

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Civil



TESIS

**Propuesta de marco VDC bajo la metodología BIM y sesiones ICE
para diseñar colegios públicos ejecutados por empresas
pequeñas**

Para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Elaborado por

Kevin Ricardo Alvarez Atauluco

 [0009-0003-7344-6409](https://orcid.org/0009-0003-7344-6409)

Asesor

Mag. Omar Renzo Padilla Laguna

 [0000-0003-4745-0626](https://orcid.org/0000-0003-4745-0626)

LIMA – PERÚ

2025

Citar/How to cite	Alvarez Atauluco [1]
Referencia/Reference	[1] K. Alvarez Atauluco, " <i>Propuesta de marco VDC bajo la metodología BIM y sesiones ICE para diseñar colegios públicos ejecutados por empresas pequeñas</i> " [Tesis de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Alvarez, 2025)
Referencia/Reference	Apellido, N. (2022). <i>Propuesta de marco VDC bajo la metodología BIM y sesiones ICE para diseñar colegios públicos ejecutados por empresas pequeñas</i> . [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

A mis padres

Adrian y Maria por su apoyo en todo momento

A mis hermanos

Eric y Elvis por permitirme demostrar que con esfuerzo todo es posible

A mi abuela

Juliana por haber crecido en una familia muy unida

A mis tíos

Cesar y Beto por todos sus consejos de vida

A mi prima

Mili por ser mi ejemplo a seguir

A mi profesor

Pereyra por mostrarme este camino de la ingeniería

Agradecimientos

Culminar este proyecto de investigación ha sido toda una travesía con altos y bajos tanto en lo personal, académico y laboral.

En primer lugar, expreso mi total agradecimiento a mi familia por darme ese soporte durante toda la carrera.

Agradezco a mi asesor por darme su tiempo y permitirme explicarle mi tema de Tesis al finalizar sus clases.

No puedo olvidar mencionar a mi querida alma mater Universidad Nacional de Ingeniería por todas las exigencias y experiencias enriquecedoras durante mi formación como ingeniero.

Resumen

La presente tesis plantea una propuesta de marco VDC bajo la metodología BIM y sesiones ICE aplicado al diseño de colegios públicos por empresas pequeñas. La propuesta se organiza en tres fases: Diseño, Coordinación y Validación, detallando actividades, flujos de trabajo, estructura de carpetas conforme a la ISO 19650 y la Guía Nacional BIM, codificación de archivos y Nivel de Información Necesaria (LOIN).

Así mismo, se justifica el uso de OneDrive como Entorno Común de Datos (CDE) de bajo costo, comparándolo con Autodesk BIM Collaborate Pro, y se explica su adaptación para el modelamiento sincronizado en Revit con la opción "Collaborate", incluyendo configuraciones de carpetas, creación de modelos centrales y locales, la forma de abrir un modelo central, el guardado para sincronizar los modelos, planificación y distribución de las actividades entre las especialidades de arquitectura, estructuras, instalaciones eléctricas y sanitarias.

Finalmente, se plantea el aprovechamiento de las sesiones ICE dividido en dos procesos: una fase Previa (detección, análisis y corrección de interferencias mediante revisiones visuales y automatizadas en Navisworks) y una fase Operativa (sesiones colaborativas con componentes humanos, físicos, estratégicos y funcionales). Estas sesiones permiten discutir la constructibilidad del diseño y analizar las interferencias detectadas del proyecto. El objetivo de esta tesis es plantear un flujo de trabajo de las actividades que comprende la propuesta de marco VDC para explicar la adaptación de OneDrive como CDE de bajo costo que permita el modelamiento sincronizado y el aprovechamiento de las sesiones ICE para diseñar colegios públicos ejecutados por empresas pequeñas

Palabras clave: VDC, BIM, sesiones ICE, Modelamiento sincronizado.

Abstract

This thesis proposes a VDC framework using the BIM methodology and ICE sessions applied to the design of public schools by small companies. The proposal is organized into three phases: Design, Coordination, and Validation, detailing activities, workflows, folder structure in accordance with ISO 19650 and the National BIM Guide, file coding, and Level of Information Needed (LOIN).

