

DETECCIÓN DE FALLAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA

Jonathan Morales Castro



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D.C.

2025

**Detección de fallas en la implementación de la metodología BIM
(Building Information Modeling) en proyectos de infraestructura**

Jonathan Morales Castro

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

Asesor Técnico: Ing. Diana María Jurado Gordo



Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D.C.

2025

Dedicatoria

Este proyecto de investigación está dedicado a mis familiares -mi madre especialmente- por su amor y paciencia incondicional; a mis profesores por su guía y conocimientos compartidos en estos años de estudio y a mis amigos por su ánimo. Gracias a cada uno por su contribución a mi crecimiento académico y personal. ¡Gracias!

Agradecimientos

Quiero expresar mis agradecimientos sinceros a todas aquellas personas que me apoyaron y guiaron en la realización de este proyecto. A mi asesora técnica Ing. Diana Jurado, por su orientación y por brindarme los conocimientos necesarios para llevar a cabo este trabajo. A mis compañeros de trabajo por brindarme la guía, la experiencia y los recursos necesarios para la realización de este proyecto, también extendiendo los agradecimientos a mis superiores por el respaldo brindado en este proceso. ¡Muchas gracias!

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2. JUSTIFICACIÓN.....	16
3. ANTECEDENTES	19
4. OBJETIVOS.....	21
4.1. OBJETIVO GENERAL	21
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
5. MARCOS REFERENCIALES.....	22
5.1. MARCO TEÓRICO.....	22
5.2. MARCO CONCEPTUAL	25
5.2.1. <i>Entorno Común de Datos</i>	<i>26</i>
5.2.2. <i>Archivo Central y Archivo Local.....</i>	<i>26</i>
5.2.3. <i>Punto de Reconocimiento y Punto Base de Proyecto.....</i>	<i>27</i>
5.2.4. <i>Plan de Ejecución BIM.....</i>	<i>28</i>
5.2.5. <i>Interoperabilidad de la información</i>	<i>29</i>
5.2.6. <i>Jerarquías en BIM</i>	<i>29</i>
5.2.7. <i>Roles en BIM</i>	<i>30</i>
5.2.8. <i>Nivel de Desarrollo y Nivel de Información.....</i>	<i>35</i>
5.2.9. <i>Requerimientos de Información del Cliente.....</i>	<i>38</i>
5.3. MARCO NORMATIVO	38
6. METODOLOGÍA	46
6.1. BÚSQUEDA EN BASES DE DATOS	46

6.2.	RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN BASADA EN LA EXPERIENCIA LABORAL.....	46
6.3.	SOBRE EL ESTUDIO DE CASO	47
7.	TIPOS DE FALLAS DETECTADAS	48
7.1.	FALLAS TÉCNICAS	48
7.1.1.	<i>Migración hacia la nueva CDE</i>	<i>48</i>
7.1.2.	<i>Fatal Error.....</i>	<i>53</i>
7.1.3.	<i>Cuando no sincronizan los modelos.....</i>	<i>55</i>
7.2.	FALLAS EN MODELADO	57
7.2.1.	<i>Desfases entre modelos.....</i>	<i>57</i>
7.2.2.	<i>Colisiones presentadas entre la misma disciplina.....</i>	<i>61</i>
7.2.3.	<i>Colisiones entre disciplinas</i>	<i>66</i>
7.2.4.	<i>Errores con familias en los modelos.....</i>	<i>68</i>
7.2.5.	<i>Mala asignación de los Worksets</i>	<i>73</i>
7.3.	FALLAS DE INFORMACIÓN	74
7.3.1.	<i>Mal diligenciamiento de la información en los parámetros.....</i>	<i>75</i>
7.3.2.	<i>Faltas en la carga de parámetros de información necesarios al modelo.....</i>	<i>76</i>
7.3.3.	<i>Parámetros duplicados</i>	<i>77</i>
7.3.4.	<i>Fallas en las revisiones de Calidad</i>	<i>78</i>
7.4.	FALLAS DE COORDINACIÓN	79
7.4.1.	<i>Cuando no existe coordinación ni comunicación adecuada</i>	<i>80</i>
7.4.2.	<i>Información que no es proporcionada desde coordinación.....</i>	<i>84</i>
7.4.3.	<i>Cuando los modelos no se cierran a tiempo</i>	<i>88</i>
7.4.4.	<i>Diferencias entre criterios</i>	<i>90</i>
8.	PLAN DE ACCIÓN	92
8.1.	SOLUCIONES A FALLAS TÉCNICAS	92
8.1.1.	<i>Contar con los equipos adecuados</i>	<i>92</i>
8.1.2.	<i>Uso de la CDE para el proyecto</i>	<i>96</i>

8.1.3.	<i>Sobre las demás fallas encontradas</i>	97
8.2.	SOLUCIONES A FALLAS EN MODELADO	99
8.2.1.	<i>Sobre las coordenadas del proyecto</i>	99
8.2.2.	<i>Soluciones a las colisiones</i>	100
8.2.3.	<i>Sobre el manejo de familias</i>	102
8.2.4.	<i>Manejo del Control de Calidad</i>	104
8.3.	SOLUCIONES A FALLAS DE INFORMACIÓN	105
8.3.1.	<i>La definición de parámetros necesarios en el proyecto</i>	105
8.4.	SOLUCIONES A FALLAS DE COORDINACIÓN	106
8.4.1.	DEFINICIÓN DEL TRAZADO DE TUBERÍA EN ALTURA ENTRE CIELO RASOS	107
8.4.2.	SOBRE LAS DIFERENCIAS DE CRITERIO	109
8.4.3.	SOBRE LOS ARCHIVOS DE INTERCAMBIOS DE INFORMACIÓN	109
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		110
BIBLIOGRAFÍA		112

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Punto de reconocimiento y punto base de proyecto.	28
Figura 2. Esquema de un Modelo Federado	30
Figura 3. Competencias Básicas para el rol de dirección.	32
Figura 4. Competencias Básicas para el rol de gestión.	33
Figura 5. Competencias Básicas para el rol de especialista.	34
Figura 6. Competencias Básicas para el rol de modelador.....	35
Figura 7. Componentes del Nivel de Desarrollo (LOD).	36
Figura 8. Esquema gráfico que las clasificaciones LOD de un elemento BIM.	37
Figura 9. Entorno de datos inicial del proyecto.	49
Figura 10. Entorno de datos actual del proyecto.....	50
Figura 11. Familia no abierta por problemas de interoperabilidad.	52
Figura 12. Familia actualizándose a versión actual para ser abierta.	52
Figura 13. Error inexplicado de Revit.	53
Figura 14. Reporte de error Autodesk.....	54
Figura 15. Fallido guardado como Archivo Local.	56
Figura 16. Fallida actualización de versión última.....	56
Figura 17. Desfase entre puntos base (Project Base Point).	58
Figura 18. Desfase entre dos modelos por puntos no alineados.	59
Figura 19. Desfase del sistema de Apantallamiento por puntos mal alineados.	59
Figura 20. Desfase de poste por cambios de en los niveles.	60
Figura 21. Colisión de tuberías eléctricas.	62
Figura 22. Colisión entre elementos eléctricos.	62
Figura 23. Colisión entre curvas de tubería eléctrica.	63

Figura 24. Colisión entre luminarias ubicadas en la misma ubicación.	63
Figura 25. Colisión entre cajas de inspección ubicadas en la misma ubicación.	64
Figura 26. Ubicación inaccesible de un interruptor.	65
Figura 27. Ubicación cuestionable de una luminaria.	65
Figura 28. Error por problemas de modelos enlazados.	66
Figura 29. Cruce de tubería con HVAC.	67
Figura 30. Cruce de varilla de puesta a tierra con banco de ductos de ICT.	67
Figura 31. Cruce de varilla de puesta a tierra con banco de ductos de ICT.	68
Figura 32. Mala conexión de tubería de iluminación con caja de paso.	69
Figura 33. Mala conexión de tubería de iluminación con salidas cableadas.	70
Figura 34. Mala conexión bajante de puesta a tierra con punta captadora de apantallamiento.	70
Figura 35. Misma familia cargada múltiples veces.	71
Figura 36. Advertencia al cargue de familias duplicadas.	72
Figura 37. Familias duplicadas cargadas en un modelo.	72
Figura 38. Herramienta de worksets.	73
Figura 39. Modelo enlazado con el workset mal asignado.	74
Figura 40. Modelo enlazado con el workset mal asignado.	75
Figura 41. Familia con los parámetros cargados.	76
Figura 42. Familia con los parámetros cargados.	77
Figura 43. Vistas en modelo mal nombradas.	78
Figura 44. Luminaria mal alineada respecto al poste.	79
Figura 45. Caja de inspección chocando por podo táctiles.	81
Figura 46. Colisión de luminaria con equipo de aire acondicionado.	82
Figura 47. Colisión de bandejas eléctricas con equipos de HVAC.	83

Figura 48. Mala coordinación entre el cielo raso con la ubicación de luminarias.....	84
Figura 49. Medidas dadas por coordinación en la escuela de aviación.	85
Figura 50. Colisión con HVAC de bandeja portacable eléctrica.....	86
Figura 51. Colisión de bandeja portacable eléctrica con tubería hidráulica.	87
Figura 52. Colisión múltiple de bandeja portacable eléctrica.	87
Figura 53. Múltiples colisiones con hidrosanitario congelado.	89
Figura 54. Altura de tubería 1.....	91
Figura 55. Altura de tubería 2.....	91
Figura 56. Herramientas de Sincronizar en Revit.	98
Figura 57. Familia de Triple Doble.	101
Figura 58. Estructura para el nombrado de familias.....	103
Figura 59. Flujo de trabajo del proyecto.....	106
Figura 60. Distribución de tuberías en altura de cielo rasos.	107
Figura 61. Distribución de tuberías en altura de cielo rasos para la torre de control. ..	108

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Normativa vigente en la metodología BIM.....	39
Tabla 2. Revit 2023 Mínimo configuración básica.....	93
Tabla 3. Revit 2023 Rentabilidad precio y rendimientos equilibrados.....	94
Tabla 4. Revit 2023 Rendimiento modelos complejos de gran tamaño.....	95
Tabla 5. Formato control ejemplo para inventario de familias.....	104

Resumen

Esta investigación se centra en identificar las fallas recurrentes que surgen en el modelado de información dentro de la metodología BIM (Building Information Modeling). Estas fallas, que suelen estar relacionadas con problemas de diseño y coordinación, pueden dar lugar a reprocesos que no solo incrementan los costos, sino que también afectan la eficiencia de los proyectos de infraestructura. Al abordar estos desafíos, buscamos desarrollar soluciones efectivas para la detección temprana de errores, lo que permitirá optimizar el uso de BIM y, en última instancia, mejorar la calidad del producto final en la industria de la construcción.

La base de esta investigación será información consultada previamente y el seguimiento de un caso de estudio, visto desde el desarrollo de diseños de redes eléctricas de un proyecto aeroportuario.

Palabras Clave: Fallas, Metodología, BIM, eficiencia, modelado, información, errores, diseño, costos.

Abstract

This research focuses on identifying recurrent failures that arise in information modeling within the BIM (Building Information Modeling) methodology. These failures, which are often related to design and coordination issues, can lead to rework that not only increases costs, but also affects the efficiency of infrastructure projects. By addressing these challenges, we seek to develop effective solutions for early error detection, which will optimize the use of BIM and ultimately improve the quality of the final product in the construction industry.

The basis of this research will be previously consulted information and the follow-up of a case study, seen from the development of electrical network designs of an airport project.

Keywords: Failures, Methodology, BIM, efficiency, modeling, information, errors, design, costs.

Introducción

La metodología BIM (del inglés Modelado de Información de Construcción) es una forma de trabajo colaborativo cuyo principal beneficio es la capacidad de ver, crear y actualizar un modelo en tiempo real. Esta forma de trabajo agiliza el proceso de diseño y construcción, mejorando la comunicación entre las partes involucradas. También permite incorporar tecnologías como la impresión 3D. (Universidad de Cataluña, s.f. párr.2).

En la metodología BIM, la transición de trabajar con base a elementos digitalizados en CAD (Computer Aided Desing) a modelos tridimensionales presenta retos y dificultades. Esto se debe al cambio de perspectiva de ver elementos en dos dimensiones a tres dimensiones, comunicarse entre disciplinas y la coordinación entre las mismas, contar con personal capacitado, la unificación de criterios entre los profesionales a cargo, entre otros factores. Aún persisten errores debido a fallas de origen técnico, tecnológico, financiero y sociológico, impactando negativamente el desarrollo de los proyectos con retrasos, reprocesos y pérdidas financieras.

En esta investigación se exploran las fallas comunes en el modelado BIM en proyectos de infraestructura, analizando cómo estas impactan el desarrollo de los mismos. A través de un estudio de caso se evidenciarán situaciones concretas y con base en los hallazgos obtenidos se propondrán soluciones y recomendaciones prácticas para optimizar el proceso.

1. Planteamiento del problema

Las fallas que se presentan durante la implementación de la metodología BIM en los proyectos de infraestructura, surgen por diversos factores: Humanos, tecnológicos, financieros o legales. Esta metodología es de trabajo colaborativo debe contar con objetivos claros y planeación; uno de los errores que se pueden presentar es la “falta de planificación y objetivos claros” según Loes Ingenieros (2023). Para este autor embarcarse en la metodología BIM es necesario comprender las necesidades específicas del proyecto y definir un plan detallado para su implementación (párr. 2).

Consecuentemente, durante el desarrollo de los proyectos con la metodología BIM, surgen numerosos errores relacionados con la interoperabilidad entre software, problemas de coordinación entre equipos y la falta de seguimiento del BEP (Plan de Ejecución BIM).

Adicionalmente, la escasez de personal capacitado, la incompatibilidad de versiones de software y los altos costos vinculados a la implementación (computadores adecuados, conexiones a Internet, servicios en la nube, soporte técnico, entre otros) agravan la situación.

También se presentan desafíos derivados con las limitaciones de espacio de almacenamiento en la nube y factores sociológicos que afectan la adopción de esta metodología. Por lo tanto,

¿Cuáles son las fallas recurrentes en la implementación de la metodología BIM y cuáles son las medidas que se pueden adoptar para dar solución a las mismas?

2. Justificación

Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativo para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo principal es centralizar toda la información del proyecto en un entorno de datos creado por sus agentes (BuildingSMART, s.f., párr. 1).

La Escuela Europea de Dirección y Empresa (2024) destaca la importancia de la colaboración y el trabajo en equipo en proyectos BIM. Señala que la metodología BIM transforma la forma en que los profesionales del sector de la construcción interactúan, permitiendo una comunicación más fluida y un intercambio de información en tiempo real. Esto no solo mejora la eficiencia, sino que también reduce errores y retrabajos, facilitando la coordinación entre las distintas disciplinas involucradas en un proyecto. Además, enfatiza que el éxito de la implementación de BIM depende en gran medida de la cultura organizacional y de la disposición de los equipos a colaborar y compartir conocimientos.

Esta metodología abarca todo el ciclo de vida del proyecto, el cual se divide en cuatro fases definidas: Planificación, Diseño, Construcción, y Operación y Mantenimiento. A continuación, se resume cada fase basada en el artículo Fases BIM: ¿Cuáles son y cómo planificarlas? (Editeca, 2024):

Planificación: Donde se establecen las fases del proyecto. Se definen los objetivos, se asignan los roles, se identifican las partes relacionadas como arquitectos, ingenieros, cliente, proveedores y demás partes interesadas en el proyecto.

Diseño: Se relaciona con el desarrollo digital del proyecto, la proyección del mismo. Se define entorno espacial, la geometría, la ubicación y relación de los elementos en el proyecto. También, se generan productos digitales como planos, renders, entre otros productos mostrando el proyecto final.

Construcción: El desarrollo físico del proyecto. Se materializa lo que se desarrolló en la fase anterior. Operación y Mantenimiento: Cuando se concluye el proyecto y se entrega al cliente, comienza su operación.

Según Vitorino (2020) “las dimensiones BIM consisten en sectorizar cada fase descriptiva del ciclo de vida del edificio, quedando integradas en el modelo grafico virtual o modelo digital”. De lo anteriormente mencionado, significa que las dimensiones BIM van estrechamente relacionadas con el ciclo de vida del proyecto, pero específicamente, integra procesos incidentes de los proyectos como Costos y presupuestos (5D), Tiempo (4D) y Sostenibilidad Energética (6D). Las siguientes definiciones fueron basadas del artículo Las 7 dimensiones BIM: ¿Cuáles son y para qué sirven? (Editeca, 2024):

1D Idea: Los fundamentos iniciales de los proyectos. Comprende de los estudios de viabilidad, la definición de las bases documentales y técnicas, de borradores de diseño y estimación monetaria.

2D Vectorización: Es la digitalización inicial del proyecto. El uso del CAD es mayor en esta dimensión.

3D Modelado: La digitación del proyecto orientada a objetos. Para diferenciarlo del anterior, se comienza a desarrollar la geometría en tres dimensiones del proyecto.

4D Planificación: El tiempo de desarrollo del proyecto y sus estimaciones. Desarrollo de cronogramas y listado de tareas a ejecutar.

5D Costes: Desarrollo de estimaciones económicas del proyecto.

6D Sostenibilidad Energética: Hace referencia al uso eficiente de la energía y sus certificaciones de sostenibilidad.

7D. Operación y Mantenimiento: Cuando el proyecto esté en uso. Se refiere al mantenimiento, reparaciones para alargar la vida útil de la edificación.

Este tipo de trabajo presenta desafíos durante su implementación, el motivo de esta investigación se enfoca en detectar las fallas recurrentes, proponer soluciones viables para minimizarlos o evitarlos se pueden adoptar.

3. Antecedentes

La implementación de la metodología BIM en Colombia ha experimentado un avance significativo en los últimos años, convirtiéndose en una metodología clave para la modernización del sector de infraestructura en el país. La adopción de esta forma de trabajo busca mejorar la eficiencia en los proyectos, reducir costos optimizar tiempos a través del desarrollo de modelos digitales integrados (Construdata, 2023).

Uno de los principales hitos en la adopción de BIM en Colombia fue la creación de BIM Forum Colombia en 2017, una iniciativa de la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL) impulsando el conocimiento y la aplicación BIM en el sector de la infraestructura. (Construdata, 2023). En el 2020, el Gobierno Nacional lanzó la Estrategia Nacional BIM 2020-2026, con el objetivo de implementar la metodología en todos los proyectos de infraestructura pública de manera progresiva. Las metas concretas establecidas son como la adopción en un 10% a 25% de los proyectos para el 2022, con la expectativa de alcanzar entre el 85% al 100% para el 2025, convirtiéndose en regulación para el 2026 (Castellanos, 2023).

El impacto ha sido relevante. Según el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), la implementación BIM puede reducir los costos en proyectos hasta en 15% (Construdata, 2023) al 20% en la fase de entrega (Castellanos, 2023). Además, la Encuesta Nacional BIM 2023 realizada por CAMACOL, de 643 empresas encuestadas, el 49% ya integran la metodología en sus procesos productivos, principalmente en las fases de planificación y estructuración de proyectos (Construdata, 2023).

A pesar de los avances, la implementación de BIM aún enfrenta desafíos. Entre ellos se encuentran la necesidad de estandarización, la capacitación de profesionales en el uso de la metodología, la integración efectiva entre disciplinas, estandarización de los niveles de detalle (LoD) y estandarización en el desarrollo de modelos (Castellanos, 2023).

En mi campo laboral, como modelador BIM, he evidenciado de primera mano cómo ciertos errores en el desarrollo de los modelos generan reprocesos innecesarios, afectando la eficiencia del proyecto retrasando los tiempos de entrega. Entre las fallas más comunes se encuentran la falta de coordinación interdisciplinar, omisión de información clave en las fases iniciales del proyecto, problemas técnicos con las herramientas BIM, la no unificación de las herramientas BIM y su mal uso, provocando colisiones, ajustes constantes y de último momento en los modelos. Esta experiencia me ha permitido adquirir la experiencia necesaria para profundizar sobre las fallas en el desarrollo de modelo bajo metodología BIM.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Determinar las fallas que suelen presentarse durante el modelado BIM en proyectos de infraestructura.

4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el desarrollo del modelado BIM de la disciplina eléctrica de un proyecto de infraestructura, identificando los retos que afectan su precisión, coordinación y eficiencia.
- Detectar las fallas, causas, consecuencias e impacto en el modelado BIM durante el desarrollo del proyecto.
- Presentar un Plan de acción para su mitigación y/o solución.

5. Marcos referenciales

5.1. Marco Teórico

El artículo presentado en la página Journal of BIM and Construction Management, titulado “LA PARTE HUMANA DEL BIM: TRES ESTUDIOS DE CASO” (Coloma et al, 2019), analiza la importancia del factor humano en la implementación y desarrollo de la metodología BIM a través de tres perspectivas diferentes:

La formación de equipos basada en talentos: Considera no solo tener en cuenta las competencias técnicas, sino los “Talentos” naturales de cada persona en el equipo. El resultado de esta perspectiva, fue el de un equipo de trabajo donde cada miembro se le asignó roles según sus talentos. El BIM Manager fue la persona con mayor talento en el área de liderazgo, aprovechando su entusiasmo y energía para afrontar grandes retos. Luego, la figura del BIM Coordinator fue para la persona como mayor talento en Relaciones, por la empatía y cercanía natural con las demás personas, resultaban en un valor añadido para coordinar equipos. El BIM Modeler fue la persona con talento en Ejecución, con capacidad de visualización y su capacidad de lograr objetivos fueron un valor añadido al proyecto. Y el rol de BIM Analyst, fue para la persona con Pensamiento Estratégico, esta persona se le da de forma natural el análisis de información y coherencia entre los datos aportados por el cliente y los datos del modelado.

La ejecución por medio de Lean Construction: Por esta filosofía, busca implantar sistemas gestión colaborativos en los proyectos de construcción, alineado a los objetivos que todos los agentes involucrados en el proyecto. Donde se establecen un sistema de gobierno basado en valores compartidos, facilitando la toma de decisiones promoviendo las relaciones gana-gana (win-win) donde los participantes buscan soluciones en beneficio de todos. Usando teoría de juegos, fomenta la colaboración entre equipos.

Esta forma de trabajo se implementó en el Hospital Santa Catalina en Girona (España), donde el sistema de gobierno, la toma de decisiones era colaborativa y se basaba en los objetivos consensuados previamente del proyecto. El responsable de la decisión final seguía siendo el mismo, se proponían varias alternativas, se discutían y evaluaban de manera conjunta entre los actores involucrados. Este sistema destaca la importancia que las personas involucradas, entiendan sus roles y responsabilidades en el proyecto.

Competencias sociales para la implementación BIM: La implementación BIM en un proyecto implica un proceso de cambio que conlleva a resistencia, como la negación, el miedo a lo desconocido, o expectativas poco realistas. Para superar esta barrera, el estilo de liderazgo juega un papel crucial. Si se necesita un liderazgo técnico, también se necesita un liderazgo empático, basado en la escucha activa y un rol de facilitador. El líder debe ser flexible, adaptándose a las circunstancias individuales de cada persona. Además, promueve un liderazgo compartido, que permite una visión amplia y fortalece la estructura organizacional facilitando la colaboración y aprovechamiento de los talentos de cada miembro del equipo.

En LinkedIn, se presentan estos tres artículos relevantes al tema a investigar:

Loes Ingenieros S.C. (2023) en su artículo nombrado “Los errores más comunes al implementar BIM y cómo evitarlos” menciona 7 de ellos que, en su concepto, son los más comunes en el momento de usar la metodología BIM en los proyectos. Estos errores incluyen: la falta de planificación y objetivos claros, resistencia al cambio y falta de capacitación, no establecer protocolos de colaboración, ignorar la gestión de la información, falta de coordinación entre las disciplinas, no aprovechar al máximo las capacidades BIM y la falta de revisión y control de calidad.

Tezanos (2022), en su artículo titulado “Claves para una implementación BIM exitosa”, ofrece pautas esenciales para implementar la metodología BIM en los proyectos. Uno de los puntos más destacados en su investigación es “Investiga qué software puede formar parte del proceso de implementación”, subrayando que no todos los programas disponibles en el mercado se adaptan a las necesidades específicas de cada proyecto. Este aspecto es crucial, ya que la elección inadecuada del software suele ser uno de los errores más comunes al implementar la metodología BIM.

En su artículo titulado “Riesgos BIM: ¿Implementar o NO la metodología BIM?”, Díaz, L. (2023) ofrece un análisis detallado de las dos perspectivas sobre la adopción de esta metodología, explorando tanto los beneficios como los riesgos asociados. A lo largo del texto, se discuten las posibles consecuencias de optar por implementar o no BIM, destacando que, aunque existen desafíos, la autora ofrece una opinión favorable hacia su implementación, enfatizando las ventajas que puede aportar a los proyectos en términos de eficiencia y colaboración.

Sobre el artículo: “Optimizando la gerencia como solución a la implementación fallida de metodologías BIM en proyectos de ingeniería en Colombia”. Ramírez (2023) presenta un punto de vista sobre las dificultades y fallos en la implementación de la metodología BIM en proyectos de infraestructura en Colombia. La autora menciona como causas de dichos fallos: Falta de capacitación y entrenamiento del personal, ausencia de respaldo por parte de la dirección, resistencia al cambio por parte del personal, falta de estandarización, falta de coordinación entre actores, alto costo de implementación, entre otros. También, propone opciones de desarrollo como unos puntos para una fase de implementación como generar una urgencia de cambio, crear equipos, definir un plan estratégico, eliminar barreras y frenos, desarrollo operativo, premiar éxitos y arraigar cambios. Definió las competencias gerenciales que se necesitan en la implementación de la metodología como liderazgo, comunicación efectiva,

conocimiento técnico, pensamiento estratégico, habilidades en la gestión de proyectos y capacidades para resolver problemas. Este artículo enfatiza que el éxito en la implementación de BIM no depende de aspectos técnicos, sino de una adecuada gestión organizacional.

5.2. Marco Conceptual

BIM (Building Information Modeling) es un conjunto de procesos y métodos para la generación y gestión de datos durante el ciclo de vida de un edificio (Universidad de Cataluña, s.f. párr. 1). La principal diferencia entre CAD y BIM radica en su enfoque y funcionalidad. Mientras que CAD (Computer Aided Design) se centra en la creación de dibujos bidimensionales y representaciones gráficas de los elementos de un proyecto, BIM abarca la modelización tridimensional y la gestión integral de la información a lo largo del ciclo de vida de la Edificación. BIM permite una colaboración más efectiva entre los distintos agentes del proyecto, facilitando la detección de colisiones y la optimización de recursos, lo que lo convierte en una herramienta más avanzada y eficiente en comparación con CAD (RF AECO Competence Center, s.f.).

La integración es clave para facilitar la transición de un método de trabajo a otro. Este concepto se refiere al uso de herramientas (software) en un entorno común, como la nube, accesible a través de Internet y operado por un equipo de agentes. ¿Qué ventajas ofrece este tipo de trabajo en comparación con la forma tradicional de abordar proyectos de ingeniería? Principalmente, mejora la comunicación y la socialización entre todos los involucrados en el proyecto. En el enfoque tradicional, los diseñadores suelen manipular la información de manera aislada, con escasa o nula comunicación con otros equipos, como distintas disciplinas, gerentes de proyecto o clientes, lo que genera ineficiencias. En cambio, la metodología BIM busca eliminar estos reprocesos al integrar modelos separados en un único modelo común, que es de fácil acceso, manejo y gestión.

