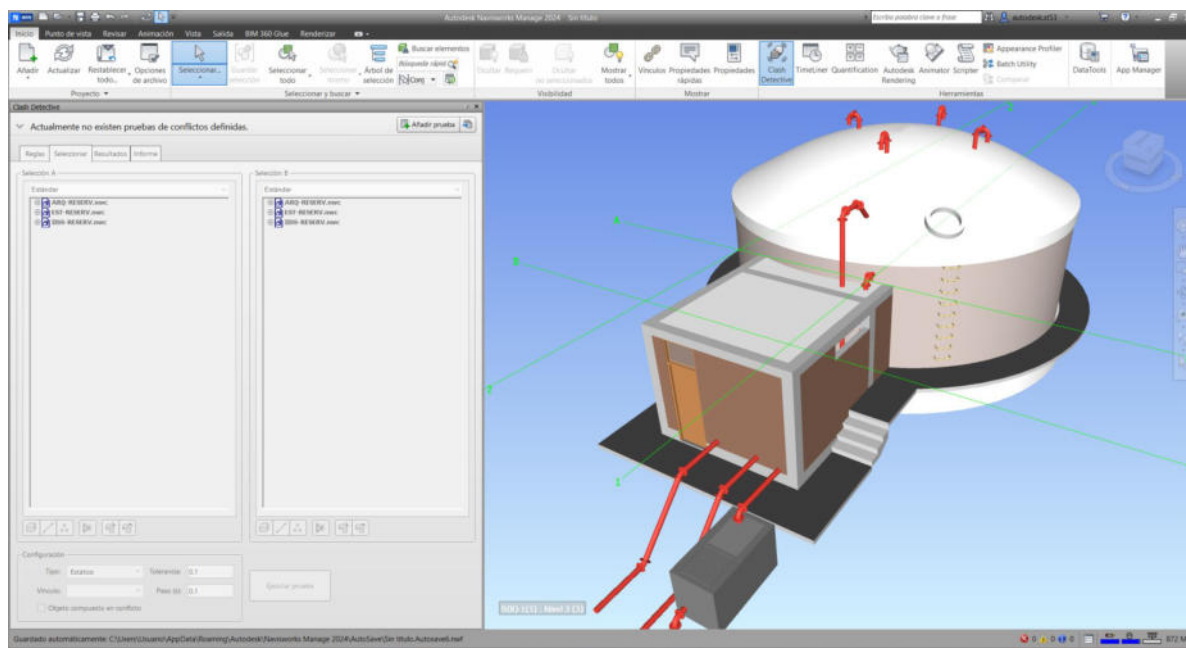
**Figura 31**

*Importación de las especialidades a la plataforma Navisworks.*



*Nota.* Elaborado por el autor.

Mediante el menú “Inicio” del software Navisworks Manage, nos dirigimos a la cinta de opciones “Herramientas” y elegimos el comando “Clash Detective” (ver Figura 32). Esta herramienta nos permitió identificar e inspeccionar las interferencias de los modelos 3D diseñados en Revit, mediante un proceso de configuración que consistía en la creación de la prueba de conflicto y en la definición de las reglas de la prueba.

**Figura 32***Selección del comando Clash Detective*

*Nota.* elaborado por el autor.

Para el presente trabajo, se crearon seis (6) pruebas de conflictos para identificar las interferencias en los modelos 3D (ver Tabla 4).

La Tabla 4 describe las seis pruebas de conflictos que se realizaron con los modelos 3D de las tres especialidades. Donde las tres primeras pruebas consistieron en identificar las interferencias que existían entre elementos que conforman cada especialidad. Por último, se realizaron tres pruebas más con la finalidad de identificar las interferencias que existían entre elementos de distintas especialidades.

En la Figura 33, se visualiza la creación de las seis pruebas de conflicto en el software BIM Navisworks. Cabe mencionar que cada prueba contempló sus reglas para la identificación de los conflictos.

**Tabla 4***Listado de las Pruebas de conflicto.*

N°	Prueba de conflicto	Sigla	Descripción
01	Especialidad de Arquitectura	A	Interferencias existentes en el modelo 3D de la Esp. de Arquitectura.
02	Especialidad de estructuras	E	Interferencias existentes en el modelo 3D de la Esp. de estructuras.
03	Especialidad de instalaciones hidráulicas	IH	Interferencias existentes en el modelo 3D de la Esp. de instalaciones hidráulicas.
04	Esp. de Arquitectura VS Esp. de estructuras	A vs E	Interferencias existentes entre los modelos 3D de las Esp. de Arquitectura y Estructuras.
05	Esp. de Arquitectura VS Esp. de instalaciones hidráulicas	A vs IH	Interferencias existentes entre los modelos 3D de las Esp. de Arquitectura e instalaciones hidráulicas.
06	Esp. de Estructuras VS Esp. de instalaciones hidráulicas	E vs IH	Interferencias existentes entre los modelos 3D de las Esp. de Estructuras e instalaciones hidráulicas.

*Nota.* Elaborado por el autor**Figura 33***Creación de las pruebas de conflicto en la ventana de Clash Detective*

The screenshot shows the Clash Detective application window. At the top, it displays '01. A' and 'Última ejecución: <Ninguno>'. Below this, it shows 'Conflictos: Total: 0 (abiertos: 0 cerrados: 0)'. The main area contains a table with columns for 'Nombre', 'Estado', 'Confli...', and five status categories: 'Nuevo', 'Activo', 'Revisado', 'Aprobado', and 'Resuelto'. The table lists six tests (02. E, 03. IH, 04. A vs E, 05. A vs IH, 06. E vs IH), all with 'Nuevo' status and zero counts in all other categories. At the bottom, there are buttons for 'Añadir prueba', 'Restablecer todo', 'Compactar todo', 'Suprimir todo', and 'Actualizar todo'.

Nombre	Estado	Confli...	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto
02. E	Nuevo	0	0	0	0	0	0
03. IH	Nuevo	0	0	0	0	0	0
04. A vs E	Nuevo	0	0	0	0	0	0
05. A vs IH	Nuevo	0	0	0	0	0	0
06. E vs IH	Nuevo	0	0	0	0	0	0

*Nota.* Elaborado por el autor.

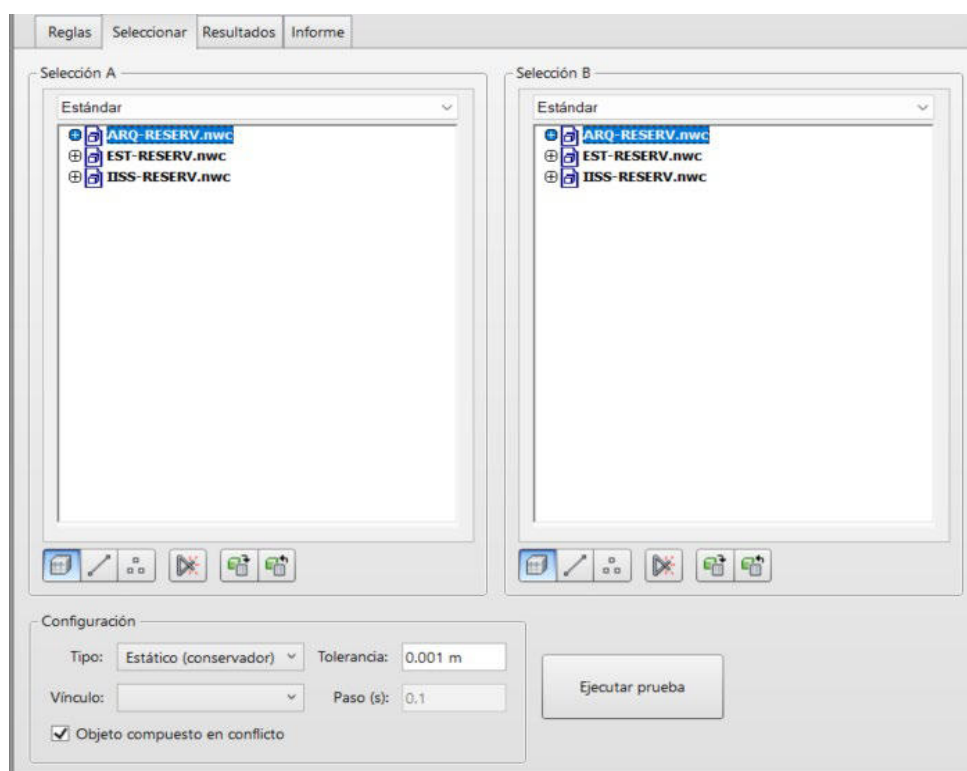
La siguiente sección presenta los resultados obtenidos de cada prueba de conflicto creada, estas se clasificaron de acuerdo con la especialidad y según las interacciones realizadas.

***Inconsistencias técnicas en la especialidad de arquitectura.*** Para que el software Navisworks identificara las interferencias entre elementos pertenecientes a esta especialidad, se llevó a cabo la siguiente configuración: En la ficha “Seleccionar” se visualizaron dos grupos. En el grupo “selección A”, se eligió el modelado 3D de arquitectura; la misma elección se realizó para el grupo “selección B”. Para ambos grupos, en el apartado de botones de geometría, se seleccionó la opción “conflicto con superficie”. Así mismo, en la sección de parámetros, se solicitó al software que realizara una búsqueda de interferencias de tipo “estático (conservador)” y con una tolerancia de 0.001 metros, como se muestra en la

Figura 34.

### Figura 34

Configuración para la identificación de conflictos, arquitectura.

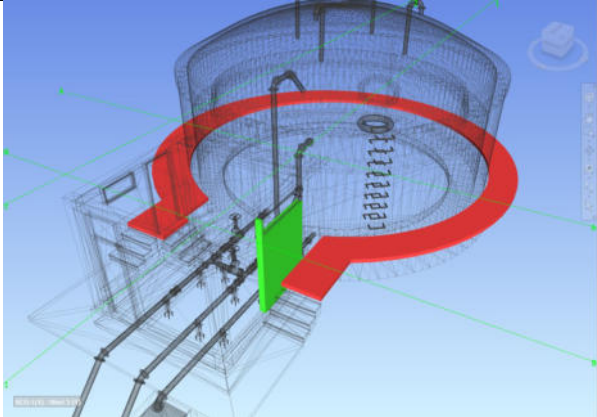
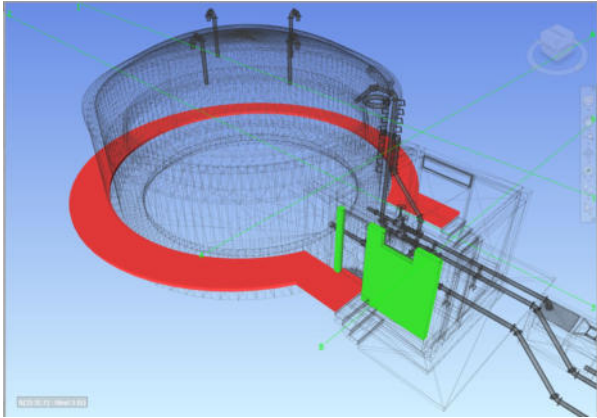


Nota. Elaborado por el autor.

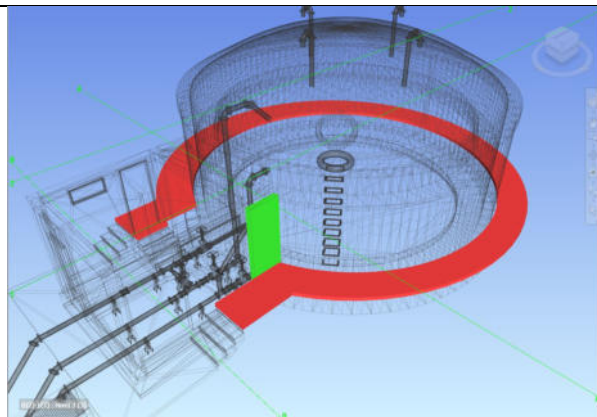
A continuación, se muestra las interferencias identificadas en la especialidad de arquitectura y su clasificación.

**Tabla 5**

*Identificación y clasificación de inconsistencias en arquitectura.*

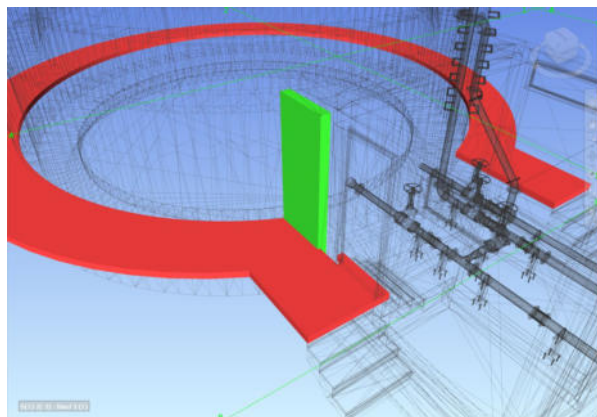
N°	Tipo de inconsistencia	Navisworks Manage	Descripción
01	IG		<p>La vereda del reservorio del lado Norte se superponen con el muro de tabiquería de la caseta de válvulas.</p>
02	ID		<p>La vereda del reservorio (lado Sur) no tiene la dimensión correcta en la abertura para el muro de tabiquería de la caseta de válvulas.</p>

03 IG



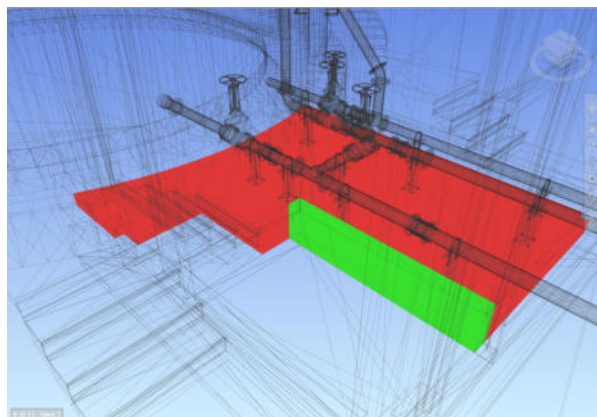
La vereda del reservorio del lado Norte se superponen con el muro de tabiquería de la caseta de válvulas.

04 IG



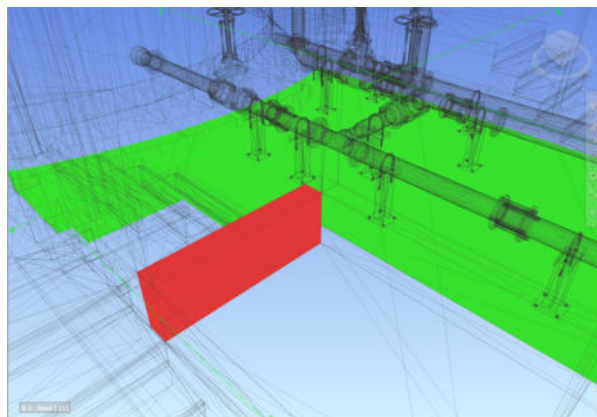
La vereda del reservorio (lado Sur) se superpone al muro de tabiquería de la caseta de válvulas.

05 IG



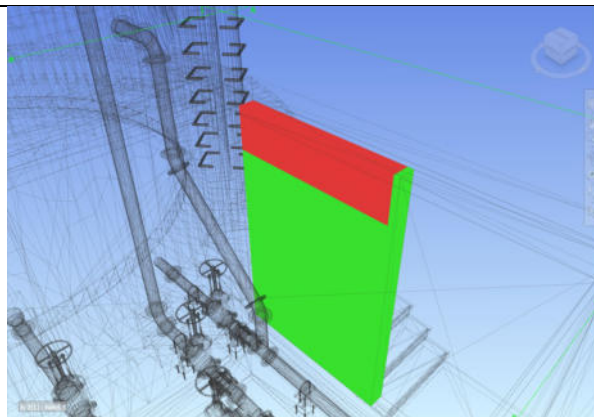
El piso de la caseta de válvulas se superpone al sobrecimiento del cuarto de cloración.

06 IG



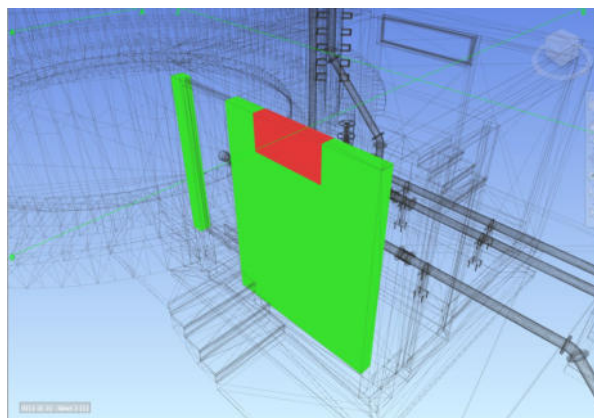
El piso de la caseta de válvulas se superpone al sobrecimiento del cuarto de cloración.

07 IA



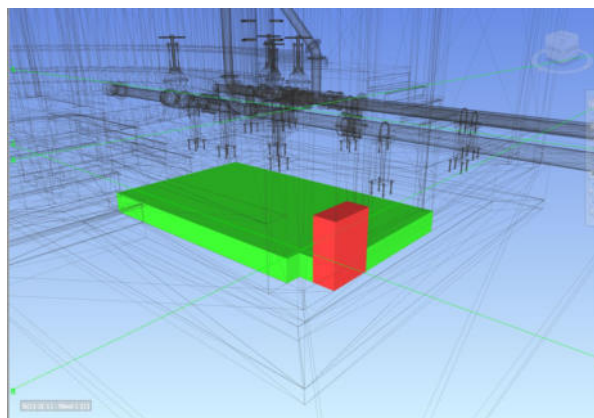
La venta de la caseta de válvulas ubicado por el lado Norte, se encuentra mal alineada al muro de tabiquería, por lo que provoca una intersección.

08 IA



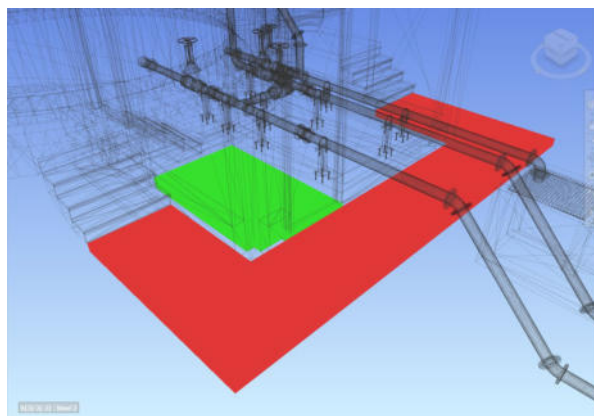
La venta de la caseta de válvulas ubicado por el lado Sur se encuentra mal alineada al muro de tabiquería, por lo que provoca una intersección.

09 IA



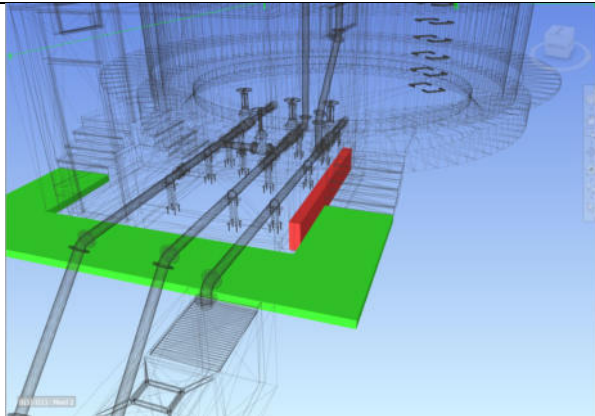
El sobrecimiento del cuarto de cloración se encuentra mal alineado por lo que provoca una intersección al piso de la misma área.

10 IG



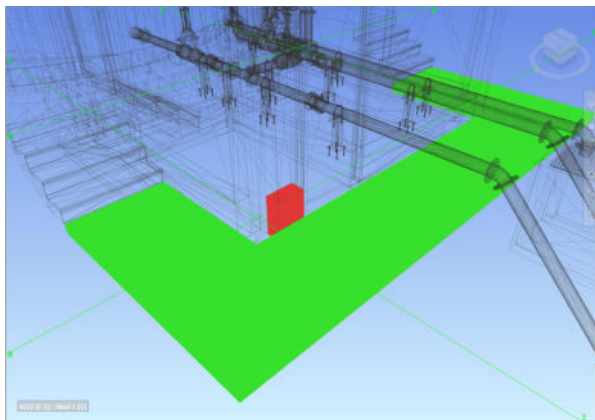
El piso del cuarto de cloración se superpone a la vereda de la caseta de válvulas por el lado Este.

11 IA



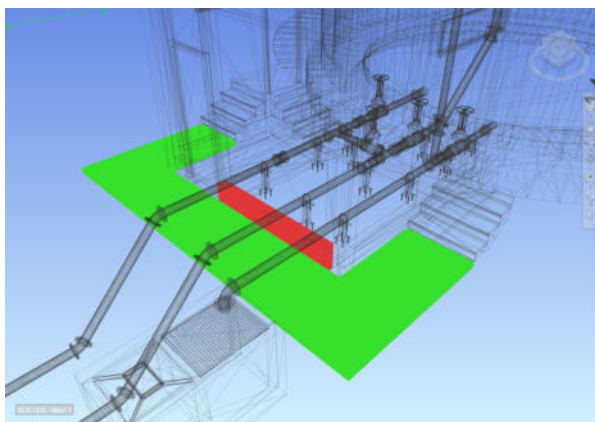
El sobrecimiento de la caseta de cloración se encuentra desalineado por lo que genera una intersección con la vereda por el lado Norte.

12 IA



El sobrecimiento del cuarto de cloración se encuentra desalineada por lo que genera una intersección con la vereda por el lado Sureste.

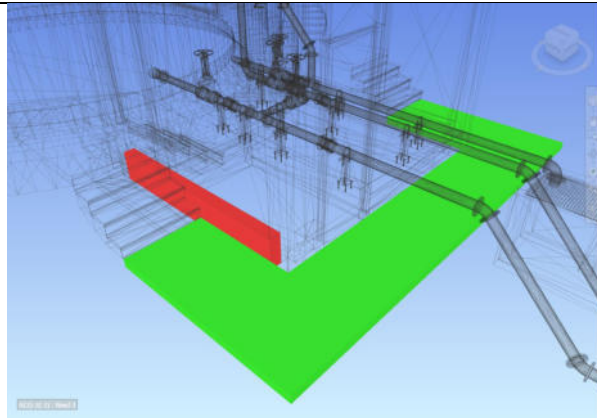
13 IA



El sobrecimiento del cuarto de válvulas se encuentra desalineada por lo que genera una intersección con la vereda por el lado Este.

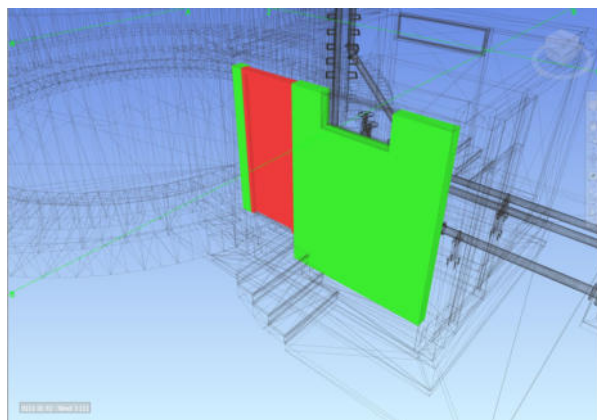


14 IA



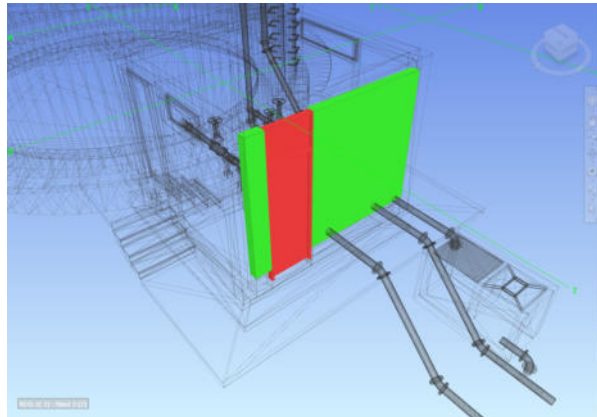
El sobrecimiento del cuarto de cloración se encuentra desalineada por lo que genera una intersección con la vereda por el lado Sur.

15 IA



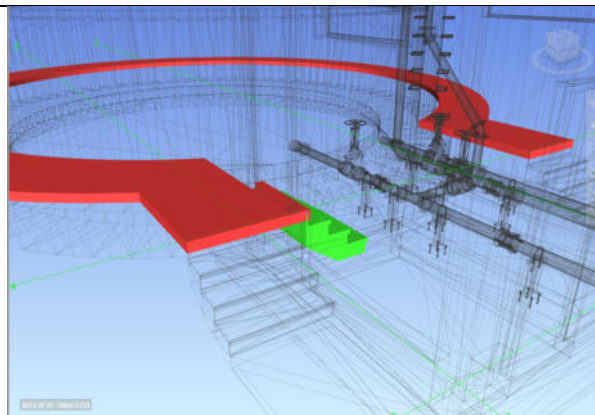
La puerta de ingreso a la caseta de válvulas esta desalineada con respecto al muro de tabiquería.

16 IA



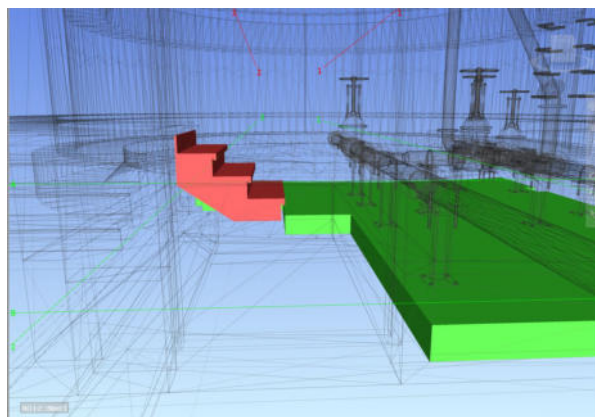
La puerta de ingreso al cuarto de cloración esta desalineada con respecto al muro de tabiquería.

17 IG



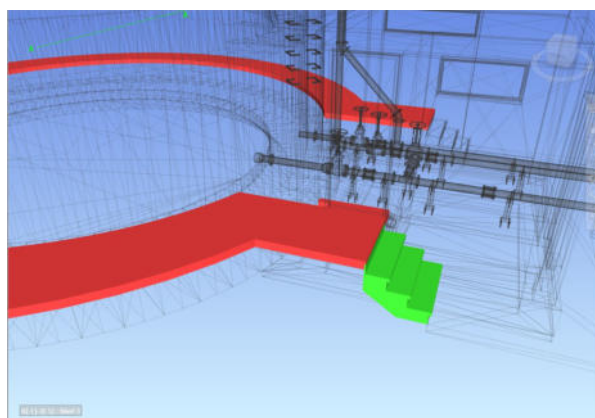
El contrapaso de la gradería ubicada en la caseta de válvulas se superpone a la vereda del reservorio por lado Sur.