Likewise, the use of OneDrive as a low-cost Common Data Environment (CDE) is justified, comparing it with Autodesk BIM Collaborate Pro, and its adaptation for synchronized modeling in Revit with the "Collaborate" option is explained, including folder configurations, creation of central and local models, how to open a central model, saving for synchronizing models, and planning and distribution of activities among the architectural, structural, electrical, and plumbing specialties.

Finally, the use of ICE sessions is divided into two processes: a Preliminary phase (detection, analysis, and correction of interferences through visual and automated reviews in Navisworks) and an Operational phase (collaborative sessions with human, physical, strategic, and functional components). These sessions allow for discussion of the constructability of the design and analysis of detected interferences in the project.

The objective of this thesis is to present a workflow of activities comprising the proposed VDC framework to explain the adaptation of OneDrive as a low-cost CDE that enables synchronized modeling and the use of ICE sessions to design public schools run by small companies.

Keywords: VDC, BIM, ICE sessions, Synchronous Modeling.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Prólogo	xiv
Capítulo I. Introducción	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Descripción del problema de investigación	1
1.2.1 Problema general	3
1.2.2 Problemas específicos	3
1.3 Objetivos del estudio	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Hipótesis	4
1.4.1 Hipótesis general	4
1.4.2 Hipótesis específicas	4
1.5 Antecedentes investigativos	4
1.5.1 Antecedentes nacionales	4
1.5.2 Antecedentes internacionales	5
1.6 Metodología de la investigación	8
1.6.1 Tipo de investigación	8
1.6.2 Nivel de investigación	8
1.6.3 Diseño de investigación	8
1.6.4 Variables	8
1.6.5 Población y muestra	9
1.6.6 Técnicas de recolección de datos	9
1.6.7 Proceso de análisis de datos	9
Capítulo II. Marco teórico y conceptual	10
2.1 Metodología VDC (virtual design and construction)	10
2.2 Ventajas de la metodología VDC	10
2.3 Norma ISO 19650	10
2.4 Metodología BIM (building information modeling)	10
2.5 Ventajas de la metodología BIM	12
2.6 Entorno de datos comunes (CDE)	12
2.7 Trabajo colaborativo	14
2.8 Flujo de trabajo	15

2.9 BIM en la fase de diseño (elaboración del expediente técnico o documento equivalente)	15
2.10 BIM y su gestión de cambios	16
2.11 Ingeniería concurrente integrada (ICE)	17
2.12 Nivel de información necesaria (LOIN)	17
2.13 Empresas pequeñas.....	18
2.14 Constructibilidad de proyectos	18
Capítulo III. Propuesta de marco VDC	19
3.1 Fase de diseño	24
3.2 Fase de coordinación	26
3.3 Fase de validación.....	29
3.4 Entorno común de datos de bajo costo.....	32
Capítulo IV. Adaptación de onedrive y modelamiento	35
4.1 Onedrive para PC.....	37
4.2 Carpetas de proyectos BIM	37
4.3 Acceso directo dentro del disco "C"	39
4.4 Acciones previas para la generación de modelos BIM.....	41
4.5 Flujo de trabajo para generación de modelos BIM.....	48
4.6 Planificación para la generación de modelos BIM.....	56
4.7 Generación de modelos BIM	59
4.8 Modelo final BIM - estructuras	64
4.9 Monitoreo de los modelos BIM.....	69
4.10 Modelo de arquitectura	71
4.11 Modelo de instalaciones sanitarias	76
4.12 Modelado de instalaciones eléctricas.....	81
Capítulo V. Sesiones ICE	90
5.1 Fase previa.....	90
5.2 Fase operativa.....	104
Conclusiones	109
Recomendaciones	110
Referencias bibliográficas.....	112

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1: Inversión para OneDrive	32
Tabla 2: Inversión para BIM Collaborate PRO	33
Tabla 3: Cuadro comparativo OneDrive – BIM Collaborate PRO	33
Tabla 4: Información del Proyecto.....	35
Tabla 5: Actividades por sector	37
Tabla 6: Código para digitar en CMD.....	39
Tabla 7: División de Actividades	59
Tabla 8: Agenda – Sesión ICE.....	106