5.2.1. Entorno Común de Datos

El Entorno Común de Datos (CDE), es una plataforma informática que permite recopilar, gestionar y difundir datos de modelo y documentación relacionada con el proyecto entre equipos multidisciplinares; permitiendo un proceso auditable, transparente y controlable (Bouzas, 2017, párr. 6).

Una CDE se basa en las siguientes características:

- **Acceso Centralizado:** Todos los participantes pueden acceder a la información desde un único lugar.
- **Actualización Continua o Simultanea:** Los datos se actualizan en tiempo real, garantizando que todos trabajen con la información más reciente.
- **Colaboración efectiva:** Mejora la comunicación y la coordinación entre equipos reduciendo errores y malentendidos.

Actualmente, el uso de CDE se ha vuelto pilar en la gestión de proyectos de infraestructura, facilitando el intercambio de información y la colaboración entre distintos equipos de trabajo. En el mercado, existen diferentes soluciones, cada una diseñada para cubrir las necesidades específicas de los proyectos usando BIM. Algunas de las opciones destacadas son Autodesk BIM 360, Autodesk Construction Cloud, Trimble Connect y BIMCloud (Bouzas, 2017).

5.2.2. Archivo Central y Archivo Local

Se define como Archivo Central al modelo principal del proyecto, el cual se almacena en una CDE (Entorno Común de Datos). Este modelo almacenado actúa como la fuente principal del proyecto, ya que contiene todos los elementos, vistas, planos y datos del mismo. Cuando se encuentra almacenado en una CDE, este modelo se comparte hacia los usuarios con acceso, siendo editable; esto asegura que los miembros del equipo de trabajo editen y cuenten

con la información más actualizada. Además, este modelo permite la coordinación y la integración con las demás disciplinas del proyecto. (Santamaría, s.f).

Cuando se refiere al concepto de Archivo Local, es la copia del archivo central que cada usuario descarga en su propio computador. Este archivo se utiliza para trabajar de forma independiente, pero sin afectar el archivo central. Esto permite realizar modificaciones y personalizaciones al archivo sin afectar el modelo central. Cuando se finaliza el trabajo individual, se pueden sincronizar los cambios realizados integrando al modelo central. Este procedimiento de sincronización permite la incorporación de nuevas ideas al diseño, adicionalmente, minimiza el riesgo de errores, dado que cada usuario pueda trabajar independiente mientras sigue contribuyendo al proyecto (Santamaría, s.f).

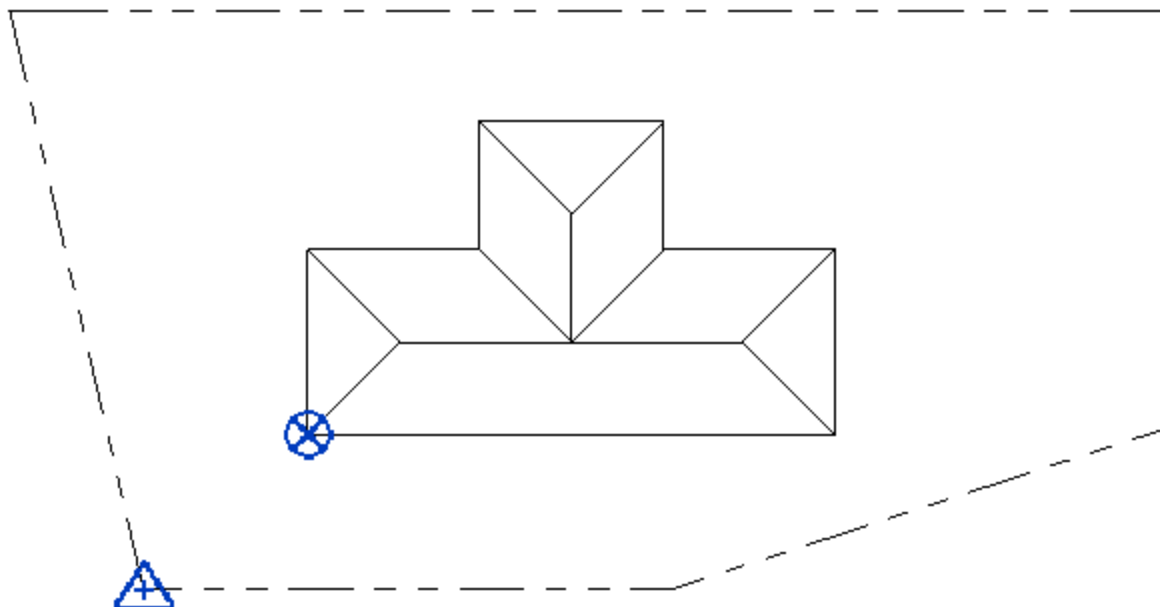
5.2.3. Punto de Reconocimiento y Punto Base de Proyecto

El punto de reconocimiento (Survey Point) o también conocido como punto topográfico en Revit, define el punto de referencia en el mundo real y se utiliza para alinear el modelo con sistemas de coordenadas externas (Autodesk, 2018a). Este punto permite ubicar con precisión el proyecto dentro de su entorno físico, asegurando la correcta integración con otras disciplinas, favoreciendo así un desarrollo coordinado, preciso y eficiente del modelo BIM.

El punto base del proyecto (Project Base Point) en Revit, permite establecer una referencia para la medición de distancias y la colocación de objetos en relación con el modelo (Autodesk, 2018b). Este punto define el origen (0,0,0) del sistema de coordenadas que es fundamental para posicionar correctamente los elementos durante el desarrollo del modelo. Las cotas y elevaciones de los objetos modelados, se basan en este punto.

Figura 1.

Punto de reconocimiento y punto base de proyecto.



Nota. En Revit, la forma triangular representa el punto topográfico (Survey Point), mientras la forma circular idéntica el punto base de proyecto (Project Base Point). Tomado de “Acerca de un punto base del proyecto”. Autodesk. 2018. <https://help.autodesk.com/view/RVT/2018/ESP/?guid=GUID-D4358965-4574-4C5F-9430-9ECD63BA847E>

5.2.4. Plan de Ejecución BIM

Un documento BEP (del Inglés Plan de Ejecución BIM) es aquel que define las bases y directrices específicas para la gestión de información en el proyecto. El BEP es el documento clave que establece como se implementará la metodología BIM en un proyecto de infraestructura. Su objetivo es definir las metas, procesos, herramientas, responsabilidades y roles de todos los participantes desde el inicio hasta la finalización del proyecto. Como es la hoja de ruta del proyecto, ayudar a garantizar que todos los participantes entiendan su rol, que estén alineados y se trabaje en la misma dirección, facilitando la colaboración y comunicación para la consecución del proyecto (Fenollosa, 2024).

5.2.5. Interoperabilidad de la información

La Interoperabilidad es la capacidad de diferentes soluciones de software para intercambiar datos a través de formatos de intercambio comunes según Ocean (2024a, párr. 1). En el BIM, la interoperabilidad se refiere a la capacidad de diferentes softwares para intercambiar datos, permitiendo leer y escribir los mismos archivos. Un ejemplo típico de interoperabilidad es la posibilidad de cambiar entre productos del sector sin perder datos. Esta capacidad evita el "bloqueo" de software, ofreciendo mayor libertad a las empresas para elegir soluciones según sus necesidades (Ocean, 2024a).

5.2.6. Jerarquías en BIM

Previamente al diseño, se necesita un orden de trabajo entre las disciplinas involucradas en el proyecto. Esta idea se refiere a las Jerarquías en BIM. Por proyecto puede variar dependiendo del nivel de complejidad y criticidad, cuya función es de categorizar y organizar de forma jerárquica, los elementos contenidos en un modelo como familias, parámetros e información. Este es el orden de disciplinas estándar en un proyecto (Muralit, 2019):

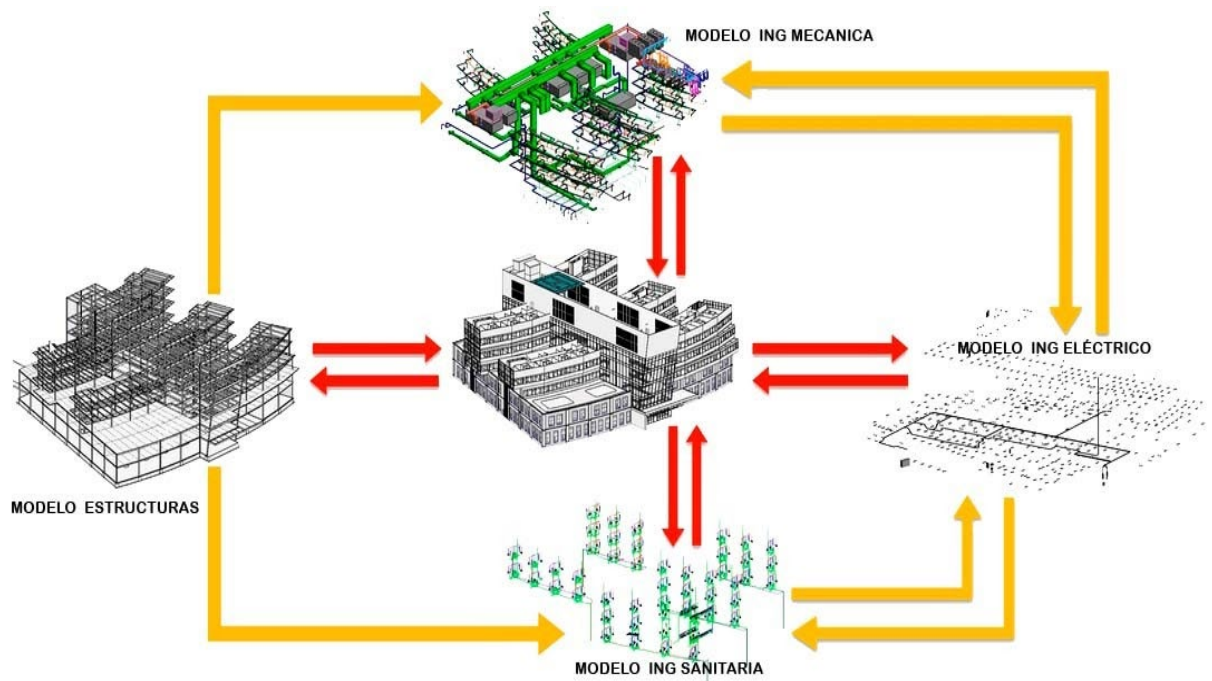
- Arquitectura.
- Estructuras.
- Fontanería.
- Electricidad.
- Mecánica.
- Coordinación

El Modelo Federado es la integración de múltiples modelos de información de diferentes disciplinas (como arquitectura, estructura, instalaciones mecánicas, eléctricas y plomería) en un único modelo centralizado. Este enfoque permite un entorno colaborativo en el que los equipos

de diseño y construcción pueden compartir y coordinar sus datos de manera eficiente, facilitando la colaboración y la gestión integral del proyecto (Díaz, D., 2023).

Figura 2.

Esquema de un Modelo Federado



Nota. Aquí se representa la integración de las diferentes disciplinas en un único modelo para su posterior procesamiento. Tomado de “Modelo Federado en BIM”. Díaz, D. 2023.

<https://es.linkedin.com/pulse/modelo-federado-en-bim-diana-diaz-xpxse>

5.2.7. Roles en BIM

Los roles en BIM, son funciones específicas que se pueden desempeñar de forma individual o grupal y que hacen referencia a los diferentes cargos y perfiles en distintas áreas de un proyecto. Estos roles operan en tres niveles: Corporativo, de Proyecto y de Tareas, y cada uno se encarga de manejar aspectos relacionados con el proyecto, la información y la calidad (BIM Forum Colombia, 2020).

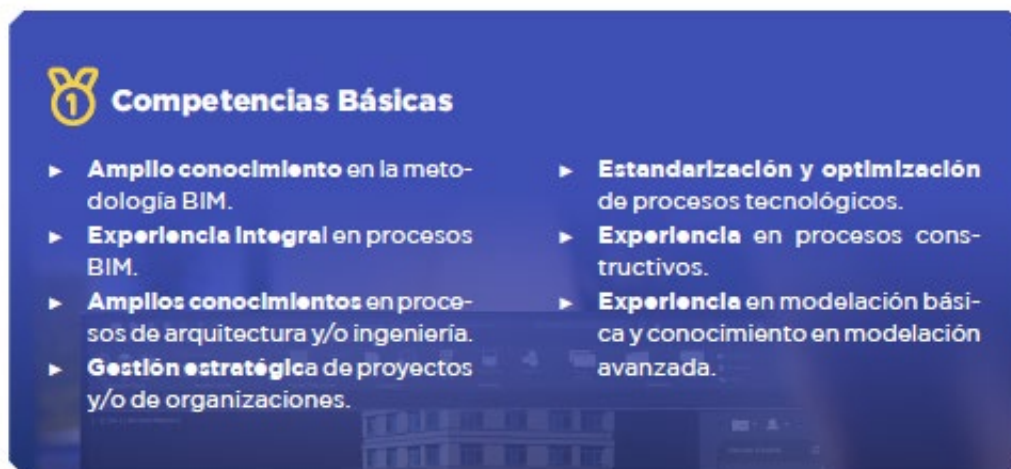
Según BIM Forum Colombia (2020), en el desarrollo de los proyectos en BIM, se definen cuatro tipos de roles que responden áreas como estrategia, gestión, producción y apoyo. Cada rol se asigna un perfil BIM, contando con las habilidades, competencias y experiencia necesaria, según el nivel jerárquico ocupado dentro de la organización. Los roles definidos son:

Rol de dirección BIM (Estratégico): Tiene un enfoque estratégico y se encuentra en el nivel más alto en la toma de decisiones dentro del proyecto; se asocia al BIM Manager. Sus funciones son de establecer objetivos a largo plazo para la implementación BIM en la organización, definir los estándares, procedimientos, gestionar riesgos y oportunidades en los proyectos (BIM Forum Colombia, 2020). Si el tamaño de la organización es más grande o el proyecto es de alta complejidad, este rol lo asume un equipo, en caso de organizaciones pequeñas, una persona puede cubrir este rol cubriendo tanto la estrategia, gestión y producción BIM.

La persona que ocupe este rol, debe contar con un conocimiento profundo y actualizado de BIM, de los procesos constructivos, supervisar a los equipos de trabajo y asegurar que los productos sean compatibles. Por lo tanto, este rol debe colaborar estrechamente con los demás equipos del proyecto para ajustar las necesidades en procesos y estándares BIM en el desarrollo del proyecto.

Figura 3.

Competencias Básicas para el rol de dirección.



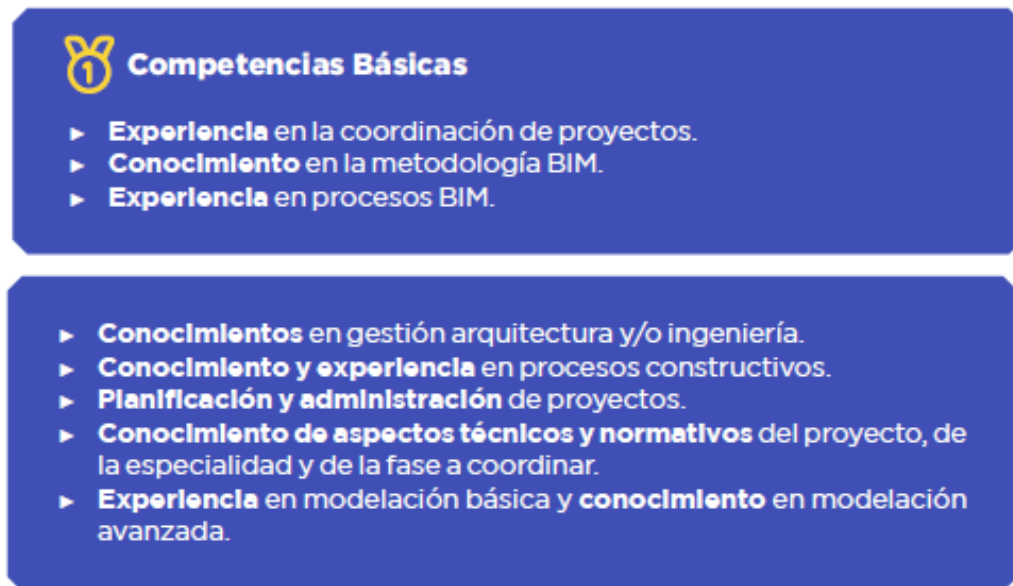
Nota. Estas competencias pueden ser definidas dependiendo de la complejidad del proyecto. Guía de Roles y Perfiles en la Metodología BIM. Tomado de “Guía de roles y perfiles en la metodología BIM”. BIM Forum Colombia. 2020. <https://camacol.co/descargable/01-roles-y-perfiles-bim>

Rol de Gestor BIM (Gestión): Este rol tiene un enfoque táctico. Abarca la toma de decisiones y acciones para implementar las estrategias BIM en el proyecto (BIM Forum Colombia, 2020).

Sus responsabilidades incluyen definir el alcance del trabajo de los roles de producción BIM, asegurar la calidad de los entregables, implementar protocolos de intercambio de información en flujos colaborativos, y consolidar la información y gestión a través del Plan de Ejecución BIM (BEP). También supervisa la revisión y autorización de información antes de su publicación, garantizando la calidad en función del proyecto asignado.

Figura 4.

Competencias Básicas para el rol de gestión.



Adaptado de “Guía de roles y perfiles en la metodología BIM”. BIM Forum Colombia. 2020.

<https://camacol.co/descargable/01-roles-y-perfiles-bim>

Rol de Especialista BIM (Producción): Tiene un enfoque operativo, concentrándose en aquellas tareas y procesos relacionadas con la operación del proyecto, con la gestión diaria de recursos, asignación de tareas y resolución de problemas operativos vinculados al desarrollo de la modelación por cada especialidad en el proyecto (BIM Forum Colombia, 2020).

Este rol se responsabiliza técnicamente por su especialidad, modelando y analizando la información asociada a los modelos como la coordinación, cuantificación, programación, materiales, etc. Adicionalmente, gestiona el control de calidad de los productos finales para disposición final del cliente.

Figura 5.

Competencias Básicas para el rol de especialista.



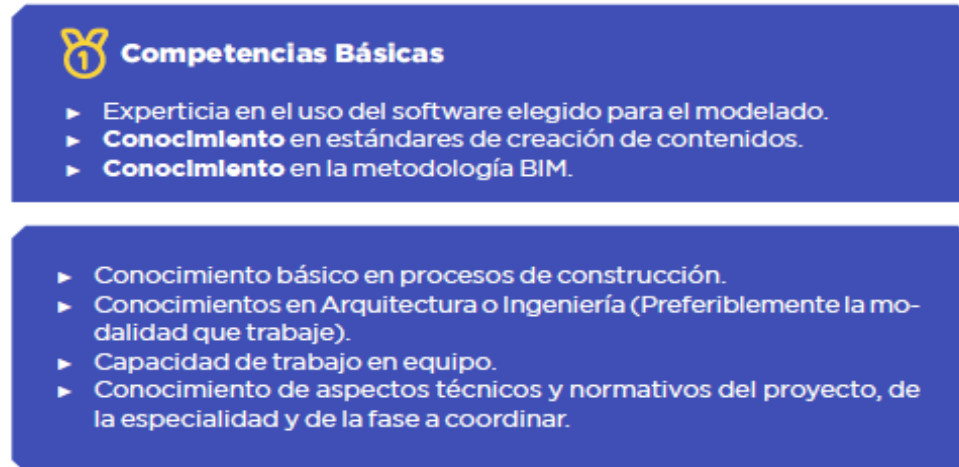
Tomado de "Guía de roles y perfiles en la metodología BIM". BIM Forum Colombia. 2020.

<https://camacol.co/descargable/01-roles-y-perfiles-bim>

Rol del modelador BIM (Producción): Es el rol encargado de aplicar las herramientas BIM para el desarrollo de los modelos en su disciplina. Sigue los procesos establecidos en el desarrollo de los diseños en el proyecto, aplicando estándares de modelado, coordinación, calidad, procedimientos definidos entre disciplinas. También se encarga de generar los productos entregables BIM, asegurar el control de calidad de los mismos hasta la entrega del producto final (modelos, planos, especificaciones, etc.) al cliente (BIM Forum Colombia, 2020).

Figura 6.

Competencias Básicas para el rol de modelador.



Adaptado de "Guía de roles y perfiles en la metodología BIM". BIM Forum Colombia. 2020.

<https://camacol.co/descargable/01-roles-y-perfiles-bim>

5.2.8. Nivel de Desarrollo y Nivel de Información

Según Sisternes (2023), un LOD (del inglés Nivel de Desarrollo) es un indicador de referencia que nos permite referenciar el grado de fiabilidad de los contenidos gráficos y no gráficos en un modelo. Su principal objetivo es evitar la falta de entendimiento, comprensión y comunicación entre los agentes del proyecto.

Figura 7.

Componentes del Nivel de Desarrollo (LOD).



Tomado de "Nivel de Desarrollo (LOD) en BIM: ¿Qué es y por qué es importante?". Sisternes, A. 2023.

<https://retokommerling.com/nivel-desarrollo-lod-bim/>

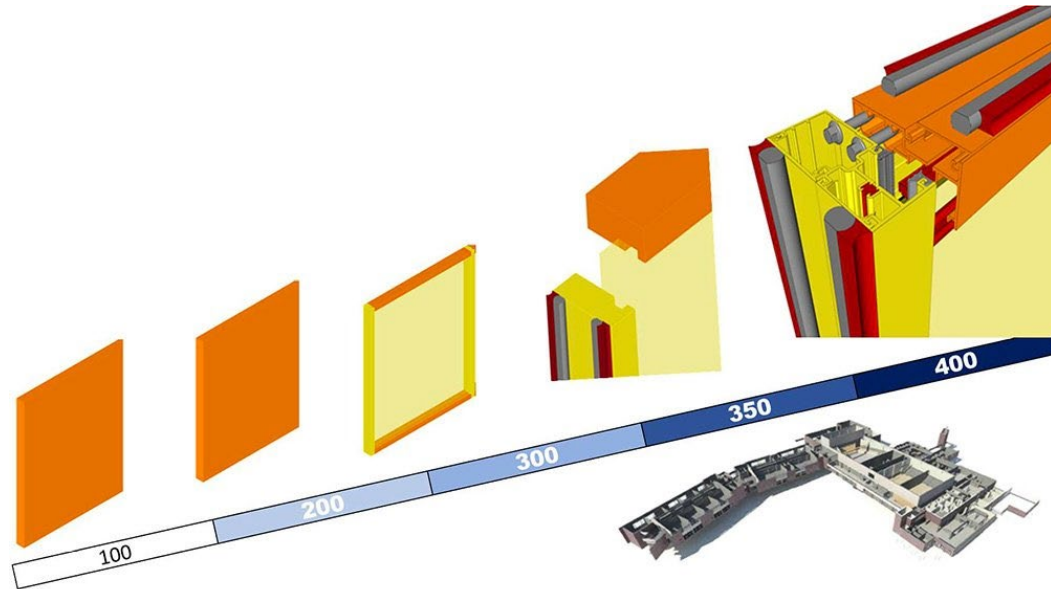
Los LOD se utilizan para organizar el progreso desde el concepto hasta el detalle durante el modelado BIM. Ayudan a identificar la precisión de los elementos modelados y a coordinar el trabajo entre colaboradores. Se aplican en las fases de diseño y construcción, y suelen al inicio del proyecto, al definirse en el Plan de Ejecución BIM (BEP), donde se establecen los entregables y los LOD que se alcanzarán en cada etapa (Sisternes, 2023).

Del Nivel de Detalle (LOD) y el Nivel de Desarrollo (LoD) suele ser confuso entre conceptos, son relacionados entre sí, pero sus alcances no:

- Nivel de Desarrollo: Alcanza la información gráfica y no gráfica. Cuando se refiere a información no gráfica, son los datos referentes al elemento modelado, ejemplo: las especificaciones técnicas de una ventana.
- Nivel de Detalle: Alcanza el detalle gráfico del elemento modelado. Del mismo ejemplo de la ventana, solo se centra en la forma visible de la ventana.

Figura 8.

Esquema gráfico que las clasificaciones LOD de un elemento BIM.



Tomado de “Nivel de Desarrollo (LOD) en BIM: ¿Qué es y por qué es importante?”. Sisternes, A. 2023.
<https://retokommerling.com/nivel-desarrollo-lod-bim/>

Los LOD se clasifican desde el LOD 100 hasta el LOD 500, incrementando el nivel de detalle y precisión en cada etapa (Sisternes, 2023):

LOD 100 Geometría Conceptual: Representación genérica del elemento. Por lo general, se presentan en formatos CAD.

LOD 200 Representación aproximada: Definición del elemento con dimensiones y geometría generales de los elementos. Se puede presentar en modelo, pero con una definición gráfica básica.

LOD 300 Precisión del elemento: Especificación detallada, con dimensiones, cálculos específicos, ubicación precisa permitiendo una medición fiable.

LOD 350 Elementos reales: Incluye tamaño, forma, ubicación definitiva, orientación y cantidades reales.

LOD 400 Detalles de montaje y fabricación: Información necesaria para la construcción de elemento.

LOD 500 Verificación en sitio: Instalación del elemento, como su mantenimiento y operación.

Como se menciona anteriormente sobre Información no gráfica, aparece otro concepto conocido como Nivel de Información (LOI). Según Ocean (2024b), un LOI se refiere a la cantidad y calidad de la información no gráfica asociada a los elementos modelados. Puede incluir desde materiales, especificaciones técnicas, información del fabricante, detalles de mantenimiento, entre otros datos. Se puede presentar en tablas, porque puede facilitar su cuantificación en el proyecto y estimación de costos.

5.2.9. Requerimientos de Información del Cliente

Un EIR (del Inglés Requerimientos de Información del Cliente), son documentos esenciales que detallan la información específica que el cliente desea que se incluya en el diseño y/o modelo BIM. Sirve como guía para que el equipo de trabajo, proporcione la información y soluciones necesarias para satisfacer las necesidades del cliente (BIM GYM, s.f.).

5.3. Marco Normativo

Las normativas establecen directrices que regulan la gestión de la información en los proyectos de infraestructura. Su propósito es garantizar la interoperabilidad, eficiencia y calidad en el desarrollo de modelos digitales, facilitando la colaboración entre disciplinas y optimizando los procesos de diseño, construcción y operación en los proyectos. A continuación, se mencionan las normas internacionales y locales (Para Colombia y Perú) que regulan el desarrollo de la metodología BIM.

Tabla 1.

Normativa vigente en la metodología BIM.