18 IA



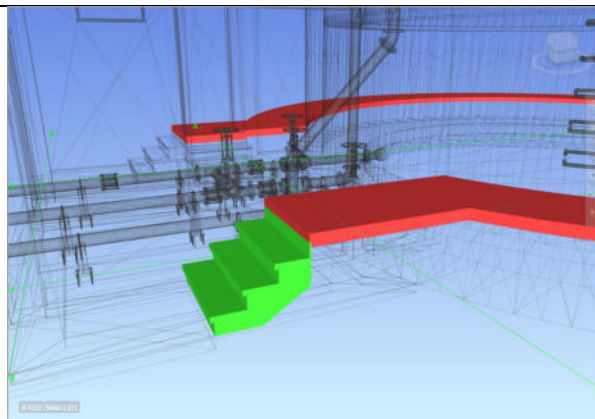
La gradería ubicada en la caseta de válvulas no se encuentra alineada al piso de la misma área.

19 IG



La gradería exterior ubicada al lado Sur de la caseta de válvulas esta superpuesta a la vereda del reservorio.

20 IG



La gradería exterior del lado Norte del reservorio, se superpone a la vereda.

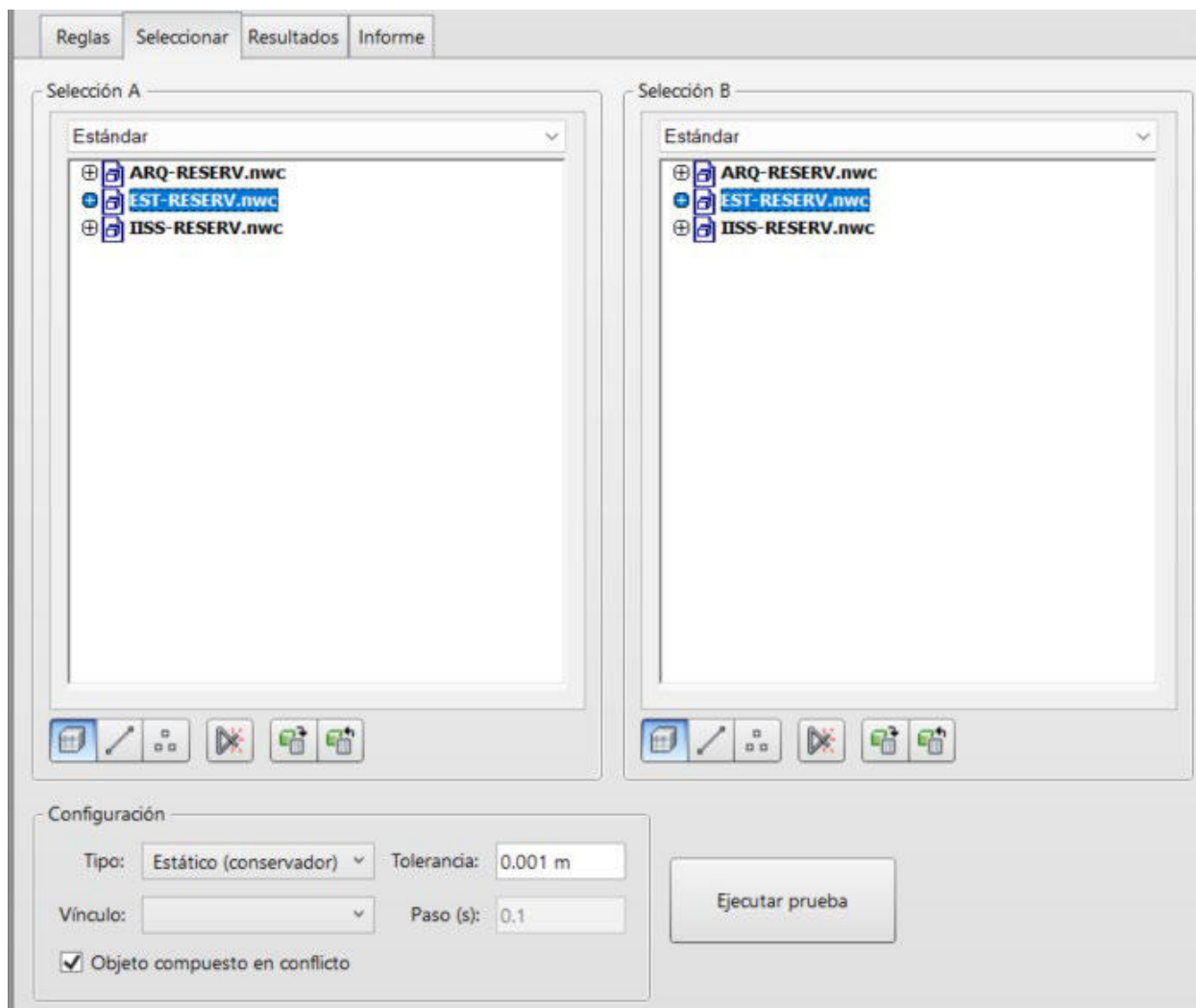
*Nota.* La tabla muestra la clasificación de las inconsistencias técnicas identificadas mediante el software Navisworks Manage en su versión 2024 en la especialidad de arquitectura. Elaborado por el autor.

De acuerdo con la Tabla 5, en la especialidad de arquitectura se han identificado veinte (20) inconsistencias técnicas, las cuales se clasificaron según la tipología de la interferencia, como se describe en la Tabla 3. De estas, nueve (9) son de tipo por geometría (IG), una (1) pertenece al tipo por dimensión (ID) y diez (10) pertenecen al tipo por alineación (IA). Estas observaciones se han remitido al especialista en arquitectura para su corrección.

***Inconsistencias técnicas en la especialidad de estructuras.*** Para que Navisworks identificara las interferencias entre elementos pertenecientes a la especialidad de estructuras, se realizó una configuración similar a la de la especialidad de arquitectura. En la ficha “Seleccionar”, se eligió el modelo 3D de estructuras tanto en el grupo “selección A” como en el grupo “selección B”. Para ambos grupos, en el apartado de botones de geometría, se seleccionó la opción “conflicto con superficie”. Finalmente, en la sección de parámetros, se solicitó al software que realizara una búsqueda de interferencias de tipo “estático (conservador)” con una tolerancia de 0.001 metros, como se aprecia en la Figura 35.

**Figura 35**

*Configuración para la identificación de conflictos, Estructuras.*

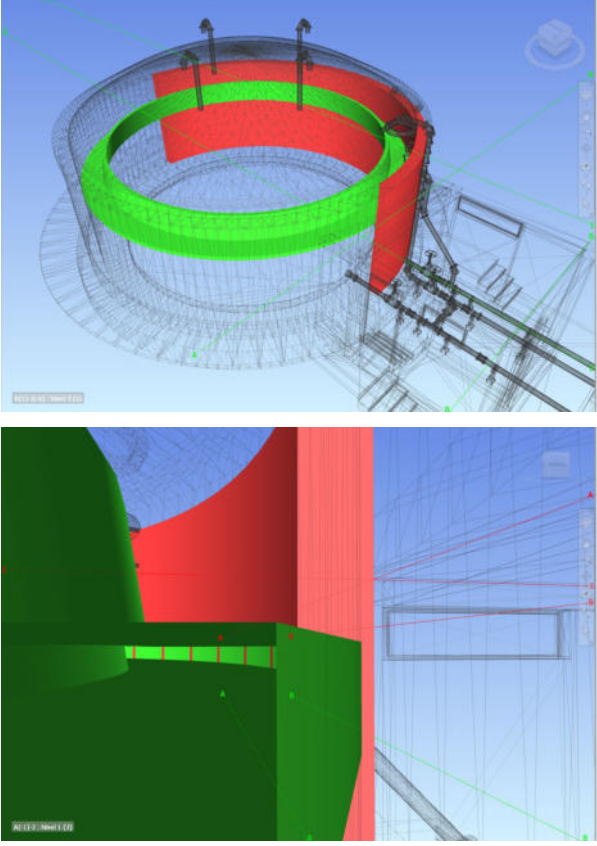
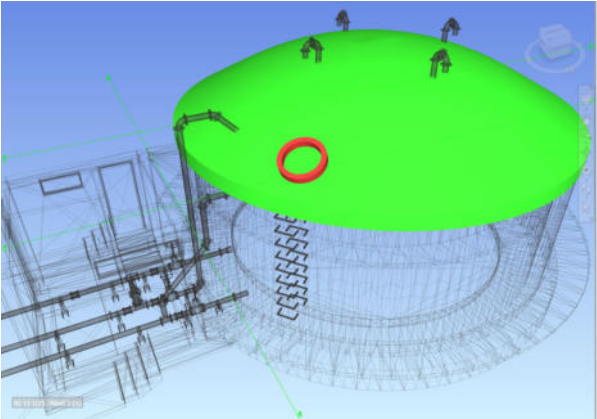


*Nota.* Elaborado por el autor.

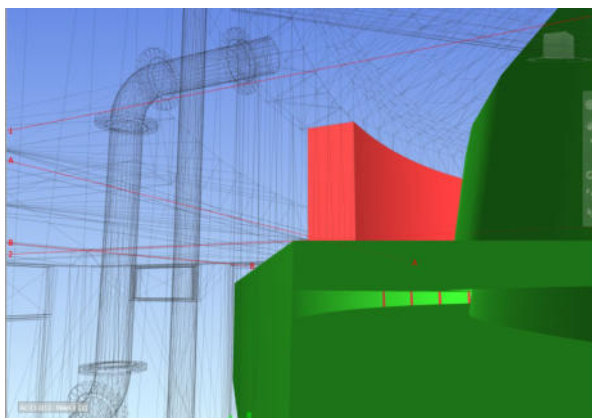
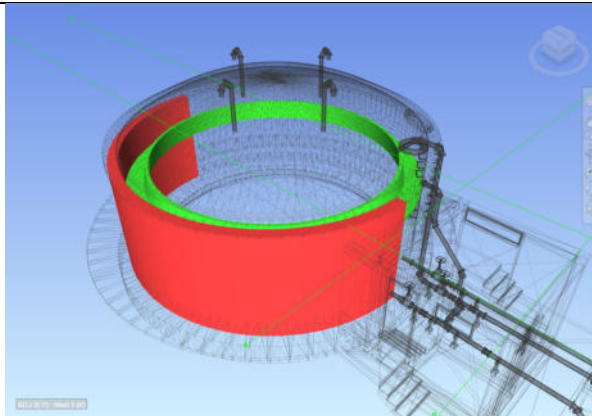
A continuación, se muestra las inconsistencias técnicas que estuvieron presentes en la especialidad de Estructuras. Así mismo, cabe mencionar que el software Navisworks ayudo en la identificación, inspección y el registro de las interferencias encontradas en la especialidad de estructuras.

**Tabla 6**

*Identificación y clasificación de inconsistencias en estructuras.*

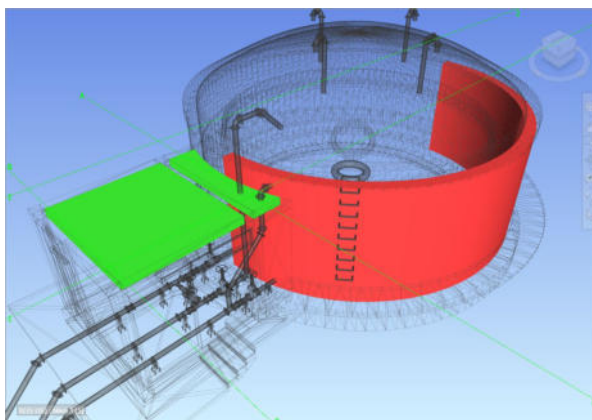
N°	Tipo de inconsistencia	Navisworks Manage	Descripción
01	IH		<p>Limitación por parte de la tarjeta gráfica del ordenador, debido a que el software de Navisworks identifica una serie de intersección entre el vertedero de rebose y la pared circular del lado Norte del reservorio. Cuando en realidad no debería existir porque ambos elementos fueron modelados con superficies circulares.</p>
02	IG		<p>Existe superposición entre la cúpula del reservorio y el anillo de ingreso al reservorio.</p>

03 IH

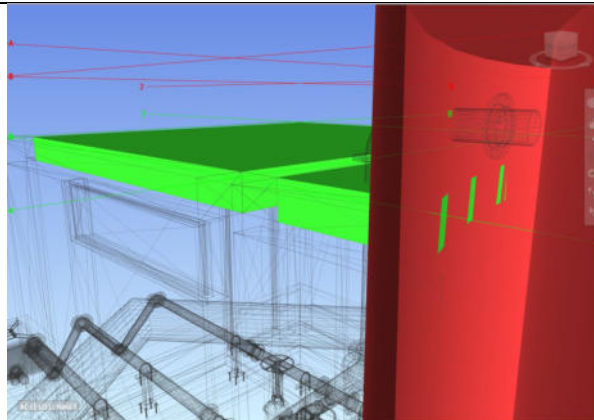


Limitación por parte de la tarjeta gráfica del ordenador, debido a que el software de Navisworks identifica una serie de intersección entre el vertedero de rebose y la pared circular del lado Sur del reservorio. Cuando en realidad no debería existir porque ambos elementos fueron modelados con superficies circulares.

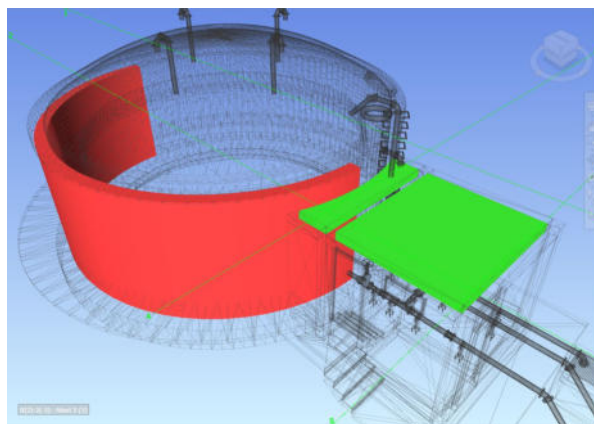
04 IH



Limitación por parte de la tarjeta gráfica del ordenador, debido a que el software de Navisworks identifica una serie de intersección entre la sola de techo y la pared circular del lado Norte del

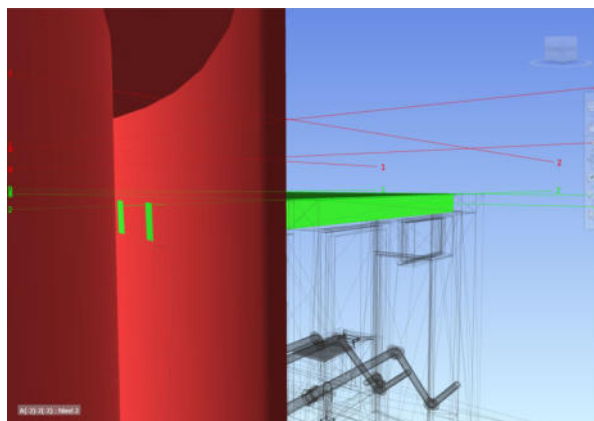


reservorio. Cuando en realidad no debería existir porque ambos elementos fueron modelados con superficies circulares.



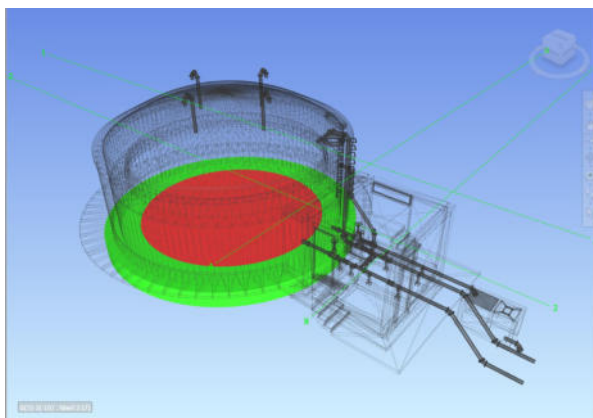
Limitación por parte de la tarjeta gráfica del ordenador, debido a que el software de Navisworks identifica una serie de intersección entre la sola de techo y la pared circular del lado Sur del reservorio.

05 IH



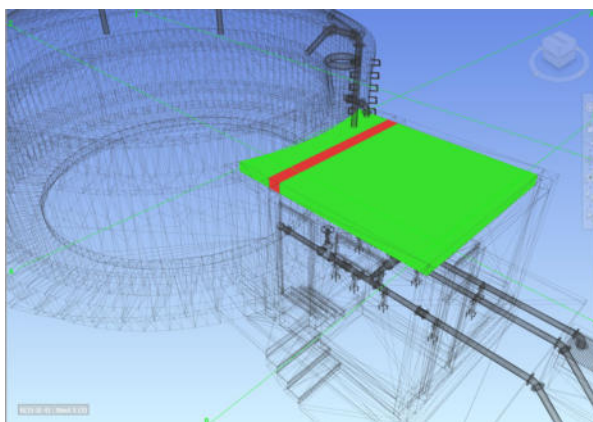
Cuando en realidad no debería existir porque ambos elementos fueron modelados con superficies circulares.

06 IH



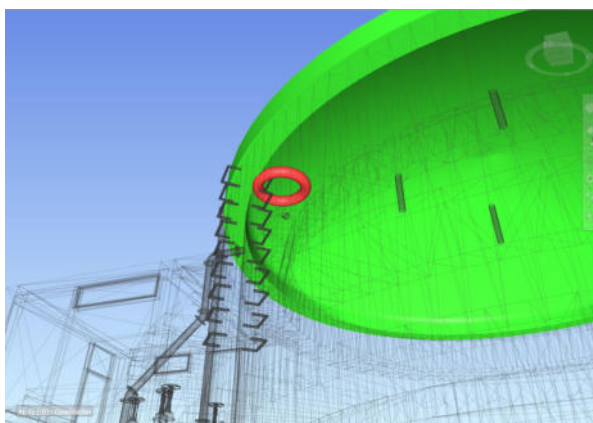
Limitación por parte de la tarjeta gráfica del ordenador, debido a que el software identifica una serie de intersección entre la losa de fondo y la cimentación circular. Cuando en realidad no ambos elementos fueron modelados con formas circulares.

07 IA



La viga de la caseta de válvulas se encuentra desalineada por tal motivo genera inserción con la losa de techo.

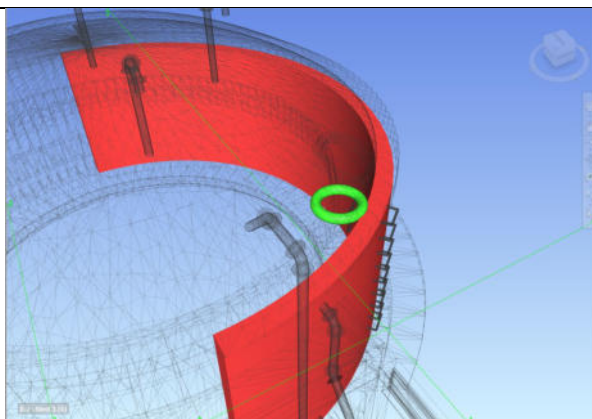
08 IG



Objeto en forma de argolla incrustada por la parte interior de la viga circular del reservorio.

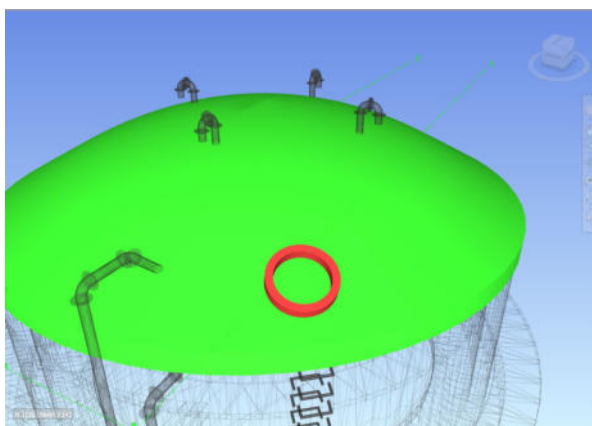


09 IG



Objeto en forma de argolla incrustada en la parte interior de la pared circular del reservorio.

10 IN



La norma establece que debe haber una abertura que sirva como acceso al interior del reservorio con el propósito de llevar a cabo la limpieza periódica; sin embargo, en la cúpula no se ha previsto ninguna abertura para este fin.

*Nota.* La tabla muestra clasificación de la inconsistencia técnica identificada a través del software Navisworks Manage versión 2024 en la especialidad de estructuras. Elaborado por el autor.

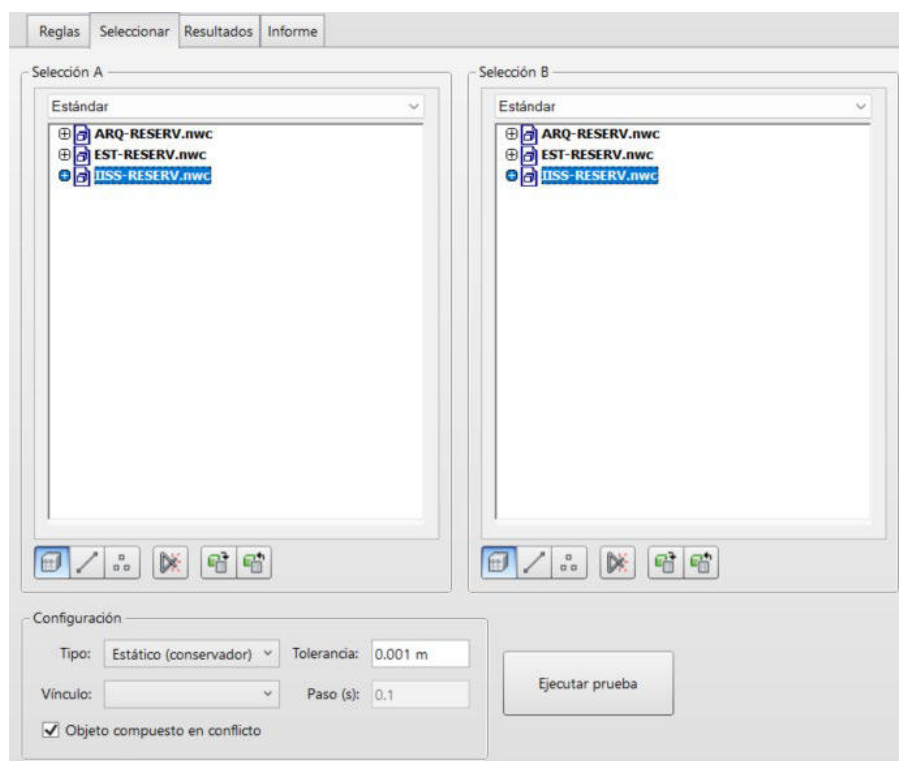
De acuerdo con la Tabla 6, en la especialidad de estructura se han identificado diez (10) inconsistencias técnicas, las cuales se clasificaron según la tipología de la interferencia, como se describe en la Tabla 3. De estas, cinco (5) son de tipo por hardware (IH), tres (3) pertenecen al tipo por geometría, uno (1) al tipo por alineación y, por último, una (1) interferencia pertenece al tipo por normatividad (IN). Estas observaciones se han remitido al ingeniero estructural para la corrección.

***Inconsistencias técnicas en la especialidad de instalaciones hidráulicas.*** Se logró identificar las interferencias entre elementos pertenecientes a la especialidad de instalaciones

hidráulicas debido a la configuración realizada en el software Navisworks, la cual fue similar a la realizada para la especialidad de estructuras. En la ficha “Seleccionar”, se eligió el modelo 3D de instalaciones hidráulicas tanto en el grupo “selección A” como en el grupo “selección B”. Para ambos grupos, en el apartado de botones de geometría, se seleccionó la opción “conflicto con superficie”. Por último, en la sección de parámetros, se solicitó al software que realizara una búsqueda de interferencias de tipo “estático (conservador)” con una tolerancia de 0.001 metros, como aprecia en la Figura 36.

### Figura 36

*Configuración para la identificación de conflictos, Instalaciones Hidráulicas.*



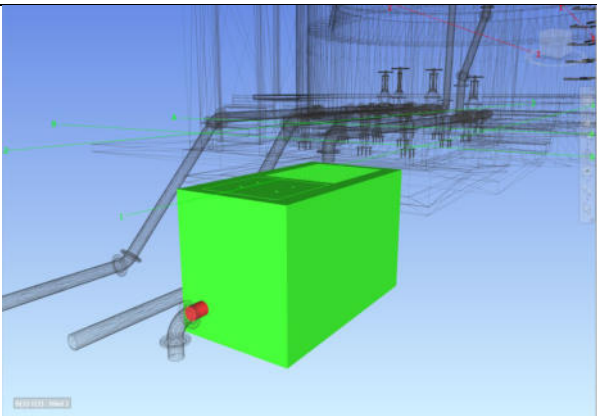
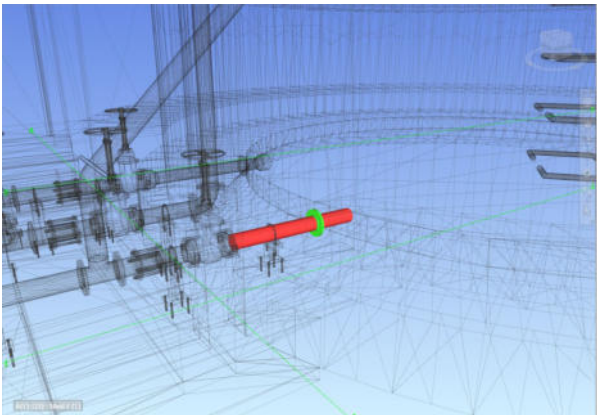
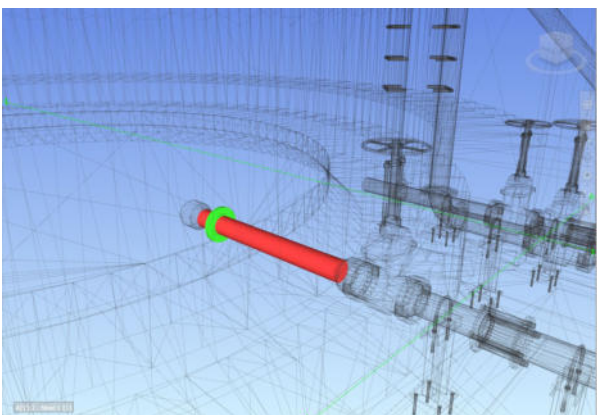
*Nota.* Elaborado por el autor

A continuación, se muestra las inconsistencias técnicas que estuvieron presentes en la especialidad de Instalaciones Hidráulicas. Cabe mencionar que el software Navisworks facilitó

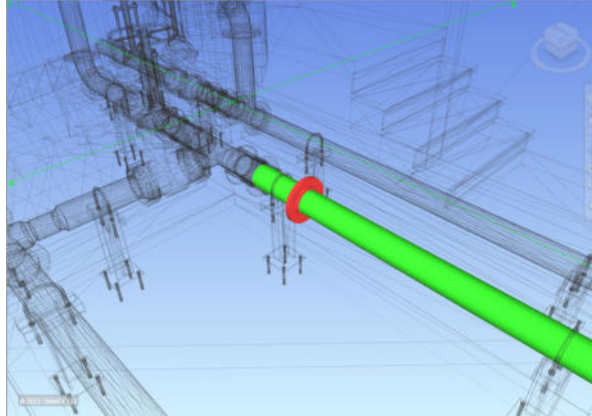
en la identificación, inspección y el registro de las interferencias encontradas en la especialidad de II. HH. Para posteriormente clasificarlas según su naturaleza.