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1: Marco de trabajo VDC.....	10
Figura 2: Ciclo de vida de un proyecto BIM.....	11
Figura 3: Niveles de Entorno de datos comunes.....	14
Figura 4: Comparativa entre Flujo de Información tradicional y con BIM.....	15
Figura 5: Curva Esfuerzo - Tiempo	16
Figura 6: Niveles de información necesaria	18
Figura 7: Fases de la Propuesta marco VDC	19
Figura 8: Estructura para la Gestión de Información	20
Figura 9: Relación entre Propuesta de aplicación y Gestión de información	22
Figura 10: LOIN respectivo en cada fase de Propuesta de aplicación	24
Figura 11: Flujo de trabajo en la Fase de Diseño.....	25
Figura 12: Modelo Central – Modelo Local.....	26
Figura 13: Relación entre fase de Diseño y Coordinación.....	27
Figura 14: Flujo de trabajo para fase de Coordinación.....	28
Figura 15: Relación entre la Fase de Validación, Diseño y Coordinación.....	30
Figura 16: Flujo de trabajo de la Fase de Validación.....	31
Figura 17: Ubicación de IE Nuestra Señora de la Sabiduría	35
Figura 18: Sectorización del proyecto - Vista del primer nivel	36
Figura 19: Carpeta principal de los proyectos – “05. COLEGIO ÑAÑA”	38
Figura 20: Subcarpetas de la carpeta “05.COLEGIO ÑAÑA”	38
Figura 21: Pasos para obtener la ubicación de la carpeta principal.....	39
Figura 22: Código completo	40
Figura 23: Enlace directo a carpeta “PROYECTOS BIM”	40
Figura 24: Creación de proyecto nuevo	41
Figura 25: Proyecto guardado y nombrado	42
Figura 26: Ubicación de Archivos Locales parte 1	43
Figura 27: Ubicación de Archivos Locales parte 2	43
Figura 28: Activación de “Collaborate” parte 1	44
Figura 29: Activación de “Collaborate” parte 2	44
Figura 30: Guardado del proyecto y generación del modelo Central.....	45
Figura 31: Creación automática de carpetas “Backup” y “Revit_temp”	45
Figura 32: Creación de los Subproyectos o “Worksets”	46
Figura 33: Creación de Niveles del proyecto.....	46
Figura 34: Vinculación de los planos CAD de arquitectura.....	47

Figura 35: Creación de ejes en planta	47
Figura 36: “No editable” a los Subproyectos	48
Figura 37: Sincronización de avance con el modelo Central	48
Figura 38: Búsqueda de acceso Directo en el Disco “C”	49
Figura 39: Búsqueda de modelo Central y “Create New Local”	49
Figura 40: Notificación al abrir el modelo Central más de una vez	50
Figura 41: Modelo Local creado por el diseñador “Kevin”	50
Figura 42: Modelo Local creado por el diseñador “Elvis”	50
Figura 43: Modelo Local creado por el diseñador “Eric”	51
Figura 44: Diseñador “Kevin” y su subproyecto respectivo.....	51
Figura 45: Diseñador “Elvis” y su subproyecto respectivo	52
Figura 46: Diseñador “Eric” y su subproyecto respectivo	52
Figura 47: Ventana de notificación al modificar elemento de otro Subproyecto	53
Figura 48: Solicitud de permiso para modificar elemento de otro Subproyecto	53
Figura 49: Sincronización y guardado localmente del proyecto.....	54
Figura 50: Opciones para sincronizar con el modelo Central	54
Figura 51: Configuración de Sincronización	55
Figura 52: Aviso de Sincronización mediante Chat de WhatsApp	56
Figura 53: Actividades de cada diseñador para el Sector 1	57
Figura 54: Planificación de las actividades del Sector 1	58
Figura 55: Avance del primer nivel por el Diseñador 1 – Sector 1	60
Figura 56: Avance del segundo nivel por el Diseñador 1 – Sector 1	60
Figura 57: Avance del modelado 3D por el Diseñador 1- Sector 1	60
Figura 58: Avance de la cimentación por el Diseñador 3- Sector 1	61
Figura 59: Avance del modelado 3D por el Diseñador 3- Sector 1	61
Figura 60: Leyenda de color de cada Diseñador.....	62
Figura 61: Filtros de color de los avances del proyecto del Diseñador 1 y 3 – Sector 1 .	62
Figura 62: Avance del proyecto del Diseñador 2, Planta 1 – Sector 1	63
Figura 63: Avance del proyecto del Diseñador 2, Planta 2 – Sector 1	63
Figura 64: Avance del modelado 3D por el Diseñador 2- Sector 1	63
Figura 65: Filtros de color de los avances del proyecto del Diseñador 1, 2 y 3 – Sector 1	64
Figura 66: Modelado de Ladrillos de techo y acero de refuerzo en losas aligeradas – Diseñador 2	64
Figura 67: Modelado de Losa maciza por el Diseñador 2	65
Figura 68: Vista general del Avance terminado por el Diseñador 2	65
Figura 69: Acero de refuerzo en zapatas y vigas de cimentación por el Diseñador 3.....	66