<i>Normativa Internacional</i>	
ISO 19650	Gestión de la Información en Proyectos BIM a nivel Internacional, estableciendo procesos para la colaboración y la organización de datos.
ISO 16739	Define el formato IFC (Industry Foundation Classes) como formato universal para la interoperabilidad entre distintas plataformas BIM.
BS 1192	Norma británica que establece metodologías para la gestión colaborativa de la información en proyectos BIM
PAS 1192	Extensión de la BS 1192, incluyendo especificaciones para la seguridad y el intercambio de datos.
<i>Normativa Colombiana</i>	
Guía BIM Colombia	Documentación elaborada por CAMACOL (Cámara Colombiana de la Construcción) en colaboración con el sector público y privado, orientado a la adopción de BIM en el país.
<i>Normativa Peruana</i>	
Decreto Supremo 289-2019-EF	Establece la obligatoriedad de BIM en proyectos de inversión pública a partir del 2022.
Plan BIM Perú	Estrategia nacional para la implementación del BIM en proyectos del sector público.
Norma Técnica BIM del Ministerio de Vivienda	Define lineamientos para la aplicación de BIM en proyectos de infraestructura pública.
Guía BIM Perú	Referencia para la adopción y estandarización de BIM en el país.

Elaboración Propia.

Norma ISO 19650 (2022) (Para Colombia NTC-ISO 19650): Es la norma internacional que establece los principios y requisitos para la gestión de información en proyectos desarrollados con metodología BIM. Se divide en 5 partes:

ISO 19650-1: Conceptos y principios: Establece los conceptos y principios fundamentales para la gestión de la información en entornos BIM, el objetivo es de mejorar la colaboración y la eficiencia en los proyectos de infraestructura. Esta norma proporciona una estructura estandarizada para el manejo de la información digital a lo

largo del ciclo de vida de un activo (edificio) desde la planificación y el diseño hasta la construcción, operación y mantenimiento.

Uno de los puntos que aborda la norma es la importancia de la colaboración en entornos BIM, asegurando que todos los agentes involucrados, trabajen bajo un mismo sistema de gestión de información, el concepto de Entorno Común de Datos (CDE) también se menciona, que facilita el almacenamiento, acceso y control de la información de proyecto en un espacio centralizado, reduciendo reprocesos.

También define roles y responsabilidades en la gestión de la información, asegurando que cada agente involucrado tenga claridad sobre su función en la producción, intercambio y validación de datos.

Destaca la importancia de gestionar los requisitos de información, diferenciando entre lo que necesita el cliente -dado en un EIR- y lo que se requiere para el desarrollo del proyecto (BEP). Se busca optimizar el flujo de trabajo, minimizar los errores y garantizar que los datos generados en el modelado sean útiles tanto en la construcción, como en la operación y mantenimiento del activo.

ISO 19650-2: Gestión de la Información: Establece los requisitos para la gestión de la información y entrega del proyecto BIM, asegurando que los datos sean precisos, accesibles y bien coordinados. También define los procesos de planificación, producción y entrega de la información, asegurando que cada fase del proyecto cuente con datos estructurados y verificables antes de ser utilizados en la toma de decisiones.

De los roles y responsabilidades, establece los flujos de trabajo y los criterios de validación para garantizar la calidad de los datos. Esta segunda parte de la norma, también regula el uso de los Planes de Ejecución BIM (BEP) y la Requisitos de Información del Cliente (EIR), documentos clave para coordinar modelado y su correcta aplicación.

ISO 19650-3: Fase de Operación de Activos: El propósito es organizar y digitalizar la información relacionada en los proyectos de ingeniería. Concretamente, se enfoca en la fase operativa de los activos (modelos, especificaciones técnicas, memorias de cálculo y todos los productos digitales relacionados en el proyecto) estableciendo requisitos y lineamientos para gestionar la información a lo largo de la operación y mantenimiento.

En esta parte de la norma, se requieren procesos de gestión de la información que garanticen la actualización y revisión periódica del modelo. Esto incluye sostener la trazabilidad de los datos, desde su almacenamiento hasta la manera en que se modifican los modelos y demás información a lo largo del tiempo. Además, se deben conservar la coherencia y calidad para asegurar que la información sea confiable en todo el ciclo de vida del proyecto.

Por otro lado, resulta fundamental utilizar formatos abiertos que permitan compartir la información de forma fluida entre distintas plataformas y sistemas de gestión. Este aspecto en conjunto con el almacenamiento, el archivado y la documentación adecuada de la información, por ejemplo, el orden de las carpetas en una CDE, de modo que facilite su acceso y continuidad en el futuro (BSI, 2020).

ISO 19650-4: Intercambio de Información: Su principal objetivo detallar el proceso y los criterios necesarios para llevar a cabo los intercambios de información a lo largo de las fases de desarrollo y operación de los activos. Es una extensión de la Parte 3.

Abarca la producción hasta la publicación de datos en una CDE, estableciendo puntos de decisión (aprobación y autorización) para garantizar la calidad antes de compartir la información. Define criterios de revisión y aceptación que incluyen la conformidad con esquemas y formatos, la coherencia e integridad de la información y

plantea mecanismos de control de calidad para sostener la trazabilidad de los datos. Promueve el uso de formatos abiertos que faciliten la interoperabilidad, nomenclatura consensuada para los modelos y documentación, incidiendo en la colaboración entre equipos. Por otro lado, especifica la asignación de responsabilidades y herramientas necesarias para resolver problemas que a la vez permite ajustar los procesos según el tamaño y complejidad del proyecto, permitiendo la agilidad en el manejo de la información para optimizar los resultados (BSI, 2021).

Esta norma facilita el uso de los formatos IFC que se explicara de la norma ISO-16739.

ISO 19650-5: Gestión de seguridad de la información: Aborda los riesgos asociados a la digitalización y al intercambio de los datos e información en los proyectos de infraestructura. La norma establece medidas para proteger la información sensible, asegurando los permisos permitidos con el fin de reducir el riesgo a vulnerabilidades cibernéticas. Introduce el concepto de Entorno de Información Seguro, donde define los protocolos de acceso, almacenamiento y colaboración de datos para garantizar la seguridad e integridad de la información.

La norma recomienda la implementación de estrategias de mitigación de riesgos, promoviendo la identificación temprana de amenazas y estableciendo controles para evitar el mal uso de la información. También define responsabilidades para la gestión de datos en todas las fases de proyecto, asegurando que la información este protegida a lo largo del ciclo de vida de los proyectos.

Norma ISO 16739 (2024): Es la norma que define el formato Industry Foundation Classes (IFC), como un formato abierto orientado al intercambio y la interoperabilidad de información en proyectos de arquitectura, ingeniería y construcción, así como en el ámbito de la gestión de instalaciones.

Esta norma propone un formato abierto que permite a distintos programas y plataformas intercambiar datos sin depender de formatos individualizados y propietarios, garantizando la interoperabilidad a lo largo del ciclo de vida de un activo, desde el diseño hasta la operación. El esquema de datos describe elementos de construcción (muros, vigas, tuberías, etc.) juntos con sus propiedades y geometrías facilitando la coordinación, la creación de metadatos y la vinculación de diferentes componentes. El IFC se enfoca en la colaboración entre profesionales y la gestión eficiente de la información, evitando errores y simplificando procesos.

Adicionalmente, su neutralidad fomenta la adopción de estándares BIM, facilita la trazabilidad y reutilización de los modelos en las diversas etapas del proyecto, y reduce costos y riesgos al enlazar herramientas de diseño, cálculo, planificación y mantenimiento.

Nota. Las partes ISO 19650-3, ISO 19650-4 e ISO 16739 para el momento de su consulta, no se encontraban disponibles en las bases de datos de ICONTEC con el acceso brindado desde la universidad. Por lo tanto, se tomó como referencia la normatividad estandarizada británica e irlandesa para su consulta; las bases de datos investigadas fueron la British Standards Institution (BSI) y la National Standards Authority of Ireland (NSAI).

En Colombia, no existe regulación legal de carácter obligatorio para la implementación de la metodología BIM en proyectos de infraestructura y construcción. Sin embargo, en los últimos años, se han logrado avances en la estandarización y adopción progresiva de BIM, impulsados principalmente por el sector privado y algunas entidades gubernamentales.

Iniciativas como BIM Forum Colombia y la Guía BIM Colombia, se han establecido lineamientos y mejores prácticas para fomentar esta metodología en el país. A continuación, se explica esta iniciativa.

Guía BIM Colombia: desarrollada por BIM Forum Colombia, establece directrices para las buenas prácticas en la implementación de la metodología BIM en el país. Son kits de documentos buscando estandarizar el modelado BIM desde varias perspectivas, abordando

aspectos clave como el manejo de coordenadas, unidades de medida, escalas, separación de modelos, niveles de desarrollo (LOD) y convenciones gráficas. Además, estos documentos guía, se basa en estándares y experiencias previas de diversas empresas participantes, con el objetivo de documentar y promover las mejores prácticas profesionales en el sector de la construcción en Colombia.

En el siguiente link, se encuentra la documentación guía para la implementación BIM <https://camacol.co/productividad-sectorial/digitalizacion/bim-forum/bim-kit>

Nota. Durante la consulta de este material, no se encontró información específica sobre más iniciativas promovidas en Colombia sobre BIM.

En Perú, la regularización de BIM ha avanzado a través de normativas que promueven su adopción en proyectos de inversión pública. Como el Decreto Supremo N° 289-2019-EF establece la incorporación progresiva de BIM en el sector público, con el objetivo de mejorar la planificación, eficiencia y transparencia de la ejecución de infraestructuras. Como parte de esta estrategia, se implementó el Plan BIM Perú, que da los lineamientos para la estandarización, capacitación y uso obligatorio de BIM en las entidades públicas.

Decreto Supremo N° 289-2019-EF: Establece los lineamientos para la implementación progresiva de la metodología BIM en los procesos de contratación pública en Perú; esta norma se enmarca dentro del Plan BIM Perú liderado por el Ministerio de Economía y Finanzas cuyo objetivo principal es mejorar la calidad, eficiencia y transparencia en la ejecución y mantenimiento de infraestructuras públicas a través de la digitalización.

Para garantizar una implementación efectiva, el decreto establece principios fundamentales como la eficiencia, calidad, colaboración, transparencia y coordinación, asegurando que la adopción BIM contribuya a reducir sobrecostos y atrasos en la ejecución de obras. Asimismo, introduce criterios clave en la implementación

progresiva, considerando factores de capacidad técnica de las entidades públicas, la complejidad de los proyectos y la estandarización (Ministerio de Economía y Finanzas de la Republica del Perú, 2019).

Plan BIM Perú: Es una iniciativa del Ministerio de Economía y Finanzas que busca implementar de manera progresiva la metodología BIM en los procesos de inversión pública de infraestructura en el país (Ministerio de Economía y Finanzas de la Republica del Perú, s.f., párr. 1).

Para lograr una adopción efectiva de BIM, establece cuatro líneas estratégicas:

1. Establecer liderazgo público: Garantizar la continuidad del plan mediante el monitoreo y acompañamiento a las entidades públicas en el proceso de adopción BIM.
2. Construir un marco colaborativo: Elaborar normas, estándares y documentos técnicos que orienten a las entidades públicas en la implementación de BIM a nivel organizacional y de proyectos.
3. Aumento de la capacidad de la industria: Promover el desarrollo de capacidades humanas y tecnológicas, fortaleciendo las capacidades técnicas.
4. Comunicación de la visión: Desarrollar herramientas y canales de comunicación para informar de manera clara y transparente los avances de la implementación de BIM en los niveles del gobierno.

Con esto, se busca garantizar una adopción efectiva del BIM, mejorando la transparencia en la ejecución de proyectos de infraestructura (Ministerio de Economía y Finanzas de la Republica del Perú, s.f.).

6. Metodología

La metodología empleada en esta investigación se base en dos enfoques principales: la búsqueda de información en bases de datos y la recopilación de información basada en la experiencia laboral. Ambas estrategias se complementan para proporcionar un análisis completo enriquecido de la problemática.

6.1. Búsqueda en bases de datos

Se realizó una búsqueda de información en bases de datos académicas como Google Scholar, Scopus, Dialnet, Scielo y el repositorio de la misma universidad, entre otras bases de datos; redes sociales profesionales como LinkedIn. El objetivo de esta búsqueda fue identificar estudios previos, artículos y trabajos de investigación enfocados especialmente con la problemática tratada. Se emplearon palabras y combinaciones clave, tales como “[BIM AND FALLAS]”, “[BIM AND DETECCION DE FALLAS]” y “[BIM AND ERRORES]”, con el fin de obtener resultados actualizados y relevantes. La información obtenida de estas fuentes fue organizada y analizada para identificar tendencias y vacíos existentes sobre el tema.

6.2. Recopilación de información basada en la experiencia laboral

Se incorporó para esta investigación, un enfoque empírico basado en la experiencia personal adquirida en el cargo durante el tiempo de trabajo como modelador BIM de redes eléctricas. Este conocimiento obtenido debido a la práctica cotidiana y la interacción con los distintos ámbitos de mi trabajo permitió proporcionar un contexto más amplio a las situaciones presentadas de este estudio. Se presenta un estudio de caso, el diseño eléctrico de un aeropuerto, usando como base registros gráficos y el uso de documentación permitida, facilitando una recopilación y reflexión de las experiencias diarias, identificando situaciones específicas, permitiendo una evaluación relevante para proponer soluciones a dichas situaciones.

Este enfoque metodológico combinado, fortalece los hallazgos del estudio al integrar información teórica y empírica obtenida de la literatura como conocimiento práctico adquirido desde mi vida laboral.

6.3. Sobre el estudio de caso

El caso a presentar es la construcción de un nuevo aeropuerto en Perú, destinado a reemplazar la infraestructura existente y mejorar el servicio aeroportuario en la región. Actualmente en desarrollo, este proyecto busca optimizar la conectividad y capacidad operativa mediante un diseño moderno y eficiente.

7. Tipos de fallas detectadas

7.1. Fallas Técnicas

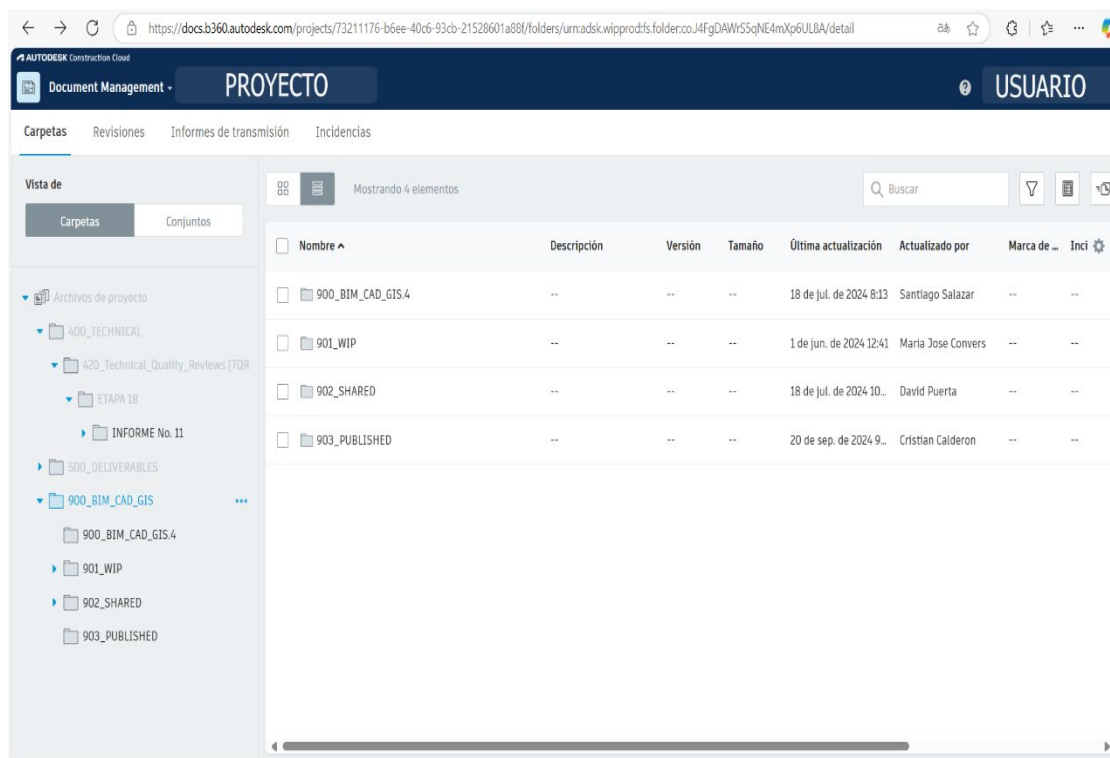
Las fallas relacionadas con el software de trabajo (Revit) y con el Entorno Común de Datos (CDE) pueden afectar seriamente el flujo de trabajo. Errores como el Fatal Error, archivos corruptos o problemas de sincronización generan retrasos y reprocesos. Muchas veces ocurren por conexiones inestables, modelos demasiados pesados, o problemas internos en los modelos que dificultan en desarrollo del trabajo. A continuación, se mencionan los errores recurrentes surgidos de este tipo en el proyecto.

7.1.1. Migración hacia la nueva CDE

Al inicio del proyecto, se presenta el primer reto: el almacenamiento de la información. Aunque el proyecto estaba siendo desarrollado y posteriormente suspendido por cuestiones administrativas, fue reabierto en el año 2023. Anteriormente, la información de modelos, documentación e información relacionada, estaba almacenada en la CDE de Autodesk BIM360, y los modelos se desarrollaban en Autodesk Revit 2020.

Figura 9.

Entorno de datos inicial del proyecto.

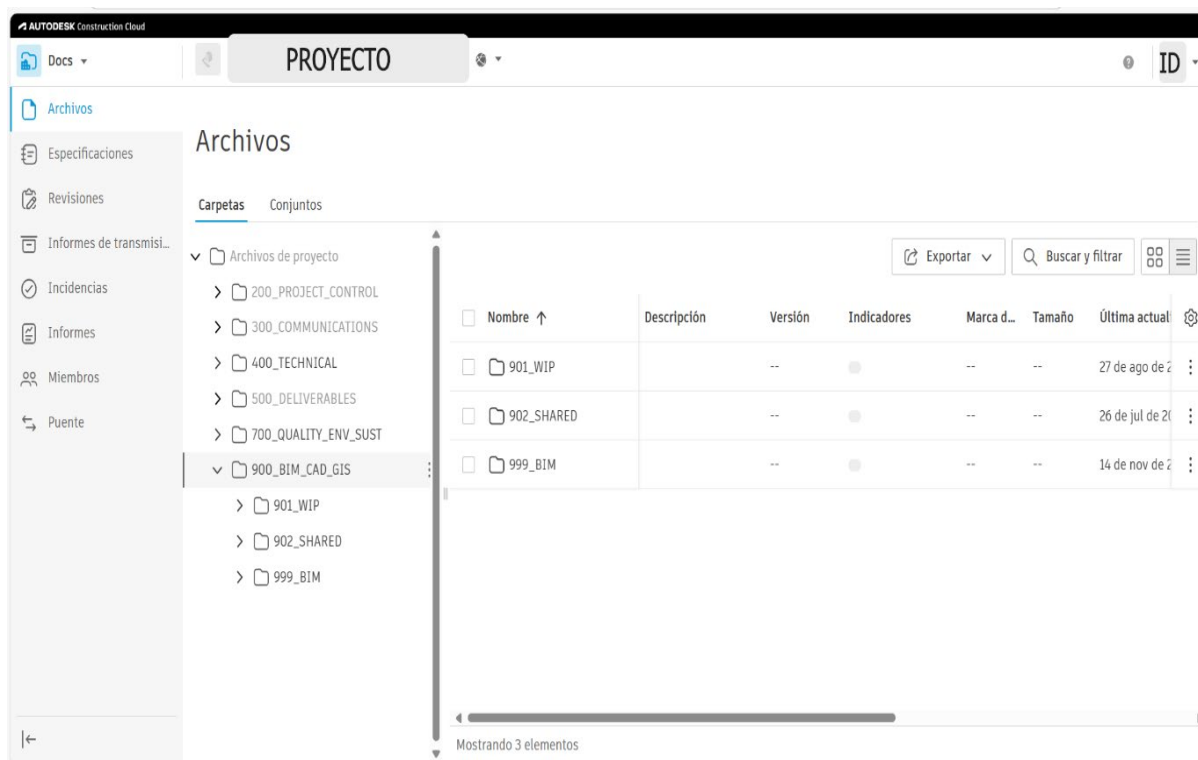


Nota. Esta plataforma CDE es Autodesk BIM360. Actualmente no se encuentra en uso para este proyecto. Elaboración Propia.

Por requerimientos del cliente, se acordó la migración de la información a una nueva plataforma de Entorno Común de Datos (CDE), optando por Autodesk Construction Cloud como la solución principal. Este cambio buscaba mejorar la gestión, almacenamiento y colaboración en los modelos, permitiendo un acceso más estructurado, eficiente, rápido a la información del proyecto. La migración implicó la transferencia de modelos, documentación técnica y datos relevantes, asegurando que toda la información se mantenga actualizada y accesible para los diferentes involucrados en el proyecto.

Figura 10.

Entorno de datos actual del proyecto.



Nota. Plataforma CDE actual del proyecto. Elaboración Propia.

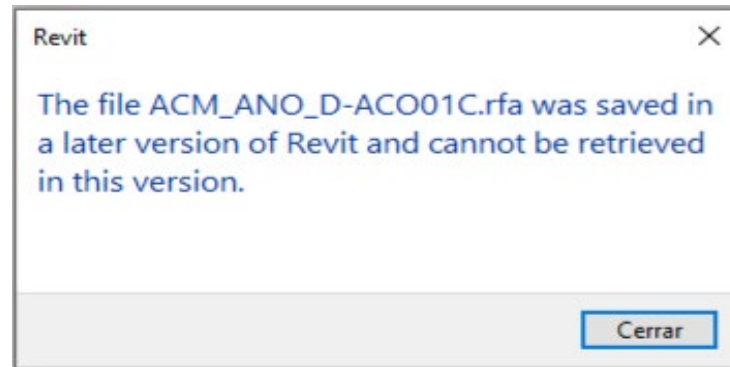
Durante la migración de la información entre los sistemas CDE, que marcó el inicio del proyecto, se presentó un problema importante: parte de la información almacenada en BIM360 estaba desactualizada, incluyendo modelos, el BEP y la documentación previa, mientras se llevaba a cabo la migración de información hacia el nuevo CDE, se inició el modelado con el cambio de software a Autodesk Revit 2023. El acceso a los modelos se encontraba entre BIM360 y Construction Cloud, lo que dificultaba encontrar la información relacionada con el proyecto y el normal desarrollo de los diseños, generando problemas de sincronización, publicación y actualización de la información.

La afectación de lo anteriormente mencionado para el caso de la disciplina eléctrica, fue la dificultad de encontrar las rutas donde se estaban almacenando los modelos. Cuando se presentaba la necesidad de abrir los modelos, ya se encontraban en la nueva CDE Construction Cloud, otros modelos que necesitaban desarrollarse, se encontraban en el BIM360, los modeladores se encontraban confundidos en donde sincronizar y publicar la información. Otro caso con el manejo de dos CDE fue el cargue de familias a los modelos. Las familias se dejan almacenadas en un modelo especial para su fácil uso; este modelo se derivó de otro proyecto previamente desarrollado y tuvo la necesidad de crear un modelo exclusivo para este proyecto. Se duplicó este modelo y las familias se comenzaron a filtrar por las solicitudes técnicas del proyecto, esta duplica, generó más confusión por el uso familias desactualizadas paramétricamente, familias no aplicables a las nuevas especificaciones y mientras existían estos dos modelos, se perdía el control del cargue e inventario de familias.

Otro problema presentado fue la interoperabilidad fallida entre modelos, que ocurrió durante la migración a la nueva CDE. Durante la transferencia, los modelos actualizados cambiaban sus accesos a Revit 2023, mientras que los modelos aún no migrados seguían vinculados a Revit 2020. Esto generó un conflicto al momento de trabajar en equipo, ya que los modelos más antiguos debían abrirse con la versión 2020, pero al estar en una plataforma ya configurada para Revit 2023, la compatibilidad se veía afectada.

Figura 11.

Familia no abierta por problemas de interoperabilidad.

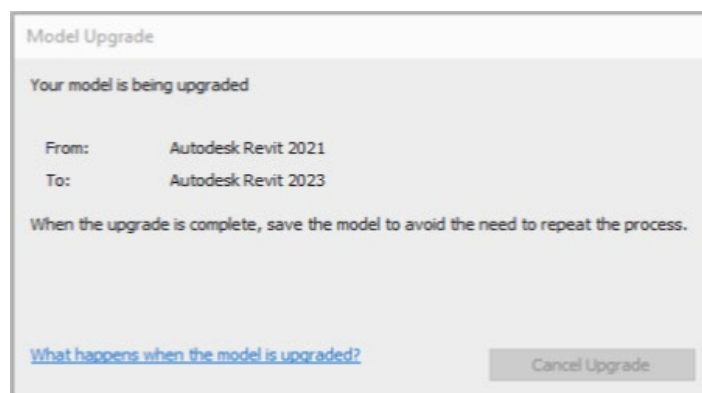


Nota. Esta familia fue guardada en Revit 2023, intentando ser abierta desde Revit 2021. Elaboración Propia.

Si un usuario intentaba abrir un modelo no actualizado con una versión más reciente, la plataforma no permitía su acceso o requería una actualización forzada, lo que podía generar pérdida de datos o errores en la sincronización. Esta incompatibilidad complicó la coordinación entre disciplinas, generó retrasos en el flujo de trabajo y obligó a realizar ajustes manuales para mantener la integridad de los modelos.

Figura 12.

Familia actualizándose a versión actual para ser abierta.



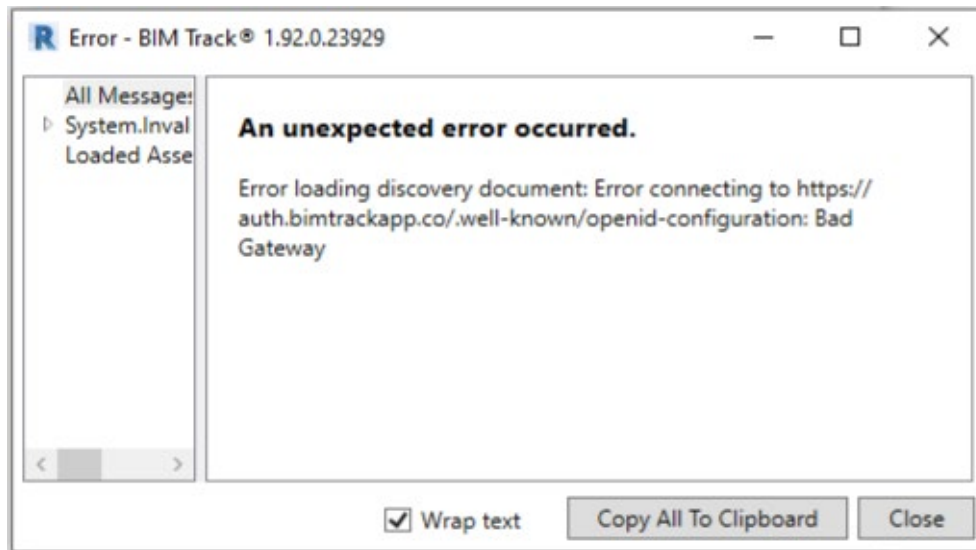
Nota. Familia guardada en Revit 2021, abierta en Revit 2023. Cuando se guarde en Revit 2023, no se podrá abrir en versiones anteriores. Elaboración Propia.