**Tabla 7**

*Identificación de inconsistencias técnicas en instalaciones hidráulicas.*

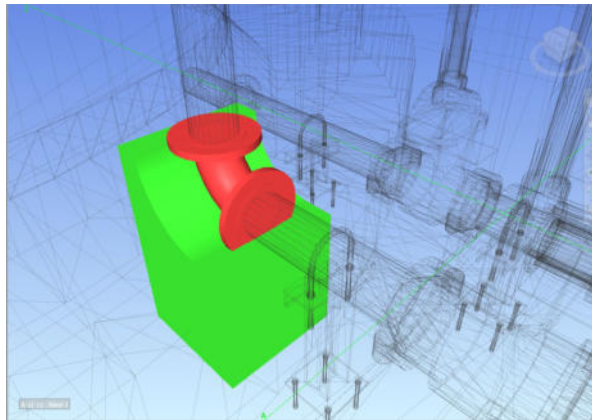
N°	Tipo de inconsistencia	Navisworks Manage	Descripción
01	IG		<p>La tubería de rebose de diámetro de 160 mm se superpone a la caja de rebose, debido a que la caja no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.</p>
02	CS		<p>La tubería de diámetro de 90 mm perteneciente a la línea de limpia y rebose se interseca con la brida rompe agua debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.</p>
03	CS		<p>La tubería de diámetro de 110 mm perteneciente a la línea de aducción se interseca con la brida rompe agua debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.</p>

04 CS



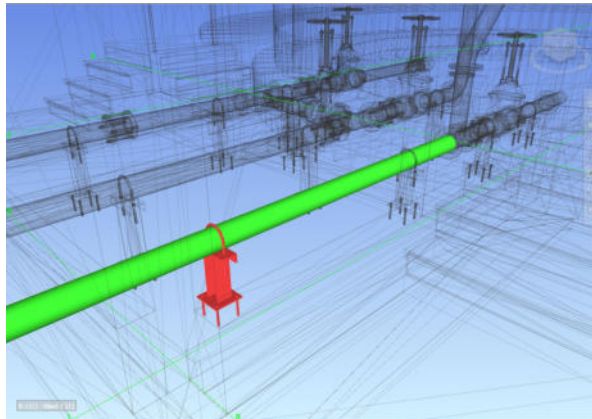
La tubería de diámetro de 160 mm perteneciente a la línea de conducción se interseca con la brida rompe agua debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.

05 IG



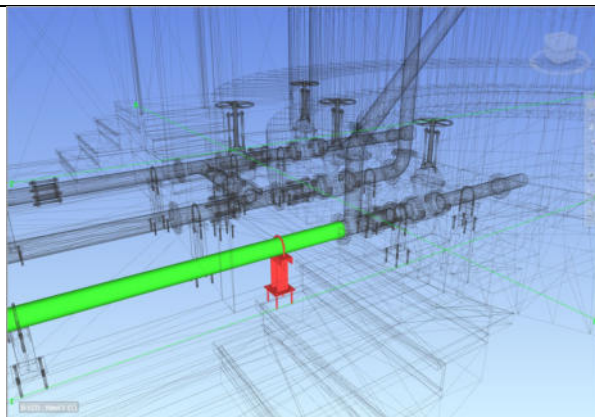
El dado de concreto se superpone al codo de 90° de diámetro 160 mm de la línea de conducción.

06 CS



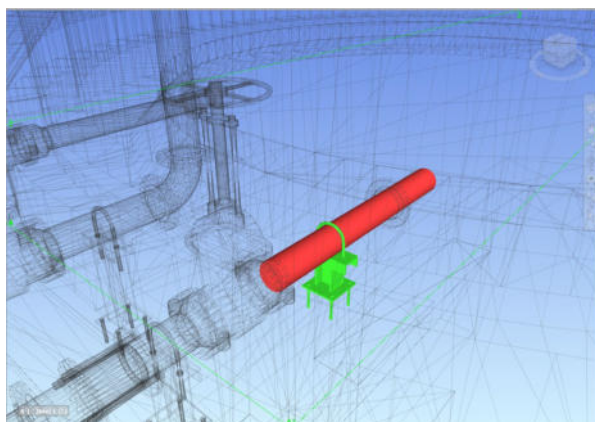
El soporte para la tubería se encuentra en una posición que se superpone a la tubería de 90 mm de diámetro de la línea de rebose.

07 CS



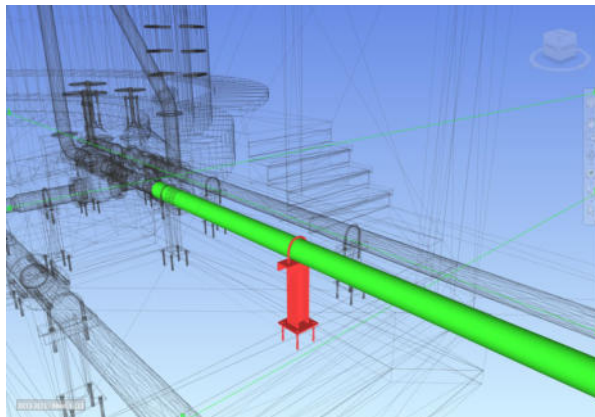
El soporte para la tubería se encuentra en una posición que se superpone a la tubería de 90 mm de diámetro de la línea de rebose.

08 CS



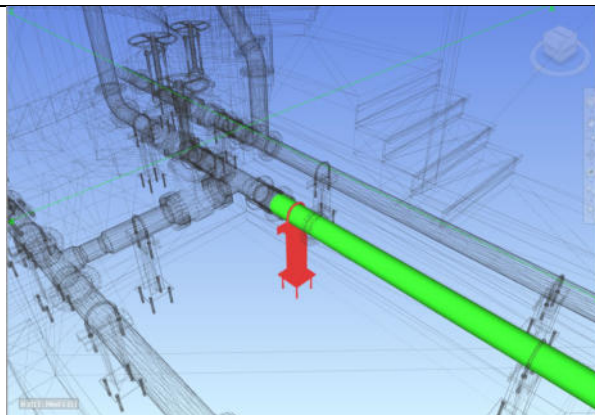
El soporte para la tubería se encuentra en una posición que se superpone a la tubería de 90 mm de diámetro de la línea de rebose.

09 CS



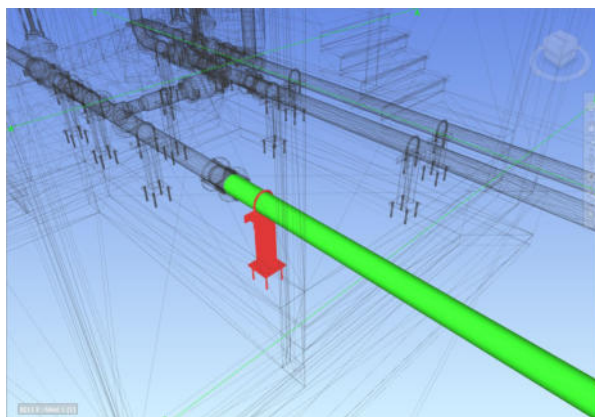
El soporte para tubería se superpone a la tubería de diámetro de 160 mm de la línea de conducción.

10 CS



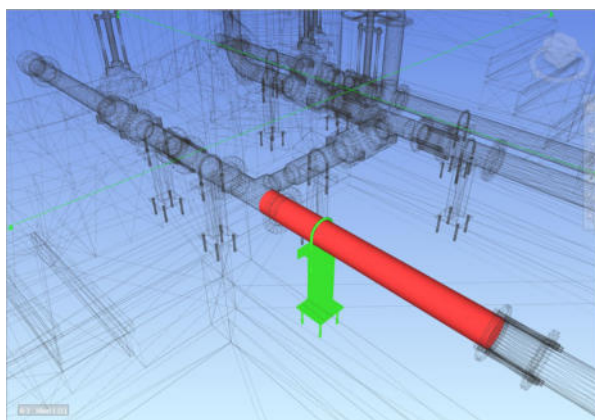
El soporte para tubería se superpone a la tubería de diámetro de 160 mm de la línea de conducción.

11 CS



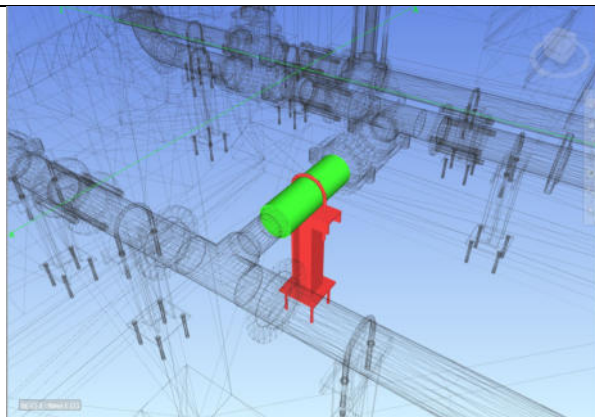
El soporte para la tubería se encuentra en una posición que se superpone a la tubería de 110 mm de diámetro de la línea de aducción.

12 CS



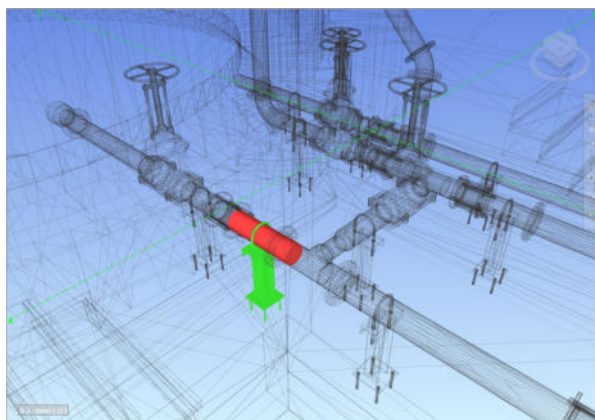
El soporte para la tubería se encuentra en una posición que se superpone a la tubería de 110 mm de diámetro de la línea de aducción.

13 CS



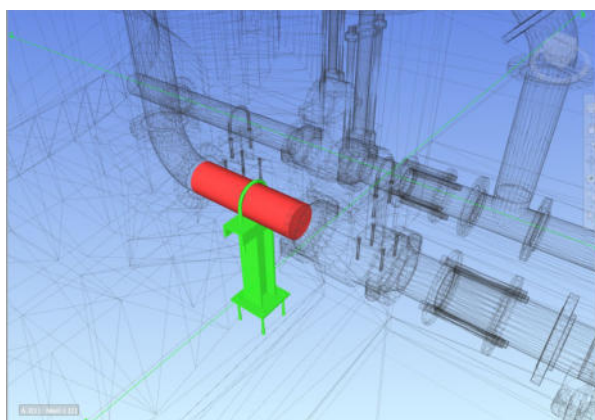
El soporte para tubería se superpone a la tubería de diámetro de 160 mm del bypass.

14 CS



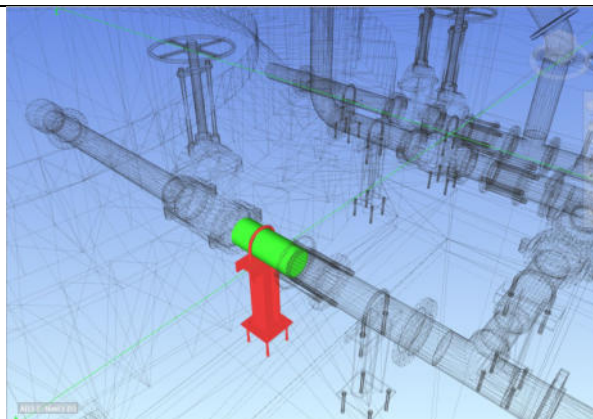
El soporte para la tubería se encuentra en una posición que se superpone a la tubería de 110 mm de diámetro de la línea de aducción.

15 CS



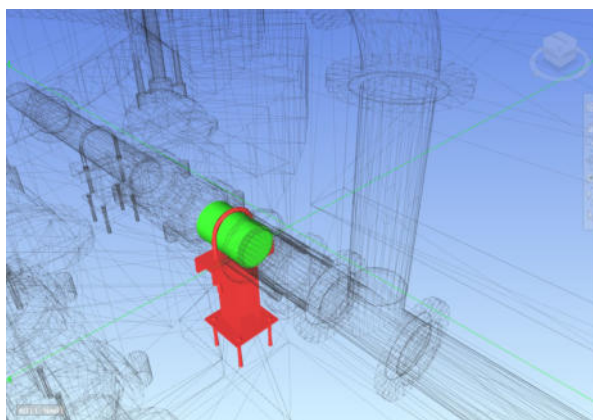
El soporte para tubería se superpone a la tubería de diámetro de 160 mm de la línea de conducción.

16 CS



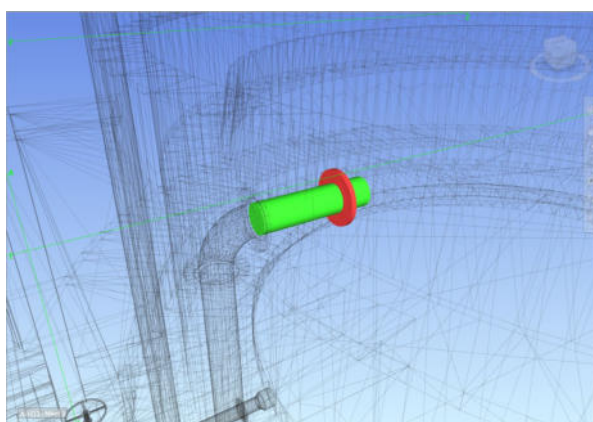
El soporte para la tubería se encuentra en una posición que se superpone a la tubería de 110 mm de diámetro de la línea de aducción.

17 CS



El soporte para la tubería se encuentra en una posición que se superpone a la tubería de 90 mm de diámetro de la línea de rebose y limpia.

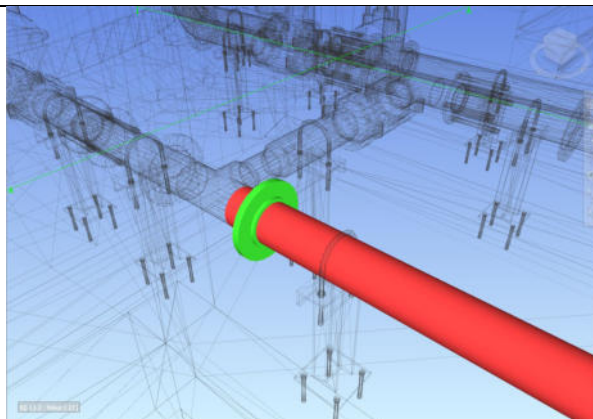
18 CS



La tubería con diámetro de 90 mm perteneciente a la línea de rebose y limpia se interseca con la brida rompe agua debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.

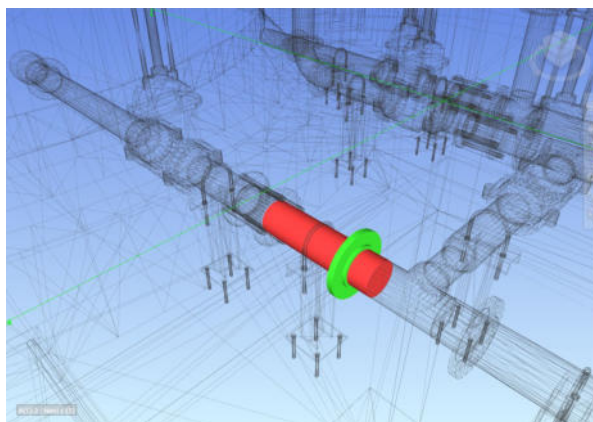


19 CS



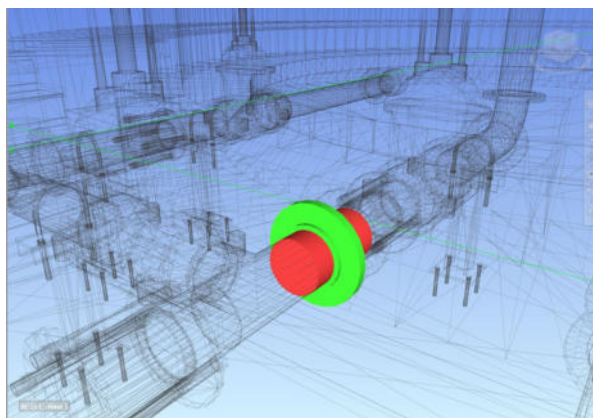
La tubería con diámetro de 110 mm perteneciente a la línea de aducción se interseca con la brida debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.

20 CS



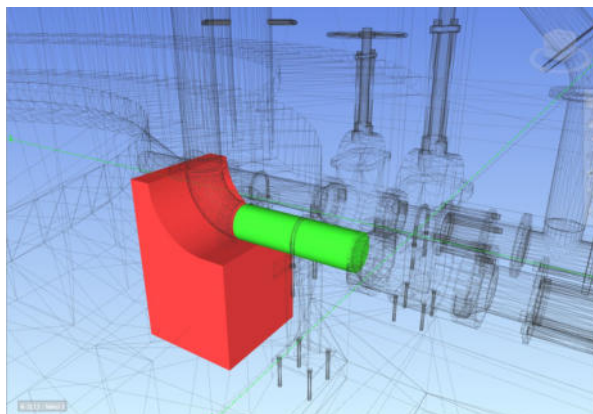
La tubería con diámetro de 110 mm perteneciente a la línea de aducción se superpone con la brida debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.

21 CS



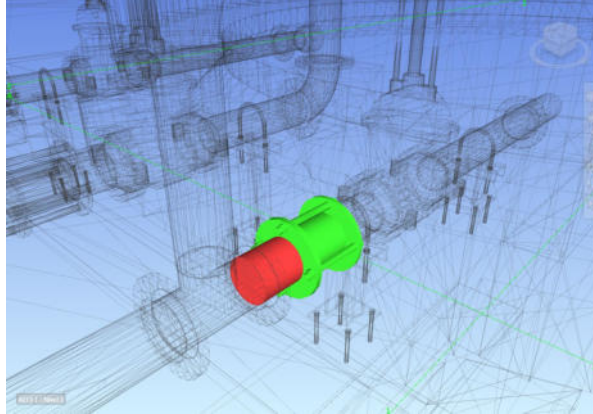
La tubería con diámetro de 160 mm perteneciente a la línea de conducción se interseca con la brida debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.

22 CS



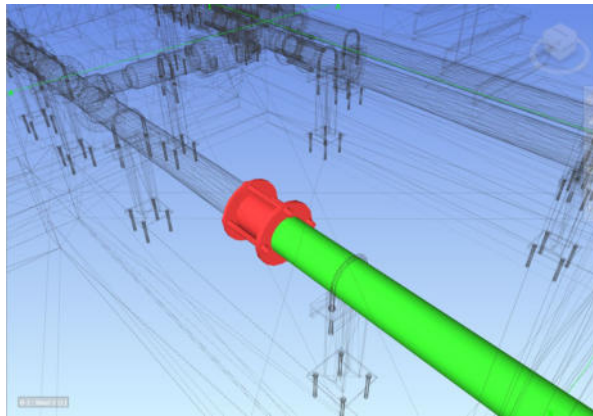
El dado de concreto se superpone a la tubería de diámetro de 160 mm en la línea de conducción.

23 CS



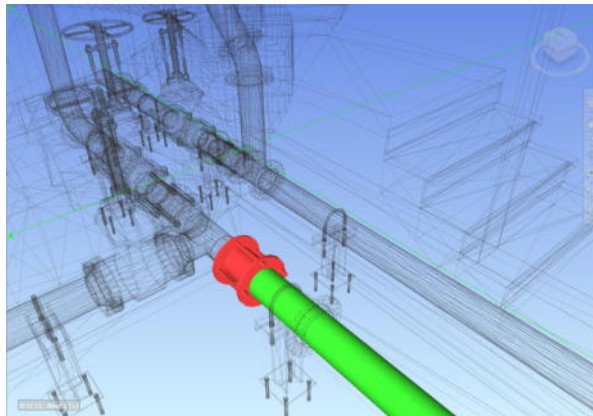
La tubería con diámetro de 90 mm perteneciente a la línea de rebose y limpia se interseca con la unión flexible tipo dresser debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.

24 CS



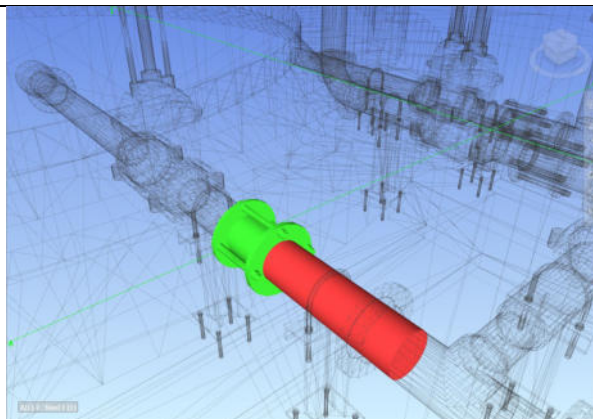
La tubería con diámetro de 110 mm perteneciente a la línea de aducción se interseca con la unión flexible tipo dresser debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.

25 CS



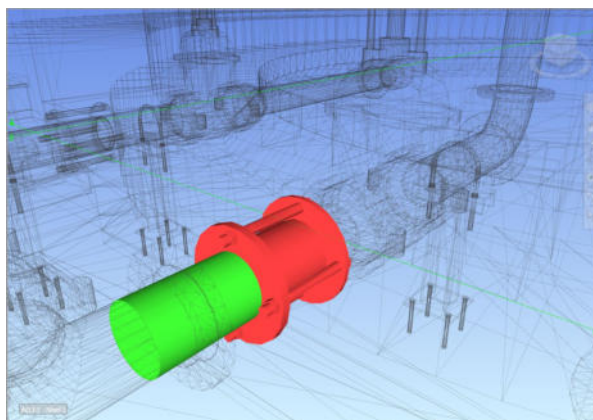
La tubería con diámetro de 160 mm perteneciente a la línea de conducción se superpone a la unión flexible tipo dresser debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.

26 CS



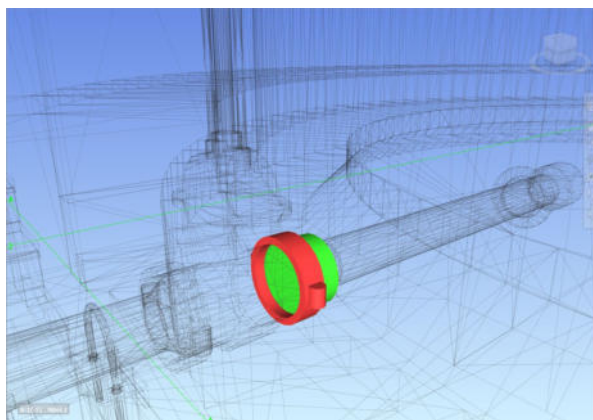
La tubería con diámetro de 110 mm perteneciente a la línea de aducción se superpone a la unión flexible tipo dresser debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.

27 CS



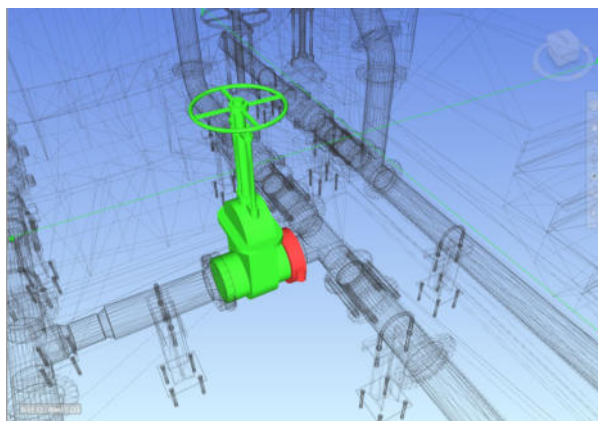
La tubería con diámetro de 160 mm perteneciente a la línea de conducción se superpone a la unión flexible tipo dresser debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.

28 IH



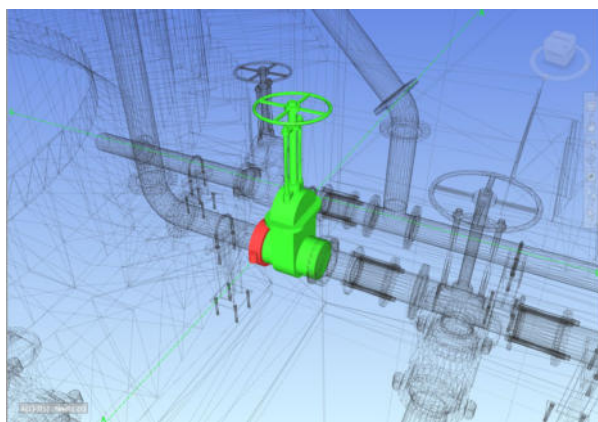
Limitación por parte de la tarjeta gráfica del ordenador, debido a que el software identifica una serie de intersección entre la brida y la tubería. Cuando en realidad ambos elementos fueron modelados con formas circulares

29 IH



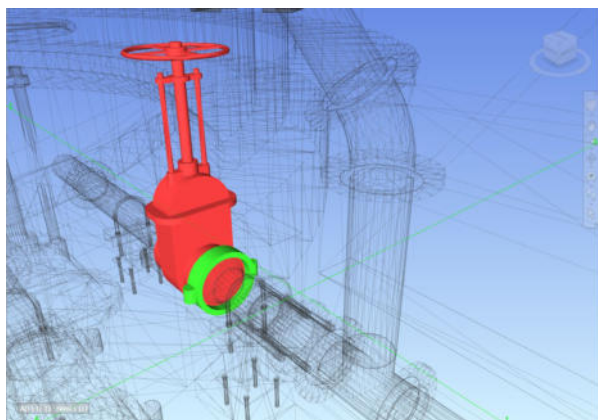
Limitación por parte de la tarjeta gráfica del ordenador, debido a que el software identifica una serie de intersección entre la válvula de compuerta y la brida. Cuando en realidad ambos elementos fueron modelados con formas circulares.

30 IH



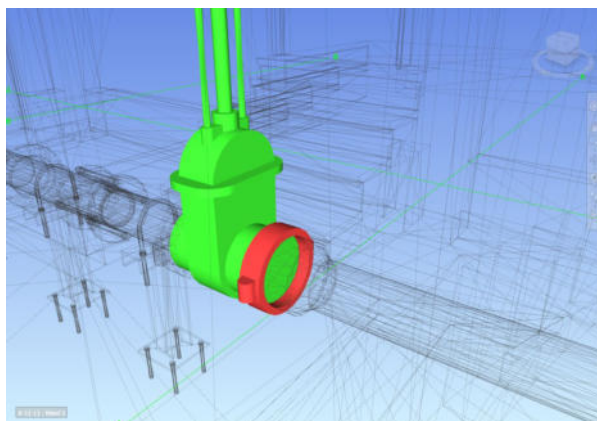
Limitación por parte de la tarjeta gráfica del ordenador, debido a que el software identifica una serie de intersección entre la válvula de compuerta y la brida. Cuando en realidad ambos elementos fueron modelados con formas circulares.