Figura 70: Vista general del Avance terminado por el Diseñador 3.....	66
Figura 71: Filtros de colores de los avances terminados por el Diseñador 2 y 3.....	67
Figura 72: Avance terminado del Diseñador 1	67
Figura 73: Vista de los Aceros de refuerzo del Diseñador 1.....	68
Figura 74: Vista de los Aceros de refuerzo del Diseñador 1.....	68
Figura 75: Vista general del avance terminado- Área de Estructuras.....	69
Figura 76: Sincronización con el modelo central del Diseñador 2	69
Figura 77: Sincronización con el modelo central del Diseñador 3	70
Figura 78: Sincronización con el modelo central del Diseñador 1	70
Figura 79: Trabajo en paralelo del Diseñador 1 y 2 y la sincronización.....	71
Figura 80: Actividades de Arquitectura – Sector 1	72
Figura 81: Planificación de las actividades de Arquitectura – Sector 1.....	73
Figura 82: Filtros de colores Arquitectura – Sector 1.....	74
Figura 83: Avance de modelado del Diseñador 1 – Sector 1.....	74
Figura 84: Avance de modelado del Diseñador 2 – Sector 1.....	75
Figura 85: Sala de profesores – Sector 1.....	75
Figura 86: Sala de Secretaría y Atención a PPF – Sector 1	76
Figura 87: Vista general de Arquitectura – Sector 1	76
Figura 88: Actividades para Instalaciones sanitarias – Sector 1.....	77
Figura 89: Planificación de actividades para Instalaciones sanitarias – Sector 1	78
Figura 90: Filtros de colores para Instalaciones sanitarias – Sector 1	79
Figura 91: Avance de modelo del Diseñador 1 – Sector 1	79
Figura 92: Avance de modelo del Diseñador 2 – Sector 1	80
Figura 93: Vista general del proyecto – Sector 1.....	81
Figura 94: Actividades para Instalaciones Eléctricas – Sector 1	82
Figura 95: Planificación de actividades para Instalaciones Eléctricas – Sector 1	83
Figura 96: Filtro de colores de los avances por Diseñador – Sector 1.....	84
Figura 97: Avance de iluminarias del Diseñador 1 – parte 1	84
Figura 98: Avance de iluminarias del Diseñador 1 – parte 2	85
Figura 99: Vista general de iluminarias del Diseñador 1	85
Figura 100: Avance de Tomacorrientes del Diseñador 2 – parte 1.....	86
Figura 101: Vista general de Tomacorrientes del Diseñador 2.....	87
Figura 102: Vista del Sistema de iluminarias desde la perspectiva del Diseñador 2	87
Figura 103: Avance de Sistema de Data del Diseñador 3 – parte 1	88
Figura 104: Vista general de Sistema de Data del Diseñador 3	89
Figura 105: Vista general desde la perspectiva del Diseñador 3.....	89
Figura 106: División de Procesos – Sesión ICE.....	90