7.1.2. Fatal Error

Una falla recurrente en Revit es el temido FATAL ERROR que ocurre cuando el software se ralentiza, bloquea y finalmente cierra el modelo de manera inesperada. Este error puede generarse por diversas razones, como modelos demasiado pesados, fallos en la memoria RAM y tarjeta gráfica, conflictos con complementos o plug-ins instalados, problemas en la configuración gráfica o corrupción en los modelos de trabajo.

Figura 13.

Error inexplicado de Revit.

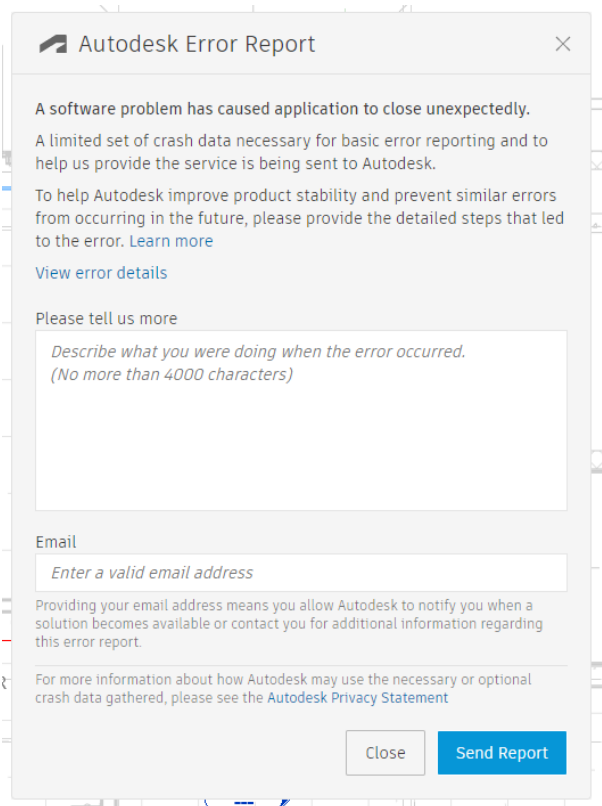


Nota. Pasa cuando Revit no carga adecuadamente el modelo o no sincroniza adecuadamente.

Elaboración Propia.

Figura 14.

Reporte de error Autodesk



The image shows a screenshot of the 'Autodesk Error Report' dialog box. The dialog has a title bar with the Autodesk logo and the text 'Autodesk Error Report'. The main content area contains the following text: 'A software problem has caused application to close unexpectedly. A limited set of crash data necessary for basic error reporting and to help us provide the service is being sent to Autodesk. To help Autodesk improve product stability and prevent similar errors from occurring in the future, please provide the detailed steps that led to the error. [Learn more](#) View error details'. Below this is a section titled 'Please tell us more' with a text input field containing the placeholder text 'Describe what you were doing when the error occurred. (No more than 4000 characters)'. Underneath the input field is an 'Email' section with a text input field containing the placeholder text 'Enter a valid email address'. Below the email field is a paragraph: 'Providing your email address means you allow Autodesk to notify you when a solution becomes available or contact you for additional information regarding this error report.' At the bottom of the dialog, there is a link: 'For more information about how Autodesk may use the necessary or optional crash data gathered, please see the [Autodesk Privacy Statement](#)'. At the very bottom, there are two buttons: 'Close' and 'Send Report'.

Nota. Este aviso apareció después de que el software se cerrara, sin sincronizar. Elaboración Propia.

Esto sucede por varias razones. Una de ellas es cuando el programa ha mantenido un modelo muy pesado abierto durante mucho tiempo, lo que afecta su rendimiento. También ocurre al enlazar otro modelo igual o mayor de pesado al modelo de trabajo o cuando se carga una topografía con masas activas, lo que exige aún más recursos del sistema. Además, si el equipo no tiene la capacidad suficiente para manejar estos archivos, el problema se agrava. Como resultado, el trabajo puede volverse lento o incluso bloquearse, provocando la pérdida de tiempo y esfuerzo, especialmente si no se sincronizó a tiempo y se deben repetir las modificaciones ya realizadas.

7.1.3. Cuando no sincronizan los modelos

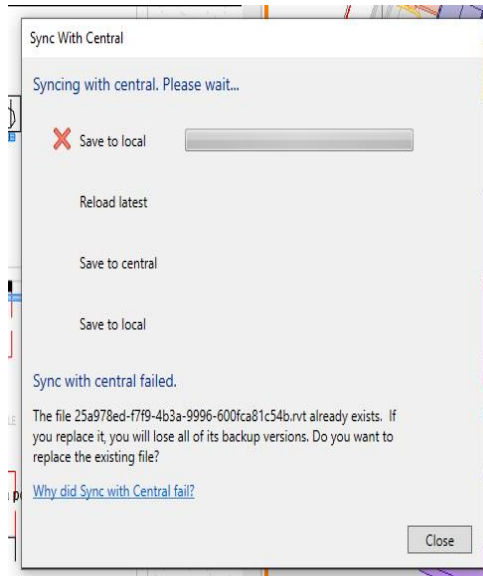
Esta falla suele ocurrir cuando un modelo de Revit queda abierto por mucho tiempo sin usarse ni sincronizarse. Es algo común entre los modeladores que manejan varios modelos a la vez, ya que tienden a enfocarse en los más urgentes y dejan otros en segundo plano. El problema aparece cuando, después de un buen rato, necesitan volver a trabajar en este modelo y al sincronizarlo, aparece el error. Otra causa frecuente de esta falla es abrir el mismo modelo en dos sesiones separadas en el mismo equipo de trabajo, lo que puede generar conflictos de versión y problemas al intentar guardar los cambios.

De lo anteriormente mencionado, las causas de esta falla son:

- Modelo abierto por demasiado tiempo sin usarse ni sincronizarse generando conflictos con el archivo central.
- Uso simultaneo de varios modelos dejando algunos sin actualizar.
- Abrir el mismo modelo en más de una sesión separadas en el mismo equipo lo que genera conflictos de versionamiento.
- Desactualización del modelo respecto del modelo central provocando fallas al intentar sincronizar.

Figura 15.

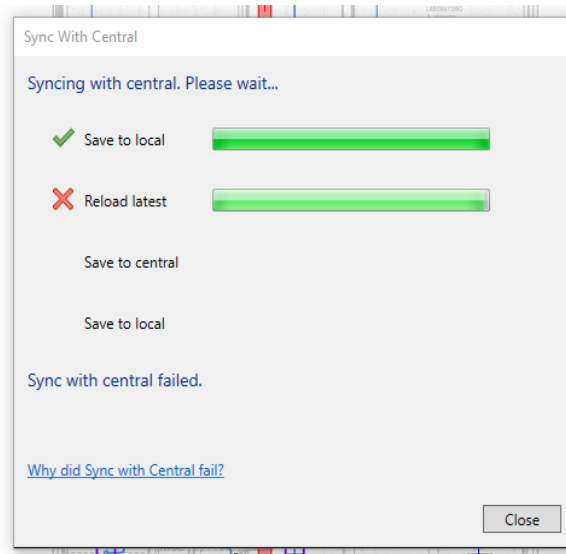
Fallido guardado como Archivo Local.



Nota. Modelo no guarda como Local, no permite sincronizar con el Modelo Central. Elaboración Propia.

Figura 16.

Fallida actualización de versión última.



Nota. En este caso, el programa, no permitió recargar la última versión por tener el modelo abierto en dos sesiones en el mismo equipo. Elaboración Propia.

Las Figuras 15 y 16 muestra las fases del proceso de sincronización de un modelo. Estas cuatro etapas son: **Guardar en Local (Save to Local)**, **Recargar la Última Versión (Reload Latest)**, **Guardar en Central (Save to Central)** y nuevamente **Guardar en Local**. Cada fase depende de la anterior, por lo que, si una falla o no se completa correctamente, las siguientes no se ejecutarán, impidiendo que los cambios realizados en el modelo se sincronicen correctamente. La causa de este error, es el desenlazamiento o pérdida de conexión entre el modelo abierto -que estará actuando como Local- del modelo Central de la CDE y tener abierto el mismo modelo en más de una sesión de Revit en un mismo equipo.

7.2. Fallas en Modelado

Cuando nos referimos a fallas por modelado, se habla de aquellas que surgen durante el diseño. Un ejemplo de estos errores recurrentes son las colisiones.

Las colisiones se pueden dar contra elementos modelados por las otras disciplinas, entre las propias disciplinas, familias desarrolladas erróneamente, desfases entre los modelos y parámetros faltantes. La principal causa de estas fallas, son la falta de coordinación entre disciplinas e internamente en las mismas disciplinas, falta de experiencia del modelador, falta de atención por parte del modelador. A continuación, se mostrarán varios ejemplos de este tipo de fallas encontrados durante la etapa de modelado del diseño eléctrico.

7.2.1. Desfases entre modelos

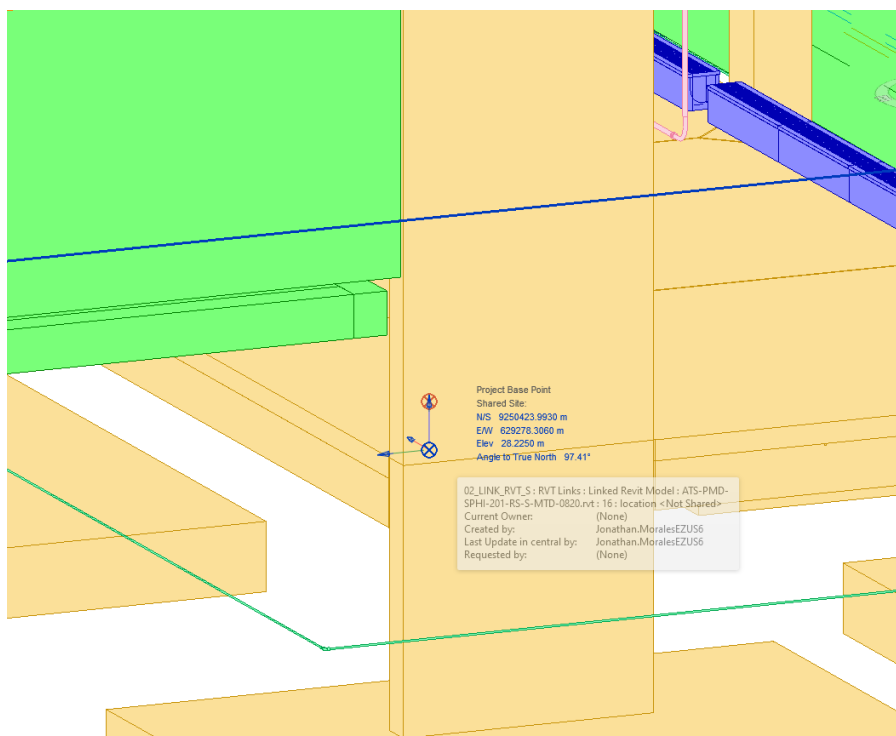
Antes de iniciar modelado, se crea el modelo con la carga de la información necesaria para desarrollar el diseño eléctrico. Parte de esta información necesaria, son los modelos de las demás disciplinas.

Cuando se necesitan los modelos cargados, se enlazan (popularmente conocido como linkear) al modelo central de trabajo; pero se necesitan configurar las coordenadas. La disciplina encargada en el proyecto es Urbanismo que genera las coordenadas de los puntos

base (Project Base Point en Revit) de los modelos enlazados. La falla sale a la luz cuando no todas las demás disciplinas actualizan las coordenadas del punto base en los modelos, provocando los desfases.

Figura 17.

Desfase entre puntos base (Project Base Point).



Nota. Los puntos deben estar uno encima del otro. Elaboración Propia.

Cuando se crean los modelos, al principio se le asignan las coordenadas iniciales para garantizar su correcta coordinación con los demás modelos. Parte de la dificultad en la asignación de coordenadas es que los puntos de referencia topográfico (Survey Point) coincidan exactamente en todos los modelos. Este punto es igual para todos los modelos, pero si no se encuentra asignado correctamente, presenta desfases y errores de alineación incluso si el punto base del proyecto (Project Base Point) comparta las mismas coordenadas con los demás modelos.

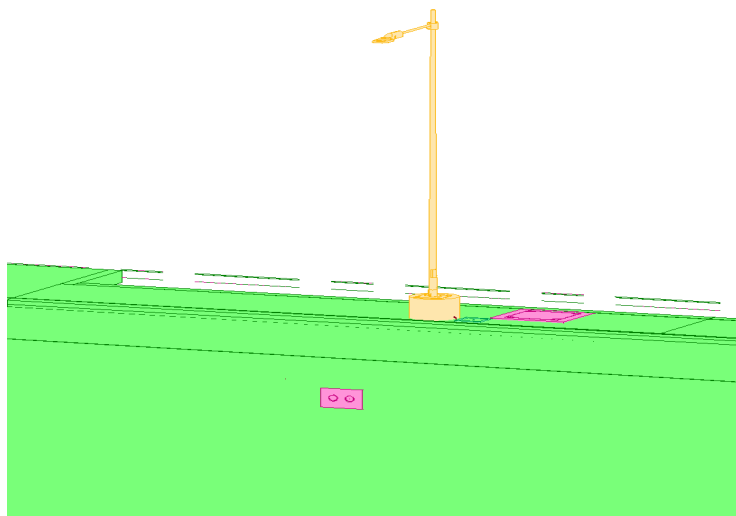
Por otro lado, también se presentan desfases cuando se hace Copy Monitor (Copiar y Supervisar).

Esta es una opción de Revit que permite incorporar elementos de modelos enlazados en los modelos centrales de trabajo. La herramienta funciona copiando elementos desde el modelo vinculado y, a través de la función de Copy Monitor, ajusta automáticamente dichos elementos si se realizan modificaciones en el modelo original.

Se utiliza principalmente para ejes (rejillas en planos) y niveles, que en Revit son superficies de referencia que permiten ubicar geométricamente los elementos en altura y alinearlos en los planos. Los modelos originales con estos elementos los proporciona Arquitectura (en los edificios) y Urbanismo (en las áreas exteriores) para todas las disciplinas, y fallan cuando no se da aviso de un ajuste en las rejillas, y en los niveles cuando los reajustan, presentando desfases y obliga a la disciplina ajustar sus elementos respecto a los niveles monitoreados y reajustados.

Figura 20.

Desfase de poste por cambios de en los niveles.



Nota. Desfase por reajuste en los niveles de referencia hecho por Urbanismo, provocando que el poste quedara por encima de la rasante del andén. Elaboración Propia.

7.2.2. Colisiones presentadas entre la misma disciplina

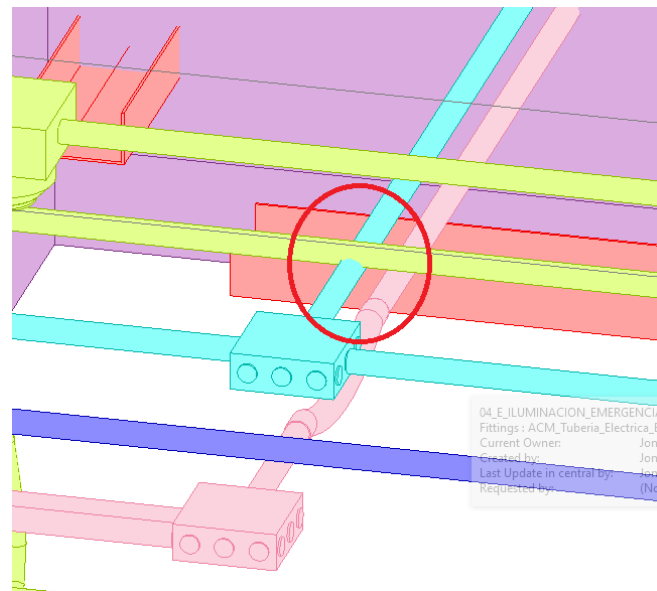
Estas colisiones son entre elementos de la propia disciplina, tuberías de tomacorrientes normales contra tuberías de iluminación, interruptores de iluminación chocando con tubería embebida, cajas de inspección colisionando con las cimentaciones de los postes para alumbrado exterior, mallas de puesta a tierra atravesando cajas de canalización exterior, entre otros casos. Estas colisiones son provocadas principalmente por la falta de comunicación entre el mismo equipo de modeladores, falta de comunicación con el equipo de ingenieros, confusión en la interpretación de los diseños emitidos por ingeniería, por la falta de revisión de las personas involucradas y la premura de tiempo de las entregas que no deja espacio para revisar.

Detectar estas colisiones puede ser complicado. Cuando la disciplina BIM carga el Modelo Eléctrico en el Modelo Federado y ejecuta el Detector de Colisiones (Clash Detective) con los modelos de las demás disciplinas, muchas de estas interferencias pueden pasar desapercibidas. Esto se debe a que, en algunos casos, las colisiones son mínimas o no generan alertas evidentes, lo que dificulta su identificación hasta fases más avanzadas del proyecto. Las causas de estas colisiones son principalmente la falta de comunicación entre modeladores y no tener coordinadas las alturas o espacios permitidos para la ubicación de elementos y el trazado de tuberías, que es más evidente este tipo de falla.

Los siguientes ejemplos muestran colisiones que ocurren dentro de la misma disciplina. Estos errores suelen pasar desapercibidos durante el modelado, pero pueden generar conflictos en la construcción y requerir ajustes innecesarios.

Figura 21.

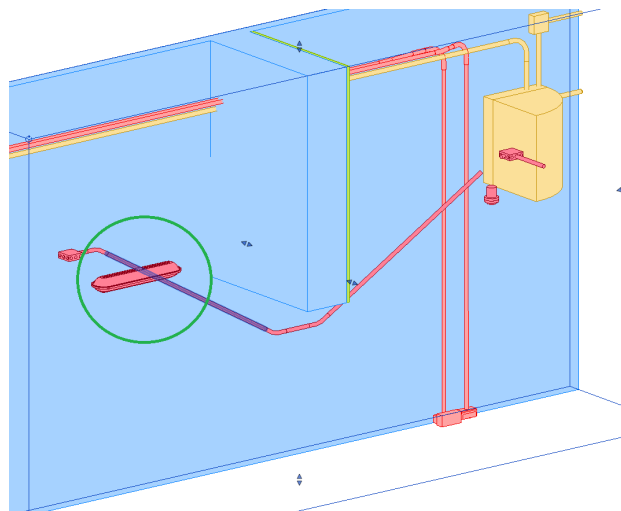
Colisión de tuberías eléctricas.



Nota. Colisión de tubería eléctrica para iluminación de emergencia, con tubería de salidas HVAC.
Elaboración Propia.

Figura 22.

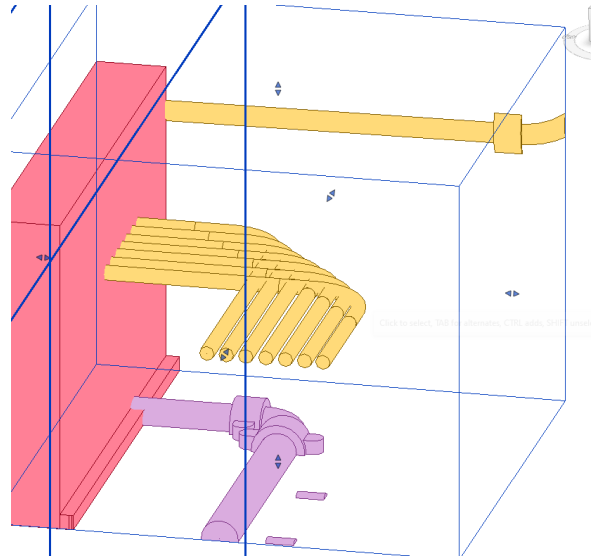
Colisión entre elementos eléctricos.



Nota. Colisión de tubería eléctrica con luminaria hermética por una desviación al evitar cruzar la viga.
Elaboración Propia.

Figura 23.

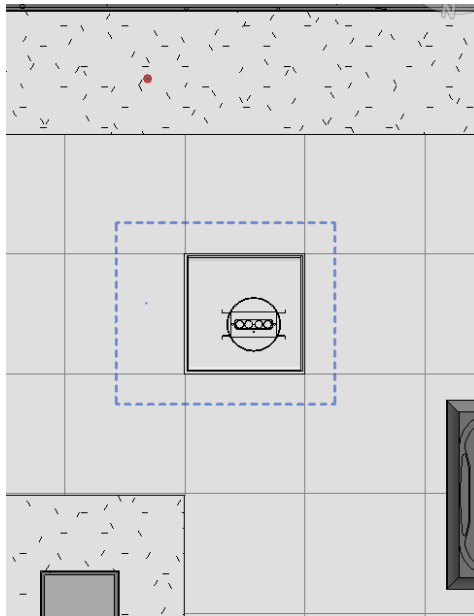
Colisión entre curvas de tubería eléctrica.



Nota. Colisión de varias curvas de tubería por no mantener un orden lógico en el trazado de tubería.
Elaboración Propia.

Figura 24.

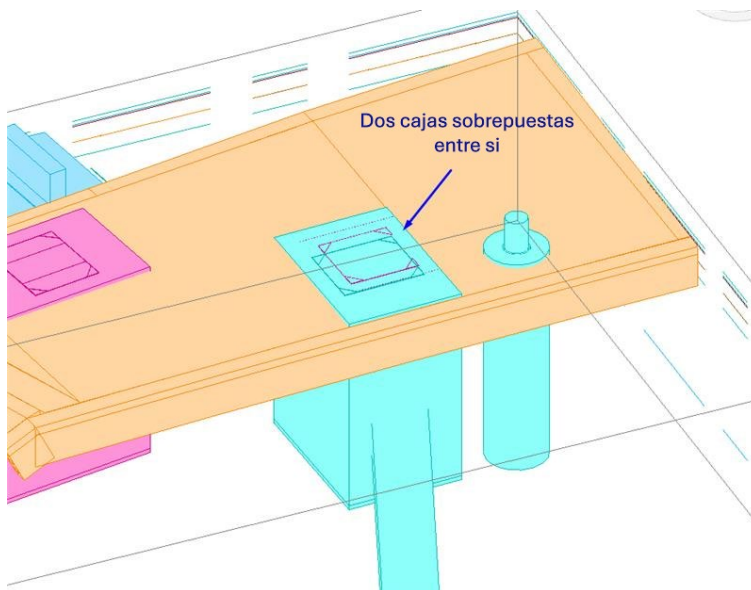
Colisión entre luminarias ubicadas en la misma ubicación.



Nota. Luminaria de Emergencia (Redonda) ubicada en la misma posición de la luminaria normal (Cuadrada). Elaboración Propia.

Figura 25.

Colisión entre cajas de inspección ubicadas en la misma ubicación.

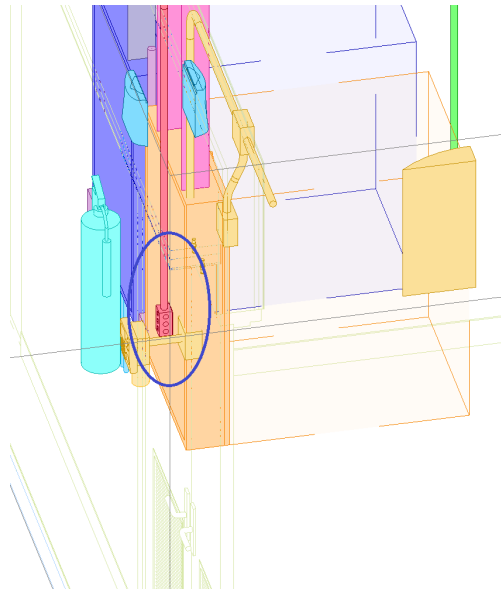


Nota. Caja de inspección de alumbrado público en la misma ubicación de otra caja de inspección para paso de cableado. Elaboración Propia.

Dentro de este conjunto de fallas también se encuentra la incorrecta ubicación de los elementos eléctricos en el modelo. Su posición se define a partir del diseño preliminar y los cálculos realizados por los ingenieros, pero en muchos casos, no todos los ingenieros manejan Revit, lo que genera errores en el proceso. Esto puede llevar a que se pasen por alto procedimientos clave, como la carga de modelos de otras disciplinas, la revisión en planos y vistas 3D y la actualización de modelos enlazados cuando se realizan cambios en otras especialidades. Como resultado, elementos como tomacorrientes, salidas cableadas, luminarias e interruptores terminan ubicados en lugares inaccesibles, constructivamente inviables o incluso no permitidos, generando conflictos que requieren reprocesos y ajustes en la medida que el modelado avanza.

Figura 26.

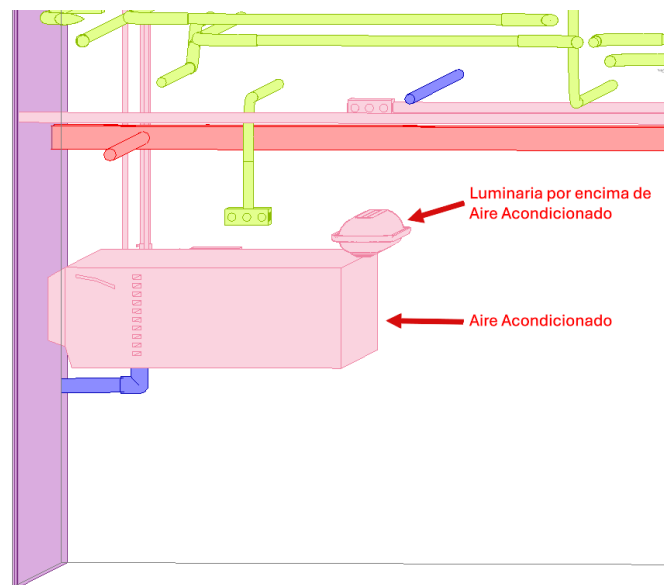
Ubicación inaccesible de un interruptor.



Nota. Esto sucede desde el diseño, ubican el interruptor (rojo) sin fijarse en la posición del tablero de distribución (naranja). Elaboración Propia.

Figura 27.

Ubicación cuestionable de una luminaria.



Nota. La luminaria debe estar debajo del aire acondicionado. Elaboración Propia.

7.2.3. Colisiones entre disciplinas

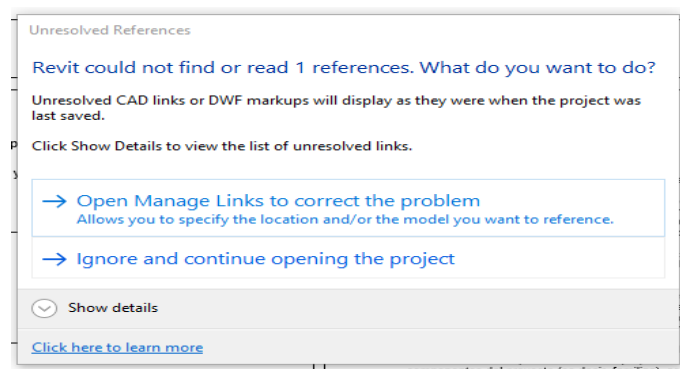
Estas colisiones son las más comunes en la etapa de diseño y ocurren cuando los elementos modelados por la disciplina se interceptan, atraviesan, solapan o entran en contacto con elementos de otras disciplinas. Algunos ejemplos típicos incluyen tuberías que atraviesan vigas, columnas o equipos mecánicos, luminarias ubicadas justo debajo de salidas de aire acondicionado, tuberías hidráulicas modeladas en medio de bandejas portacables o canalizaciones eléctricas cruzándose con las de canalizaciones de comunicaciones.