31 IH



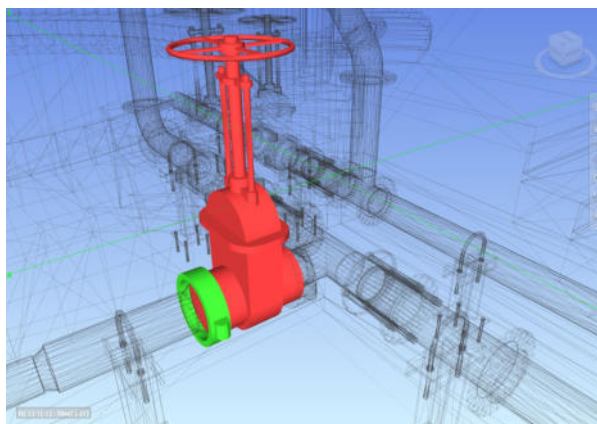
Limitación en la tarjeta gráfica del ordenador, ya que el software identifica una serie de intersecciones entre la válvula de compuerta y la brida, a pesar de que ambos elementos fueron modelados con formas circulares.

32 IH



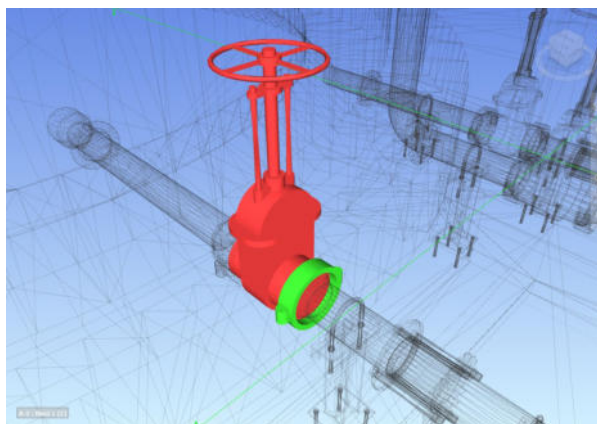
Limitación en la tarjeta gráfica del ordenador, ya que el software identifica una serie de intersecciones entre la válvula de compuerta y la brida, a pesar de que ambos elementos fueron modelados con formas circulares.

33 IH



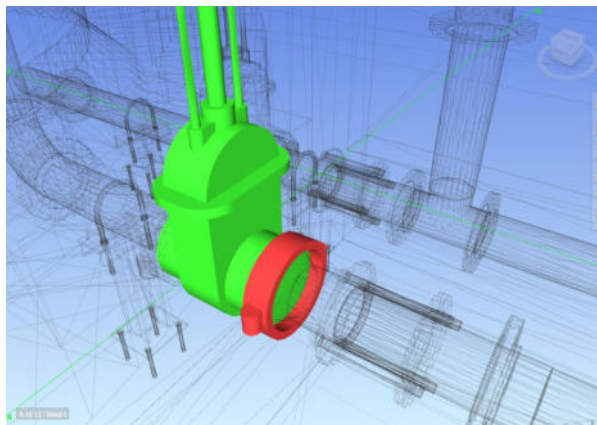
Limitación en la tarjeta gráfica del ordenador, ya que el software identifica una serie de intersecciones entre la válvula de compuerta y la brida, a pesar de que ambos elementos fueron modelados con formas circulares.

34 IH



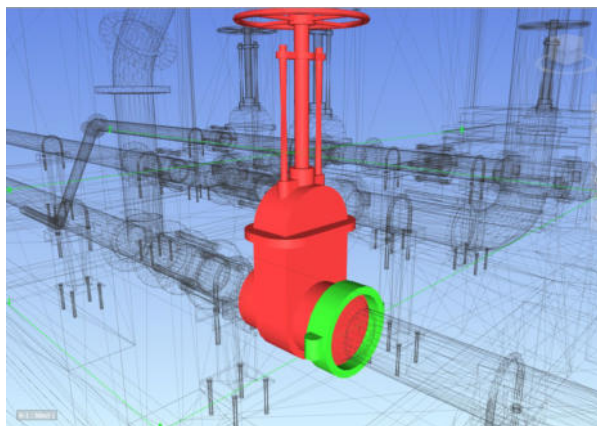
Limitación en la tarjeta gráfica del ordenador, ya que el software identifica una serie de intersecciones entre la válvula de compuerta y la brida, a pesar de que ambos elementos fueron modelados con formas circulares.

35 IH



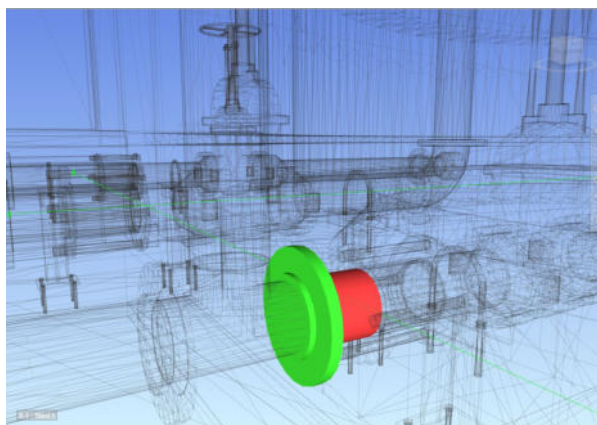
Limitación en la tarjeta gráfica del ordenador, ya que el software identifica una serie de intersecciones entre la válvula de compuerta y la brida, a pesar de que ambos elementos fueron modelados con formas circulares.

36 IH



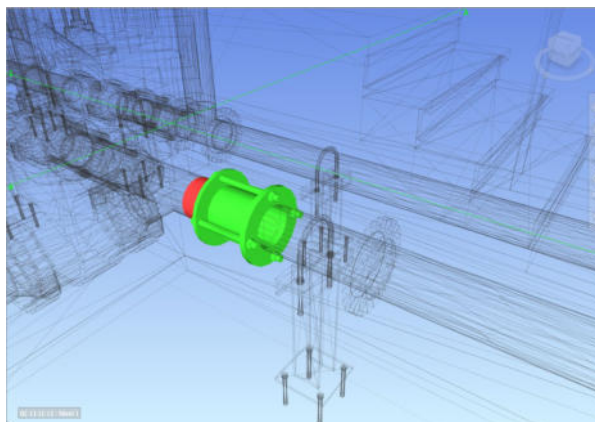
Limitación en la tarjeta gráfica del ordenador, ya que el software identifica una serie de intersecciones entre la válvula de compuerta y la brida, a pesar de que ambos elementos fueron modelados con formas circulares.

37 CS



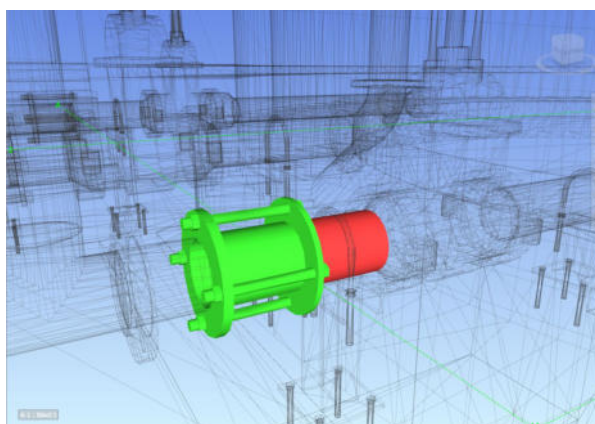
La tubería con diámetro de 90 mm perteneciente a la línea de reboso y limpia se superpone a la brida de la válvula compuerta debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.

38 IH



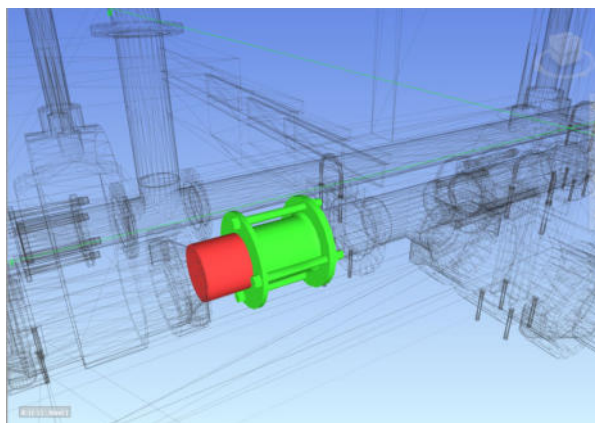
Limitación por parte de la tarjeta gráfica del ordenador, debido a que el software identifica una serie de intersección entre la tubería y la unión flexible tipo dresser. Cuando en realidad ambos elementos fueron modelados con formas circulares.

39 IH



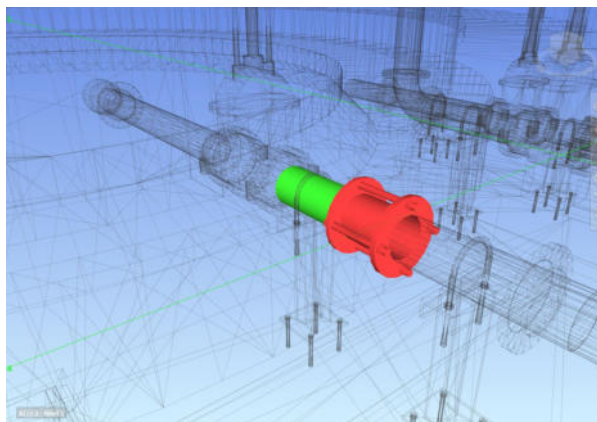
Limitación por parte de la tarjeta gráfica del ordenador, debido a que el software identifica una serie de intersección entre la tubería y la unión flexible tipo dresser. Cuando en realidad ambos elementos fueron modelados con formas circulares.

40 IH



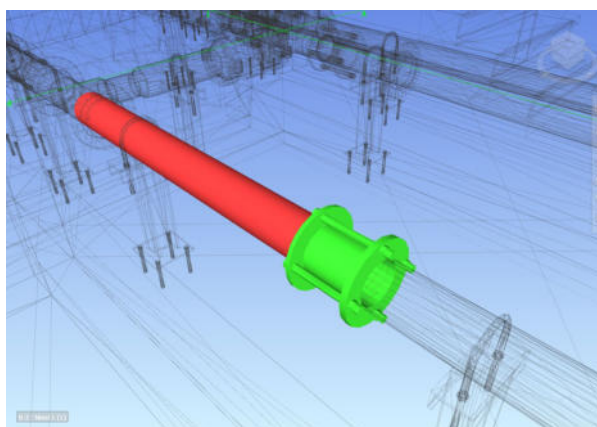
Limitación por parte de la tarjeta gráfica del ordenador, debido a que el software identifica una serie de intersección entre la tubería y la unión flexible tipo dresser. Cuando en realidad ambos elementos fueron modelados con formas circulares.

41 IH



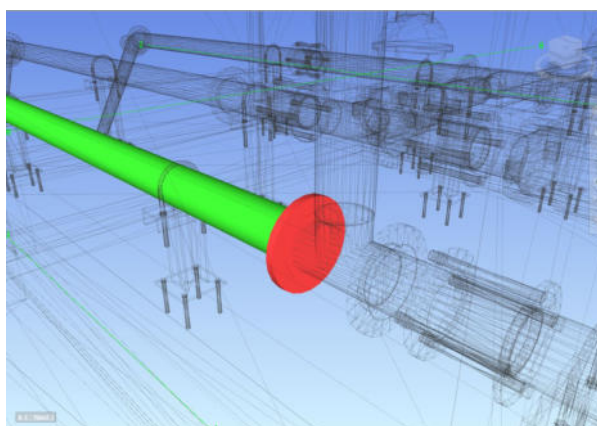
Limitación por parte de la tarjeta gráfica del ordenador, debido a que el software identifica una serie de intersección entre la tubería y la unión flexible tipo dresser. Cuando en realidad ambos elementos fueron modelados con formas circulares.

42 IH



Limitación por parte de la tarjeta gráfica del ordenador, debido a que el software identifica una serie de intersección entre la tubería y la unión flexible tipo dresser. Cuando en realidad ambos elementos fueron modelados con formas circulares.

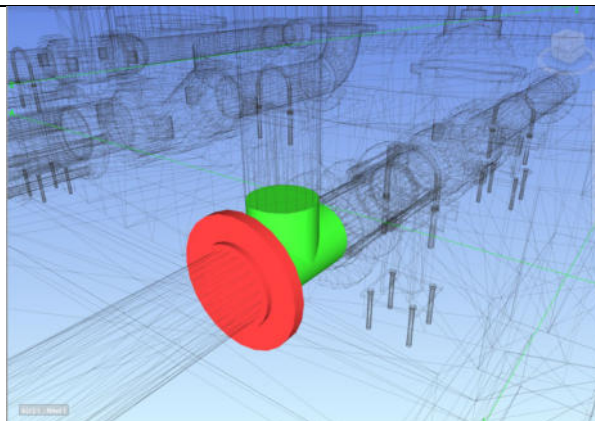
43 CS



La tubería con diámetro de 90 mm perteneciente a la línea de rebose y limpia se superpone a la brida del accesorio tee debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.

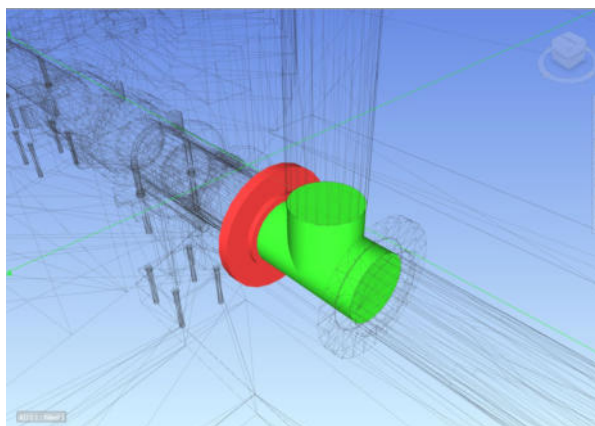


44 CS



La Tee de diámetro de 90 mm perteneciente a la línea de rebose y limpia se superpone a la brida debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.

45 CS



La Tee de diámetro de 90 mm perteneciente a la línea de rebose y limpia se superpone a la brida debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.

*Nota.* La tabla muestra clasificación de la inconsistencia técnica identificada mediante el software Navisworks Manage versión 2024 en la especialidad de instalaciones hidráulicas.

Elaborado por el autor.

De acuerdo con la Tabla 7, en la especialidad de instalaciones hidráulica se han identificado cuarenta y cinco (45) inconsistencias técnicas, las cuales se clasificaron según la tipología de la interferencia, como se describe en la Tabla 3. De estas, veintinueve (29) son de tipo por conflicto en sistemas (CS), catorce (14) pertenece al tipo por hardware (IH) y dos (2) pertenecen al tipo por geometría (IG). Estas observaciones se han remitido al especialista sanitario para su corrección.

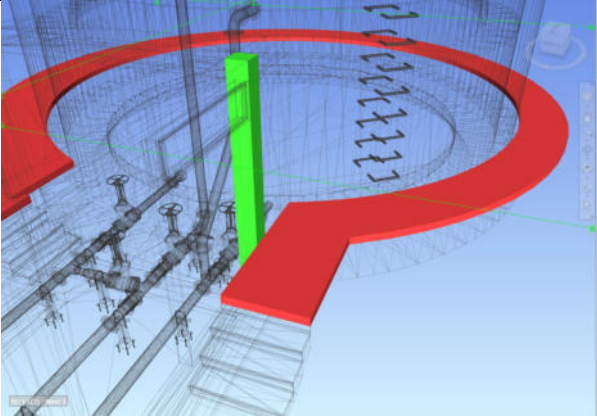
En los siguientes apartados se describirán las interferencias encontradas en los modelos 3D al realizar la interacción entre dos especialidades, tal como se detalla en la Tabla 4. Así

mismo, en las pruebas de conflicto creadas mediante la opción “Clash Detective” (ver, **Figura 33**) para la interacción entre especialidades, se definieron las reglas de las pruebas para cada interacción. La configuración realizada fue similar a las especialidades donde la interacción fue de forma individual. Se diferenció en la elección de los modelos 3D de las especialidades a interactuar en los grupos “selección A” y “selección B” de la ficha “Seleccionar”.

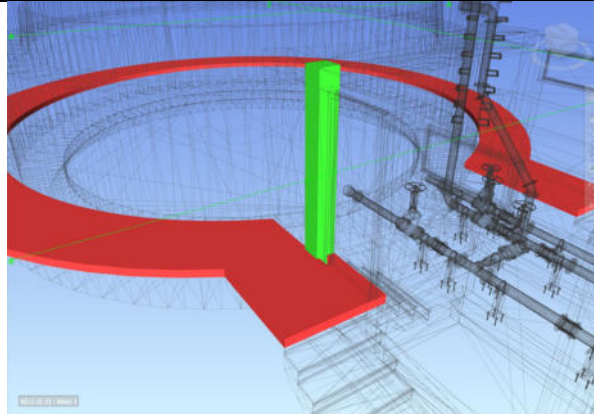
***Inconsistencias técnicas entre la especialidad de arquitectura y estructuras.*** Durante la interacción entre los elementos 3D que componen las especialidades de arquitectura y estructuras, se identificaron interferencias entre elementos de ambas disciplinas. La clasificación de estas interferencias se realizó de acuerdo con su tipología, como se detalla en la Tabla 4.

**Tabla 8**

*Identificación y clasificación de inconsistencias, A vs E.*

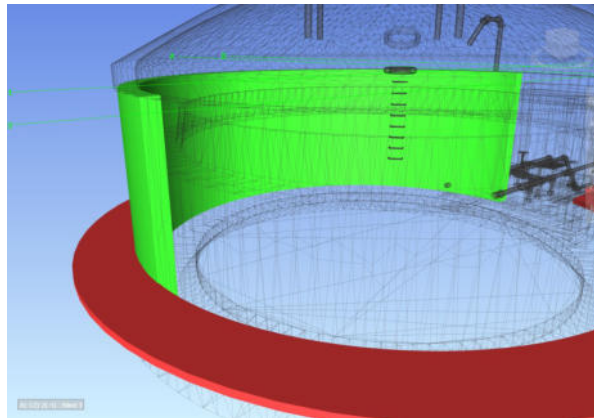
N°	Tipo de inconsistencia	Navisworks Manage	Descripción
01	IA		<p>La columna de la caseta de cloración no se encuentra alineada por lo que ocasiona una superposición a la vereda del reservorio.</p>

02 ID



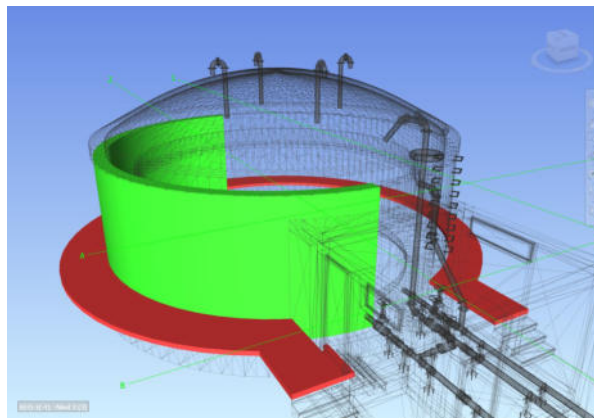
La dimensión de la vereda excede a los del plano bidimensionales por lo que ocasionan una intersección con la columna de la caseta de cloración

03 IG



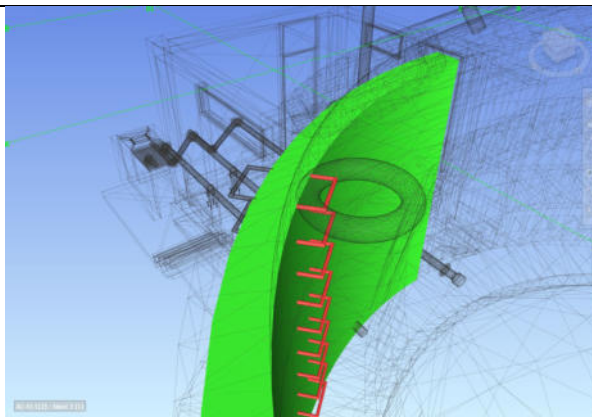
La forma circular de la vereda, por el lado Oeste. Se superpone a la pared circular.

04 IA



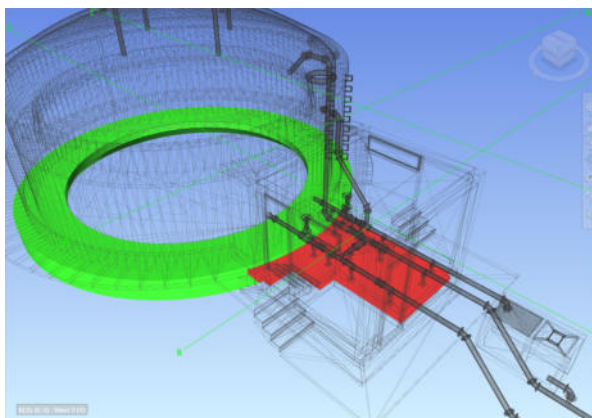
La vereda por el lado Sur, se encuentra desalineada por lo que se interseca a la pared circular del reservorio.

05 IG

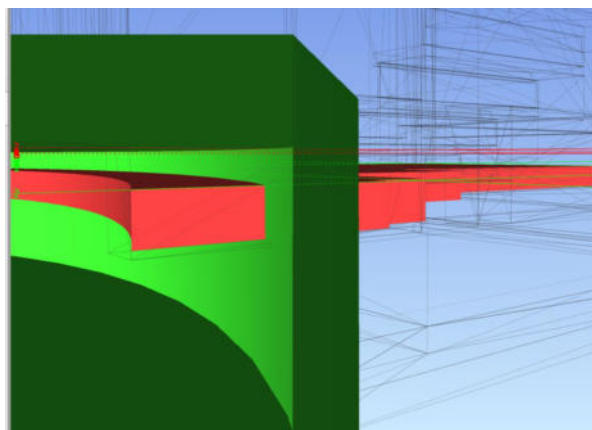


Las escaleras interior tipo marinero se interseca a la pared circular del reservorio.

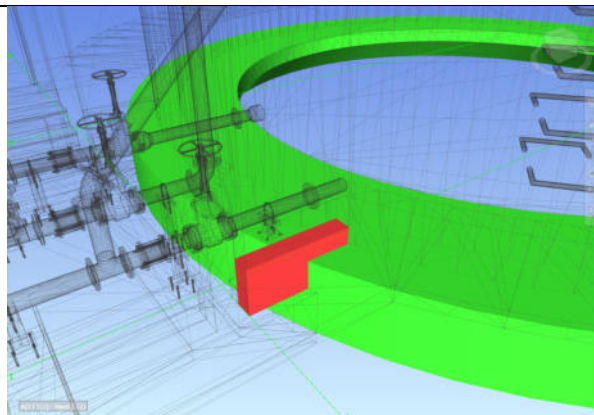
06 IG



El piso de la caseta de válvulas se superpone a la cimentación del reservorio.

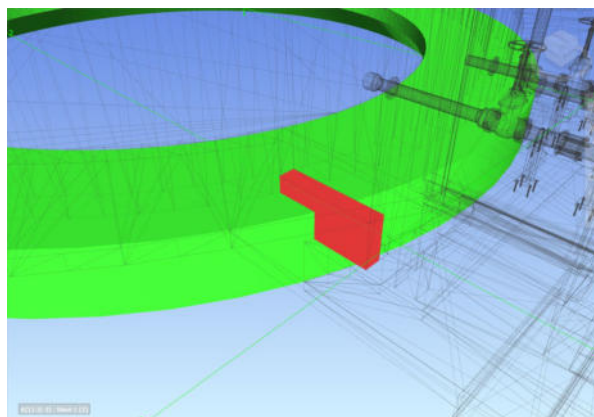


07 IG



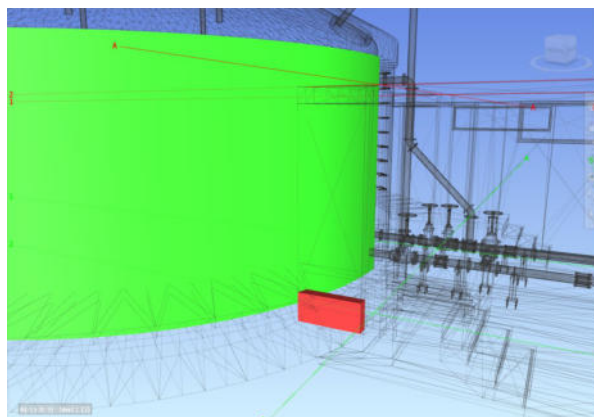
El sobrecimiento de la caseta de válvulas se superpone a la cimentación del reservorio por el lado Norte.

08 IG



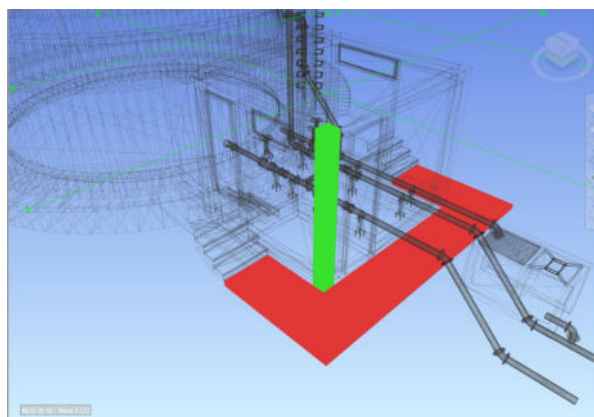
El sobrecimiento de la caseta de válvulas se superpone a la cimentación del reservorio por el lado Sur.

09 IG



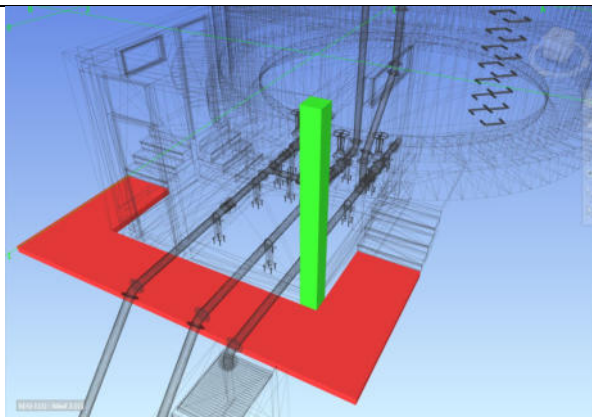
Existe intersección entre el sobrecimiento de la caseta de válvulas y la pared circular del reservorio por el lado Sur.