Figura 107: Modelo Estructura liberado de dueños los Worksets.....	91
Figura 108: Exportación a formato “NWC” – Modelo ARQUITECTURA.....	91
Figura 109: Exportación a formato “NWC” – Modelo ESTRUCTURAS	92
Figura 110: Exportación a formato “NWC” – Modelo IIEE	92
Figura 111: Exportación a formato “NWC” – Modelo IISS	93
Figura 112: Archivos NWC dentro de la subcarpeta NWC	93
Figura 113: Añadición de archivos NWC a NAVISWORKS.....	94
Figura 114: Guardado de archivo y primera vista de modelo - NAVISWORKS	95
Figura 115: Instalaciones eléctricas muy por encima que la losa	96
Figura 116: Tuberías de tomacorrientes sobresalen de los muros	96
Figura 117: Modelo corregido – Revisión visual.....	97
Figura 118: Opción Clash Detective – NAVISWORKS.....	98
Figura 119: Cruce entre puerta y columna estructural.....	99
Figura 120: Contacto entre ventana y columna estructural	99
Figura 121: Cambio de posición de la puerta - NAVISWORKS.....	100
Figura 122: Cruce de tubería eléctrica con losa maciza – NAVISWORKS	101
Figura 123: Cruce de tubería eléctrica con viga peraltada - NAVISWORKS	101
Figura 124: Cruce de tubería de desagüe (Ø4”) con sobrecimiento	102
Figura 125: Cruce de tubería de ventilación (Ø2”) con viga peraltada.....	103
Figura 126: Cruce de tubería de agua (Ø1/2”) con sobrecimiento.....	103
Figura 127: Componentes para la buena realización - Sesión ICE	104
Figura 128: Componente Físico - Sesión ICE	106

Prólogo

La implementación de BIM (Building Information Modeling) y ICE (Integrated Concurrent Engineering) en proyectos de infraestructura educativa ha demostrado una mejora significativa en el diseño, planificación y construcción de edificaciones. BIM permite la creación de modelos digitales detallados que optimizan la colaboración entre múltiples disciplinas, reduciendo errores y mejorando la eficiencia en la ejecución. Mientras tanto, ICE fomenta la toma de decisiones de manera grupal minimizando los conflictos y mejorando la coordinación entre los equipos de proyecto.

La presente investigación explora cómo la aplicación de estas metodologías bajo una propuesta de marco VDC transforma el proceso de diseño de colegios, con lo cual se tendría un buen impacto en la reducción de tiempos y costos de construcción, ya que al reducir las interferencias se tiene una mejora en la calidad del proyecto. Se analiza los fundamentos que respaldan el uso de BIM y ICE, su implementación se acompaña con un flujo de trabajo para garantizar un desarrollo más estructurado y eficiente. Así mismo, se aborda el uso de herramientas digitales como Revit y OneDrive que facilitan la colaboración y la gestión centralizando la información. Además, se examina la estructura y ejecución de las sesiones ICE destacando su importancia en la detección temprana de interferencias.

A través del desarrollo de estos temas, el documento busca demostrar que la adopción de una propuesta de marco VDC bajo la metodología BIM y sesiones ICE en etapas tempranas de un proyecto de infraestructura educativa permite desarrollar el diseño de un proyecto de mejor manera ya que en cada especialidad se va a tener participación de varios especialistas diseñando en conjunto debido al trabajo colaborativo que se propone en esta investigación.