Las principales causas de estas colisiones suelen ser la falta de atención del modelador, problemas y ausencia de modelos enlazados para visualizar correctamente la ubicación de los elementos, desfases entre modelos y la falta de experiencia en la identificación de interferencias. Estos errores generan retrasos, reprocesos y la necesidad de ajustes que podrían haberse evitado con una mejor coordinación y revisión del modelo en etapas tempranas.

Los siguientes ejemplos muestran colisiones propiamente de la disciplina eléctrica contra las demás disciplinas a lo largo de esta investigación.

Figura 28.

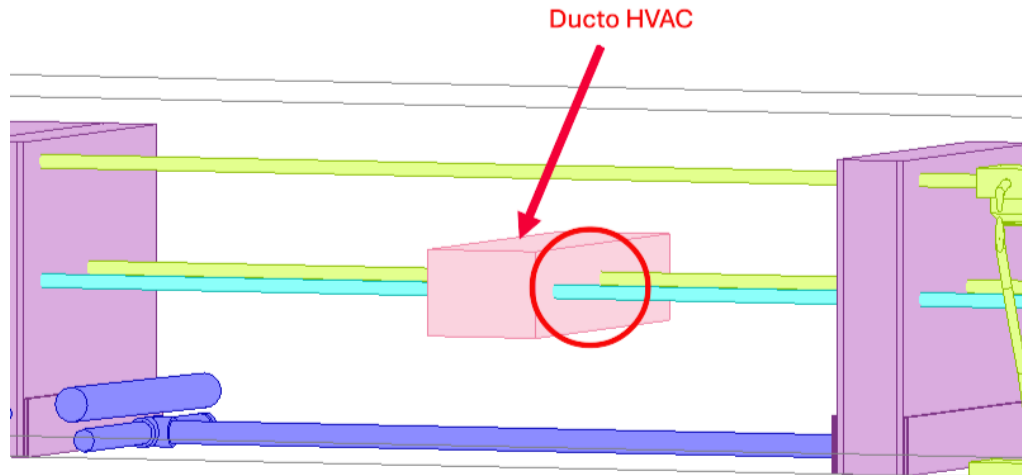
Error por problemas de modelos enlazados.



Nota. Sucede cuando eliminan, mueven de ruta o recrean modelos que estaban enlazados. Elaboración Propia.

Figura 29.

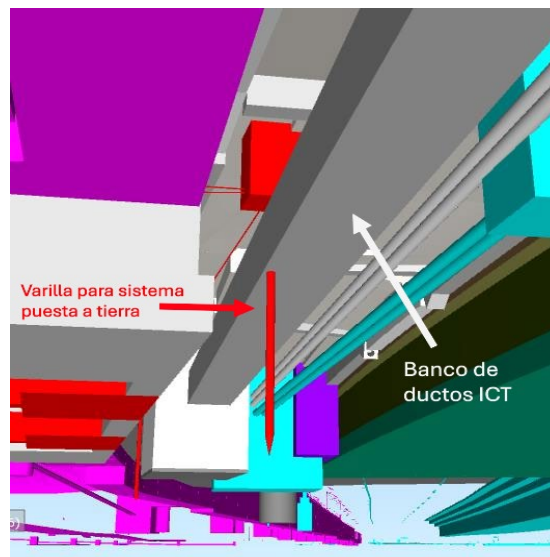
Cruce de tubería con HVAC.



Nota. Cruce de tuberías eléctricas con ducto de aire acondicionado. Elaboración Propia.

Figura 30.

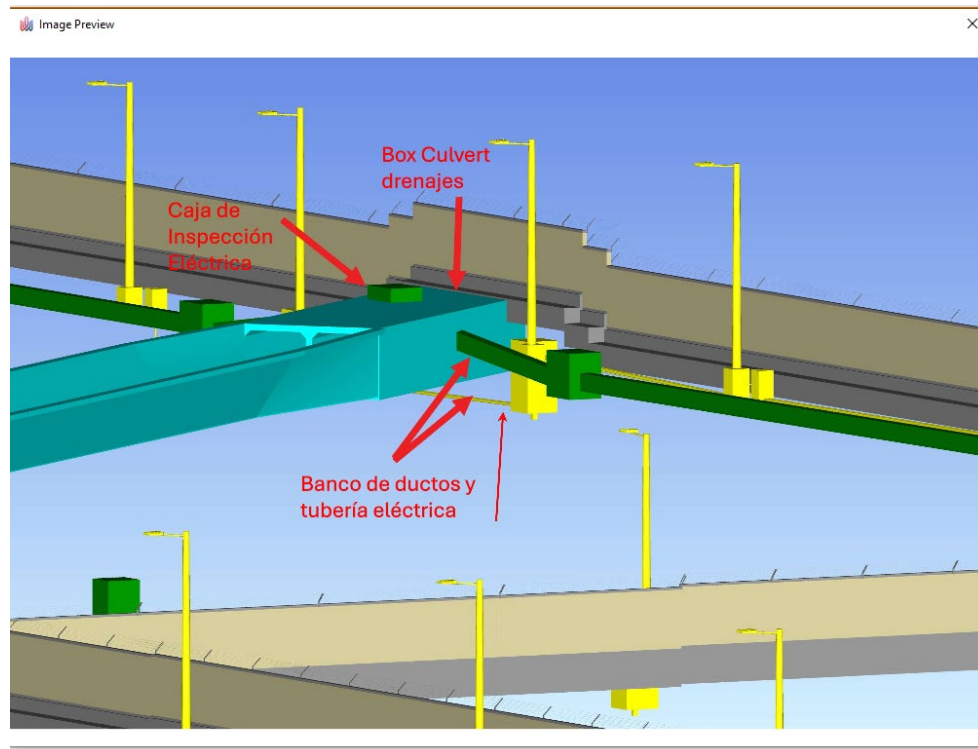
Cruce de varilla de puesta a tierra con banco de ductos de ICT.



Nota. Mala ubicación de caja de inspección de puesta a tierra que terminó en colisión con banco de ductos de Telecomunicaciones. Elaboración Propia.

Figura 31.

Cruce de varilla de puesta a tierra con banco de ductos de ICT.



Nota. Colisión de banco de ductos con tubería eléctrica, contra Box Culvert diseñado por la disciplina hidráulica. Elaboración Propia.

7.2.4. Errores con familias en los modelos

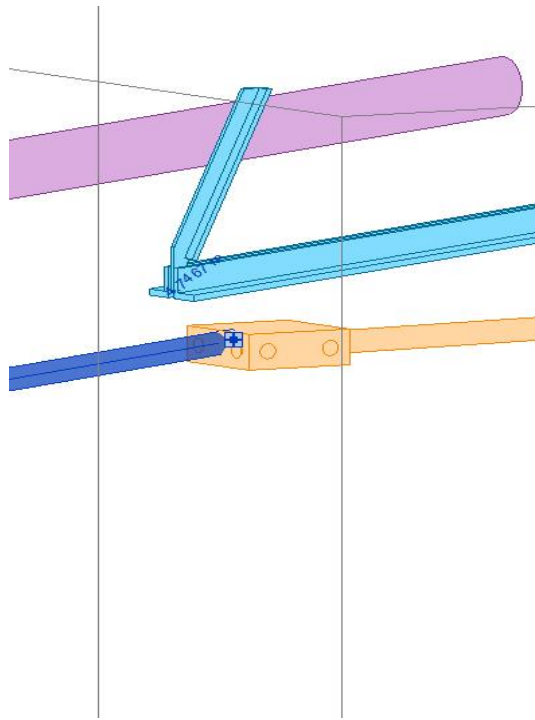
Según MCAD (2022) una familia es un conjunto de elementos que comparten propiedades comunes y una representación gráfica relacionada. Lo que representan son componentes necesarios para los diseños de construcción (arquitectónicos, de ingeniería, drenajes, etc.).

Con esta idea, la disciplina eléctrica desarrolla familias representando los elementos que irán instalados en los modelos del proyecto. Estos elementos pueden ser tomacorrientes, luminarias, tableros eléctricos, salidas cableadas, luminarias de emergencias, entre otros componentes.

Estas familias se cargan a los modelos para el desarrollo los mismos. Los errores encontrados son la falta de conexión de familias, como un tomacorriente con una tubería mal conectada, cajas de paso con tubería mal conectada, elementos que tienen que ir conectados por tubería sin conectar, tubería de mayor diámetro mal conectada con elementos que permiten conexiones de menor diámetro.

Figura 32.

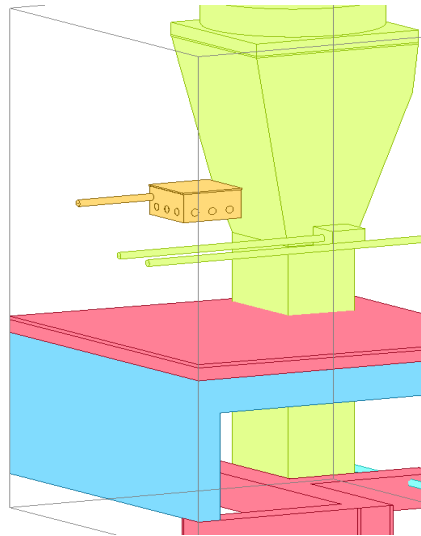
Mala conexión de tubería de iluminación con caja de paso.



Nota. La tubería no se puede conectar debidamente a la caja de paso por estar en un ángulo inclinado y la familia no está configurada para este tipo de conexiones. Elaboración Propia.

Figura 33.

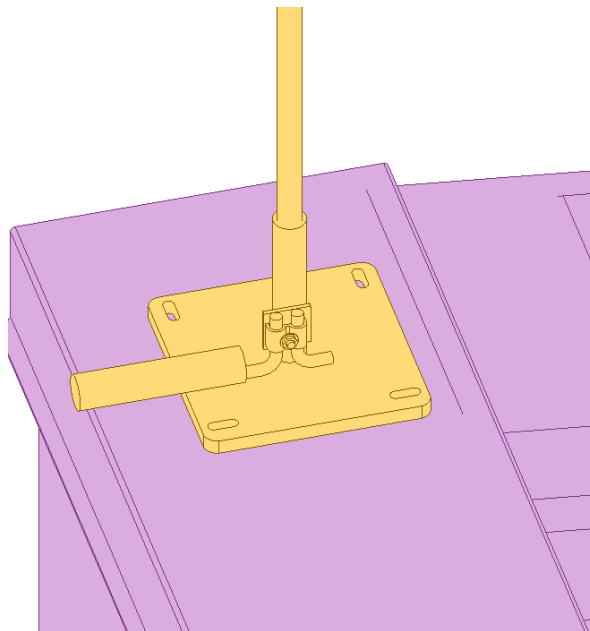
Mala conexión de tubería de iluminación con salidas cableadas.



Nota. La tubería está mal alineada a la salida cableada. Elaboración Propia.

Figura 34.

Mala conexión bajante de puesta a tierra con punta captadora de apantallamiento.

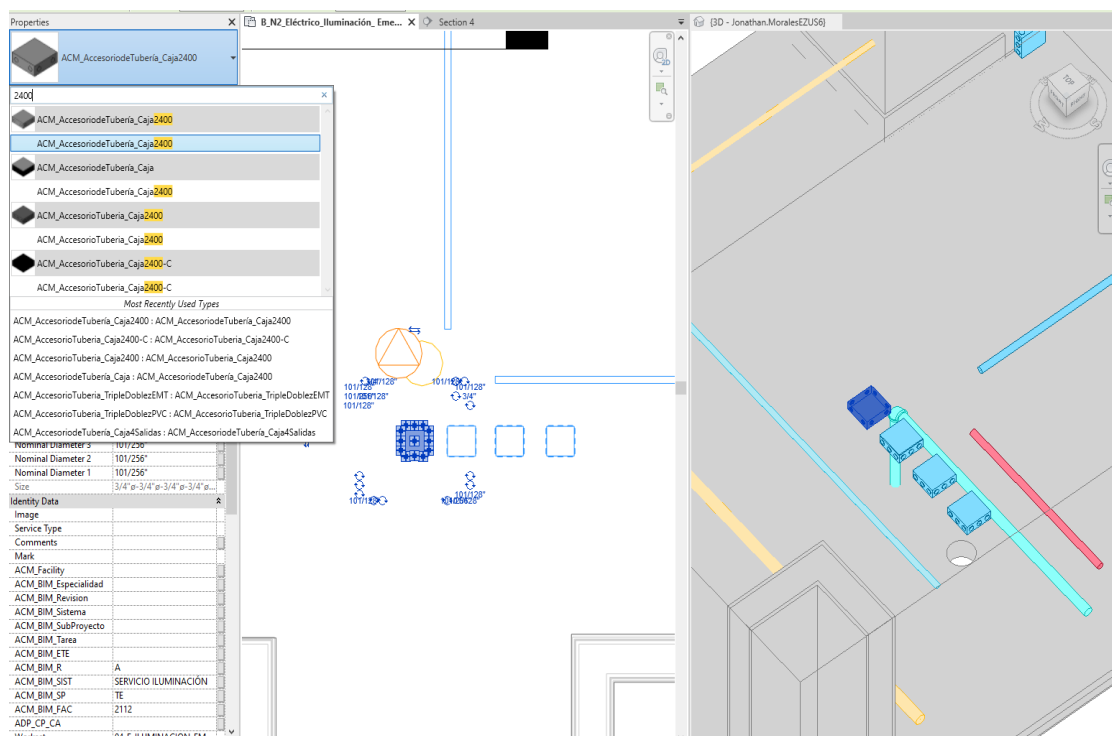


Nota. La tubería de 2" no conecta con la familia de la punta captadora que está configurada para conexiones de tubería a 3/8". Elaboración Propia.

Un error recurrente es el nombramiento erróneo de las familias, lo que genera problemas al actualizar modelos que no se han trabajado por un tiempo o cuando el cliente devuelve un paquete de modelos para ajustes. En muchos casos, las familias han sido modificadas con nuevos parámetros, cambios de nombre o alteraciones en la geometría. Sin embargo, estos cambios no siempre se reflejan correctamente al recargar las familias en el modelo por que el nombre de la familia fue modificado, lo que dificulta el desarrollo y la correcta gestión de la información. Esta falta de actualización puede generar inconsistencias y complicar la carga de datos, un aspecto clave que se abordará más adelante.

Figura 35.

Misma familia cargada múltiples veces.

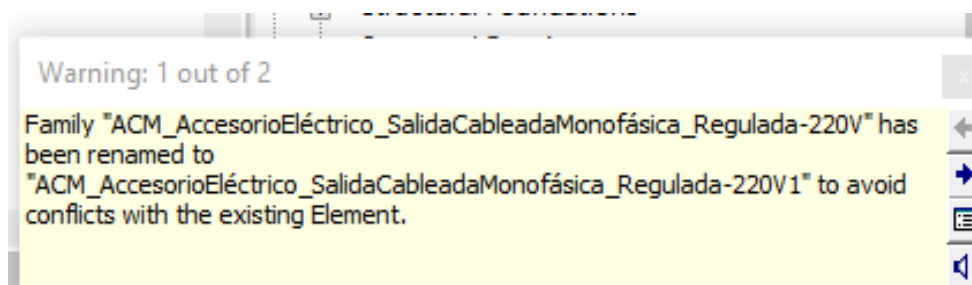


Nota. Esta familia de caja de paso estaba nombrada erróneamente, desactualizada y se cargaron familias destinadas a reemplazarla al mismo modelo. Elaboración Propia.

También sucede que la familia cargada al modelo, se duplica con un numero al final del nombre, generando que ambas familias -la desactualizada inservible y la nueva actualizada- convivan en el mismo modelo, siendo difícil su ubicación para su eliminación o cambio y se terminan eliminando familias actualizadas que si deben estar en el modelo.

Figura 36.

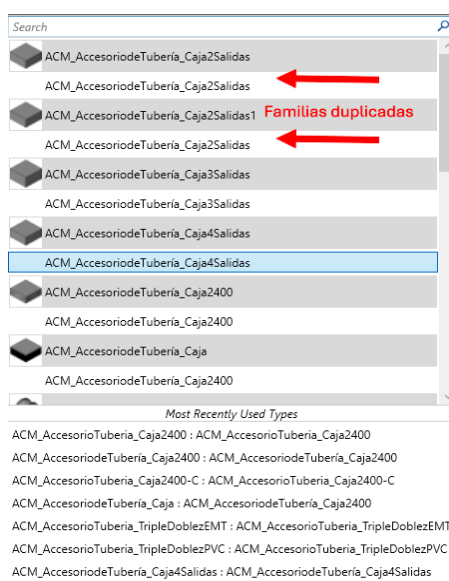
Advertencia al cargue de familias duplicadas.



Nota. Esto pasa cuando algún cambio geométrico o paramétrico no lo reconoce el modelo, por lo que la nueva familia no se sobrescribe, sino se duplica. Elaboración Propia.

Figura 37.

Familias duplicadas cargadas en un modelo.



Nota. La misma familia que se carga creando duplicado. Elaboración Propia.

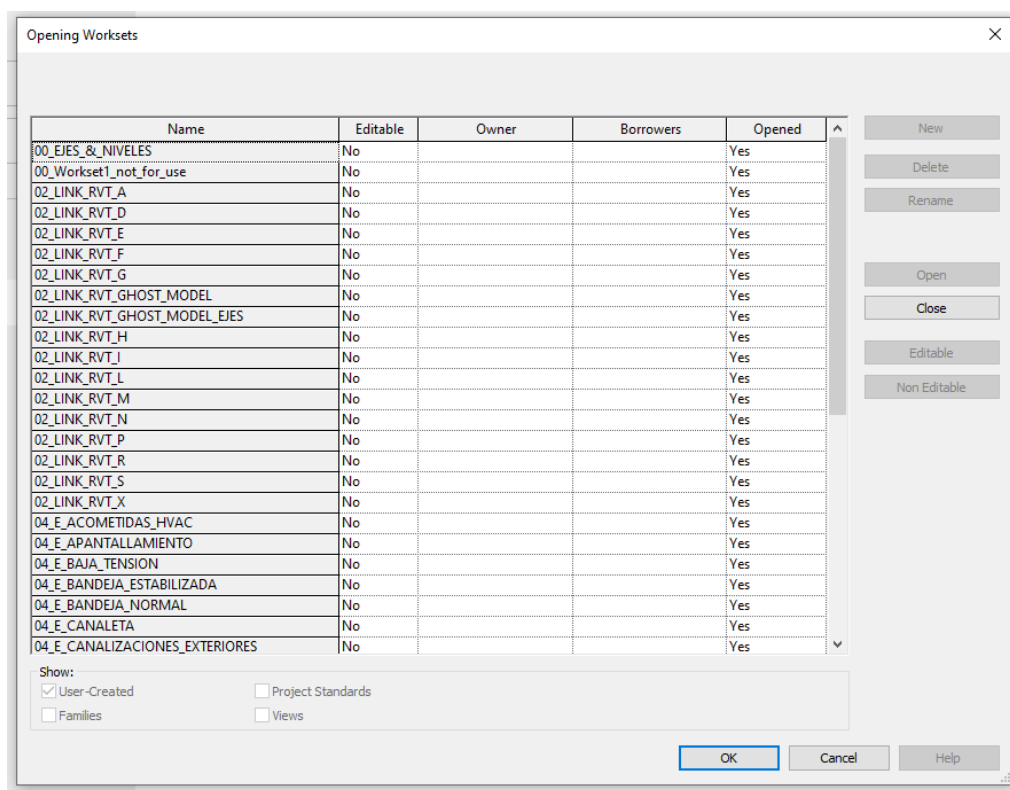
7.2.5. Mala asignación de los Worksets

En Revit, los worksets son una herramienta que permite dividir el modelo en conjuntos de trabajo, facilitando el acceso simultaneo de varios modeladores a un mismo modelo sin generar conflictos en su desarrollo, es el equivalente de AutoCAD a los layers (Capas). Cada workset agrupa elementos específicos del modelo, como arquitectura, estructuras, mobiliario, permitiendo reservar y editar solo los elementos dentro de ese conjunto asignado.

La falla encontrada es la mala asignación de los worksets a los elementos de modelo y a los modelos enlazados, prestándose para confusiones entre los modeladores e ingenieros que están modificando el modelo.

Figura 38.

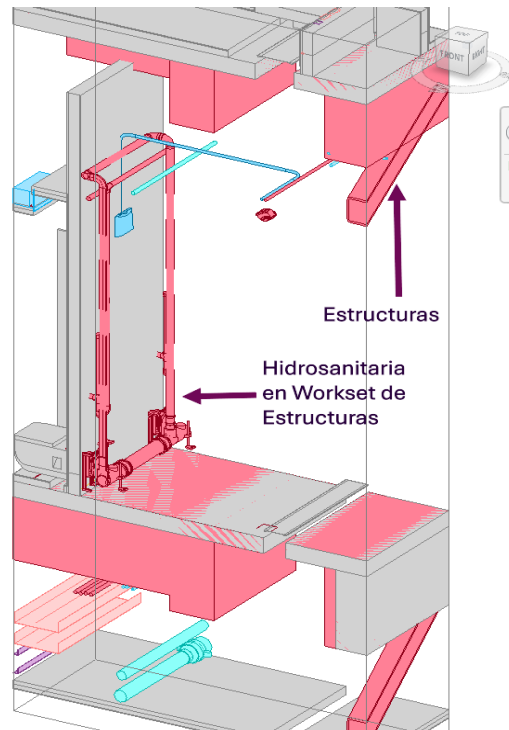
Herramienta de worksets.



Nota. Aquí están los worksets cargados para la disciplina eléctrica. Elaboración Propia.

Figura 39.

Modelo enlazado con el workset mal asignado.



Nota. Cuando se cargó el modelo hidrosanitario, no se fijó en el workset que se estaba cargando y terminó en el workset del modelo estructural. Elaboración Propia.

7.3. Fallas de Información

BIM no solo es modelado, también es información. Esta información va representada en datos, como, por ejemplo, material de la tubería, diámetro de tubería, niveles de tensión, potencia, factor de potencia, entre otros datos.

Para facilitar el diligenciamiento de estos datos, se usan parámetros cargados en los modelos y en las familias para darles esta información para posteriormente ser consultada.

En este ítem, se explicarán las fallas recurrentes en el diligenciamiento de esta información.

7.3.1. Mal diligenciamiento de la información en los parámetros

En el ítem 7.2.4 se mencionó el problema del nombramiento erróneo de las familias al cargarlas en los modelos. Para agilizar el proceso de diligenciamiento, se utilizan plug-ins especiales configurados para llenar automáticamente los parámetros programados. Esto es necesario por la cantidad de parámetros, familias y elementos modelados puede ser demasiado grande y hacerlo manualmente tomaría mucho tiempo. Sin embargo, estos plug-ins no completan todos los parámetros, por lo que algunos deben ser diligenciados manualmente, incluyendo solo los más esenciales.

El problema surge cuando, en este proceso manual, ocurren errores tipográficos, letras mal escritas, códigos incorrectos o frases incompletas, lo que genera inconsistencias en la información. Esta falla es principalmente causada por el factor humano, ya sea por falta de concentración, prisa por entregar o ausencia de revisión tanto por parte del modelador como del ingeniero diseñador.

Figura 40.

Modelo enlazado con el workset mal asignado.

Identity Data	
Image	
Comments	
Mark	13228
ACM_Facility	
ACM_BIM_Especialidad	
ACM_BIM_Revision	
ACM_BIM_Sistema	Parámetro por diligenciar
ACM_BIM_SubProyecto	
ACM_BIM_Tarea	
ACM_BIM_ETE	
ACM_BIM_R	A
ACM_BIM_SIST	SERVICIO ILUMINACIÓN
ACM_BIM_SP	TE
ACM_BIM_FAC	2112
ADP_CP_CA	
Workset	04_E_ILUMINACION_EM...
Edited by	
Phasing	

Nota. Este parámetro se diligencia a mano porque los plug-ins usados, no lo reconocían. Elaboración Propia.

7.3.2. Faltas en la carga de parámetros de información necesarios al modelo

Esta falla genera serias inconsistencias en la gestión de la información. Cuando los parámetros no se cargan, quedan vacíos, faltantes y omisiones información como datos de dimensiones, materiales, códigos de clasificación, descripciones cortas y largas para su uso en distintas fases del proyecto. La causa principal es la omisión del modelador al cargar los parámetros requeridos en el modelo para su diligenciamiento por medio de los plug-ins especiales o los parámetros diligenciados manualmente.

Figura 41.

Familia con los parámetros cargados.

Parameter	Value
Type Comments	
URL	
Description	LUMINARIA DE EMERGENCIA DE INCRUSTAR 120-277V; SW; 4000K; CRI 80; 170Lm
Assembly Code	E.LEE007
Cost	
Assembly Description	
Type Mark	
TM5D_Tipo_CBS1	
TM5D_Tipo_CBS2	
TM5D_Tipo_CBS3	
TM5D_Tipo_CBS4	
ACM_BIM_Dis	E
ACM_BIM_FCR	
ACM_BIMKey	21-04 50 40 50 00-021
ACM_QTO_ApprovalDate	
ACM_QTO_CBS1	E.LEE007
ACM_QTO_CBS2	
ACM_QTO_CBS3	
ACM_QTO_CBS4	
ACM_QTO_CBS5	
ACM_QTO_ApprovalDate	
ACM_QTO_CBS10	
ACM_QTO_CBS6	
ACM_QTO_CBS7	
ACM_QTO_CBS8	
ACM_QTO_CBS9	
ACM_BIM_DescripcionLarga	Suministro e instalación de luminaria LED para iluminación de emergencia, para incrustar. Proyección asimétrica de la l
ACM_BIM_Estado	APROBADA
ACM_BIM_OmniClassCategory	ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA
ACM_BIM_OmniClassNumber	2226520000
RLX_LegendID	
Product Name	
ACM_BIM_Estado	
ACM_BIM_OmniClassCategory	

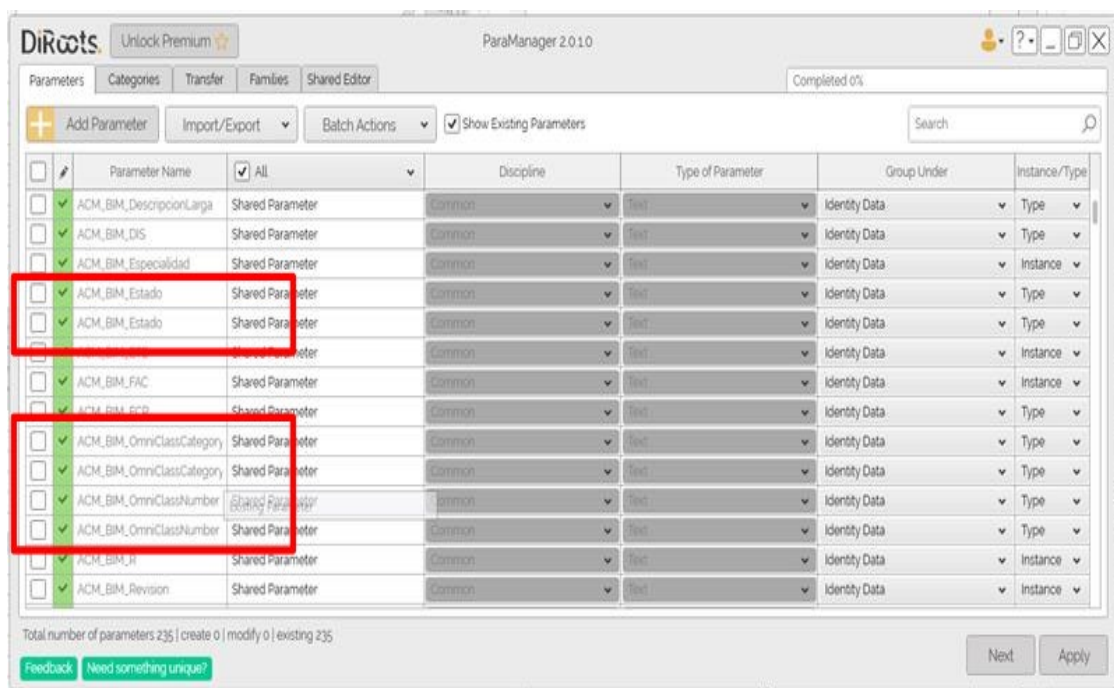
Nota. Se diligencian los parámetros requeridos por la disciplina eléctrica, los que están en blanco son diligenciados por las disciplinas BIM y Costos. Elaboración Propia.