10 IA



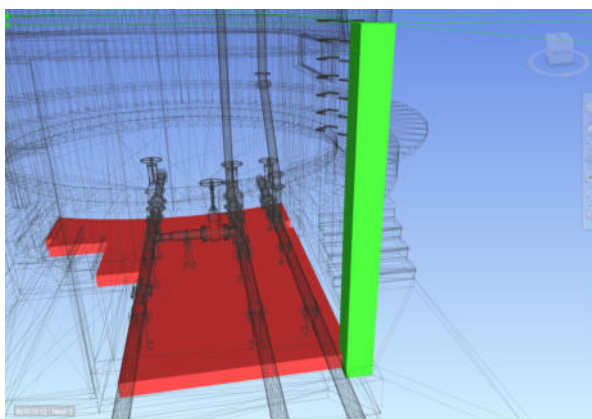
La columna frontal de la caseta de válvula no se encuentra alineada a su eje por lo que genera una intersección a la vereda, lado Sureste.

11 IA



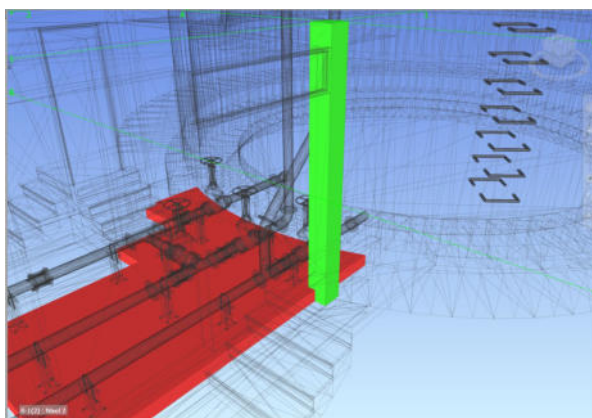
La columna frontal de la caseta de válvula no se encuentra alineada a su eje por lo que genera una intersección a la vereda, lado Noreste.

12 IA



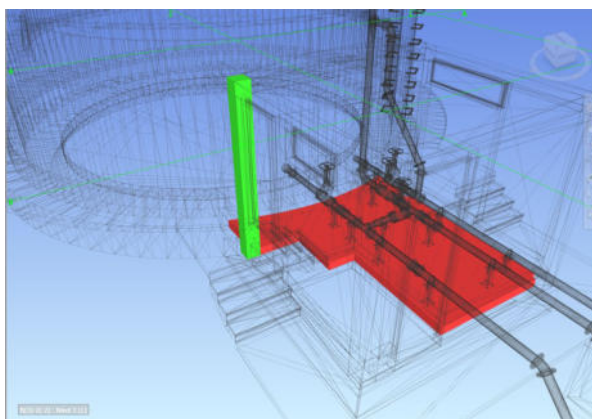
La columna frontal de la caseta de válvula no se encuentra alineada a su eje por lo que genera una intersección a la losa, lado Noreste.

13 IA



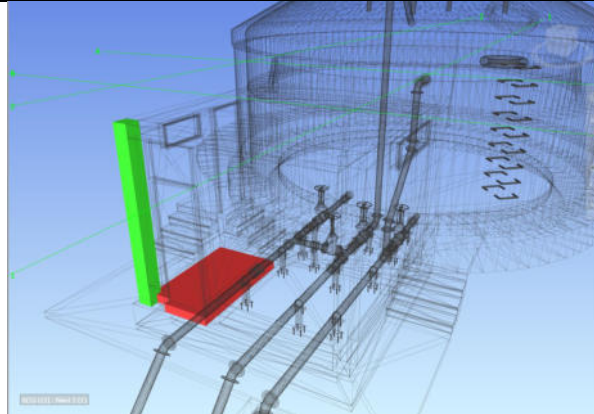
La columna posterior de la caseta de válvula no se encuentra alineada a su eje por lo que genera una intersección a la losa, lado Noreste.

14 IA



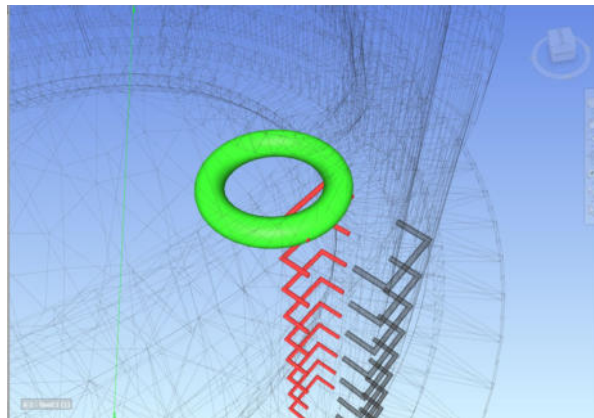
La columna posterior de la caseta de válvula no se encuentra alineada a su eje por lo que genera una intersección a la sola de la misma área, lado Sureste.

15 IG



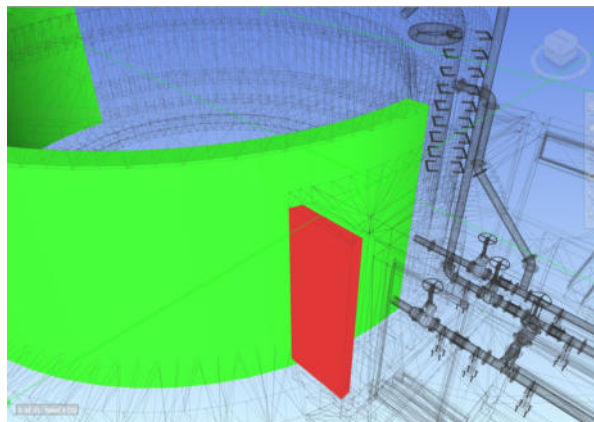
El piso de la caseta de válvulas atraviesa a la columna posterior de la misma área, por el lado Sureste.

16 IG



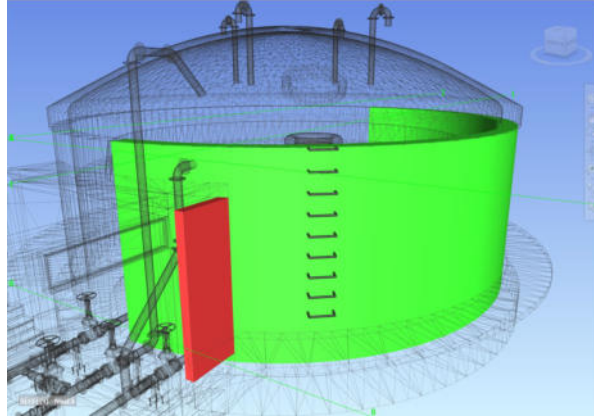
Un solido e forma de aro, se superpone a la escalera interior tipo marinero.

17 IG



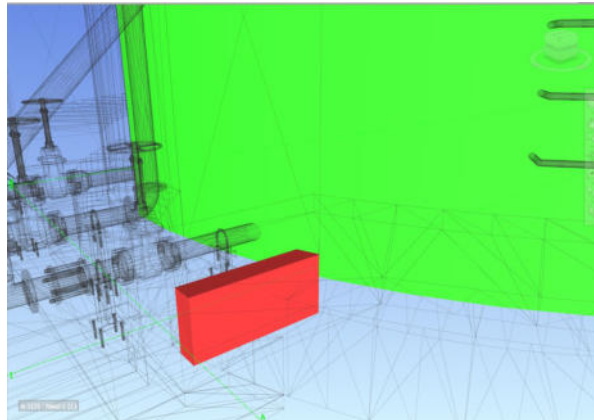
El muro de tabiquería de la caseta de válvulas y la pared circular del coliseo se superponen, lado Sureste.

18 IG



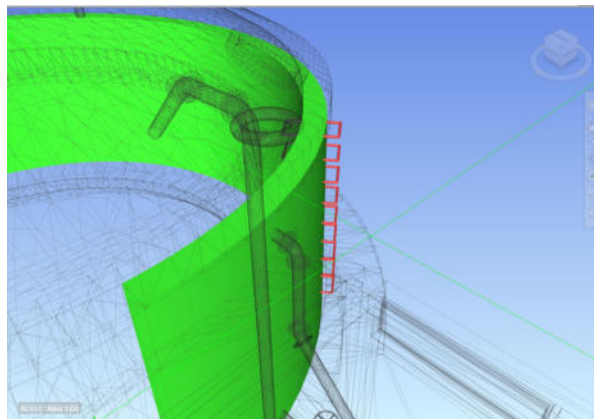
El muro de tabiquería de la caseta de válvulas y la pared circular del coliseo se superponen, lado Noreste.

19 ID



El sobrecimiento de la caseta de válvulas se interseca al muro circular del reservorio debido a que la longitud del sobrecimiento excede a los del plano bidimensionales, lado Noreste.

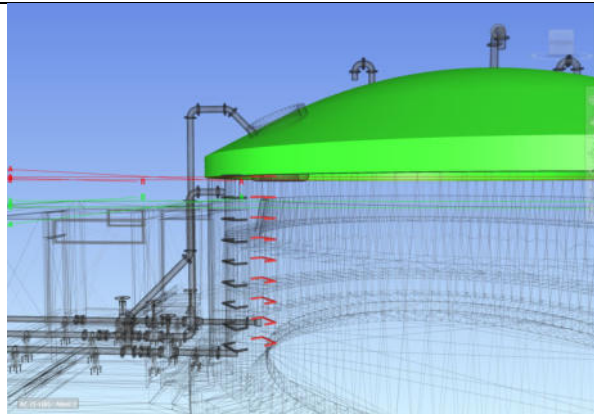
20 IA



La escalera tipo marinero no se encuentra correctamente alineadas a la pared circular exterior del reservorio.

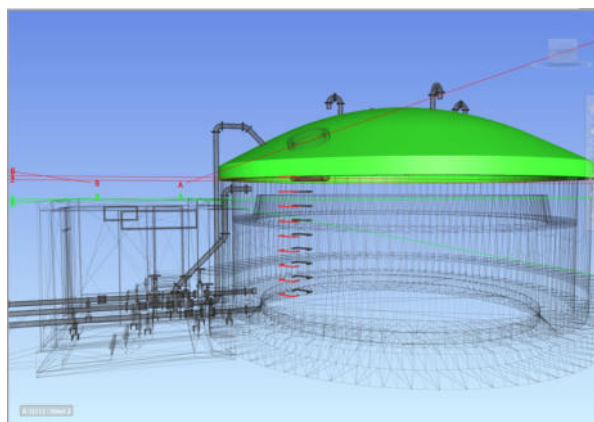


21 IA



La escalera interior de tipo marinero no se encuentra alineadas a la superficie de la viga circular del reservorio.

22 IA



La escalera exterior de tipo marinero no se encuentra alineadas a la superficie de la viga circular del reservorio, por lo que provoca una intersección entre ambos elementos.

*Nota.* La tabla muestra la clasificación de la inconsistencia técnica identificada mediante el software Navisworks Manage versión 2024, al interactuar las especialidades de arquitectura y estructura. Elaborado por el autor.

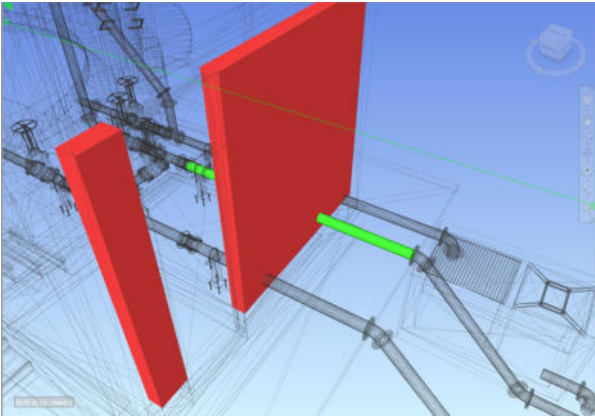
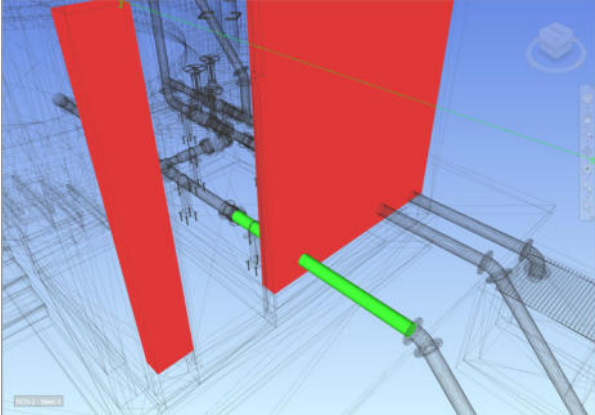
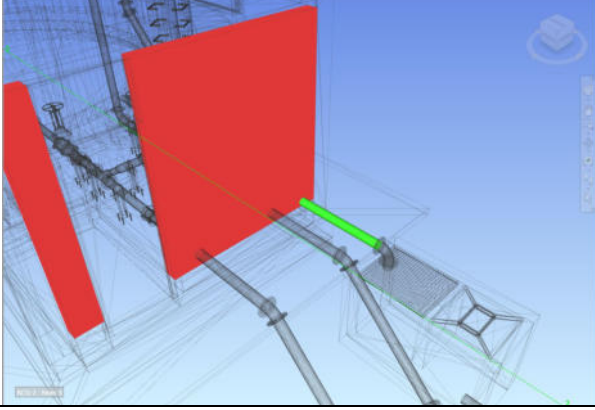
Según la Tabla 8, al interactuar la especialidad de arquitectura con la especialidad de estructura, se ha identificado veintidós (22) inconsistencias técnicas, las cuales se clasificaron según la tipología de la interferencia. De estas, diez (10) son de tipo de alineación (IA), otras diez (10) pertenecen al tipo por geometría (IG) y dos (2) corresponden al tipo por dimensión (ID). Para abordar estas observaciones, fue necesario solicitar reuniones ICE, donde los especialistas coordinaron las acciones necesarias para su corrección.

***Inconsistencias técnicas entre la especialidad de arquitectura e instalaciones hidráulicas.*** Durante la interacción entre los elementos 3D que componen las especialidades de

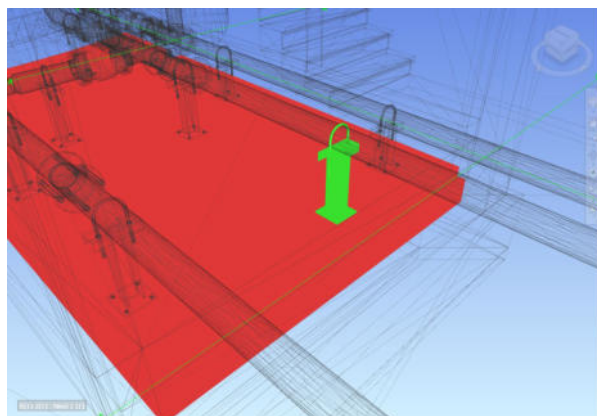
arquitectura e instalaciones hidráulicas, se identificaron interferencias entre elementos de ambas disciplinas. La clasificación de estas interferencias se realizó de acuerdo con su tipología, como se detalla en la Tabla 4.

**Tabla 9**

*Identificación y clasificación de inconsistencias, A vs IH.*

N°	Tipo de inconsistencia	Navisworks Manage	Descripción
01	IG		<p>La tubería de diámetro de 160 mm perteneciente a la línea de conducción atraviesa al muro de tabiquería de la caseta de válvula debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.</p>
02	IG		<p>La tubería de diámetro de 110 mm perteneciente a la línea de aducción atraviesa al muro de tabiquería de la caseta de válvula debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.</p>
03	IG		<p>La tubería de diámetro de 90 mm perteneciente a la línea de rebose y limpia atraviesa al muro de tabiquería de la caseta de válvula debido a que esta última no cuenta con una</p>

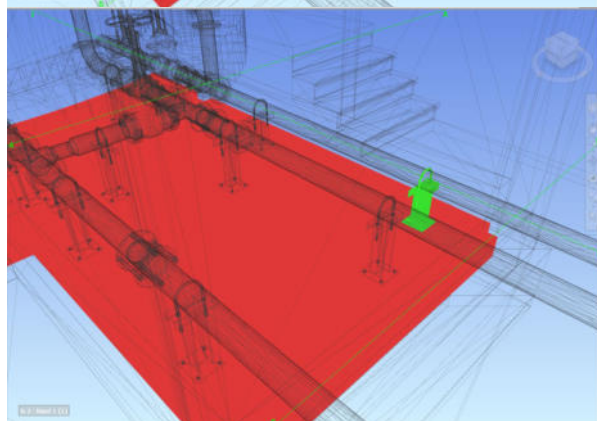
04 IG



abertura para el paso de la tubería.

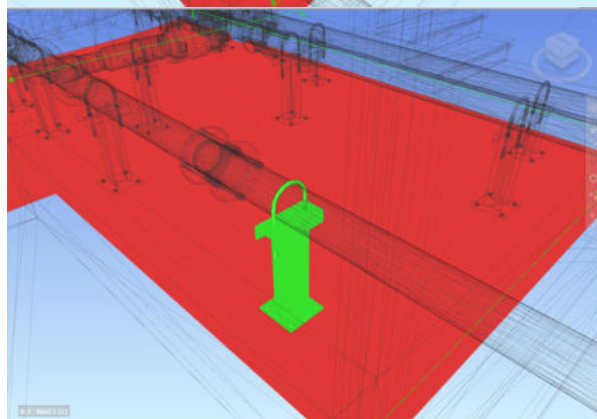
El soporte para la tubería de la línea de conducción se encuentra empotrada en la losa de la caseta de válvula, sin embargo, los pernos y la losa se interponen.

05 IG



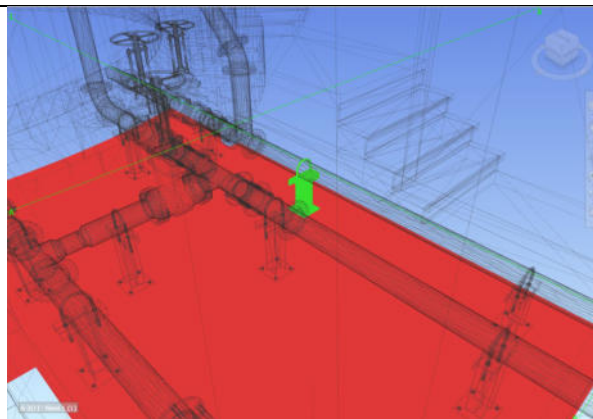
El soporte para la tubería se encuentra empotrada en la losa de la caseta de válvula, sin embargo, los pernos y la losa se interponen.

06 IG



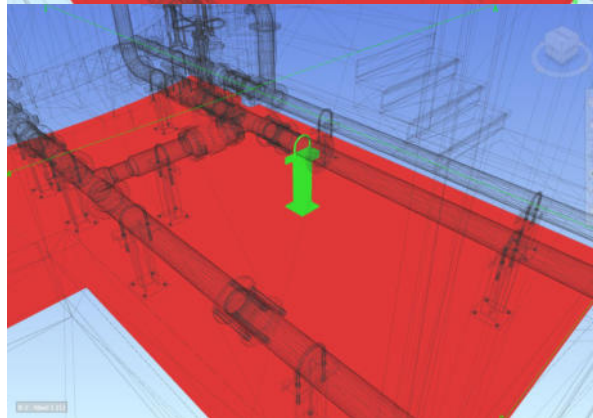
El soporte para la tubería de la línea de aducción se encuentra empotrada en la losa de la caseta de válvula, sin embargo, los pernos y la losa se interponen.

07 IG



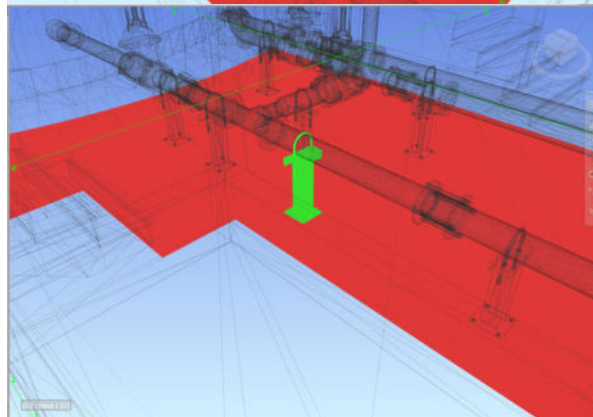
El soporte para la tubería de la línea de rebose y limpia se encuentra empotrada en la losa de la caseta de válvula, sin embargo, los pernos y la losa se interponen.

08 IG



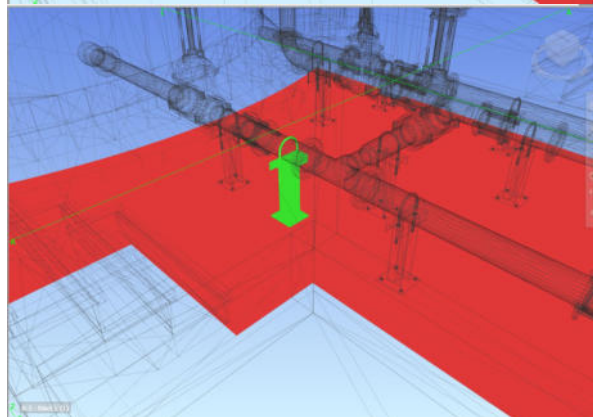
El soporte para la tubería de la línea de conducción se encuentra empotrada en la losa de la caseta de válvula, sin embargo, los pernos y la losa se interponen.

09 IG



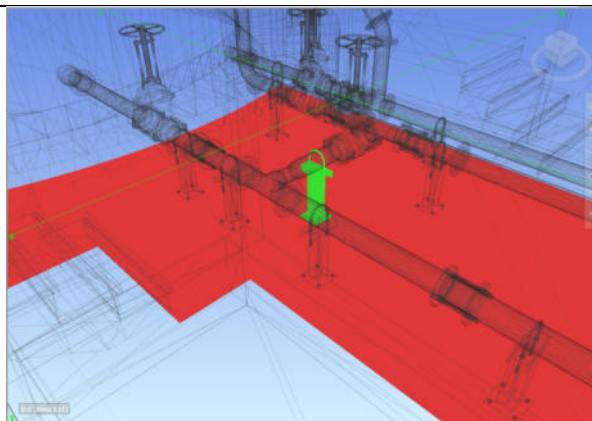
El soporte para la tubería de la línea de aducción se encuentra empotrada en la losa de la caseta de válvula, sin embargo, los pernos y la losa se interponen.

10 IG



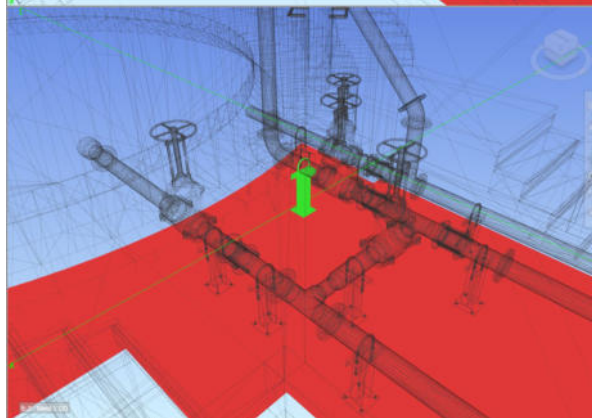
El soporte para la tubería de la línea de aducción se encuentra empotrada en la losa de la caseta de válvula, sin embargo, los pernos y la losa se interponen.

11 IG



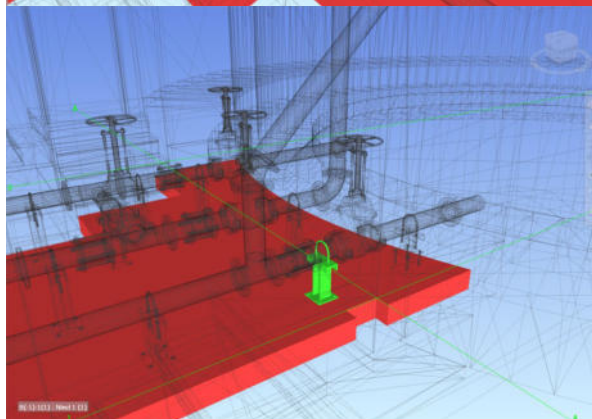
El soporte para la tubería de la by pass se encuentra empotrada en la losa de la caseta de válvula, sin embargo, los pernos y la losa se interponen.

12 IG



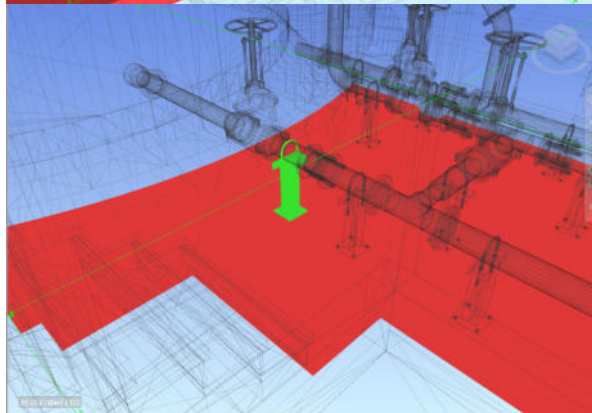
El soporte para la tubería de la línea de conducción se encuentra empotrada en la losa de la caseta de válvula, sin embargo, los pernos y la losa se interponen.

13 IG



El soporte para la tubería de la línea de rebose y limpia se encuentra empotrada en la losa de la caseta de válvula, sin embargo, los pernos y la losa se interponen.

14 IG



El soporte para la tubería de la línea de aducción se encuentra empotrada en la losa de la caseta de válvula, sin embargo, los pernos y la losa se interponen.

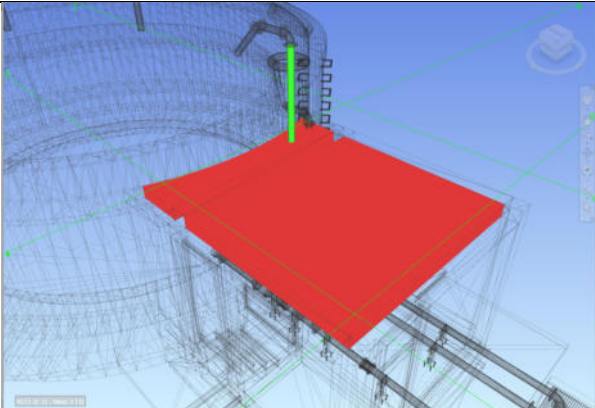
*Nota.* La tabla muestra clasificación de la inconsistencia técnica identificada mediante el software Navisworks Manage entre los elementos 3D que componen las especialidades de arquitectura e instalaciones hidráulicas. Elaborado por el autor.

Según la Tabla 9, al interactuar la especialidad de arquitectura con la especialidad de instalaciones hidráulicas, se ha identificado catorce (14) inconsistencias técnicas, las cuales se clasificaron según la tipología de la interferencia. Todas estas son del tipo por geometría (IG). Para abordar estas observaciones, fue necesario solicitar reuniones ICE, en las cuales los especialistas coordinaron las acciones necesarias para su corrección.