Asesor

Capítulo I. Introducción

1.1 Generalidades

Investigaciones referentes a la metodología VDC en el mundo está avanzando de manera rápida y poco a poco está ingresando como nueva forma de flujo de trabajo en la cual se propone como énfasis el alineamiento de los objetivos del cliente, del proyecto y de la producción. entre todos los involucrados de los proyectos del sector público y privado del Perú. Acoplarnos a las nuevas tendencias es todo un reto ya que implica nuevos cambios en todas las organizaciones y lo más desafiante es poder cambiar el “chip” de todas las personas para que puedan ver las ventajas que ofrece esta nueva tendencia de la metodología VDC. Así mismo, la metodología BIM busca por su parte la gestión de información mediante un trabajo colaborativo y las sesiones ICE buscan la integración de personas con el objetivo de resolver problemas. Es ese sentido, esta tesis plantea una propuesta de marco VDC bajo la metodología BIM y sesiones ICE con el objetivo de aportar un flujo de trabajo para diseñar colegios públicos ejecutados por empresas pequeñas.

1.2 Descripción del problema de investigación

La industria de la construcción se enfrenta a problemas desafiantes a comparación con otras industrias, además de la larga duración y complejidad que presentan los múltiples proyectos. Sumado a ello, la adopción lenta de nuevas tecnologías conlleva a que se tenga reducción en la productividad lo cual afecta los avances de construcción. Así mismo, se presenta confusiones en los alcances y responsabilidades, y una poca interacción entre los equipos de trabajo. La implementación de Virtual Design Construction (VDC) requiere cambios en la forma de como abordan los problemas las organizaciones (Johnsen et al., 2024). Estos desafíos se ven reflejados en la falta de planificación lo cual genera procesos imprevistos al momento de abordar a los proyectos de construcción (Ajslev and Nimb, 2022). Además, no se cuenta con una guía estandarizada para una implementación de VDC lo que incrementa el riesgo de pérdidas de tiempo y recursos (Breistein y Lædre, 2022). Por último, la escasez de investigaciones que integren de manera articulada tecnología, métodos y conceptos enfocados específicamente en la arquitectura, ingeniería y construcción limitan el desarrollo académico y técnico del enfoque VDC (Saieg et al., 2018).

La implementación VDC se ve obstaculizada por la falta de colaboración, desconfianza y brechas de comunicación entre los interesados. Además, la baja eficiencia en los proyectos de construcción representa un desafío relevante (Aslam et al., 2021). Así mismo, las tasas de productividad se han visto disminuidas en la última década con los incumplimientos de los cronogramas planteados. La falta de innovación y la corta duración

de los proyectos dificultan la posibilidad de una mejora continua, y la escasa integración entre diseño y construcción forman parte de los mayores retos que acompañan al sector (Del Savio et al., 2022). Del mismo modo, las deficiencias en la elaboración del expediente técnico, omisiones e imprevistos posteriores a la firma del contrato, conlleva a solicitudes de ampliación de plazos (Salinas y Prado, 2019; Cucho y Gonzáles, 2021). Un caso de ello es que muchos contratistas son obligados a ejecutar obras con información deficientes, ambigüedades y conflictos entre las especialidades (Alvarez et al., 2020).

La falta de un vocabulario común y la diversidad que existe en la aplicación de metodologías como ICE (Integrated Concurrent Engineering) y BIM (Building Information Modeling) dificultan la estandarización y la creación de un marco que unifique las prácticas de VDC (Majumdar et al., 2022). Así mismo, la resistencia al cambio por parte de los profesionales y la falta de conocimiento sobre estas nuevas metodologías complican su adopción y el avance en la industria AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción) (Yana y Yoctún, 2023). Además, las distintas percepciones individuales, de equipo y como organización afectan de manera negativa la colaboración (Ozturk, 2019). El simple hecho de alinear los objetivos, mejorar la confianza y compartir conocimientos diversos provenientes de múltiples organizaciones sigue representando un desafío (Aaltonen y Turkulainen, 2023). Por último, la alta coordinación entre las partes interesadas sigue representando una necesidad cuando la experiencia en las actividades a realizar es limitada debido a la complejidad de los proyectos de construcción (Rengifo et al., 2024).