7.3.3. Parámetros duplicados

Esta falla puede generar confusión, inconsistencias en la información presentada. Esto ocurre cuando varios modeladores crean y cargan familias con parámetros, nombres similares o idénticos, pero con configuraciones distintas, lo que puede provocar el diligenciamiento erróneo de datos y errores en los cálculos, filtrados mal configurados en los planos finales y dificultades al exportar esta información a otras plataformas -como exportar tablas a Excel-. Además, la duplicidad de parámetros incrementa el tamaño de los modelos y afectar su rendimiento.

Figura 42.

Familia con los parámetros cargados.



Nota. Por medio de un plug-in, se reconocen los parámetros duplicados en un modelo (lo que están señalados en rojo). Elaboración Propia.

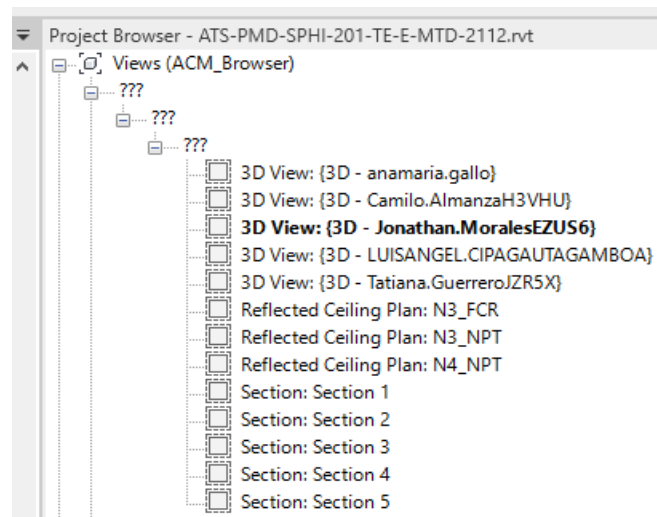
7.3.4. Fallas en las revisiones de Calidad

Por medio del BEP, el BIM estándar y la guía de modelado para la disciplina eléctrica, se desarrolló una rutina para revisiones de Control de Calidad en los modelos antes de ser entregados. Principalmente, se revisa parámetros cargados y diligenciados, familias cargadas, nombramiento de vistas de planta, isométricos, cortes generados en modelo, nombramiento de planos, coordenadas del modelo, entre otra información. Desde la disciplina BIM, envían los issues (incidencias) que en su mayoría son colisiones detectadas, dentro de la disciplina hay revisores que dan el visto bueno para ser entregado el producto final.

Las fallas principales son la omisión por parte del modelador de alguno de estos puntos de revisión, la no atención a comentarios generados por los revisores, y las omisiones generadas por el afán de entregar. Estos errores posteriormente son detectados o comentados por el cliente y son devueltos para su posterior ajuste, afectando el tiempo de desarrollo del proyecto en reprocesos.

Figura 43.

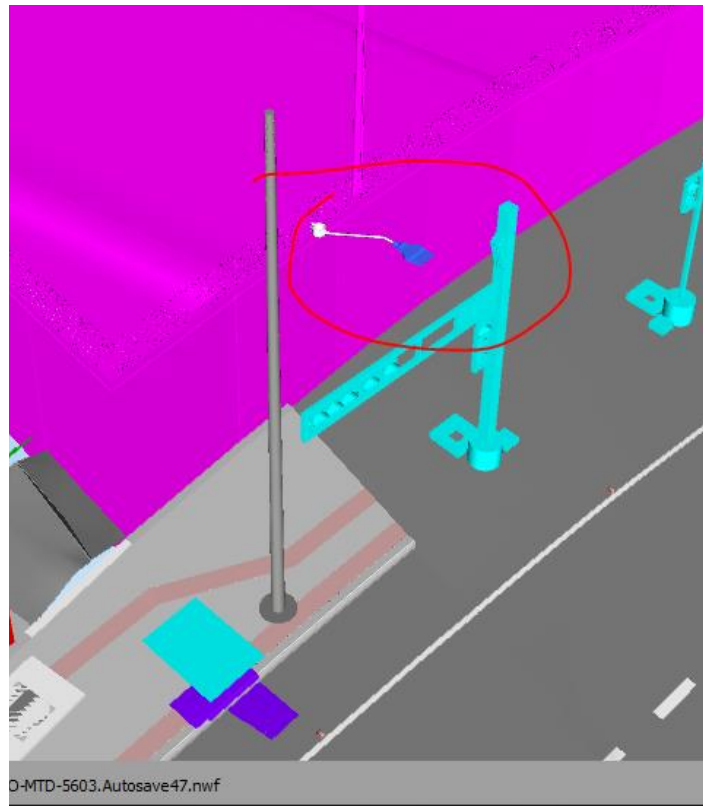
Vistas en modelo mal nombradas.



Nota. Este es un ejemplo del uso innecesario de vistas en modelo que no son nombradas según el estándar fijado y están nombrado por defecto del software. Elaboración Propia.

Figura 44.

Luminaria mal alineada respecto al poste.



Nota. Esto se detecta con la revisión que hace BIM de los modelos. Elaboración Propia.

7.4. Fallas de Coordinación

Estas fallas surgen principalmente por la falta de comunicación entre disciplinas y cuando la coordinación que cualquier expediente técnico del proyecto -es una denominación a las divisiones de diseño del proyecto- no transmite la información necesaria de manera oportuna a las disciplinas involucradas, lo que genera conflictos y reprocesos en el desarrollo del modelo. Cada disciplina trabaja con procesos y criterios distintos, lo que dificulta la integración en el modelo federado y puede provocar inconsistencias. A continuación, se presentan las fallas más recurrentes identificadas en este aspecto.

7.4.1. Cuando no existe coordinación ni comunicación adecuada

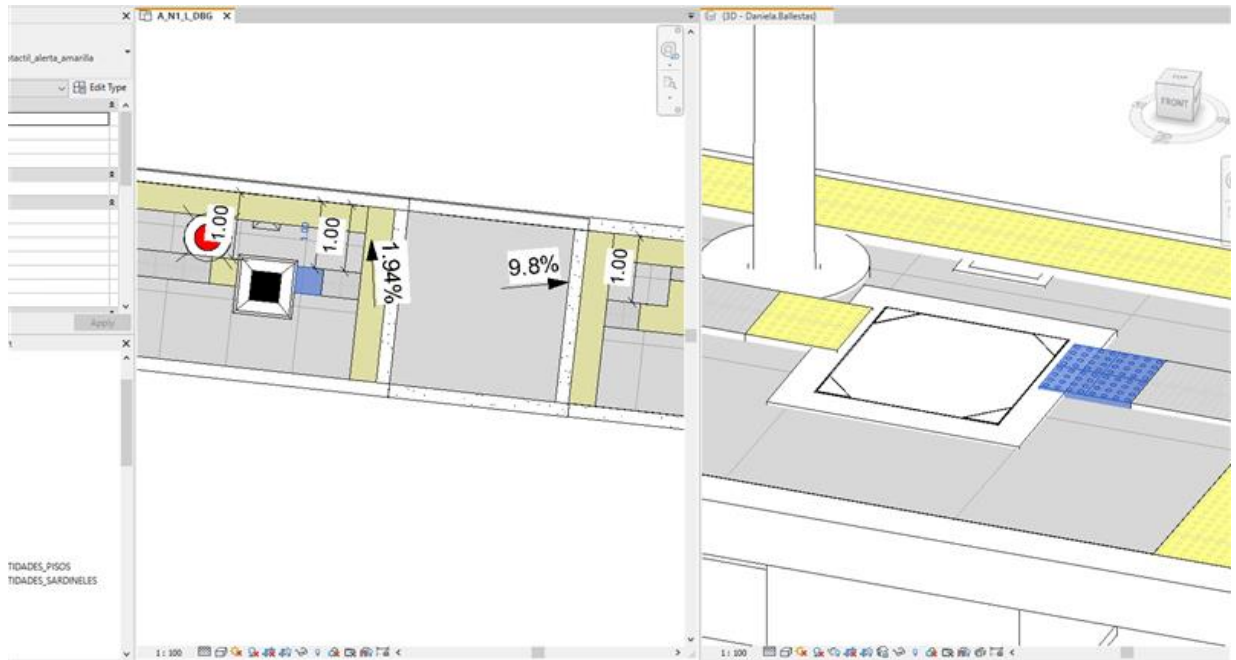
Como se mencionó anteriormente en el ítem 7.2.3, las colisiones entre disciplinas pueden ser causadas por errores del modelador. Sin embargo, en este caso, las analizaremos desde la falta de coordinación.

Antes de iniciar el modelado, es fundamental contar con inputs claros, es decir, la información consolidada que las distintas disciplinas deben entregar como base para el trabajo del equipo de ingeniería. Esta información es clave para realizar cálculos, desarrollar el diseño previo y definir la ubicación de los elementos dentro del modelo. Para garantizar una correcta integración, se llevan a cabo reuniones de coordinación entre disciplinas, donde se establecen las ubicaciones definitivas de los elementos una vez que el diseño arquitectónico ha sido finalizado.

El problema surge cuando estas reuniones no se gestionan adecuadamente o la información entregada no está completamente definida. Como resultado, los modeladores trabajan con datos desactualizados o parciales, lo que genera inconsistencias, colisiones y múltiples reprocesos. La falta de una estructura clara en la coordinación entre disciplinas provoca confusión en la ubicación de los elementos, modificaciones constantes y un desgaste en los equipos de trabajo. Sin criterios bien establecidos y sin una actualización eficiente de la información, el modelo pierde precisión y confiabilidad, afectando directamente la planificación y ejecución del proyecto.

Figura 45.

Caja de inspección chocando por podo táctiles.

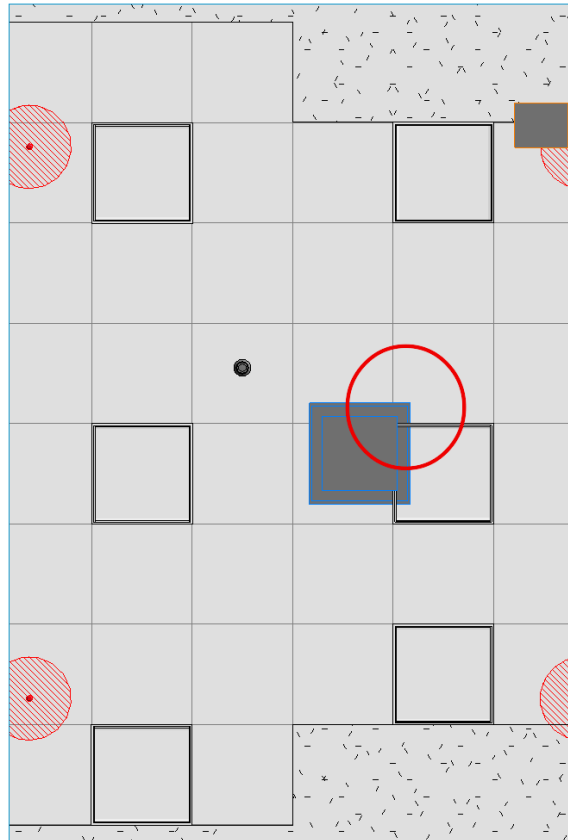


Nota. Esta caja fue modelada antes de que Urbanismo modelara los podo táctiles o guías para ciegos, provocando esta colisión por la falta de comunicación. Elaboración Propia.

Además, la falta de comunicación efectiva entre disciplinas agrava aún más estas fallas. Cuando los equipos no comparten información de manera clara y oportuna, se generan malentendidos sobre los criterios de diseño, los cambios en la ubicación de los elementos y las restricciones técnicas de cada especialidad. Esto puede llevar a que los modeladores tomen decisiones basadas en suposiciones, provocando conflictos con otras disciplinas y generando correcciones tardías en el modelo. Sin un flujo de comunicación estructurado y constante, el trabajo colaborativo se ve afectado, retrasando el desarrollo del proyecto y aumentando la cantidad de reprocesos.

Figura 46.

Colisión de luminaria con equipo de aire acondicionado.

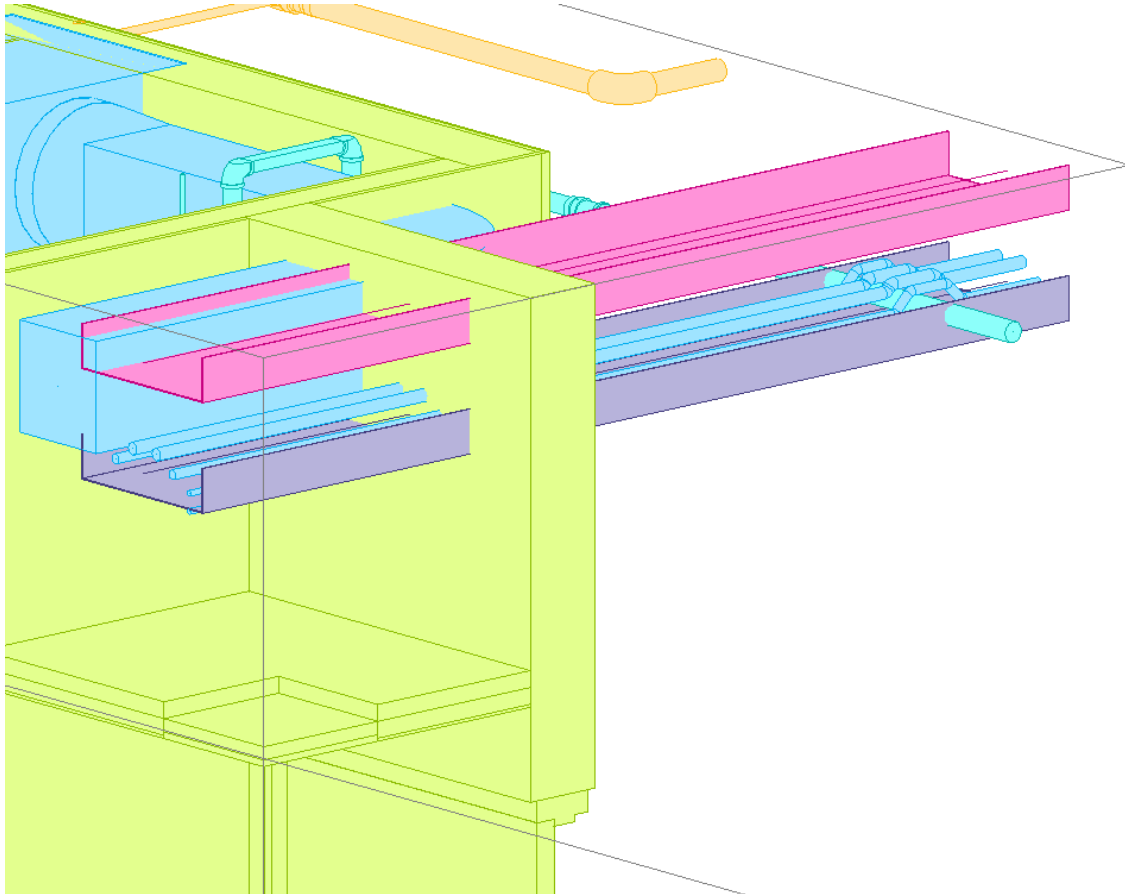


Nota. El choque se produjo porque al inicio de la ubicación de luminarias, no estaba ajustado este equipo de aire acondicionado generando un incidente (issue). Elaboración Propia.

La falta de coordinación entre las disciplinas de HVAC e ICT con la disciplina eléctrica generaba una gran ineficiencia en el proceso de modelado. Estas disciplinas solicitaban la ubicación de salidas cableadas y tomacorrientes para sus equipos, pero no entregaban a tiempo la información clave sobre la ubicación de los dispositivos ni las cargas eléctricas requeridas. Esta deficiencia obligaba a los ingenieros y modeladores a trabajar con suposiciones, asignando cargas estimadas y ubicando elementos eléctricos sin certeza, lo que inevitablemente resultaba en errores y modificaciones posteriores.

Figura 47.

Colisión de bandejas eléctricas con equipos de HVAC.

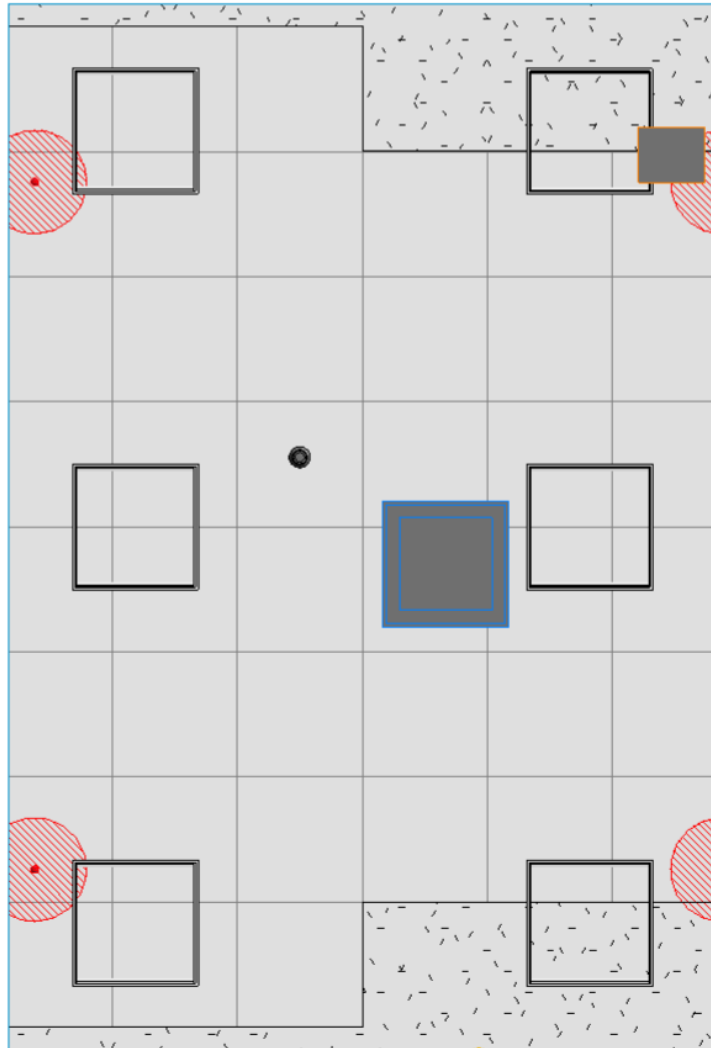


Nota. Por la falta de comunicación entre disciplinas, se provoca esta colisión. Elaboración Propia.

Cuando finalmente se recibía la información definitiva, era necesario realizar ajustes y reprocesos, reubicando elementos eléctricos y recalculando las cargas, lo que impactaba negativamente en los tiempos de entrega. Estos retrasos acumulativos no solo comprometían la eficiencia del equipo de trabajo, sino que también afectaban la planificación general del proyecto.

Figura 48.

Mala coordinación entre el cielo raso con la ubicación de luminarias



Nota. Esta falla es bastante frecuente, se da cuando el ingeniero diseñador usa software distinto para desarrollar la iluminación y posteriormente Arquitectura facilita su diseño modulado de cielo raso que resulta con la luminaria desfasada de la modulación del cielo raso. Elaboración Propia.

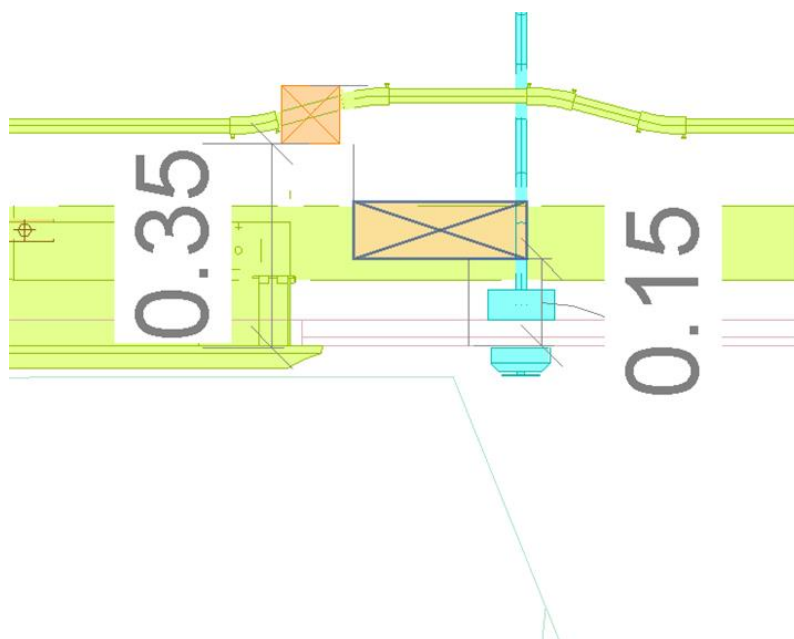
7.4.2. Información que no es proporcionada desde coordinación

En uno de los edificios destinados a la escuela de aviación, el modelado comenzó con información proporcionada por un subcontratista, pero los modelos no estaban bien

coordinados ni cumplían con los estándares de calidad esperados por la compañía y el cliente. Además, no se había definido claramente cómo se distribuiría el espacio entre el cielo falso y las vigas, un área clave para el tendido de redes. La disciplina eléctrica solicitó espacio para sus instalaciones, pero la coordinación aún no tenía la información necesaria, lo que llevó a que el modelado se hiciera a ciegas y con muchas suposiciones. Esto provocó colisiones con otras disciplinas, obligando a hacer múltiples ajustes, cambios de diseño y reprocesos que terminaron afectando los tiempos y la eficiencia en la entrega de este edificio.

Figura 49.

Medidas dadas por coordinación en la escuela de aviación.



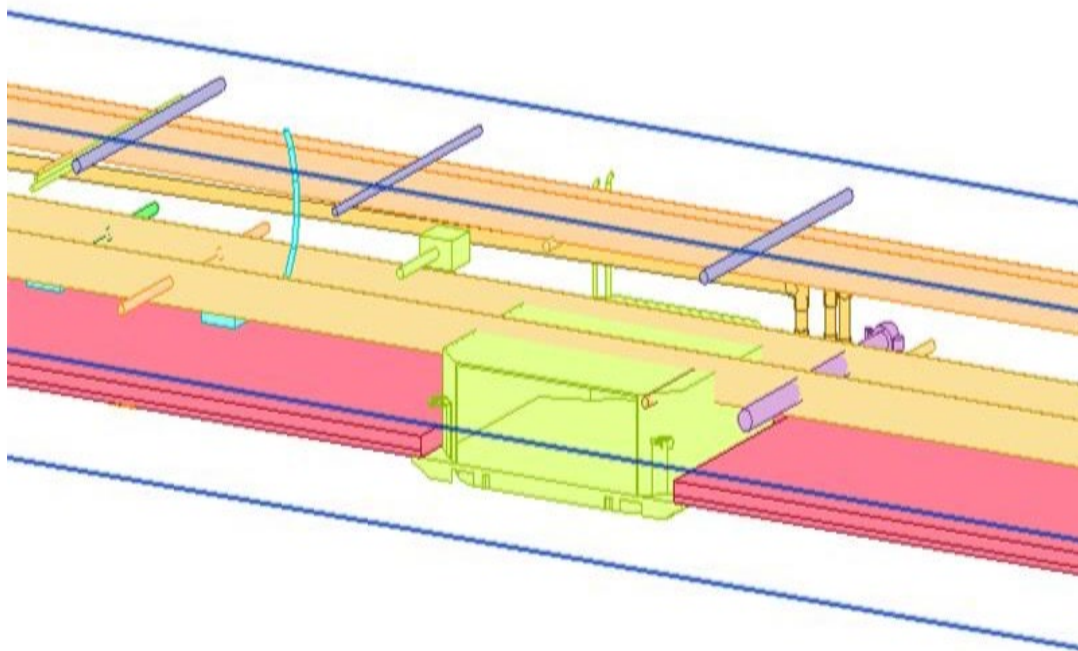
Nota. Estas medidas, eran supuestas. Para la disciplina eléctrica eran incoherentes por la falta de espacio en el cielo raso, fueron dadas por la coordinación encargada de este edificio. Elaboración Propia.

Además, el problema no solo afectó a la disciplina eléctrica, sino que también impactó a las demás especialidades que requerían ese mismo espacio para el paso de sus redes. Sin una planificación previa bien definida, las disciplinas de HVAC, Hidrosanitaria e ICT enfrentaron

dificultades similares, ya que cada equipo avanzó en su modelado sin conocer la disponibilidad real del espacio. Esta falta de información coordinada derivó en interferencias constantes, obligando a múltiples ajustes y retrasando significativamente el proceso de modelado. La ausencia de criterios claros desde el inicio no solo generó conflictos entre disciplinas, sino que también afectó la eficiencia y la calidad del diseño final.

Figura 50.

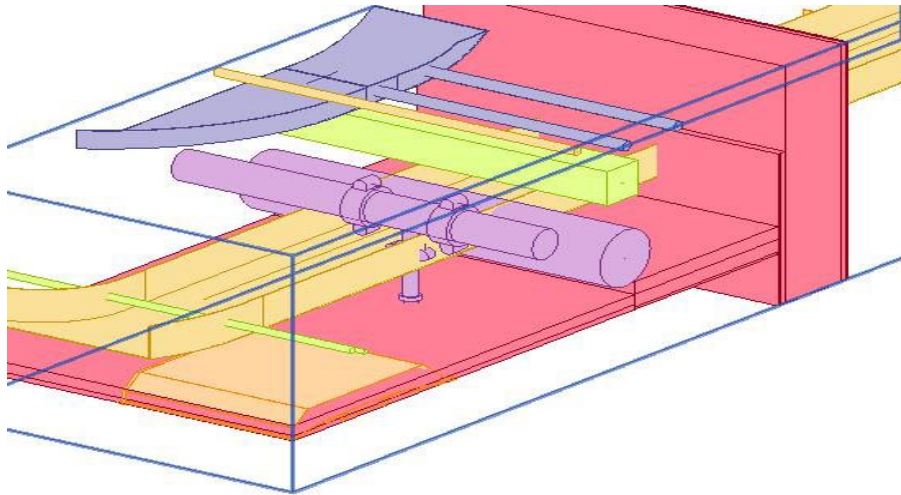
Colisión con HVAC de bandeja portacable eléctrica.