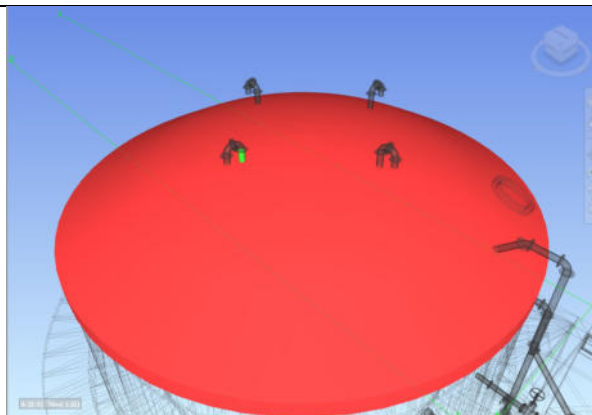
***Inconsistencias técnicas entre la especialidad de estructuras e instalaciones hidráulicas.*** Durante la interacción entre los elementos 3D que componen las especialidades de estructuras e instalaciones hidráulicas, se identificaron interferencias entre elementos de ambas disciplinas. La clasificación de estas interferencias se realizó de acuerdo con su tipología, como se detalla en la Tabla 4.

**Tabla 10**

*Identificación y clasificación de inconsistencias, E vs IH.*

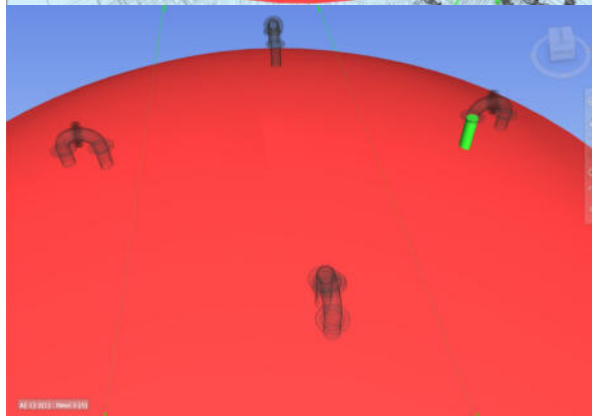
N°	Tipo de inconsistencia	Navisworks Manage	Descripción
01	IG		<p>La tubería de diámetro de 160 mm perteneciente a la línea de conducción atraviesa a la losa de techo de la caseta de válvula debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.</p>

02 IG



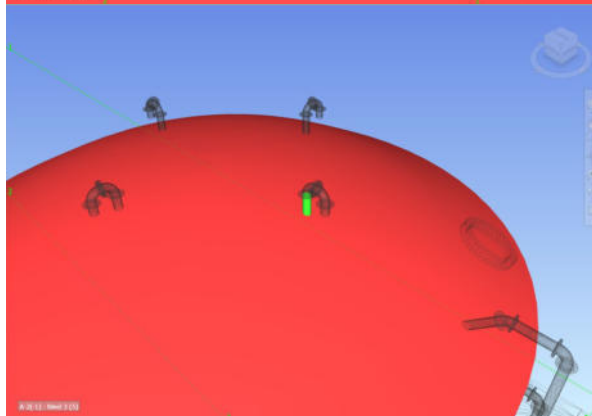
La tubería de diámetro de 150 mm perteneciente al tubo de ventilación (lado Sur) atraviesa a la cúpula del reservorio debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.

03 IG



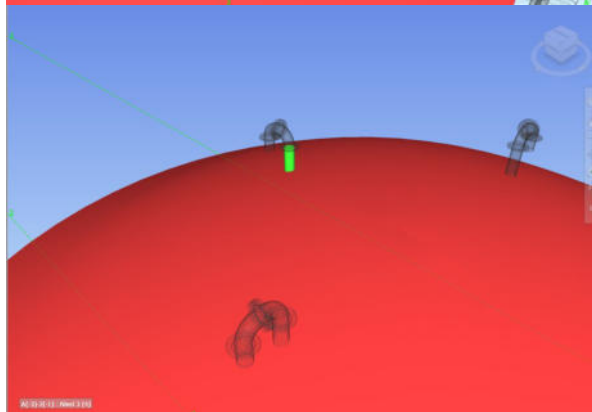
La tubería de diámetro de 150 mm perteneciente al tubo de ventilación (lado Norte) atraviesa a la cúpula del reservorio debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.

04 IG



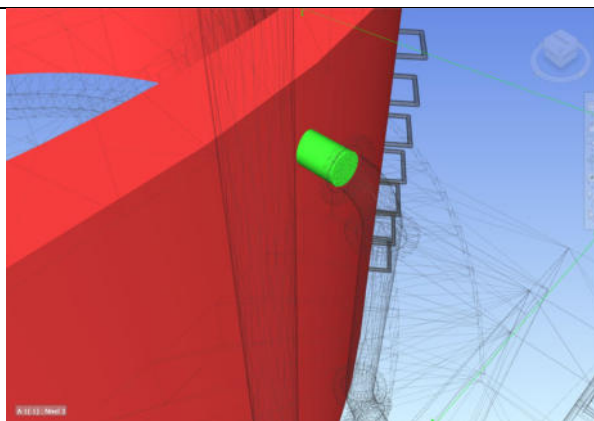
La tubería de diámetro de 150 mm perteneciente al tubo de ventilación (lado Este) atraviesa a la cúpula del reservorio debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.

05 IG



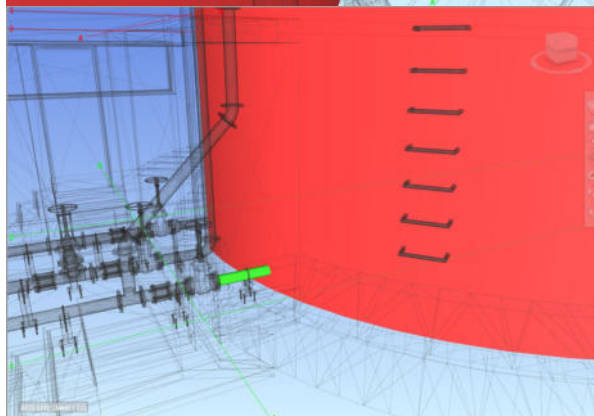
La tubería de diámetro de 150 mm perteneciente al tubo de ventilación (lado Oeste) atraviesa a la cúpula del reservorio debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.

06 ID



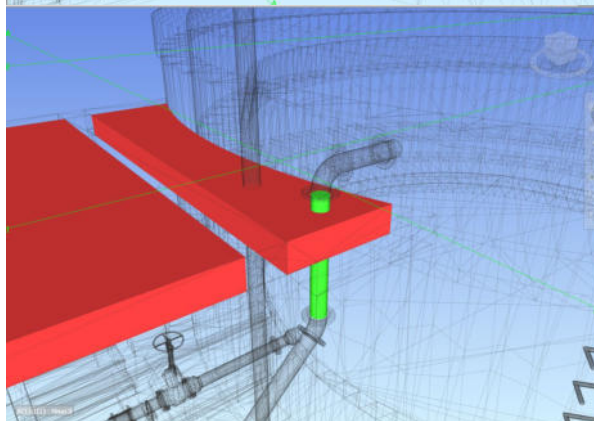
La tubería de diámetro de 90 mm perteneciente a la línea de rebosa y limpia se superpone a la pared circular del reservorio sin atravesarlo.

07 IG



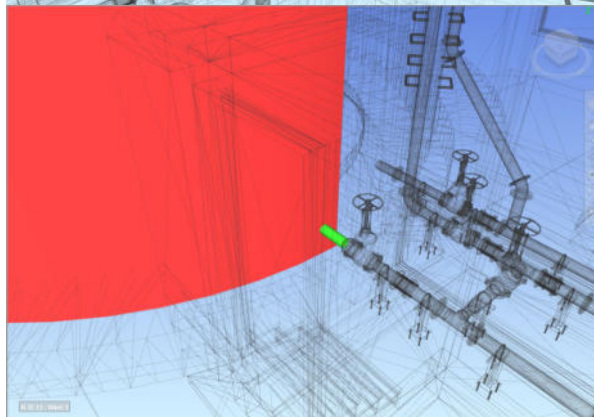
La tubería de diámetro de 90 mm perteneciente a la línea de rebosa y limpia atraviesa a el muro circular del reservorio debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.

08 IG



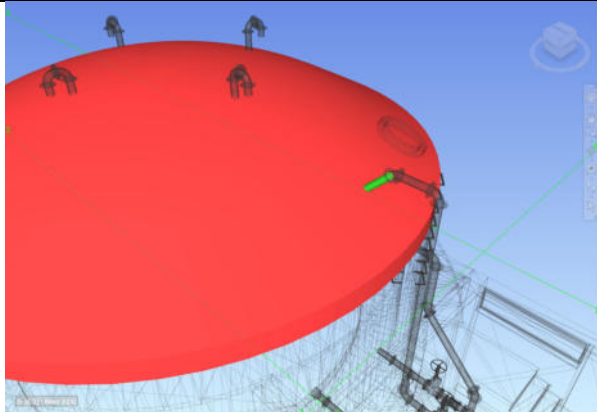
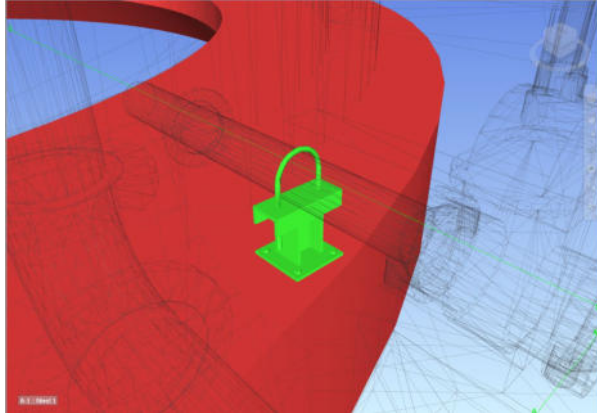
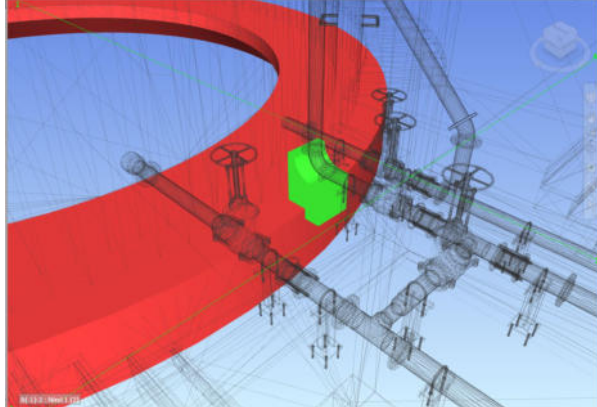
La tubería de diámetro de 90 mm perteneciente a la línea de rebosa y limpia atraviesa a la losa de techo de la caseta de válvula debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.

09 IG



La tubería de diámetro de 110 mm perteneciente a la línea de aducción atraviesa a el muro circular del reservorio debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.



10 IG		<p>La tubería de diámetro de 160 mm perteneciente a la línea de conducción atraviesa a la cúpula del reservorio debido a que esta última no cuenta con una abertura para el paso de la tubería.</p>
11 IG		<p>El soporte para la tubería de la línea de limpia y rebose se encuentra empotrada en la cimentación circular, sin embargo, los pernos y la losa se interponen.</p>
12 IG		<p>El dado de concreto se superpone a la cimentación circular del reservorio.</p>

*Nota.* La tabla muestra la clasificación de la inconsistencia técnica identificada mediante el software Navisworks Manage, al interactuar las especialidades de estructura e instalación hidráulica. Elaborado por el autor.

Según la Tabla 10, al interactuar la especialidad de arquitectura con la especialidad de instalaciones hidráulicas, se ha identificado doce (12) inconsistencias técnicas, las cuales se clasificaron según la tipología de la interferencia. De estas, diez (11) son de tipo de geometría

(IG) y una (1) corresponden al tipo por dimensión (ID). Para abordar estas observaciones, fue necesario solicitar reuniones ICE, donde los especialistas coordinaron las acciones necesarias para su corrección.

### ***Impacto económico generado por las inconsistencias técnicas***

Para corregir las inconsistencias técnicas identificadas en cada una de las especialidades mediante la implementación de la metodología BIM, los profesionales especialistas tuvieron que invertir tiempo. Las reuniones programadas entre especialidades y la corrección de las inconsistencias técnicas generan un costo para el cliente. Cabe mencionar que el costo por las reuniones y por la corrección de inconsistencias técnicas son propuestas por el profesional y en la mayoría de los casos varían según la especialidad, el número de inconsistencias por subsanar y según la complejidad de las incompatibilidades. A continuación, en la Tabla 11 se muestra el impacto económico generado por la identificado y subsanado las inconsistencias técnicas en la etapa de diseño del reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>.

**Tabla 11**

*Costo generado por las inconsistencias técnicas según especialidad.*

N°	Actividad	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (S/)	Costo (S/)
<b>1</b>	<b>Modelador BIM</b>				
	Modelador de Arquitectura	glb	1.00	4,500.00*	4,500.00
	Modelador de Estructura	glb	1.00	4,500.00*	4,500.00
	Modelador de Instalaciones hidráulicas	glb	1.00	4,500.00*	4,500.00
<b>SUB TOTAL 1</b>					<b>13,500.00</b>
<b>2</b>	<b>Coordinador BM</b>				
	Coordinador BIM	glb	1.00	6,000.00*	6,000.00
<b>SUB TOTAL 2</b>					<b>6,000.00</b>
<b>TOTAL</b>					<b>19,500.00</b>

Nota. \*Los costos unitarios de los profesionales de las distintas especialidades incluido la del coordinador BIM fueron tomados de acuerdo con las cotizaciones solicitadas a los profesionales especializados en el modelado 3D según la especialidad, la cual se adjunta en el Anexo 6.

La Tabla 11 presenta un desglose del costo generado por las inconsistencias técnicas según la especialidad del proyecto. Los costos se detallan en moneda local (S/). Esta tabla organiza los costos asociados con las inconsistencias técnicas en diferentes especialidades del proyecto. El modelador de arquitectura por la solución de inconsistencias técnicas solicita un monto de 4,500 soles. El modelador de estructuras y el modelador de MEP solicitan un monto de 4,500 soles respectivamente por la resolución de inconsistencias técnicas en sus especialidades, Así mismo, para la coordinación de las tres especialidades se requiere los servicios de un Coordinador BIM, donde este profesional solicita un monto de 6,000 soles, generando un impacto económico de 19,500 soles por el levantamiento de incompatibilidades.

### **Factibilidad técnica – operativa**

La integración de la metodología BIM en la evaluación de discrepancias técnicas en el diseño de una infraestructura hidráulica de 200 metros cúbicos requiere un examen cuidadoso de los factores técnicos y operativos para garantizar una transición fluida a esta metodología. Una coordinación estratégica cuidadosa y un trabajo en equipo eficaz son esenciales para aprovechar plenamente los beneficios que BIM puede proporcionar en este entorno específico.

La implementación de la metodología BIM mediante el uso de los softwares BIM facilito en gran parte a la identificación de las inconsistencias técnicas en las tres especialidades que contempla el reservorio. Cabe destacar que el contar con capacitaciones en el uso y aplicación de los softwares BIM facilito en la elaboración de este trabajo, así mismo, contar con los recursos

técnicos disponible como los softwares y hardware facilito en la identificación de las inconsistencias técnicas en un plazo corto.

Implementar la metodología BIM en los gobiernos locales, sigue siendo un reto, puesto que la mayoría de los gobiernos cuentan con pocos recursos y con profesionales tradicionales. El presente trabajo se realizó en la municipalidad distrital de Palcamayo encontrándose ventajas y desventajas al implementar la metodología BIM.

**Tabla 12**

*Ventajas y desventajas de la metodología BIM en los gobiernos locales.*

<b>Aspectos</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Planificación	Facilita la planificación integral de proyectos, mejorando la coordinación entre áreas.	Requiere inversión inicial en capacitación y tecnología.
	Permite la visualización y simulación de proyectos antes de la ejecución.	Existe la resistencia al cambio en la implementación.
Colaboración y comunicación	Mejora la colaboración entre diferentes actores del proyecto.	Se requiere de estándares y protocolos para la colaboración efectiva.
	Facilita la comunicación al centralizar la información en un solo modelo.	Se requiere de una infraestructura tecnología sólida.
Reducción de errores	Minimiza los errores y conflictos durante la etapa de diseño, ejecución y operación & mantenimiento	Requiere una curva de aprendizaje para el personal de la municipalidad.
ciclo de vida del proyecto	Facilita la gestión del ciclo de vida de la infraestructura.	La implementación puede requerir cambios en los procesos existentes.
	Permite el mantenimiento y la gestión eficiente de activos a largo plazo	
Transparencia y rendición de cuentas	Mejora la transparencia al proporcionar acceso a información actualizada.	Posible resistencia a compartir información sensible o crítica.
	Facilita la rendición de cuentas al tener un registro detallado de decisiones y cambios	Necesidad de estables políticas claras de acceso y control de datos.

*Nota.* En esta tabla se busca describir las ventajas y desventajas al implementar la metodología BIM en los gobiernos locales. Elaborado por el autor.

### **Cuadro de inversión**

La inversión se llevó a cabo para el modelamiento de la infraestructura hidráulica en sus tres especialidades y la identificación de las inconsistencias técnicas en la etapa de diseño. Se adquirieron tres (03) ordenadores de novena generación por un monto total de 24,000 soles (ver Tabla 13), en los cuales se instalaron los softwares de BIM, específicamente Revit y Navisworks Manage de la marca de Autodesk, en su versión 2024. Además, se instaló AutoCAD de Autodesk, con un costo adicional de 900 soles por la instalación de los programas (ver Tabla 13).

### **Tabla 13**

*Presupuesto para softwares.*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>
Instalación de AutoCAD, versión 2024	und	3	100.00	300.00
Instalación de Revit, versión 2024	und	3	100.00	300.00
Instalación de Navisworks Manage, versión 2024	und	3	100.00	300.00
<b>Total</b>				900.00

*Nota.* Elaborado por el autor.

### **Tabla 14**

*Presupuesto para hardware.*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Parcial (S/)</b>	<b>Total (S/)</b>
Computadora de novena generación (incluye tarjeta de video y periféricos)	und	3	8,000.00	24,000.00
<b>Total</b>				24,000.00

*Nota.* Elaborado por el autor.

Realizar el modelamiento de los elementos que comprende la infraestructura hidráulica conllevó una inversión de mil quinientos soles (S/ 1,500) destinados a la capacitación en cursos BIM. Estos cursos abarcaron el modelamiento de las especialidades de Arquitectura, Estructuras y de Mecánica, Electricidad y Plomería (MEP), como se detalla en la Tabla 15.

**Tabla 15**

*Presupuesto para cursos de capacitación*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>
Curso de Revit – especialidad arquitectura	und	1	500.00	500.00
Curso de Revit – especialidad estructura	und	1	500.00	500.00
Curso de Revit – MEP	und	1	500.00	500.00
<b>Total</b>				1,500.00

*Nota.* Elaborado por el autor.

De igual forma, contar con profesionales especializados, como el Coordinador BIM para la orientación y asesoría en la utilización de software BIM, conllevó una inversión de 750 soles (ver Tabla 16).

**Tabla 16**

*Presupuesto para servicios profesionales*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>
Profesional especializado como Técnico especialista	día	5	150.00	750.00
<b>Total</b>				750.00

*Nota.* Elaborado por el autor.

## **Análisis de Resultados**

La culminación de la metodología BIM en el proceso de diseño de una infraestructura hidráulica de vital importancia, como lo es un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>, marca un hito significativo en este estudio. En este capítulo, se presenta un detallado análisis de los resultados obtenidos a través de la aplicación de la metodología BIM, destacando la eficacia de esta herramienta para identificar y abordar inconsistencias técnicas en las especialidades de arquitectura, estructura e instalaciones hidráulicas.

El enfoque principal se centra en el análisis de costos y beneficios, evaluando el impacto económico y operativo de la implementación de la metodología BIM en comparación con los métodos convencionales. Además, se presenta una visión detallada de las interferencias identificadas durante el modelamiento en 3D, proporcionando información crucial para la toma de decisiones en la etapa de diseño.

Este capítulo no solo revela los resultados cuantitativos de las interferencias detectadas, sino que también aborda la efectividad de la metodología BIM en el desarrollo de un modelo digital 3D integral de la infraestructura hidráulica. A través de este análisis, se busca respaldar la relevancia y utilidad de la metodología BIM como herramienta fundamental en la ingeniería hidráulica moderna.

### **Síntesis de los resultados**

En este apartado se describe la compilación de los resultados obtenidos del trabajo realizado donde se proporciona una visión general y concisa de los hallazgos más relevantes o significativos derivada del trabajo realizado.

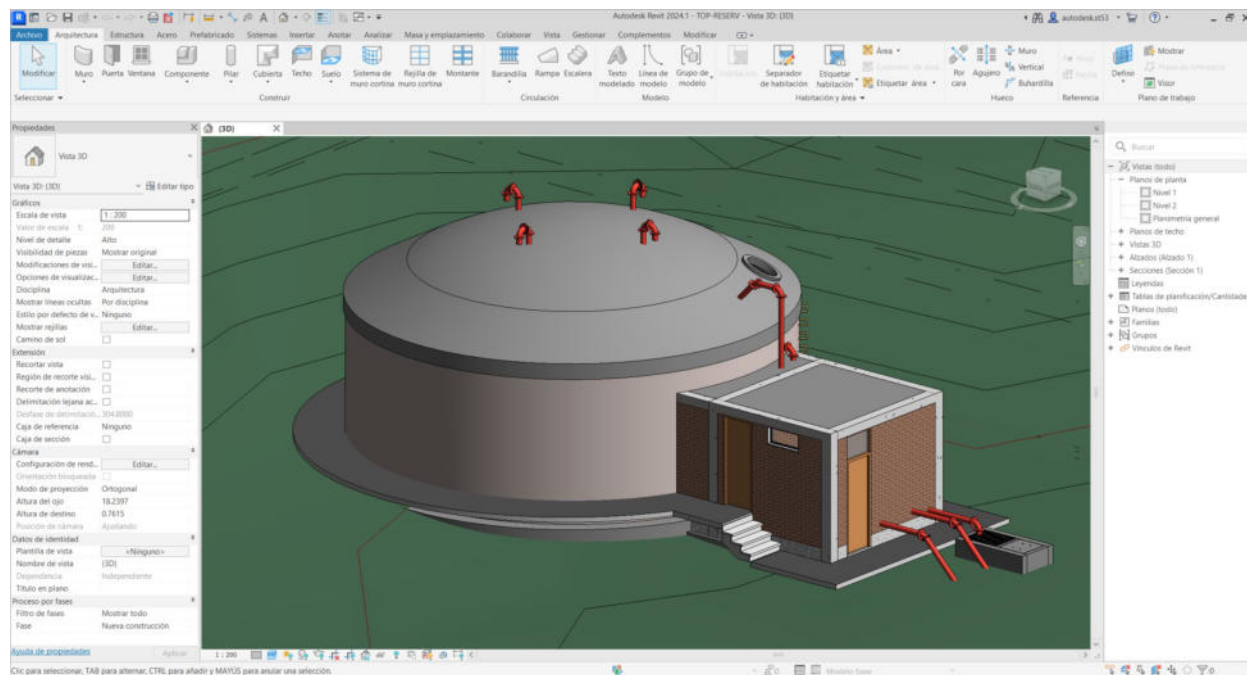
Con el objetivo de determinar como la aplicación de la metodología BIM facilita la identificación de inconsistencias técnicas en la etapa de diseño de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>.

### ***Desarrollo de un modelo digital 3D de una infraestructura hidráulica.***

En base la información recopilada de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>, se logró desarrollar el modelamiento de cada componente que comprende esta infraestructura hidráulica en sus tres especialidades (Arquitectura, Estructura e Instalaciones Hidráulicas), obteniendo como resultado un modelo digital en tercera dimensión. Cabe resaltar que el objetivo de obtener un modelo digital 3D del reservorio se logró utilizando software BIM en la etapa de diseño mediante la utilización del software Revit, tal como se visualiza en la Figura 37.

**Figura 37**

*Modelo digital 3D de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>.*





### *Detección de inconsistencias técnicas.*

**Inconsistencias técnicas por especialidad.** A partir de la interacción de los elementos modelados por especialidades mediante el software Navisworks, se observa en la Tabla 17 que hubo setenta y cinco (75) interferencias entre elementos de la misma especialidad. De estas, cinco (45) pertenecen a la especialidad de instalaciones hidráulicas. Asimismo, en la especialidad de arquitectura se identificó veinte (20) interferencias. Por último, se identificaron diez (10) interferencias en la especialidad de estructuras.

**Tabla 17**

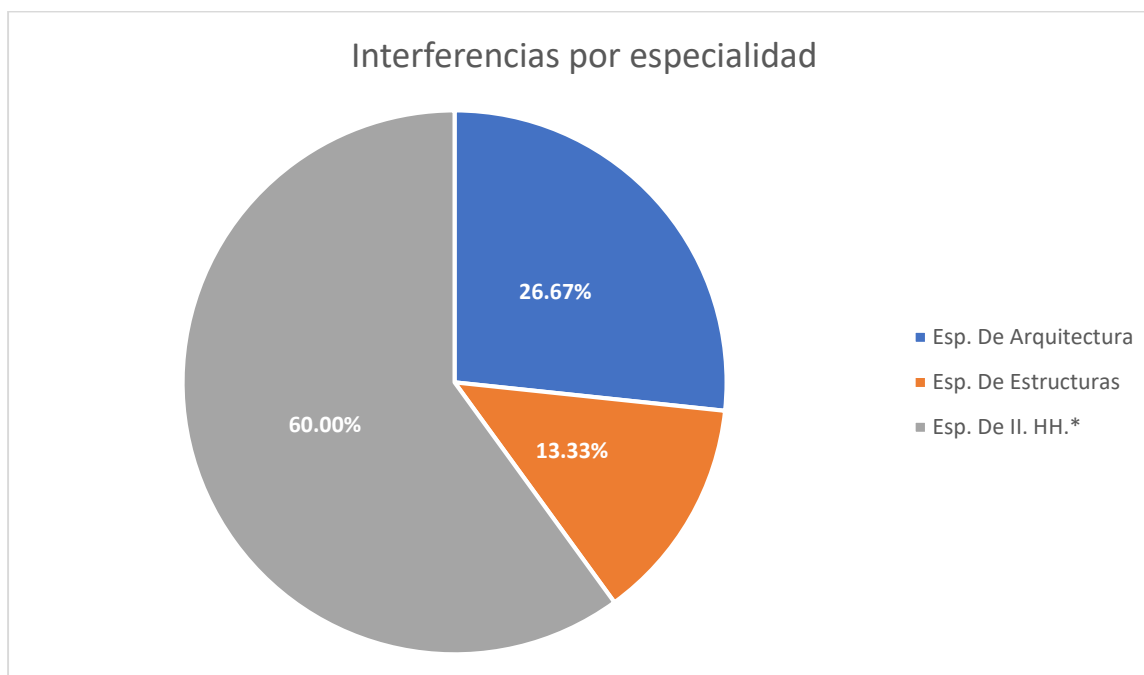
*Interferencias técnicas por según especialidad.*

<b>Interferencias por especialidad</b>				
Especialidad	Inst. Hidráulicas	Arquitectura	Estructura	TOTAL
Interferencias	45	20	10	75
Porcentaje	60.00%	26.67%	13.33%	100.00 %

*Nota.* Elaborado por el autor.