La falta de una planificación adecuada contribuye a una baja producción en la construcción dando como resultado numerosos procesos imprevistos. Además, el intercambio de conocimiento y la cooperación entre las partes involucradas se presentan como desafíos recurrentes que limitan el éxito de los proyectos (Ajslev y Nimb, 2022). La industria por su parte tampoco ha mejorado sus procesos, sumado a la complejidad y dinámica propia de los proyectos, conllevan a que se generan riesgos elevados de cualquier índole como por ejemplo en la seguridad laboral. Si bien la metodología VDC ofrecen mejoras en la seguridad, su implementación se ve frenada por la ausencia de capacitaciones y la resistencia al cambio (Afzal et al., 2021; Shafiq y Afzal, 2020).

La ausencia de métricas estándar para medir el desempeño de los proyectos de construcción y que se integren con VDC se da por la carencia de información de implementación y el uso de dichas métricas (Belsvik et al., 2019). Por otro lado, se tiene un incremento de los costos derivados de los cambios a medida que el proyecto avanza comparado con las etapas iniciales, lo que refuerza la necesidad de planificar desde el inicio (Córdova, 2023). Por último, la implementación de VDC en proyectos de gran envergadura permite un diseño perspicaz; sin embargo, para los proyectos pequeños o de

tamaño medio la implementación de esta metodología podría llegar a representar costos sumamente elevados (Abad et al., 2021).

Con todo lo mencionado, puede observarse que la industria de la construcción viene presentando problemas de planificación, poca productividad, ineficiente colaboración, incumplimiento de plazos, etc, y en su mayoría se deben a que no se cuenta con una estandarización de los procesos para una aplicación de VDC.

En ese sentido, la presente investigación plantea una propuesta de marco VDC bajo la metodología BIM y sesiones ICE para el diseño de colegios públicos ejecutados por empresas pequeñas, para ello se va a proponer un flujo de trabajo para explicar las fases que comprende esta propuesta de marco y las actividades que comprende cada fase como el modelamiento sincronizado mediante el OneDrive y las sesiones ICE para dar validación a los diseños planteados en temas de constructibilidad y su aplicación a un caso de estudio.

1.2.1 Problema general

Se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo adaptar la metodología BIM y sesiones ICE para diseñar colegios públicos ejecutados por empresas pequeñas?

1.2.2 Problemas específicos

¿Qué actividades se requieren para adaptar la metodología BIM y sesiones ICE para diseñar colegios públicos ejecutados por empresas pequeñas?

¿Qué Entorno Común de Datos de bajo costo permite el modelamiento sincronizado para diseñar colegios públicos ejecutados por empresas pequeñas?

¿Cuál es el aporte de las sesiones ICE dentro de la propuesta de marco VDC para diseñar colegios públicos ejecutados por empresas pequeñas?

1.3 Objetivos del estudio

1.3.1 Objetivo general

Plantear un flujo de trabajo de las actividades que comprende la propuesta de marco VDC para explicar la adaptación de ONEDRIVE como Entorno Común de Datos que permita el modelamiento sincronizado y el aprovechamiento de las sesiones ICE para diseñar colegios públicos ejecutados por empresas pequeñas.

1.3.2 Objetivos específicos

Proponer un flujo de trabajo de las actividades que comprende la propuesta de marco VDC bajo la metodología BIM y sesiones ICE para diseñar colegios públicos ejecutados por empresas pequeñas.

Explicar la adaptación de ONEDRIVE como Entorno Común de Datos de bajo costo que permita el modelamiento sincronizado para diseñar colegios públicos ejecutados por empresas pequeñas.

Explicar el aprovechamiento de las sesiones ICE dentro de la propuesta de marco VDC para diseñar colegios públicos ejecutados por empresas pequeñas.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

La propuesta de marco VDC bajo la metodología BIM y sesiones ICE permite diseñar colegios públicos ejecutados por empresas pequeñas adaptando el ONEDRIVE como Entorno Común de Datos de bajo costo que permita el modelamiento sincronizado y el aprovechamiento de las sesiones ICE.

1.4.2 Hipótesis específicas

La metodología BIM y sesiones ICE se pueden aplicar dentro de un flujo de trabajo que comprende una propuesta de marco VDC para diseñar colegios públicos ejecutados por empresas pequeñas.

Se puede adaptar el ONEDRIVE como Entorno Común de Datos de bajo costo que permita el modelamiento sincronizado para diseñar colegios públicos ejecutados por empresas pequeñas.