Nota. Por las medidas suministradas desde coordinación del edificio, provocó una gran cantidad de colisiones a lo largo del trazado de la bandeja portacables. Elaboración Propia.

Figura 51.

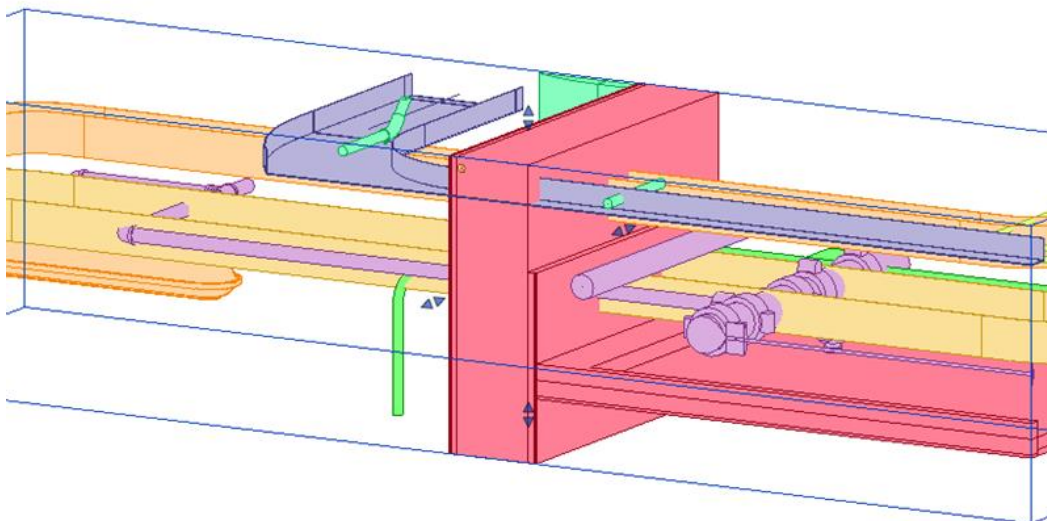
Colisión de bandeja portacable eléctrica con tubería hidráulica.



Nota. Otra colisión evidente y crítica a lo largo del trazado de bandeja por la falta de espacio no estimada desde la coordinación de edificio. Elaboración Propia.

Figura 52.

Colisión múltiple de bandeja portacable eléctrica.



Nota. Colisiones con tubería hidrosanitaria, tubería de Contra Incendios, con tubería de equipos mecánicos y con bandejas de telecomunicaciones. Elaboración Propia.

El tiempo dedicado a los reprocesos fue el doble del requerido para realizar solo los ajustes iniciales. La falta de información clara y la necesidad de corregir colisiones entre disciplinas generaron un sobreesfuerzo significativo, retrasando el avance del modelado y afectando entrega de este edificio.

Estas fallas por omisión de información en la coordinación de cada edificio se vuelven muy recurrentes, lo que genera constantes reprocesos, retrasos en las entregas y un aumento en los costos del proyecto. Además, afecta la eficiencia del equipo, alargando los tiempos de diseño y complicando la integración entre disciplinas.

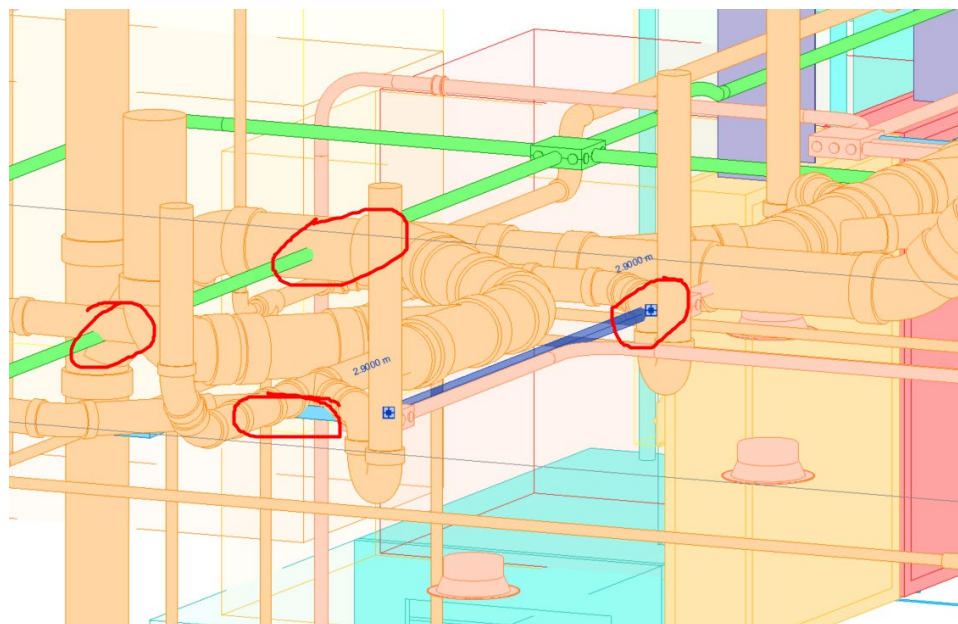
7.4.3. Cuando los modelos no se cierran a tiempo

Esta falla bastante recurrente en el equipo eléctrico, se presenta cuando se asume que el modelo fue “congelado” -se ha aprobado en su versión final y no sufrirá más modificaciones-, pero siendo así, introducen cambios posteriores. En estas situaciones, surgen discrepancias entre las demás disciplinas, porque mientras algunos equipos siguen trabajando con estos modelos cerrados, otros equipos siguen ajustando a última hora sin actualizar la información de forma homogénea.

Esta situación acarrea retrasos en la coordinación, pues las modificaciones post-cerrado dificultan la integración y generan incoherencias entre los modelos, terminando en reprocesos. En el cronograma de proyecto, impacta la planificación dado que el proyecto pierde una referencia fiable para la toma de decisiones y en las conversaciones con el cliente.

Figura 53.

Múltiples colisiones con hidrosanitario congelado.



Nota. Estas colisiones se presentaron después de que la disciplina hidrosanitaria diera por cerrado su modelo y se hicieran posteriores modificaciones. Elaboración Propia.

Otro caso frecuente, era que la disciplina eléctrica iniciara modelado de iluminación, según los diseños de ingeniería, como estos diseños no se elaboraban directamente en Revit, sino en otro software especializado. Los ingenieros suministraban como insumo a los modeladores las ubicaciones de las luminarias en archivos CAD, que luego el modelador cargaba al modelo como referencia y ubicaba la luminaria en los respectivos espacios. Luego, resultaba que la luminaria fue diseñada sin tener en cuenta la modulación del cielo raso cerrado y como consecuencia, la luminaria no coincidía con los módulos y el reproceso era reajustar la luminaria y verificar las afectaciones en diseño y cálculos (ver Figura 47 como referencia puntual de este error).

7.4.4. Diferencias entre criterios

Este problema se ve cuando en el equipo aplican normas, enfoques, interpretaciones técnicas y propiamente, criterios técnicos propios al resolver un mismo punto o aspecto del diseño. Estas diferencias pueden estar motivadas por la experiencia, formación profesional de cada miembro del equipo y por la falta de estandarización sobre conceptos específicos o comunes del diseño, lo que desemboca en perspectivas encontradas o más dudas que certezas.

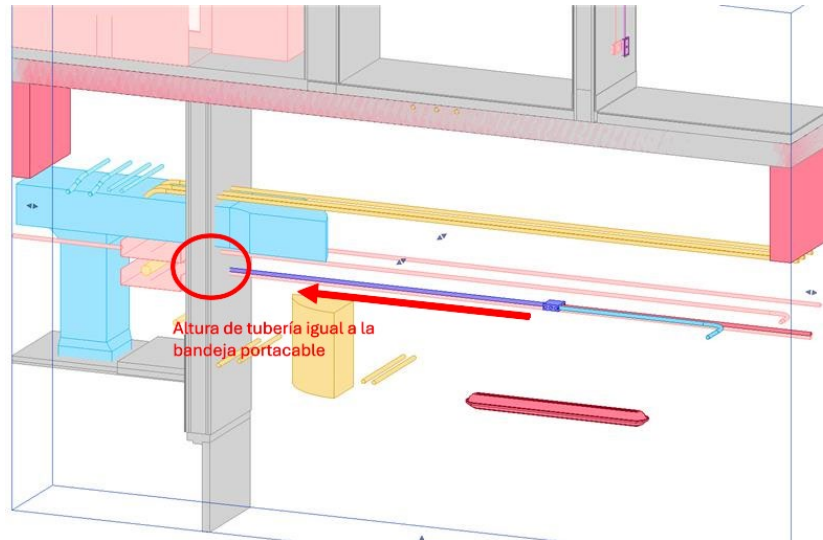
Esto pueden generar conflictos que dificultan la toma de decisiones y prolongan las incidencias, impactando la eficiencia del equipo como el cronograma. Estos errores por divergencia entre criterios han provocado reprocesos que llevan más tiempo en reajustarse, generando tensiones internas innecesarias.

Un ejemplo, es la altura del trazado de tubería en los cielos rasos. Para algunos casos, la disciplina de Arquitectura define estos espacios que luego son facilitadas a las disciplinas para el trazado de sus redes en sus modelos; cuando no se facilita esta información, se presenta la libre interpretación, que consiste en que los modeladores e ingenieros se basan en su experiencia previa o en la rutina de trabajo para trazar los elementos en modelo. Acentuando un poco los ítems 7.4.1 y 7.4.2, es otro motivo a la falta de información desde coordinación y como consecuencia, provoca colisiones que, desde la coordinación y la estandarización de criterios básicos, se pudieron haber evitado y no hacer retrabajos posteriores.

Nota. La coordinación y la asignación de espacios para el trazado de redes entre el cielo raso y la viga, cambia según las necesidades de las disciplinas que hacen llegar a la coordinación, como la superficie (o el tamaño) del edificio y la disponibilidad de cielos rasos en los espacios, ya que todos los edificios no los disponen.

Figura 54.

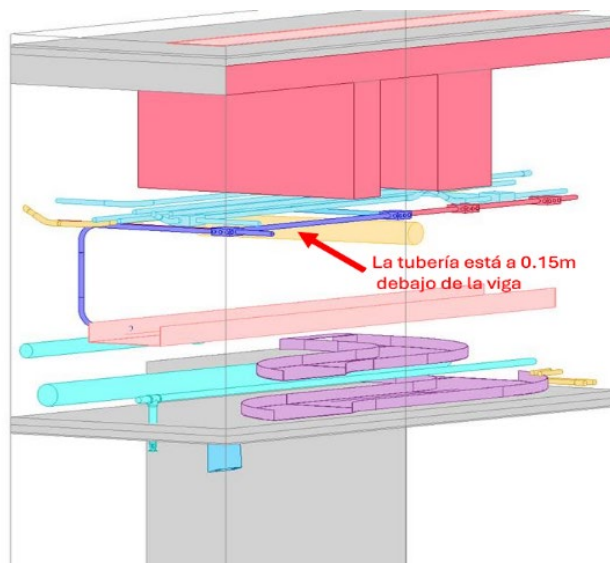
Altura de tubería 1.



Nota. Llegada de tuberías de iluminación, tomacorrientes normales y acometida HVAC a la misma altura de la bandeja portacable. Elaboración Propia.

Figura 55.

Altura de tubería 2.



Nota. Llegada de tubería de iluminación ubicada a 0.15m por debajo de viga, este criterio es el más usado en el proyecto. Elaboración Propia.

8. Plan de acción

El plan de acción es una propuesta para mitigar o solucionar definitivamente las fallas más frecuentes en el modelado bajo metodología BIM, con el propósito de asegurar coherencia, precisión y eficiencia durante la modelación.

Algunas de las propuestas que se mencionarán a continuación, fueron implementadas durante el desarrollo del proyecto, siendo algunas efectivas para mitigar parte de estas fallas y otras, son propuestas que se pueden poner a consideración dependiendo de la magnitud del proyecto a desarrollar.

8.1. Soluciones a fallas técnicas

Estas soluciones abordan los factores tecnológicos utilizados en la implementación de la metodología BIM, garantizando la eficiencia de las herramientas necesarias para el modelado y la gestión de información. De igual manera, aseguran que los equipos utilizados cuenten con los recursos adecuados para desarrollar el proyecto de manera efectiva y con pocos contratiempos.

8.1.1. Contar con los equipos adecuados

Se evidenció que parte de las fallas técnicas surgieron debido a que no todos los miembros del equipo eléctrico disponen de computadores con capacidad suficiente para gestionar los modelos -especialmente los ingenieros-. Esto se debe a las funciones específicas del cargo, ya que los ingenieros no se ocupan de generar modelos. Sin embargo, algunos ingenieros con experiencia en Revit, abren y manejan los modelos, se quejan de la lentitud al manipularlos en sus equipos. A continuación, se detallarán los requisitos dependiendo las necesidades emitidas por el desarrollador Autodesk para instalación de Revit 2023:

Tabla 2.

Revit 2023 Mínimo configuración básica.

Sistema Operativo	Microsoft® Windows® 10 u 11 de 64 bits.
Tipo de CPU	Intel® i-Series, Xeon®, AMD® Ryzen, Ryzen Threadripper PRO. 2,5 GHz o superior. Se recomienda una CPU con la máxima velocidad en GHz. Los productos de software de Autodesk® Revit® utilizan varios núcleos para muchas tareas.
Memoria	8 GB de RAM Normalmente es suficiente para una sesión de edición estándar, con un solo modelo de hasta aproximadamente 100 MB en el disco. Este cálculo está basado en pruebas internas e informes de clientes. Cada modelo cuenta con un uso de recursos del equipo y características de rendimiento diferentes. Los modelos creados en versiones anteriores de los productos de software de Revit pueden requerir más memoria disponible para el proceso único de actualización a la versión nueva.
Resoluciones de video	Mínimo: 1280 x 1024 con color verdadero Máximo: pantalla de ultra alta definición (4k)
Adaptador de video	Gráficos básicos: Adaptador de pantalla para color de 24 bits Gráficos avanzados: Tarjeta gráfica compatible con DirectX® 11 con Shader Model 5 y 4 GB de memoria de vídeo como mínimo
Espacio en disco	30 GB de espacio libre en disco
Dispositivo señalador	Dispositivo compatible con ratón de Microsoft o 3Dconnexion®
.NET Framework	.NET Framework, versión 4.8 o posterior.
Explorador	Chrome, Edge o Firefox
Conexión	Conexión a Internet para registro de licencia y descarga de componentes obligatorios

Adaptado de "Requisitos del sistema de los productos de Revit 2023". Autodesk. 2023.

<https://www.autodesk.com/es/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/ESP/System-requirements-for-Autodesk-Revit-2023-products.html#minimum>

Tabla 3.

Revit 2023 Rentabilidad precio y rendimientos equilibrados.

Sistema Operativo	Microsoft® Windows® 10 u 11 de 64 bits.
Tipo de CPU	Intel® i-Series, Xeon®, AMD® Ryzen, Ryzen Threadripper PRO. 2,5 GHz o superior. Se recomienda una CPU con la máxima velocidad en GHz. Los productos de software de Autodesk® Revit® utilizan varios núcleos para muchas tareas.
Memoria	16 GB de RAM Normalmente es suficiente para una sesión de edición estándar, con un solo modelo de hasta aproximadamente 300 MB en el disco. Este cálculo está basado en pruebas internas e informes de clientes. Cada modelo cuenta con un uso de recursos del equipo y características de rendimiento diferentes. Los modelos creados en versiones anteriores de los productos de software de Revit pueden requerir más memoria disponible para el proceso único de actualización a la versión nueva.
Resoluciones de video	Mínimo: 1680 x 1050 con color verdadero Máximo: pantalla de ultra alta definición (4k)
Adaptador de video	Tarjeta gráfica compatible con DirectX 11 con Shader Model 5 y 4 GB de memoria de vídeo como mínimo
Espacio en disco	30 GB de espacio libre en disco
Dispositivo señalador	Dispositivo compatible con ratón de Microsoft o 3Dconnexion®
.NET Framework	.NET Framework, versión 4.8 o posterior.
Explorador	Chrome, Edge o Firefox
Conexión	Conexión a Internet para registro de licencia y descarga de componentes obligatorios

Adaptado de "Requisitos del sistema de los productos de Revit 2023". Autodesk. 2023.

<https://www.autodesk.com/es/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/ESP/System-requirements-for-Autodesk-Revit-2023-products.html#minimum>

Tabla 4.

Revit 2023 Rendimiento modelos complejos de gran tamaño.

Sistema Operativo	Microsoft® Windows® 10 u 11 de 64 bits.
Tipo de CPU	Intel® i-Series, Xeon®, AMD® Ryzen, Ryzen Threadripper PRO. 2,5 GHz o superior. Se recomienda una CPU con la máxima velocidad en GHz. Los productos de software de Autodesk® Revit® utilizan varios núcleos para muchas tareas.
Memoria	32 GB de RAM Normalmente es suficiente para una sesión de edición estándar, con un solo modelo de hasta aproximadamente 700 MB en el disco. Este cálculo está basado en pruebas internas e informes de clientes. Cada modelo cuenta con un uso de recursos del equipo y características de rendimiento diferentes. Los modelos creados en versiones anteriores de los productos de software de Revit pueden requerir más memoria disponible para el proceso único de actualización a la versión nueva.
Resoluciones de video	Mínimo: 1920 x 1200 con color verdadero Máximo: pantalla de ultra alta definición (4k)
Adaptador de video	Tarjeta gráfica compatible con DirectX 11 con Shader Model 5 y 4 GB de memoria de vídeo como mínimo
Espacio en disco	30 GB de espacio libre en disco Disco duro de más de 10.000 rpm (para interacciones de nubes de puntos) o unidad de estado sólido
Dispositivo señalador	Dispositivo compatible con ratón de Microsoft o 3Dconnexion®
.NET Framework	.NET Framework, versión 4.8 o posterior.
Explorador	Chrome, Edge o Firefox
Conexión	Conexión a Internet para registro de licencia y descarga de componentes obligatorios

Adaptado de “Requisitos del sistema de los productos de Revit 2023”. Autodesk. 2023.

<https://www.autodesk.com/es/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/ESP/System-requirements-for-Autodesk-Revit-2023-products.html#minimum>

Por la experiencia laboral, se recomienda contar con equipos que superen las especificaciones mínimas requeridas. Por ejemplo, si se va a adquirir Revit para un uso básico de modelado, es preferible contar con un computador que tenga al menos 16 GB de RAM, con tarjeta gráfica independiente de 4 GB, disco duro solido (SSD) y un procesador con una

velocidad base a 2,5 GHz -actualmente, la mayoría de procesadores en el mercado, cuentan con configuración turbo o se puede desbloquear (overclockear) para alcanzar velocidades superiores a los 4,0 GHz- para evitar contratiempos con el uso del software.

Sería ideal que los ingenieros cuenten con equipos de características similares o iguales a los de los modeladores para garantizar una colaboración sin tantos contratiempos. Si los ingenieros y modeladores utilizan equipos con especificaciones similares y potentes, se minimizan las discrepancias en el rendimiento del software y facilita el manejo conjunto de los modelos. Esto permite que ambos grupos trabajen a la par, de manera fluida y sin pérdidas de tiempo, reduciendo el tiempo en procesamiento, en el intercambio de la información y la revisión de modelos con espacio para efectuar los ajustes necesarios.

8.1.2. Uso de la CDE para el proyecto

El uso de un Entorno Común de Datos (CDE) es fundamental en la metodología BIM para asegurar eficiencia y colaboración en los proyectos. Como pasó en este proyecto, el uso de dos CDE al tiempo generó inconvenientes, provocando confusión y errores en la gestión de la información centralizada. Esto pone de manifiesto la importancia de establecer un único CDE, con las carpetas bien estructuradas desde el inicio del proyecto para garantizar un almacenamiento seguro, una comunicación entre disciplinas fluida y una coordinación con las demás disciplinas precisa y así evitando reprocesos innecesarios.

Para garantizar el éxito en la implementación de la metodología BIM, resulta indispensable definir un único CDE que cumpla con los lineamientos establecidos en el Plan de ejecución BIM (BEP) alineado a la vez con normativas Locales e Internacionales. Este CDE debe garantizar accesibilidad, seguridad, integridad y disponibilidad de la información. Asimismo, se debe organizar una estructura de almacenamiento en carpetas asegurando que sea clara y estandarizada, niveles de acceso según los roles, flujos de trabajo definidos, formatos interoperables y, sobre todo, contar con velocidad en la transferencia de datos

suficiente para el manejo, carga y publicación de modelos. Esto no solo facilita un control eficiente de la información y mejora la coordinación, sino que también reduce la probabilidad de errores y reprocesos, optimizando así el flujo de trabajo y el uso de recursos en el proyecto.

8.1.3. Sobre las demás fallas encontradas

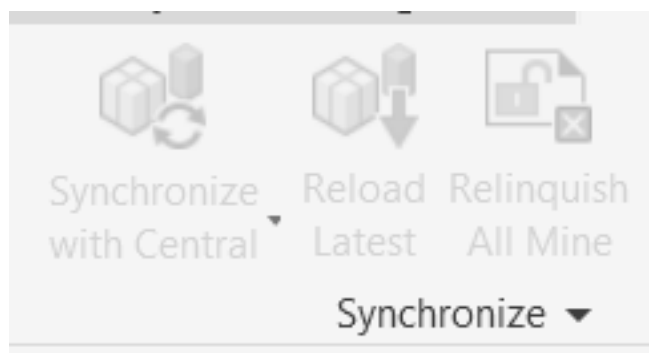
No se puede dar solución a la falla de Falta Error, aún no se puede determinar la causa exacta de este error de software. Por eso se dan las siguientes recomendaciones a la hora de ejecutar el software:

- Tener una conexión estable de Internet, preferiblemente de 300 Mbps o superior.
- Disponer de un computador con prestaciones superiores a las especificaciones mínimas dadas en el ítem 8.1.1.
- En lo posible, manejar un modelo a la vez.
- Al momento de enlazar modelos de las demás disciplinas, que sea por enlace y no por cargue. Por enlace, Revit actualiza las modificaciones cada vez que se sincronizan los demás modelos, mientras por cargue, actualiza cada vez que publican los modelos.
- Sincronizar los modelos en periodos cortos de tiempo para evitar pérdidas de información.
- Guardar en local cuando se pierda la conexión con el modelo central y no permita sincronizar. Cuando se reabre el modelo, permite cargar los cambios guardados como modelo local y sincronizarlos al modelo central.
- Ceder todos los permisos (Relinquish All Mine para Revit) cuando se termine la jornada laboral para el momento que se requiera una modificación por otro operador, no se pierda el tiempo esperando hasta que se cedan los permisos.

Ahora, lo que es Guardar, Sincronizar y Publicar. Revit cuenta con estas herramientas que a continuación se explicarán que propósito tienen en el desarrollo de modelos.

Figura 56.

Herramientas de Sincronizar en Revit.



Nota. Las herramientas Synchronize with Central (Sincronizar con Central), Reload Latest (Recargar la Última Versión) y Relinquish All Mine (Ceder todo) solo se habilitan cuando se abre un modelo central. Elaboración Propia.

Guardar como local (Save to Local): El modelo solo guarda los cambios generados en el equipo.

Sincronizar con Central (Synchronize with Central): El modelo carga los cambios generados al modelo central almacenado en la CDE. Facilita ver los cambios de los demás operadores cuando se recarga el modelo en Revit, pero no en la CDE, con la opción Recargar la Última Versión (Reload Latest).

Relinquish All Mine (Ceder todo): Facilita ceder los permisos de edición sobre los elementos modelados para que los otros operadores puedan hacer las modificaciones necesarias.

Publicar modelo (Publish): Esta opción permite guardar los ajustes en los modelos a la CDE. A diferencia de la Herramienta de Sincronizar con Central, esta opción permite ver los cambios ejecutados para cualquier usuario con el visor de la CDE, mientras la opción de sincronizar almacena, esta opción permite almacenar y visualizar.

Cuando se descarga un modelo publicado desde la CDE, el modelo se desenlaza temporalmente, el modelo descargado queda con los cambios efectuados al momento de ser publicado. Por lo tanto, si después de publicar surgen cambios y quedan sincronizados, no se verán en el modelo descargado ni en el CDE.

8.2. Soluciones a fallas en modelado

Corregir las fallas de modelado es clave para asegurar la precisión y eficiencia en el desarrollo de los proyectos. El modelador juega un papel crucial en este proceso, por ser el encargado de crear, actualizar y gestionar los modelos digitales que sirven como base para la planificación, construcción y operación de un proyecto. Muchas de estas fallas pueden evitarse con más experiencia, dominio del software, una lectura a conciencia de los documentos guía del proyecto -como el BEP, el BIM Estándar y documentos relacionados- además de entender correctamente las instrucciones de los ingenieros de la disciplina. También es importante tomarse el tiempo necesario para revisar el trabajo antes de entregarlo a los revisores, con el fin de que el proyecto avance sin contratiempos.

Para ahorrar tiempo y esfuerzo en las revisiones de modelado, la disciplina BIM facilitó plug-ins y complementos especiales para Revit, extensiones y software desarrollados internamente que eficazmente aplican a la revisión por parte del modelador de la calidad descrita en el BEP del proyecto.

8.2.1. Sobre las coordenadas del proyecto

En este proyecto, la disciplina BIM, que juega un papel crucial en la coordinación general, desarrollo un modelo maestro de coordenadas que facilita la asignación precisa y la integración de todos los modelos involucrados. Este modelo no solo garantiza que no haya desfases entre modelos, sino que también permite una coordinación fluida entre las mismas disciplinas.

Además, el modelo actúa como punto de referencia central, donde todas las disciplinas accedan a la versión más actualizada de los puntos de coordenadas sin riesgo de descoordinación. Depende del modelador, cuando se crea modelo nuevo o se modifica uno en desarrollo, ajustar y revisar los puntos topográfico (Survey Point) y el Punto Base (Project Base Point) correctamente.

Esto se debería mostrar en el Plan de Ejecución BEP, pero no se tuvo en cuenta, la disciplina eléctrica desarrolló una Guía de Modelado BIM, donde se recopilan procedimientos específicos para casos tanto a nivel general o complejos que el BEP no se tuvieron en cuenta, en el BIM Estándar se extrajeron y que la disciplina BIM nos fue capacitando a medida que se desarrollaba el proyecto.

En la Guía, se agregó este procedimiento específico para que los modeladores lo sigan al pie de la letra.