**Figura 38**

*Interferencias identificadas por especialidad.*



*Nota.* \*Especialidad de Instalaciones Hidráulicas. Elaborado por el autor.

De la Figura 38, se deduce que en la especialidad de instalaciones hidráulicas se encontraron mayor cantidad de interferencias entre elementos, representando el 60.00% de total. La especialidad de arquitectura es la segunda en contener el 26.67% de inconsistencias encontradas. Por último, la especialidad de estructura cuenta con el 13.33% de las interferencias.

De igual forma, se logró identificar las inconsistencias técnicas según su tipología. Se observa en la Tabla 18 que hubo setenta y cinco (75) interferencias entre elementos de la misma especialidad. De estas, veintinueve (29) son inconsistencias por conflictos en el sistema, diecinueve (19) son inconsistencias por hardware, catorce (14) son inconsistencias por geometría, once (11) son inconsistencias por alineación, una (1) inconsistencia es por dimensiones. Asimismo, se identificó una (1) inconsistencia por normativa. Por último, no se identificó ninguna inconsistencia por errores topológicos.

**Tabla 18**

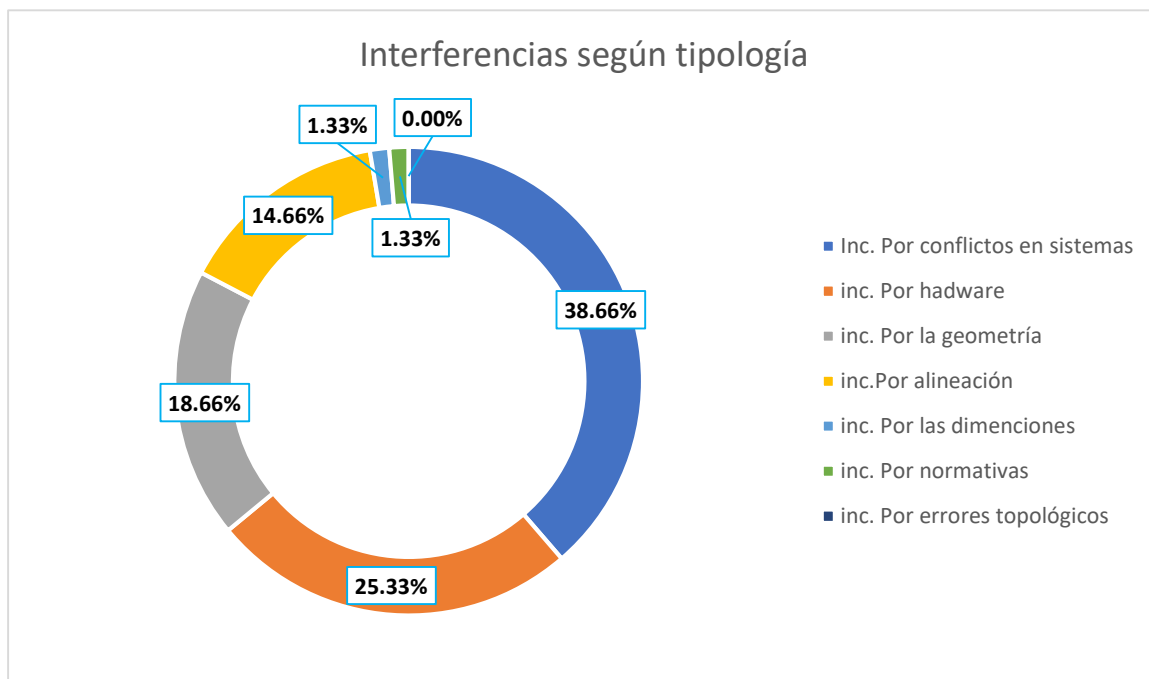
*Interferencias según tipología por especialidad.*

<b>Interferencias según tipología por especialidad</b>						
Inconsistencia	Sigla	Arquitectura	Estructuras	II. HH.	Total	%
Inc. por conflictos en sistemas.	CS	0	0	29	29	38.67%
Inc. por Hardware	IH	0	5	14	19	25.33%
Inc. por la geometría	IG	9	3	2	14	18.67%
Inc. por alineación	IA	10	1	0	11	14.67%
Inc. por las dimensiones	ID	1	0	0	1	1.33%
Inc. por normativas	IN	0	1	0	1	1.33%
Inc. por errores topológicos	ET	0	0	0	0	0.00%

*Nota.* elaborado por el autor.

**Figura 39**

*Interferencias según tipología por especialidad.*



*Nota.* Elaborado por el autor.

De la Figura 39, se deduce que se encontró la mayor cantidad de inconsistencias por conflicto en el sistema, representando el 38.66% de total. La inconsistencia por hardware es la segunda en contener el 25.33% de inconsistencias encontradas; la inconsistencia por geometría ocupa el tercer lugar con el 18.67%, mientras que las inconsistencias por alineación representan el 14.67% del total. Por último, las inconsistencias encontradas por dimensiones, normativas y errores topológicos tienen los porcentajes más bajos, siendo el 1.33%, 1.33% y el 0.00% respectivamente.

**Inconsistencias técnicas entre especialidad.** A partir de la interacción de los elementos modelados entre las especialidades (Tabla 4), se observa en la Tabla 19 que hubo cuarenta y ocho (48) interferencias de los elementos entre especialidades. De estas, veintidós (22) pertenecen a la

interacción entre la especialidad arquitectura y la especialidad de estructuras. Asimismo, en la interacción de especialidad de arquitectura con la especialidad de instalaciones hidráulicas se identificó catorce (14) interferencias. Por último, se identificaron doce (12) interferencias en interactuar la especialidad de estructuras con la especialidad de instalaciones hidráulicas.

**Tabla 19**

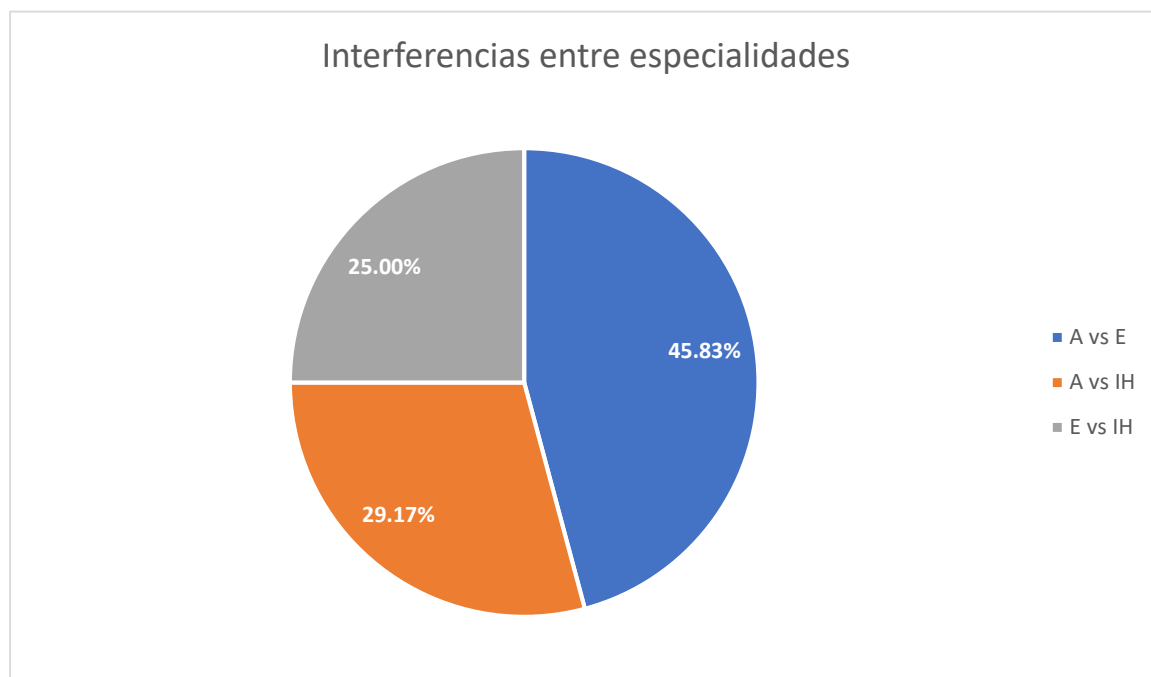
*Interferencias entre especialidades.*

<b>Interferencias entre especialidades</b>				
Especialidades	A vs E	A vs IH	E vs IH	Total
Interferencias	22	14	12	48
Porcentaje	45.83%	29.17%	25.00%	100.00%

Nota. Elaborado por el autor.

**Figura 40**

*Interferencias entre especialidades.*



Nota. Elaborado por el autor.

De la Figura 40, se deduce que en al interactuar la especialidad de arquitectura y estructura se encontraron mayor cantidad de interferencias entre elementos, representando el 45.83% de total. La interacción de las especialidades de arquitectura e instalaciones hidráulicas es la segunda en contener el 29.17% de inconsistencias encontradas. Por último, la interacción entre la especialidad de estructura e instalaciones hidráulicas cuenta con el 25.00% de las interferencias.

De igual forma, se logró identificar las inconsistencias técnicas según su tipología al interactuar entre especialidades. Se observa en la Tabla 20 que hubo cuarenta y ocho (48) interferencias de los elementos entre especialidades. De estas, treinta y cinco (35) son inconsistencias por geometría, diez (10) son inconsistencias por alineación. Asimismo, se identificaron tres (3) inconsistencia por dimensiones. Por último, no se identificaron inconsistencias por conflicto en sistema, normativas ni errores topológicos.

**Tabla 20**

*Interferencias según tipología entre especialidades.*

<b>Interferencias según tipología entre especialidades</b>						
Inconsistencia	Sigla	A vs E	A vs IH	E vs IH	Total	%
Inc. por la geometría	IG	10	14	11	35	72.92%
Inc. por alineación	IA	10	0	0	10	20.83%
Inc. por las dimensiones	ID	2	0	1	3	6.25%
Inc. por conflictos en sistemas.	CS	0	0	0	0	0.00%
Inc. por Hardware	IH	0	0	0	0	0.00%
Inc. por normativas	IN	0	0	0	0	0.00%
Inc. por errores topológicos	ET	0	0	0	0	0.00%

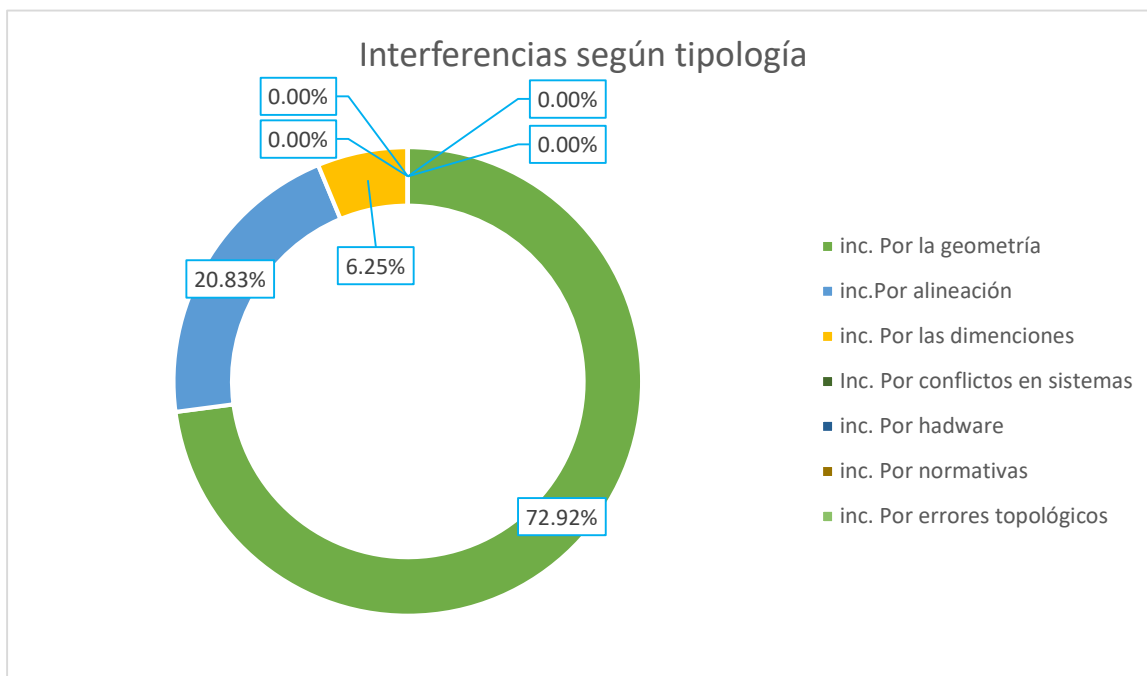
Nota. Elaborado por el autor.

De la Figura 41, se deduce que se encontró la mayor cantidad de inconsistencias al interactuar entre especialidades del tipo por geometría, representando el 72.92% de total. El tipo inconsistencia por alineación es la segunda en contener el 20.83% de las inconsistencias

encontradas, las inconsistencias por dimensiones ocupan el tercer lugar con el 6.25%, mientras que en los demás tipos de inconsistencias no se encontraron ninguna.

### Figura 41

*Interferencias según tipología entre especialidad.*



Nota. Elaborado por el autor.

### ***Impacto económico por la metodología BIM***

En la Figura 42 se observa el presupuesto del proyecto según el expediente técnico para la construcción de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>, el cual cuenta con un costo directo de 130,764.58 soles y un presupuesto total de 178,990.57 soles. Cabe mencionar que el presupuesto total incluye los gastos generales, la utilidad y el impuesto general a las ventas.

**Figura 42***Resumen del presupuesto del reservorio circular*

Proyecto: Mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable del Distrito de Palcamayo - Tarma - Junín

Cliente: Municipalidad Distrital de Palcamayo

Lugar: Junín - Tarma - Palcamayo

Item	Descripción	Precio Total - soles
01	OBRAS PRELIMINARES	769.35
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS	9,720.47
03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE	5,497.35
04	OBRAS DE CONCRETO ARMADO	84,056.78
05	CASETA DE VALVULAS, CLORACIÓN Y CAJA DE REBOSE	17,365.40
06	SUMINISTRO E INSTALACION HIDRAULICA	12,440.16
07	PISOS Y PAVIMENTOS	915.07
COSTO DIRECTO		130,764.58
GASTOS GENERALES 8.00%		10461.17
UTILIDAD 8.00%		10461.17
SUB TOTAL		151,686.92
I.G.V 18.00%		27,303.65
TOTAL PRESUPUESTO		178,990.57

*Nota.* Presupuesto del expediente técnico adaptado por el autor.

Debido a la escasez de contratistas especializados en la elaboración de expedientes técnicos bajo la metodología BIM en el Perú y a las recientes normativas propuestas por el Ministerio de Economía y Finanzas respecto al alcance del uso de esta metodología en infraestructuras de saneamiento, no se disponen de costos reales o porcentaje que se pueda asociarse al presupuesto de obra, para considerar la implementación de la metodología BIM en los proyectos bajo la metodología tradicional.

Sin embargo, ya existen varias empresas especializadas en el desarrollo de la metodología BIM en la etapa de diseño. Asimismo, en la actualidad se viene incrementando el mercado de profesionales especializados en el modelado de las distintas especialidades que contempla una infraestructura. Por lo que a a continuación se presenta costos estimados de los servicios prestados por lo modeladores según la especialidad y de los servicios de los coordinadores BIM (Tabla 21).

**Tabla 21**

*Tabla de costos aproximados por el servicio del profesional BIM.*

<b>Ítem</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo (S/)</b>
Modelador de Arquitectura	Serv.	4,500.00
Modelador de Estructura	Serv.	4,500.00
Modelador de Instalaciones hidráulicas	Serv.	4,500.00
Coordinador BIM	Serv.	6,000.00
<b>TOTAL</b>		<b>19,500.00</b>

*Nota.* Los costos con referente a los profesionales con montos obtenidos según cotización (Anexo 7), según el mercado.

**Tabla 22**

*Costo del reservorio + costo por incompatibilidades*

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Total (S/)</b>	<b>Porcentaje</b>
01	<b>Costo de ejecución del proyecto</b>		
	Reservorio circular	178,990.57	100.00%
02	<b>Costo por incompatibilidades en el diseño</b>		
	Inconsistencias Técnicas	19,500.00	10.89%
	<b>TOTAL</b>	<b>198,490.57</b>	<b>110.89%</b>

*Nota.* Elaborado por el autor.

En la Tabla 22 se detalla el presupuesto asignado para la construcción del reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>, alcanzando la suma de 178,990.57 nuevos soles. A esta cifra se le adiciona el costo derivado de las inconsistencias técnicas en el diseño, que asciende a 19,500.00 soles, resultando en el costo total del proyecto de 198,490.57 soles.

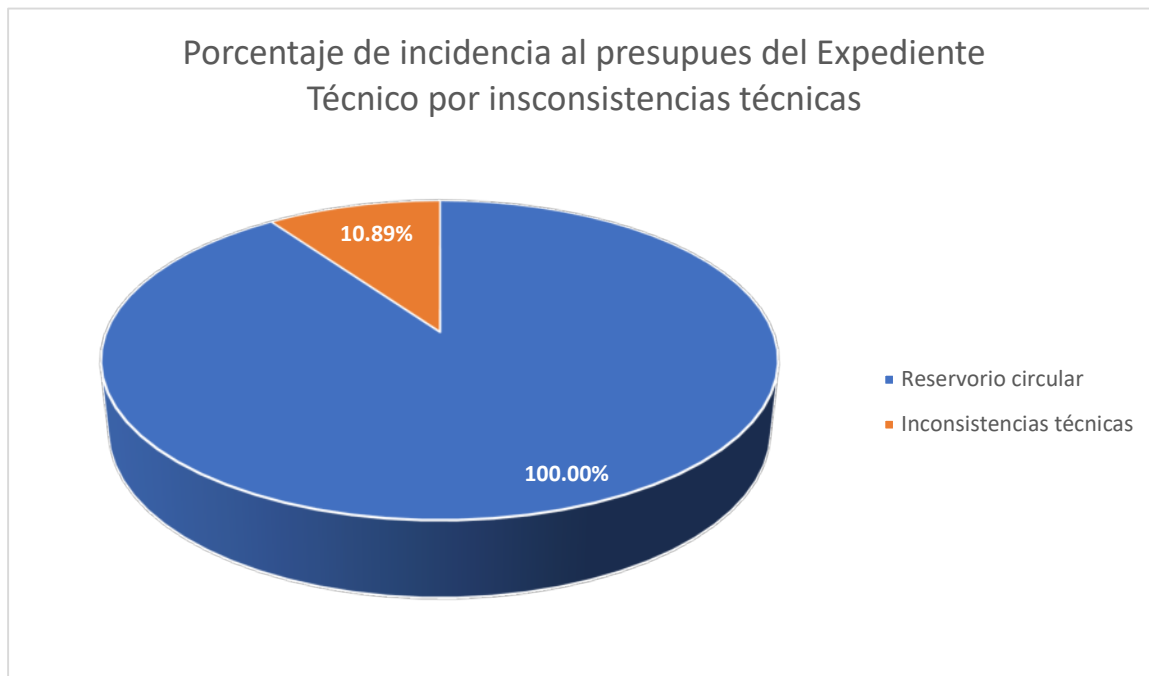
Es importante subrayar que el gasto asociado a la identificación y corrección de las inconsistencias técnicas durante la etapa de diseño de este reservorio circular representa el 10.89% del costo total de ejecución del proyecto (Figura 43). Este porcentaje refleja la inversión



necesaria para garantizar la integridad y coherencia del diseño, evidenciando la importancia de abordar proactivamente las incompatibilidades para lograr un proyecto exitoso.

### Figura 43

*Porcentaje de incidencia por inconsistencias técnicas.*



*Nota.* El gráfico muestra el porcentaje que se representa la identificación y subsanación de inconsistencias técnicas en la etapa de diseño con referente al presupuesto del expediente técnico. Elaborado por el autor.

### **Análisis Costos – beneficio**

El presente subcapítulo se evaluará los costos asociados con la aplicación de la metodología BIM en la identificación de inconsistencias técnicas durante la etapa de diseño del reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>. Este análisis se realizará en términos financieros y no financieros, proporcionando una visión integral de los beneficios obtenidos en comparación con los recursos invertidos.

### **Costos Asociados.**

El presente apartado evalúa los costos asociados con la aplicación de la metodología BIM en la identificación de inconsistencias técnicas durante la etapa de diseño del reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>, en comparación con la alternativa de no implementar la metodología BIM.

El ente local de Palcamayo para la identificación de inconsistencias técnicas mediante la implementación de la metodología BIM en la etapa de diseño de un reservorio circular de 2000 m<sup>3</sup> realizó una inversión total de S/ 35,250.00 soles como única inversión. Por otro lado, si la entidad no implementa de la metodología BIM en la etapa de diseño tendrá que realizar una inversión de 19,500 soles por cada expediente que manda a consultoría. Por lo tanto, la implementación de la metodología BIM en la etapa de diseño es una inversión a largo plazo, debido a que la entidad ahorraría 19,500 soles en la identificación y solución de inconsistencias técnicas por cada expediente, tal como se puede observar en la Tabla 23.

**Tabla 23**

*Costo – beneficios para la identificación y solución de inconsistencias.*

Nº	Descripción	Implementación de la Metodología BIM (S/)*	Sin implementación de la Metodología BIM (S/)**
1	Hardware y Software	33,000.00	-
2	Capacitación del personal en lo softwares BIM	1,500.00	-
3	Técnico especialista	750.00	-
4	Modeladores BIM	-	13,500.00
5	Coordinador BIM	-	6,000.00
<b>TOTAL</b>		<b>35,250.00</b>	<b>19,500.00</b>

*Nota.* \*Esta información es un resumen de las tablas descritas en el subcapítulo 0 Cuadro de inversión.\*\* información obtenida de la Tabla 21.

Beneficios Obtenidos. Los beneficios que se lograron identificar los cuales fueron derivados de la aplicación de la metodología BIM, fueron:

**Análisis Financiero.** Se obtuvo beneficios financieros al evitar gastos a la entidad al no contratar los servicios de terceros para la identificación y solución de inconsistencias técnicas evitando gastar un total de S/ 19,500.00 soles (Tabla 23) por expediente técnico bajo la metodología tradicional.

**Aspectos no financieros.** Además de los beneficios económicos, se considerarán aspectos no financieros como la mejora en la calidad del diseño; mediante la reducción de errores y retrabajos en el diseño, la eficiencia en la toma de decisiones y la colaboración entre equipos de trabajo.

### **Aporte más Destacable a la Institución**

La investigación sobre la aplicación de la metodología BIM en el diseño de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup> ha proporcionado valiosos aportes en diversas áreas. En primer lugar, la creación exitosa de un modelo digital 3D integral de la infraestructura hidráulica mediante el uso del software BIM, en este caso, Revit, representa un hito significativo. Este modelo tridimensional no solo visualiza la estructura en detalle, sino que también abarca las especialidades de arquitectura, estructura e instalaciones hidráulicas, ofreciendo una representación completa y precisa de la infraestructura.

Además, la detección de interferencias técnicas ha sido otro aporte clave. El análisis revela que la especialidad de instalaciones hidráulicas presentó la mayor cantidad de interferencias, destacando la importancia de abordar proactivamente estas inconsistencias durante la etapa de diseño. El estudio identificó no solo la cantidad de interferencias, sino también su tipología, lo que proporciona una comprensión detallada de los desafíos encontrados, incluyendo conflictos en sistemas, problemas de hardware, geometría, alineación, dimensiones y normativas.

En términos económicos, la investigación evaluó el impacto financiero de la metodología BIM en comparación con métodos convencionales. El análisis de costos reveló que el presupuesto total del proyecto se incrementó en un 11.17% debido a la inversión necesaria para abordar las inconsistencias técnicas detectadas durante la fase de diseño. Este enfoque económico destaca la relevancia de considerar los costos asociados con la identificación y corrección temprana de problemas para garantizar la integridad del proyecto.

Por último, el análisis costos-beneficio proporcionó una visión integral de los recursos invertidos en la implementación de la metodología BIM y los beneficios obtenidos. La

investigación mostró que, a pesar de la inversión inicial en hardware, software, capacitación y coordinación BIM, los beneficios incluyen la reducción de errores y retrabajos en el diseño, una mejora en la coordinación entre disciplinas y un ahorro significativo en el tiempo de ejecución del proyecto. Estos resultados respaldan la eficacia y la rentabilidad a largo plazo de la metodología BIM en la ingeniería hidráulica moderna.

## Conclusiones

El estudio sobre la identificación de inconsistencias técnicas en la etapa de diseño de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup> mediante la aplicación de la metodología BIM se beneficia de diversos antecedentes. Mendoza (2023) resalta la mejora en la productividad mediante la integración de BIM en proyectos inmobiliarios, demostrando una interacción ágil y la exportación eficiente de datos. Pillaca y Saavedra (2022) aportan la perspectiva de la optimización del diseño geométrico de infraestructuras viales, destacando la precisión en presupuestos mediante BIM. Del Carpio (2022) subraya la viabilidad de BIM en proyectos de inversión pública, aunque señala la necesidad de transformación digital. Espinel y Miranda (2021) evidencian la eficacia de BIM en la ejecución de proyectos multifamiliares, destacando la mitigación de costos y cambios en los plazos.

El presente estudio se beneficia de antecedentes clave en la aplicación de la metodología BIM para desarrollar un modelo digital 3D integrando todas las especialidades de un reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>. Mendoza (2023) aporta perspectivas sobre la integración de BIM en proyectos inmobiliarios, destacando la facilitación de la exportación de datos y una interacción ágil. Pillaca y Saavedra (2022) proporcionan experiencia en la implementación de BIM para optimizar el diseño geométrico de infraestructuras viales, resaltando la precisión en los presupuestos. Del Carpio (2022) ofrece insights sobre la aplicación de BIM en la revisión de proyectos de concesiones, subrayando su precisión en proyectos de inversión pública y la necesidad de transformación digital. Espinel y Miranda (2021) contribuyen con evidencia de la eficacia de BIM en proyectos multifamiliares, especialmente en la mitigación de costos y cambios en los plazos.

El estudio analizó las principales inconsistencias técnicas encontradas durante la etapa de diseño del reservorio circular de 200 m<sup>3</sup>. El análisis de las principales inconsistencias técnicas durante la etapa de diseño del reservorio circular de 200 m<sup>3</sup> se enriquece al considerar diversas experiencias previas en la aplicación de la metodología BIM. Mendoza (2023) destaca la utilidad de BIM en la integración con Lean Construction para mejorar la productividad en proyectos inmobiliarios, lo que podría proporcionar ideas sobre cómo abordar eficientemente las inconsistencias identificadas. Pillaca y Saavedra (2022) ofrecen lecciones aprendidas en la implementación de BIM para optimizar el diseño geométrico de infraestructuras viales, resaltando la precisión en los presupuestos, lo que podría ser relevante para la identificación y corrección de problemas en la etapa de diseño del reservorio. Del Carpio (2022) aporta conocimientos sobre la aplicación de BIM en la revisión de proyectos de concesiones, señalando su precisión en proyectos de inversión pública y resaltando la importancia de la transformación digital. Espinel y Miranda (2021) proporcionan evidencia de la eficacia de BIM en proyectos multifamiliares para mitigar costos excesivos y cambios en los plazos durante la ejecución del proyecto, lo que podría inspirar enfoques para abordar las inconsistencias en el reservorio.