8.2.2. Soluciones a las colisiones

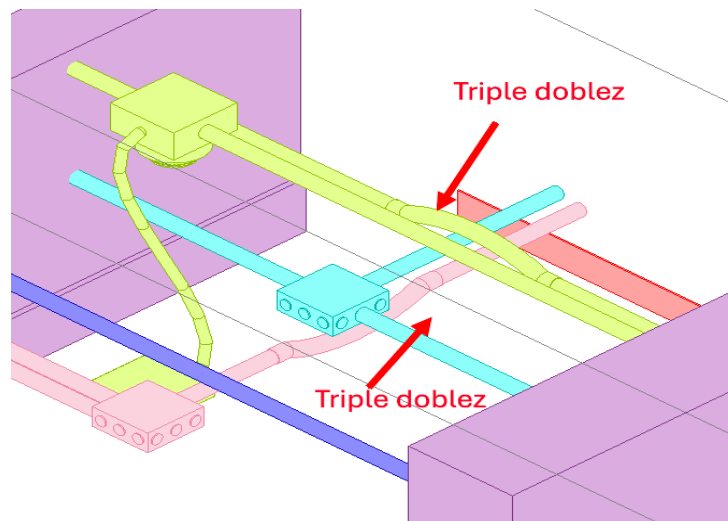
Para las colisiones tanto internas de disciplina como externas contra otras disciplinas, se recomienda contar con una buena comunicación interna entre modeladores de la misma disciplina y la coordinación con las demás disciplinas que se explicará más adelante. El modelador debe asegurarse de tener todos los modelos del paquete disponibles enlazados al modelo de trabajo, con las coordenadas precisas dadas por Urbanismo (o la disciplina que las prepara), de tener los ejes (rejillas) y niveles copiados y supervisados (Copy Monitor), y principalmente, las familias cargadas desde los modelos Inventario porque es garantía de que se encuentran actualizadas.

Para el trazado de tubería, se debe tener claro, las alturas de trazado para evitar colisiones con las demás disciplinas. Cuando las alturas de tubería quedan a la misma altura, es necesario tener opciones para evitar colisionar, en la disciplina eléctrica se creó una familia

especial para evitar estos choques, el triple doblez es un tubo en forma arqueada que permite pasar tubería por encima o por debajo de la tubería a cruzar.

Figura 57.

Familia de Triple Doblez.



Nota. Esta familia permite trazar tubería sin cruzar con las demás tuberías a la misma altura. Elaboración Propia.

Familias como estás, evitan reprocesos que pueden ser complicados a medida que avanza el diseño, que más adelante pueden reducir la eficacia de modelado en el mismo proyecto.

Para las demás familias, es tener en cuenta la ubicación espacial de las mismas, por ejemplo, que los tableros de distribución no estén ocupando espacio de los tableros de comunicaciones, los tomacorrientes deben estar alineadas a los muros junto a sus tuberías, la tubería debe estar debidamente conectada. Estos puntos son a cargo de modelador como de la calidad del modelo.

En resumen, se mencionan los puntos a tener en cuenta cuando se desarrolla el modelo:

- Tener enlazados todos los modelos disponibles del paquete que se esté trabajando para evitar en lo mínimo posibles incidencias (issues).
- Al modelar tubería en altura de cielo raso, trazar a la altura indicada entre la disciplina para no generar choques, las demás disciplinas se deben ajustar a su espacio indicado desde coordinación.
- Para las incidencias más complejas, se deben hacer reuniones especiales de coordinación, cortas y precisas para solucionar estos casos.
- Respetar la jerarquía del proyecto.
- Tener claro el alcance del diseño, no hacer más cosas de las que se han pedido, pero tampoco dejar faltantes de información.
- Tener máxima concentración al desarrollar modelado.
- La habilidad se adquiere con la experiencia.
- Consultar por dudas y casos extremadamente complejos y difíciles con los ingenieros de diseño.
- En equipo, revisar la documentación pertinente al proyecto como el BEP, BIM Estándar y demás documentos relacionados.
- Si hay faltantes a puntos específicos en la documentación oficial del proyecto, se puede tener la libertad de desarrollar manuales, guías de paso a paso, documentación complementarios de manejo interno a la disciplina para el adecuado desarrollo de modelado.

8.2.3. Sobre el manejo de familias

Por lo visto, la mayoría de errores en el manejo de familias, fueron provocados por el nombramiento erróneo de las mismas. En el BEP, se menciona la estructura de nombramiento de las familias, la estructura es la siguiente:

Figura 58.

Estructura para el nombrado de familias.



Nota. Esta estructura fue acordada con el cliente como parte de la estandarización del proyecto.

Elaboración Propia.

La solución a este problema, fue la estructuración del nombramiento de las familias, estaba establecida desde el BEP, pero no fue seguida y a la final tuvo que ser reestructurada para unificar entre las disciplinas y los revisores el debido nombramiento y evitar duplicas entre las mismas.

Con su implementación, se facilitó significativamente la actualización de las familias en los modelos, así como las modificaciones paramétricas y los ajustes de geometría, lo que permitió una mayor flexibilidad y precisión en el proceso de diseño.

En conclusión, para tener un adecuado manejo de las familias en un proyecto, se debe contar con una estructura estandarizada para nombrar las familias, contar con un inventario organizado de las familias, actualizar las familias según los requerimientos técnicos y tener un archivo de control, debidamente actualizado para facilitar su manejo.

Tabla 5.

Formato control ejemplo para inventario de familias.

Código	Nombre	Paquete cargado					

Nota. Se utilizó un formato similar para el proyecto. Elaboración Propia.

8.2.4. Manejo del Control de Calidad

Como se mencionaba en el ítem 8.2, la disciplina BIM, desarrolló plug-ins, rutinas y complementos diseñados para agilizar el trabajo de modelado. Dentro de este conjunto de herramientas incluía plug-ins específicos que permitían revisar aspectos específicos establecidos en el BEP, asegurando que se cumplan los estándares de calidad requeridos y las exigencias del proyecto. Gracias a estas herramientas, se optimizó el proceso de verificación, garantizando que el modelo cumpliera con los parámetros establecidos y así mejorar la eficiencia en el desarrollo del proyecto.

Algunos de los puntos revisados por las herramientas son:

- Nombramiento del modelo.
- Coordenadas en el modelo.
- Nombramiento de las vistas de planimetrías, cortes e isométricos en los modelos.
- Datos en los parámetros señalados por BIM.
- Tablas de cantidades debidamente nombradas.
- Códigos de clasificación debidamente cargados.

- Diligenciamiento de los datos en los parámetros.
- Parámetros vacíos.
- Peso del modelo.
- Nombramiento de las familias
- Nombramiento de los parámetros.

Para el desarrollo de proyecto, se recomienda el desarrollo de herramientas propias dentro de la organización para reducir tiempos en el proceso de modelado y en las revisiones de calidad sean más óptimas y precisas. En su defecto, se pueden descargar complementos para Revit desde la página de Autodesk desarrollado por terceros.

8.3. Soluciones a fallas de información

En el proyecto, las fallas en este punto es la poca fiabilidad de la información, la información digitalizada erróneamente en los parámetros, datos incompletos o en vacío. La propuesta para solucionar estos errores, es establecer un protocolo claro de gestión de la información, asegurando que todos los miembros del equipo tengan claro la información a manejar, en que parámetros va y, sobre todo, tratar de automatizar en lo posible, rutinas y procedimientos de modelado y así evitar reprocesos.

8.3.1. La definición de parámetros necesarios en el proyecto

La disciplina eléctrica centralizó en un único modelo y como complemento, un código con los parámetros compartidos entre los modelos. A partir de este modelo, los parámetros se transferían a los modelos en desarrollo, evitando duplicas y parámetros erróneos en los modelos. Una persona estaba encargada de la creación de estos parámetros y a las familias se le dejan anidados parámetros inherentes al elemento.

El deber del modelador es verificar con Plug-ins especiales los parámetros cargados al proyecto, adicionalmente debe depurar los aquellos desactualizados y repetidos. Se

recomienda que una persona controle la creación de los parámetros compartidos en los modelos para que cada operador los cargue en sus diseños y así tenerlos estandarizados según el BEP, BIM Estándar y la Guía de Modelado.

8.4. Soluciones a fallas de coordinación

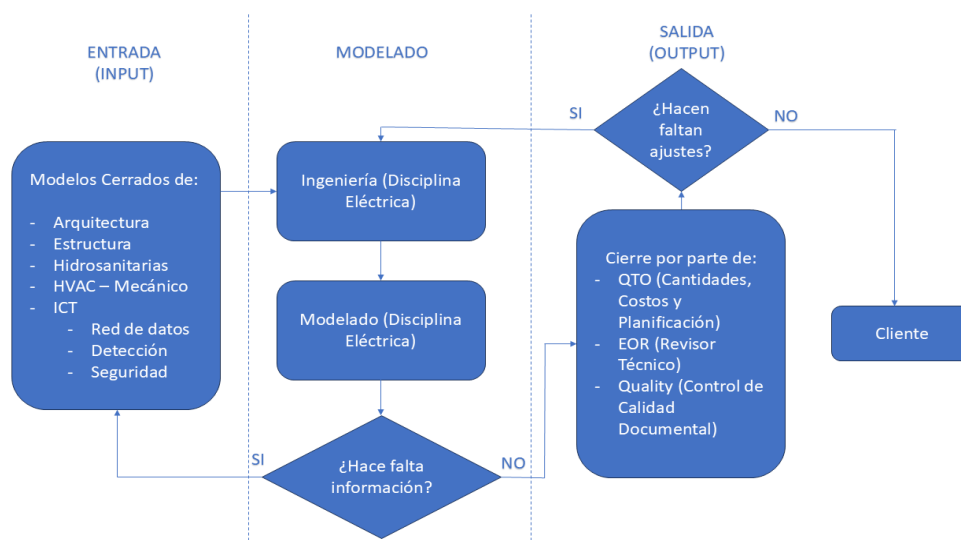
Estas fallas pueden generar retrasos y errores significativos en el desarrollo de los proyectos. En el proyecto, la solución más efectiva es mantener la comunicación entre las disciplinas.

Parte de las colisiones provocadas, surgieron de la falta de comunicación, cuando los modeladores trabajaban en los modelos, teniendo información desarrollada de las demás disciplinas, se complicaba el desarrollo de los modelos eléctricos, ya que se termina dependiendo de las demás disciplinas.

Ahora, la propuesta es optimizar el flujo de trabajo, a continuación, se muestra el flujo actual de trabajo en el proyecto.

Figura 59.

Flujo de trabajo del proyecto.



Nota. Flujo mostrado a partir de la perspectiva de modelado. Elaboración Propia.

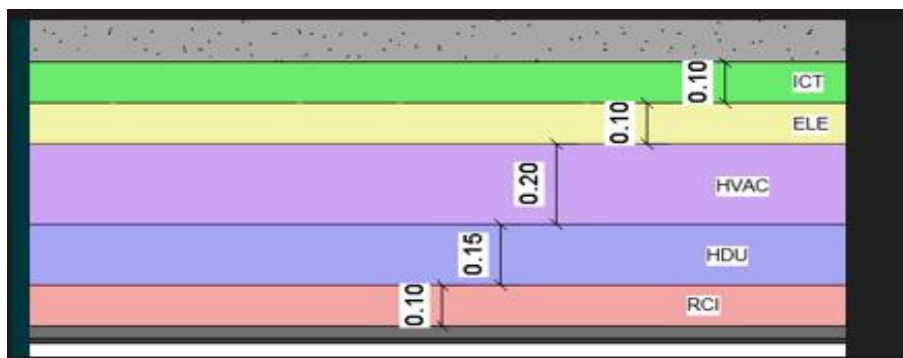
El flujo del Gráfico 1, da a entender que, para poder proceder con el desarrollo del modelado eléctrico, termina dependiendo de las demás disciplinas. Sin embargo, como sucede en el actual desarrollo, no entregan los modelos cerrados que debería ser procedimiento adecuado. También juega como arma de doble filo, porque las demás disciplinas dependen de información de la disciplina eléctrica en ciertos casos. Para estas situaciones, se recomiendan reuniones de coordinación interdisciplinarias, definiendo puntos críticos, criterios y buenas prácticas para el desarrollo de los modelos.

8.4.1. Definición del trazado de tubería en altura entre cielo rasos

La disciplina de Arquitectura se encarga de diseñar de los espacios para la instalación y paso de redes, así como de asegurar su conexión adecuada. No obstante, surgen retos cuando la distribución propuesta no proporciona el espacio suficiente para albergar todas las instalaciones, o cuando su trazado interfiere con otros elementos constructivos. Para solucionarlo este reto, se fue por dos opciones, generar reuniones de coordinación o que la disciplina de arquitectura proporcione estos espacios. A continuación, se proporcionan dos ejemplos de cómo arquitectura define sus espacios.

Figura 60.

Distribución de tuberías en altura de cielo rasos.

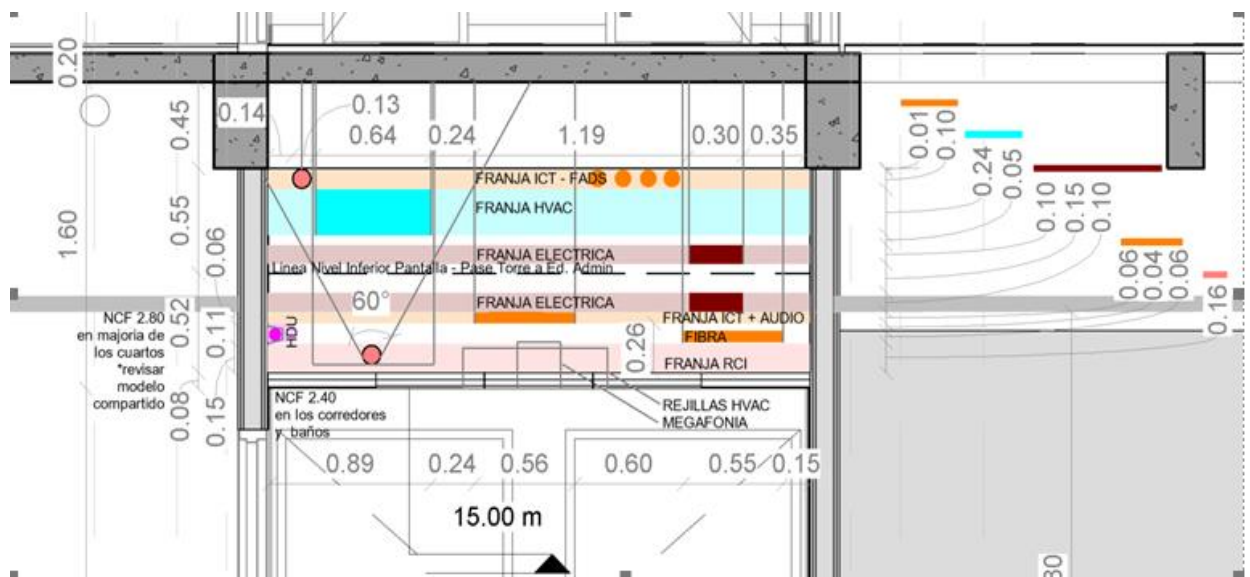


Nota. Con estas medidas y espacios distribuidos, las disciplinas modelaron sus redes a lo largo del proyecto. Elaboración Propia.

Con la distribución mostrada de la figura 58, se modelaron las redes en la mayoría de los paquetes. Sin embargo, algunos paquetes carecieron de una adecuada coordinación, lo que impidió la correcta asignación de espacios y persistieron los errores debido a las colisiones provocadas; por tal motivo, se tomaba la distribución de la figura 58 como base para estos paquetes. Algunos diseños cuentan con su propia distribución para el trazado de redes, que la proporcionaba la misma arquitectura por la complejidad de los mismos. A continuación, se da un ejemplo sobre la distribución de redes en el edificio de la torre de control.

Figura 61.

Distribución de tuberías en altura de cielo rasos para la torre de control.



Nota. Espacio de distribución de redes para la torre de control. Elaboración Propia.

Para casos de gran complejidad, como se ilustra en la figura 59, resulta imprescindible realizar un análisis previo mediante reuniones interdisciplinarias en las que participen los equipos involucrados. Este enfoque permite anticipar posibles interferencias, optimizar la distribución de los espacios y asegurar que todas las instalaciones encajen sin colisiones, reduciendo reprocesos en etapas avanzadas del proyecto.

8.4.2. Sobre las diferencias de criterio

La diferencia de criterios en BIM surgen cuando los distintos equipos aplican enfoques técnicos o interpretaciones normativas divergentes para alcanzar el mismo objetivo de diseño. Estas diferencias pueden estar motivadas por la formación profesional de cada profesional involucrado, la falta de experiencia, la falta de guías de estandarización o el cambio de las mismas guías, derivando en visiones encontradas sobre cómo gestionar modelos, definir alcances e integrar la información.

Para resolver estas diferencias, resulta esencial establecer protocolos de colaboración, comunicación efectiva y unificar criterios desde las primeras etapas del proyecto. Un ejemplo claro, fue lo que hizo la disciplina eléctrica a lo largo de proyecto, unificaron criterios básicos consensuados, se logró aumentar la eficiencia tanto en la coordinación como en el desarrollo de los modelos, optimizando el uso del tiempo, mejorando el control de calidad y facilitando la gestión de personal involucrado en la disciplina.

8.4.3. Sobre los archivos de intercambios de información

En el BEP, se debe estipular los formatos con que se desarrollaran los modelos. En este proyecto, y por requerimientos del cliente, los formatos de desarrollo de modelos se manejaron en formato. rvt (formato nativo de Revit) en. rfa para el manejo de familias en Revit, el formato. nwc y. nwd (formato para Navisworks) para coordinación por parte de BIM y para el cliente el formato IFC.

Esta diferencia de formatos, aun causa interoperabilidad fallida. La solución que se estableció, quedó consignada en el BEP. Cuando las disciplinas cierran sus modelos, el equipo BIM exporta los modelos de formato. rvt a formato. nwc y revisa colisiones; al final, el formato IFC de los modelos se entrega al cliente cuando haya pasado todos los controles de calidad.

Conclusiones y recomendaciones

Se logró identificar y clasificar las principales fallas que se presentan durante el modelado BIM en proyectos de infraestructura, especialmente en la disciplina eléctrica. Estas fallas están relacionadas principalmente con problemas de coordinación entre disciplinas, errores en la asignación de parámetros, falta de control en la actualización de modelos, y el uso inadecuado de herramientas colaborativas como los worksets, Survey Point y Copy Monitor.

Se identificaron causas recurrentes de las fallas, como la falta de revisión de calidad, el uso de familias nombradas erróneamente, duplicadas o mal parametrizadas, la ausencia de estándares para la gestión de parámetros, y fallas en la carga y mantenimiento de información. Asimismo, se reconocieron consecuencias importantes, como desfases entre modelos, colisiones, pérdida de datos y disminución de la productividad del equipo.

Como resultado del análisis realizado, se plantea un plan de acción con medidas de mitigación y solución, que incluye la estandarización de procesos, la implementación de protocolos de sincronización y cierre de modelos, capacitaciones continuas al equipo de modeladores e ingenieros de uso de herramientas autorizadas para el control de calidad y validación de la información. Estas acciones buscan mejorar la precisión del modelado, facilitar la coordinación entre disciplinas y reducir la recurrencia de errores que impactan en el desarrollo de los proyectos.

Algunas recomendaciones son:

Establecer protocolos de modelado BIM claros y estandarizados, que incluyan lineamientos sobre la asignación de parámetros, uso correcto de familias, nomenclaturas, niveles de desarrollo (LOD) y procedimientos de sincronización y cierre de modelos. Para eso, se incluye en el BEP.

Fortalecer los procesos de coordinación entre disciplinas mediante reuniones periódicas, revisión colaborativa de modelos federados y la implementación de plataformas CDE que faciliten el acceso a información actualizada y eviten desfases entre modelos.

Usar herramientas automatizadas para el diligenciamiento masivo de información, evitando la edición manual de parámetros que pueden conducir a errores de digitación, códigos mal escritos o datos incompletos. Además, centralizar la gestión de parámetros para evitar duplicados o conflictos de uso.

Designar responsables por disciplina para la supervisión de modelos, quienes velen por el cumplimiento de los estándares, actualicen los modelos en los tiempos establecidos y actúen como enlace directo con el equipo de coordinación BIM.

Bibliografía

Autodesk. (2018a). Acerca del punto base del proyecto. Autodesk.

<https://help.autodesk.com/view/RVT/2018/ESP/?guid=GUID-D4358965-4574-4C5F-9430-9ECD63BA847E>

Autodesk. (2018b). Acerca del punto de reconocimiento.

<https://help.autodesk.com/view/RVT/2018/ESP/?guid=GUID-81CB0DD4-DF6E-43A3-AADA-DABC5ED30C6F>

BIM Forum Colombia. (2020). Guía de Roles y Perfiles en la Metodología BIM. Versión 2.

<https://camacol.co/descargable/01-roles-y-perfiles-bim>

BIM GYM. (s.f.). Requisitos de información del cliente (EIR) en BIM. BIM GYM.

<https://bimgym.com/lessons/requisitos-de-informacion-del-cliente-eir/>

Bouzas, M. (2017, 1 de abril). ¿Qué es un CDE?. BuildingSmart Spain.

<https://www.buildingsmart.es/2017/04/01/qu%C3%A9-es-un-cde/>

British Standard BS EN ISO 19650. (2020). Organization and digitalization of information about buildings and civil engineering Works, including building information modeling (BIM) – Information management using building information modeling. Part 3: Operational phase of the assets. British Standards Institution (BSI).

Draft International Standard ISO/DIS 19650. (2021). Organization and digitalization of information about buildings and civil engineering Works, including building information modeling (BIM) – Information management using building information modeling. Part 4: Information exchange. British Standards Institution (BSI).

BuildingSMART. (s.f.). ¿Qué es BIM?. BuildingSMART Spain. <https://www.buildingsmart.es/bim/>

- Castellanos, P. (2023, 2 de mayo). Metodología BIM: lo que viene para el sector constructor en Colombia. En Obra. <https://www.en-obra.com/es/noticias/metodologia-bim-lo-que-viene-para-el-sector-constructor-en-colombia>
- Coloma, E. Ayats, C. Miquel, S. Molas, I. Puig, P. Armengol, M. (2019, marzo). La parte humana del BIM: Tres estudios de caso. Journal of BIM and Construction Management, 1, 1-13. <https://journalbim.org/index.php/jb/article/view/6/12>
- Construdata. (2023, 21 de noviembre). Colombia es líder en implementación de la metodología BIM. Construdata. <https://construdata.com/noticias/colombia-es-lider-en-implementacion-de-la-metodologia-bim-3934>
- Díaz, D. (2023, 19 de noviembre). Modelo Federado en BIM. LinkedIn. Recuperado de <https://es.linkedin.com/pulse/modelo-federado-en-bim-diana-diaz-xpxse>
- Díaz, L. (2023, 18 de junio). Riesgos BIM: ¿Implementar o NO la metodología BIM?. CON&CA Ingeniería. LinkedIn. Recuperado de <https://www.linkedin.com/pulse/riesgos-bim-implementar-o-la-metodolog%C3%ADa-conicaingenieriasas/>
- Editeca (2024, 23 de enero). Las 7 dimensiones BIM: ¿Cuáles son y para qué sirven?. Editeca. <https://editeca.com/7-dimensiones-bim-cuales-son-para-que-sirven/>
- Editeca. (2024, 5 de febrero). Fases BIM: ¿Cuáles son y como planificarlas?. Editeca. <https://editeca.com/fases-bim-cuales-son-como-planificarlas/>
- Escuela Europea de Dirección y Empresa EUDE. (2024, 11 de Julio). Colaboración y Trabajo en Equipo en Proyectos BIM: Mejorando Comunicación y Eficiencia. Escuela Europea de Dirección y Empresa. <https://www.eude.es/blog/colaboracion-y-trabajo-en-equipos-en-proyectos-bim/>
- Fenollosa, D. (2024, 16 de mayo). El Plan de Ejecución BIM (BEP) ¿Qué es?. LinkedIn. Recuperado de <https://es.linkedin.com/pulse/el-plan-de-ejecuci%C3%B3n-bim-bep-qu%C3%A9-es-daniel-fenollosa-cervello-zmqcf>

Ministerio de Economía y Finanzas de la República del Perú MEF. (2019). Decreto Supremo N° 289-2019-EF. Disposiciones para la incorporación progresiva del BIM en la inversión pública. Diario Oficial El Peruano de 8 de septiembre 2019.

<https://www.gob.pe/institucion/mef/normas-legales/293869-289-2019-ef>

Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 19650. (2022). Organización y digitalización de información en obras de edificación e ingeniería civil, incluidos el BIM (Building Information Modeling). Parte 1: Conceptos y Principios. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).

Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 19650. (2022). Organización y digitalización de información en obras de edificación e ingeniería civil, incluidos el BIM (Building Information Modeling). Parte 2: Fase de entrega de los activos. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).

Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 19650. (2022). Organización y digitalización de información en obras de edificación e ingeniería civil, incluidos el BIM (Building Information Modeling). Parte 5: Enfoque orientado a la seguridad en la gestión de la información. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).

Loes Ingenieros S.C. (2023, 3 de agosto). Los Errores más comunes al Implementar BIM y cómo evitarlos. LinkedIn. Recuperado de <https://www.linkedin.com/pulse/los-errores-m%C3%A1s-comunes-al-implementar-bim-y-como-evitarlos/>

Marketeros Webmaster. (2022, 10 de octubre). ¿Qué es una familia BIM? Familias en Revit. MCAD. <https://mcad.co/que-es-familia-bim-familias-revit/>

Ministerio de Economía y Finanzas de la Republica del Perú MEF. (s.f.). Sobre el Plan BIM Perú. Ministerio de Economía y Finanzas de la Republica del Perú.
<https://mef.gob.pe/planbimperu/planbim.html>

- Muralit. (2019, 13 de agosto). Jerarquía de elementos en Revit. Y cómo incluir elementos constructivos innovadores en el mercado. Muralit. <https://muralit.es/jerarquia-elementos-revit/>
- Irish Standard IS EN ISO 16739. (2024). Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries – Part 1: Data schema. National Standards Authority of Ireland (NSAI).
- Ocean, J. (2024a, 6 de mayo). ¿Qué es la interoperabilidad en BIM? Herramientas de interoperabilidad BIM. Revizto. <https://revizto.com/es/que-es-la-interoperabilidad-en-bim/>
- Ocean, J. (2024b, 16 de octubre). BIM LOD: Niveles de desarrollo y su importancia en los proyectos BIM. Revizto. <https://revizto.com/es/bim-lod-niveles-de-desarrollo/>
- Ramírez, A. (2023). Optimizando la gerencia como solución a la implementación fallida de metodologías BIM en proyectos de ingeniería en Colombia [Trabajo de Grado, Universidad Militar Nueva Granada]. Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.unimilitar.edu.co/items/b7b10295-d9ab-474a-ad07-a031b516de01>
- RF AECO Competence Center. (s.f). Pasar del CAD a BIM ¿Hay diferencia?. RF AECO Competence Center. <https://acortar.link/5b8KEY>
- Santamaria, L. (s.f). Revit colaborativo básico. Especialista 3D. <https://especialista3d.com/revit/colaborativo-basico/>
- Sisternes, A. (2023, 18 de abril). *Nivel de desarrollo (LOD) en BIM: Definición y clasificación*. Reto Kömmerling. <https://retokommerling.com/nivel-desarrollo-lod-bim/>
- Tezanos, M. (2022, 8 de noviembre). Claves para una implementación BIM exitosa. LinkedIn. Recuperado de <https://www.linkedin.com/pulse/claves-para-una-implementaci%C3%B3n-bim-exitosa-maria-jos%C3%A9-de-tezanos/>
- Universidad de Cataluña. (s.f.). BIM Conceptos y Metodologías. UdeCataluña. <https://www.ucatalunya.edu.co/blog/bim-conceptos-y-metodologias>

Vitorino, P. (2020, 2 de noviembre). Las 7 dimensiones BIM. Konstruedu.

<https://konstruedu.com/es/blog/las-7-dimensiones-de-bim>