El cálculo del impacto económico generado por la aplicación de la metodología BIM en la corrección de inconsistencias técnicas en el diseño del reservorio circular de 200 m<sup>3</sup> se beneficia de lecciones aprendidas en investigaciones anteriores. Mendoza (2023) destaca la mejora de la productividad mediante la interacción ágil facilitada por BIM, lo que podría sugerir eficiencias económicas en la subsanación de problemas identificados. Pillaca y Saavedra (2022) aportan la experiencia de obtener presupuestos precisos mediante BIM, indicando la relevancia de este enfoque para calcular el impacto económico de la corrección de inconsistencias. Del Carpio (2022) ofrece perspectivas sobre la precisión de BIM en proyectos de inversión pública,

destacando la pertinencia de esta metodología para evaluar económicamente la aplicación de correcciones. Espinel y Miranda (2021) proporcionan evidencia de la efectividad de BIM en mitigar costos y cambios en los plazos, sugiriendo que la aplicación de BIM en la corrección de inconsistencias podría tener un impacto positivo en los costos económicos. Estos antecedentes ofrecen un contexto valioso para entender cómo la implementación de BIM puede influir en el aspecto económico de resolver problemas técnicos en el diseño del reservorio.



## Recomendaciones

La formación continua en metodología BIM es esencial para garantizar que los profesionales estén al día con las últimas herramientas y prácticas en este campo dinámico. Se recomienda establecer programas de capacitación periódicos que aborden tanto las actualizaciones de software como las mejores prácticas emergentes en el uso de BIM. Además, se sugiere la participación en cursos, seminarios y talleres especializados para profundizar en aspectos específicos de la metodología.

Con el fin de optimizar la colaboración, se sugiere implementar protocolos y estándares internos para el uso de BIM. Esto implica la creación de directrices claras que estandaricen la nomenclatura, la organización de archivos y los procedimientos de trabajo. La definición de roles y responsabilidades específicos en el contexto de BIM también es fundamental.

Considerando la eficacia demostrada de la metodología BIM en la identificación y corrección de inconsistencias técnicas, se sugiere impulsar proactivamente la adopción de BIM en proyectos similares. Esto implica compartir las lecciones aprendidas y los resultados positivos obtenidos durante esta investigación con otros profesionales y equipos de proyectos. La difusión activa de estas experiencias puede contribuir a estandarizar procesos en la institución, mejorando la calidad general de los diseños y fomentando una cultura de innovación en la gestión de proyectos hidráulicos.

Para garantizar la continua utilidad del modelo 3D y aprovechar al máximo sus beneficios en la gestión de activos a largo plazo, se recomienda la implementación de un programa de mantenimiento BIM. Este programa debe establecer procedimientos regulares de actualización del modelo para reflejar cambios, mejoras y cualquier evolución del proyecto. De esta manera, se asegura que el modelo 3D sea una representación precisa y actualizada de la

infraestructura hidráulica, respaldando eficazmente las decisiones de mantenimiento y gestión de activos a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Para mantenerse a la vanguardia de la tecnología, se recomienda activamente la exploración y adopción de herramientas avanzadas de BIM. La constante evolución de estas tecnologías puede proporcionar funcionalidades y características innovadoras que ofrecen beneficios adicionales en términos de eficiencia y precisión en el diseño de infraestructuras hidráulicas. Mantenerse abiertos a la adopción de nuevas herramientas garantiza una implementación continua de las mejores prácticas y maximiza el potencial de mejora en futuros proyectos.

Con el objetivo de mejorar aún más la colaboración interdisciplinaria, se sugiere enfocarse en la optimización y actualización continua de los protocolos de colaboración. Asegurar que estos protocolos estén alineados con las últimas prácticas y estándares de la metodología BIM garantizará una integración efectiva de las disciplinas involucradas en proyectos futuros. Esta medida contribuirá significativamente a mantener la eficiencia en la identificación y resolución de problemas, fortaleciendo la coordinación global del equipo de trabajo.

Es crucial mantenerse a la vanguardia de las últimas tendencias en metodologías BIM. Se recomienda establecer un entorno propicio para la investigación continua, fomentando la exploración de nuevas prácticas y tecnologías relacionadas con BIM. Al incentivar la investigación, los profesionales pueden identificar y adoptar rápidamente enfoques innovadores, mejorando constantemente la eficacia de la implementación de BIM en proyectos futuros. Esto asegura que la institución se beneficie continuamente de las mejores prácticas y avances en la metodología BIM, maximizando su impacto a largo plazo.

## Referencias

- Álvarez, A. & Ripoll, V. & Campos, L. & Ortega, A. (2020). Lineamientos para la implementación BIM en la evaluación ambiental de la Vivienda Social. *Estoa*. 9. 79-90. 10.18537/est.v009.n018.a07. DOI: 10.18537/est.v009.n018.a07
- Autodesk. (2013). Breve explicación de "BIM" (Modelado de información de construcción) Autodesk. <https://www.autodesk.com/industry/aec/bim>
- Building SMART (2020). Guía BIM para propietarios y gestores de activos. <https://www.buildingsmart.es/recursos/gu%C3%ADa-bim-para-propietarios-y-gestores-de-activos/>
- Castillo Coronado, F. P., Castro Imán, J. Y., Garragate, N. A. A., & Ramos Farroñán, E. V. (2020). Metodología BIM en el desarrollo de proyectos de construcción moderna con miras al bicentenario. *ingeniería: Ciencia, Tecnología Innovación*, 7(1). <https://doi.org/10.26495/icti.v7i1.1356>
- Delgado-Hernández, David Joaquín, & Romero-Ancira, Liliana. (2013). Satisfacción de las necesidades del cliente en el sector vivienda: el caso del Valle de Toluca. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 14(4), 499-509. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-77432013000400004&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432013000400004&lng=es&tlng=es).
- Del Carpio-Sota R.A. (2022). Implementación de la metodología BIM para la revisión de proyectos en concesiones del ministerio de transportes y comunicaciones, 2019-2021. [Tesis de grado; Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/11672/40.1187.CE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Espinoza, J.A., García, K. F., Pumayali, A. S.y Montejo, R. (2020) Factores para la implementación de la metodología BIM en el diseño de condominios en Piura -2019. Rev. Tzhoecoen. Enero –marzo 2020. Vol. 12 / N° 1,pp. 38-52-ISSN: 1997-8731  
<https://revistas.uss.edu.pe/index.php/tzh/article/view/1244/1075>
- Espinel, S. F. F., & Miranda, V. M. G. (2021). Uso del enfoque de modelado de información de construcción (BIM) para determinar el impacto de los conflictos interdepartamentales en la finalización de un proyecto multifamiliar [Tesis de Pregrado, Universidad San martin de Porres]. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/9689>
- Ghaffarianhoseini, A., et al. (2017). Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 1046-1053.
- Gómez-Valdés, M., Acevedo-Acevedo, S., Alvarado, L. & Iturra-Molina, R. (2023). Impacto de la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción. *Revista Tecnología en Marcha*. 10.18845/tm.v36i7.6860.  
[https://www.researchgate.net/publication/373469375\\_Impacto\\_de\\_la\\_metodologia\\_BIM\\_en\\_la\\_gestion\\_de\\_proyectos\\_de\\_construccion](https://www.researchgate.net/publication/373469375_Impacto_de_la_metodologia_BIM_en_la_gestion_de_proyectos_de_construccion)
- ISO. (2018). Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling – Part 1: Concepts and principles.  
<https://www.iso.org/standard/68078.html>
- Instituto Nacional de Calidad. (2021). NTP-ISO 19650-1:2021. Organización y digitalización de la información sobre edificios y obras de ingeniería civil, incluyendo el modelado de la información de la construcción (BIM). Parte 1: Conceptos y principios. Lima: INACAL.

- Martín, L., & Justo, J. B. (2015). Análisis, prevención y resolución de conflictos por el agua en América Latina y el Caribe -. CEPAL. Serie de Recursos Naturales e Infraestructura.  
[https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/analisis\\_prevenccion\\_y\\_resolucion\\_de\\_conflictos\\_por\\_el\\_agua\\_en\\_america\\_latina\\_y\\_el\\_caribe\\_se\\_ruega\\_no\\_circular.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/analisis_prevenccion_y_resolucion_de_conflictos_por_el_agua_en_america_latina_y_el_caribe_se_ruega_no_circular.pdf)
- MEF. (2021). Norma Técnica de Introducción BIM. Ministerio de Economía y Finanzas.
- MEF. (2020). Plan de implementación y hoja de ruta del plan BIM.
- Meana, V., Bello, A., & García, R. (2019). Análisis de la implantación de la metodología BIM en los grados de ingeniería industrial en España bajo la perspectiva de las competencias. *Revista ingeniería de construcción*, 34(2), 169-180. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732019000200169>
- Medina Chocquetoy, P., Salomon Arce, N., & Gómez Minaya, R. (2020). Evaluación de la estimación de metrados para los costos de la partida de arquitectura de una obra retail en Lima en el 2019 con la implementación BIM. [Tesis de grado; Universidad Tecnológica del Perú].  
[https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3435/Pablo%20Medina\\_Nataly%20Salomon\\_Trabajo%20de%20Investigacion\\_Bachiller\\_2019.pdf?sequence=1](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3435/Pablo%20Medina_Nataly%20Salomon_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachiller_2019.pdf?sequence=1)
- Mendez-Mendoza, B. F., Quiroga-Caicedo, J. C. & Martinez-Cruz, J. C. (2021). Implementación la metodología BIM en la gestión de proyectos de infraestructura para una vivienda de interés social (VIS). [Tesis de grado; Universidad Cooperativa de Colombia].  
<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/31b16bdb-0adc-40d7-bb67-ae5f0c62e1c1/content>
- Mendoza-Baldeón, L. E. (2023). Aplicación de la metodología BIM para la etapa de planificación y control de obra bajo lineamientos Lean Construction en proyectos

multifamiliares [Tesis de grado; Universidad Peruana de ciencias Aplicadas].

[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/654792/MendozaB\\_L.pdf?f?sequence=3](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/654792/MendozaB_L.pdf?f?sequence=3)

Ministerio de Economía y Finanzas (2021). GUIA NACIONAL BIM, de

[https://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/guia\\_nacional\\_BIM.pdf](https://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/guia_nacional_BIM.pdf)

Ministerio de Economía y Finanzas. (2023). Guía Nacional BIM: Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM, Versión 2023 (actualización). Dirección General de Programación Multianual de Inversiones, Dirección de Política y Estrategias de la Inversión Pública.

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4333290/Gu%C3%ADa%20Nacional%20BIM%20-%20Gesti%C3%B3n%20de%20la%20informaci%C3%B3n%20para%20inversiones%20desarrolladas%20con%20BIM.pdf?v=1680013516>

Ministerio de Salud. (2023). Resolución Ministerial N° 339-2023/MINSA. Lima.

[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4327879/RD0003\\_2023EF6301.pdf?v=1679929113](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4327879/RD0003_2023EF6301.pdf?v=1679929113)

Montalván, J. W., & Ruíz, D. H. (2022). Evaluación del Diseño del Proyecto: “I.E. Secundario Santa Magdalena Sofia-Chiclayo”, Integración de Técnicas BIM para Detección y Manejo de Conflictos [Trabajo de Pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/10388>

Murguía, D. (2021). Investigación sobre el uso del modelo para la información (BIM) en proyectos para la construcción de Lima y Callao, parte 2. 26

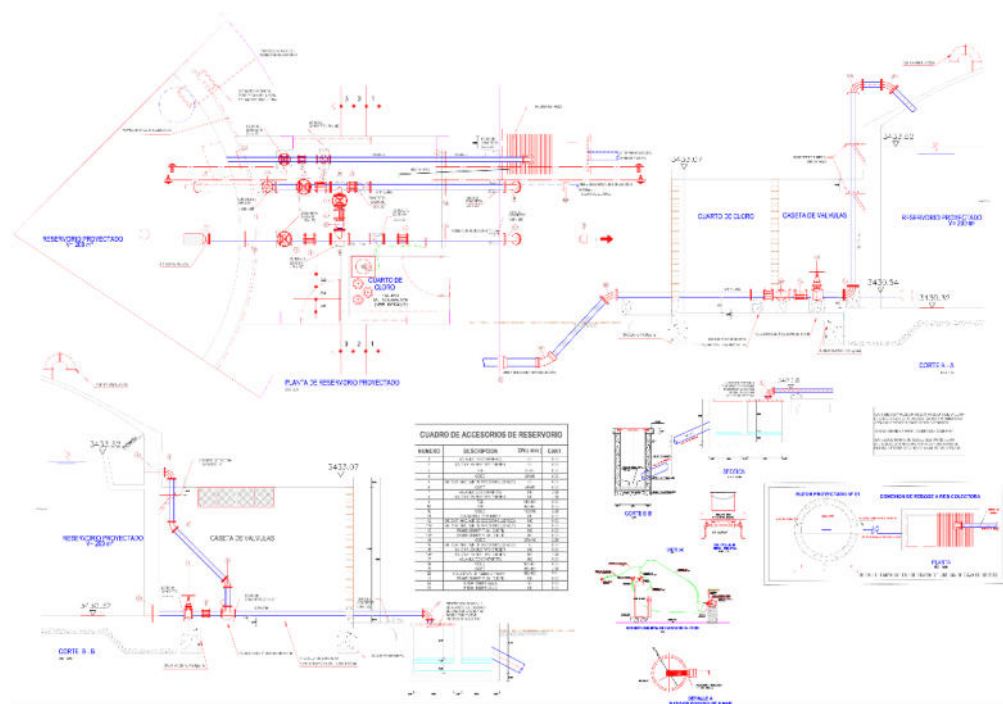
- Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2019). Informe Mundial de Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. UNESCO.
- Norma Técnica Peruana. (2021). Aceptación en inversión - Nota Técnica Studocu BIM Norma Técnica BIM NOTA TÉCNICA DE INTRODUCCIÓN BIM.
- Perez-Gonzales L. A. (2019). Posibilidades de la metodología BIM en la ingeniería Civil. [Tesis de grado; Universidad Politécnica de Madrid].  
[https://oa.upm.es/54370/2/TFM\\_LUIS\\_AUGUSTO\\_PEREZ\\_GONZALEZ.pdf](https://oa.upm.es/54370/2/TFM_LUIS_AUGUSTO_PEREZ_GONZALEZ.pdf)
- Pillaca-Álvarez, K. Saavedra-Soria, W. (2022). Aplicación de la metodología BIM, para la optimización del diseño geométrico de la vía evitamiento de Abancay – Apurímac, 2022. [Tesis de grado; Universidad César Vallejo].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/98387>
- Prieto Tibaduiza, W., Rocha Vega, S., Páez Martínez, H., & Lozano Ramírez, N. (2019). Propuesta de herramienta para la integración de BIM a la toma decisiones financieras en proyectos de construcción.
- Sánchez, P. K. M. (2021). Redcom Ingenieros ha utilizado el proceso BIM 3D para garantizar que todos sus diseños constructivos sean compatibles desde el principio., Lima, 2019 [Trabajo de Suficiencia Profesional; Universidad Católica Sedes Sapientiae].
- Succar, B., & Kassem, M. (2015). Macro-BIM adoption: Conceptual structures. *Automation in Construction*, 57, 64–79. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.018>
- Vitorino, B. P. (2022). Creación de planos y documentación BIM con Revit | Konstruedu.  
<https://konstruedu.com/es/blog/creacion-de-planos-y-documentacion-bim-con-revit>
- Zelaya-Jara, V. A. & Espinel Sangama, F. F. (2021). Aplicación de la metodología BIM en la identificación de interferencias interdisciplinarias para evaluar su influencia en la

ejecución de un proyecto multifamiliar [Tesis de grado; Universidad de San Martín de Porras]. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/9689?show=full>.

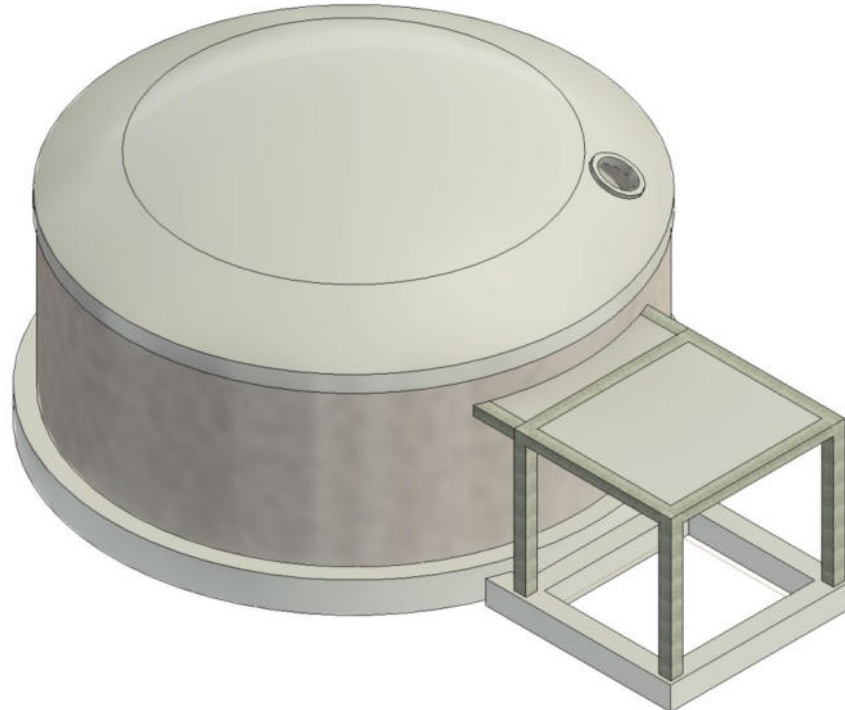


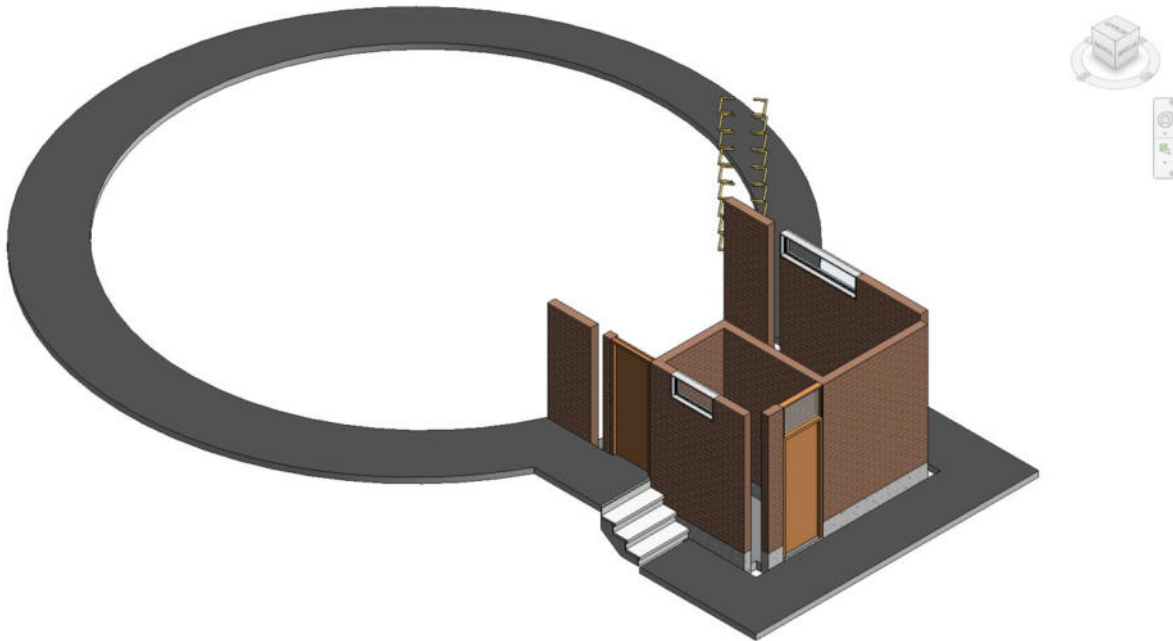
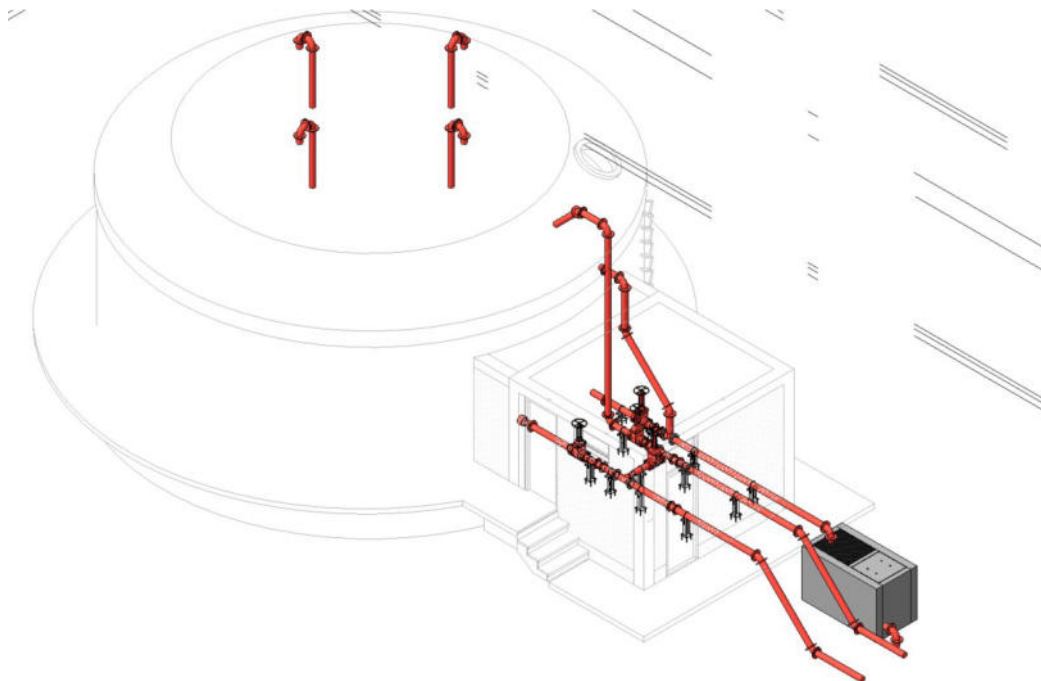


### Anexo 3. Plano de la especialidad de Instalaciones Hidráulicas, archivo CAD.



### Anexo 4. Modelado 3D de la especialidad de Estructura.



**Anexo 5. Modelado 3D de la especialidad de Arquitectura.****Anexo 6. Modelado 3D de la especialidad de Instalaciones Hidráulicas.**

## Anexo 7. Cotizaciones de los profesionales especialistas en modelamiento y coordinador BIM.



ING. WILLIAM OSCAR MARTINEZ PEREZ - CIP N° 230215

Tarma, 08 de diciembre de 2023

### COTIZACIÓN NRO. 0024 – 2023/WOMP

**SEÑOR**  
JULIO CÉSAR JESÚS VEGA VERASTEGUI

Presento.

**ASUNTO : SERVICIO DE MODELAMIENTO Y COORDINACIÓN BIM**

Por el presente mi persona William Oscar Martínez Pérez con RUC N° 10468287752, se dirige a Usd. para saludarlos y la vez remitirles la COTIZACION para la prestación de **SERVICIO DE MODELAMIENTO EN LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS Y COORDINACIÓN BIM**. Sin otro particular, a continuación, se muestra el detalle del precio del servicio a prestar:

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	P.U. (S/)	PARCIAL (S/)
A	Servicio de Modelamiento de la especialidad de Estructuras	GLB	1.00	4,500.00	4,500.00
B	Servicio de Coordinación BIM	GLB	1.00	6,000.00	6,000.00
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>10,500.00</b>
IGV 18%					1,890.00
<b>TOTAL + IGV</b>					<b>12,390.00</b>

**NOTA: El Precio Total de incluye:**

- Impuesto general a las ventas IGV
- Valides de la oferta, 07 días calendario

  
  
 WILLIAM O. MARTINEZ PEREZ  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 230215



**ING. LUIS ACLARI HUAYLLANI**  
CIP N° 235169

**RUC N° 10729406614**

Tarma, 06 de diciembre de 2023

**COTIZACIÓN N° 0015 – 2023/LAC**

**SEÑOR**

JULIO CÉSAR JESÚS VEGA VERASTEGUI

Presento.

**ASUNTO: SERVICIO DE MODELAMIENTO Y COORDINACIÓN BIM**

Por el presente mi persona Luis Aclari Huayllani con RUC N° 10729406614, se dirige a Usd. para saludarlos y la vez remitirles la COTIZACION para la prestación de **SERVICIO DE MODELAMIENTO EN LA ESPECIALIDAD DE II.HH. Y COORDINACIÓN BIM**. Sin otro particular, a continuación, se muestra el detalle del precio del servicio a prestar:

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	P.U. (S/)	PARCIAL (S/)
1	Servicio de Modelamiento en la especialidad de II.HH.	GLB	1.00	4,500.00	4,500.00
2	Servicio de Coordinación BIM	GLB	1.00	6,000.00	6,000.00
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>10,500.00</b>
IGV 18%					1,890.00
<b>TOTAL + IGV</b>					<b>12,390.00</b>

**NOTA: El Precio Total de incluye:**

- Impuesto general a las ventas IGV
- Valides de la oferta, 07 días calendario

  
  
 Luis Aclari Huayllani  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 235169

**JR. LOS INKAS N°861-SATIPO-SATIPO-JUNIN**

**CEL N° 996688960**



**Arq. Roberto Marcelo Lombardi Pozzo**

**CAP N° 6153**

**RUC N° 10296348797**

Tarma, 07 de diciembre de 2023

**COTIZACIÓN N° 0042 – 2023/RMLP**

**SEÑOR**

JULIO CÉSAR JESÚS VEGA VERASTEGUI

Presento.

**ASUNTO: SERVICIO COMO MODELADOR Y/O COORDINADOR BIM**

Por el presente mi persona Roberto Marcelo Lombardi Pozzo con RUC N° 10296348797, se dirige a Usd. para saludarlos y la vez remitirles la COTIZACION para la prestación de **SERVICIO DE MODELAMIENTO EN LA ESPECIALIDAD DE ARQUITECTURA Y/O COMO COORDINADOR BIM**. Sin otro particular, a continuación, se muestra el detalle del precio del servicio a prestar:

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	P.U. (\$/)	PARCIAL (\$/)
01	Servicio de Modelamiento en la especialidad de Arquitectura.	GLB	1.00	4,500.00	4,500.00
02	Servicio de Coordinación BIM	GLB	1.00	6,000.00	6,000.00
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>10,500.00</b>
IGV 18%					1,890.00
<b>TOTAL + IGV</b>					<b>12,390.00</b>

**NOTA: El Precio Total incluye:**

- Impuesto general a las ventas IGV
- Valides de la oferta, 07 días calendario

Roberto Marcelo Lombardi Pozzo  
ARQUITECTO CAP: 6153