Las sesiones ICE pueden utilizarse dentro la propuesta de marco VDC para validar los diseños en temas de constructibilidad de colegios públicos ejecutados por empresas pequeñas.

1.5 Antecedentes investigativos

1.5.1 Antecedentes nacionales

Prado (2021) planteó una investigación con el objetivo de presentar los desafíos que se tienen al implementar VDC (Virtual Design and Construction) en proyectos públicos peruanos. El método de investigación utilizado consta de tres pasos: Recopilación de estudios, Estudiar los informes mensuales del proyecto público peruano y Aplicar criterios de los desafíos identificados. Producto de la revisión bibliográfica se genera un esquema de desafíos las cuales se clasifica de la siguiente forma: Cuestiones jurídicas y métodos de contratación, Cultura de la organización y Gente. Se presenta como caso de estudio un proyecto liderado por una entidad del estado público para un diseño de un módulo. El proceso de diseño lo elaboraba una empresa y la evaluación lo realizaba la entidad pública. Se planteó la implementación del VDC por parte de la entidad pública para terminar el diseño en cuatro meses. Dentro de los desafíos identificados se tiene la falta de

involucramiento de un contratista general en el diseño del proyecto evitando el aporte de la experiencia para elaborar un diseño con criterios de constructibilidad, el marco legal de las contrataciones del estado genera fragmentación ya que establece restricciones e impidiendo fomentar un entorno colaborativo. Además, la cultura dentro de la organización de las entidades públicas lo resisten al cambio y esto sumado a su falta de compromiso entre las personas involucradas conlleva a tener demoras en las evaluaciones de las propuestas y cambios constantes en las decisiones tomadas con lo cual repercute en atrasos a los tiempos planteados. Así mismo, producto del crecimiento de la industria AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción) mediante el uso del VDC conlleva a que las entidades públicas realicen planes de implementación de metodologías colaborativas como el VDC.

Bravo y Mendoza (2019) plantearon una investigación para desarrollar e implementar un método de integración entre IPD (Integrated Project Delivery) y VDC (Virtual Design and Construction) para disminuir las pérdidas en el diseño y proceso del proyecto. Para la identificación de los problemas se realizaron toma de datos a un grupo de empresas acompañadas de visitas a campo. Dentro de sus principales problemas encontrados tenemos: Insatisfacción de calidad, baja percepción de la idea inicial del proyecto, elevado tiempo de respuesta de las órdenes de cambio y RFI (Request For Information), y poco nivel de participación entre los stakeholders. Para el diseño del método de integración, los autores analizaron los problemas y lo relacionaron con las herramientas de LPS (Last Planner System) y VDC. Así mismo, se complementa este desarrollo del método con el propuesto que sería necesario para su implementación. La implementación de este método se realizó en tres proyectos inmobiliarios, la aplicación de BIM como parte de este método condujo a establecer métricas al número de RFI y órdenes de cambio detectadas durante la compatibilización de las especialidades, los resultados mostraron una reducción de los RFI y ordenes de cambio producto de la aplicación de BIM. Así mismo, las métricas establecidas para las sesiones ICE (Ingeniería Concurrente Integrada) fueron la cantidad de desperdicio presente en las sesiones, los problemas evidenciados durante las sesiones fueron la impuntualidad, exceso de personas y falta de bibliotecas BIM los cuales fueron catalogados según los tipos de desperdicios. Sin embargo, se tuvieron reducciones en los tiempos de respuesta de los RFI y órdenes de cambio como reflejo del aporte de las sesiones ICE.

1.5.2 Antecedentes internacionales

Rafsanjani y Nabizadeh (2023) proponen un modelo conceptual que integra Virtual Design and Construction (VDC) y Gemelos Digitales como pilares fundamentales para la transformación digital en la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC).

Definen a VDC como la aplicación de modelos multidisciplinarios para alcanzar los objetivos planteados del proyecto, sumado con el apoyo de herramientas como BIM (Building Information Modeling), Gestión de Producción e ICE (Integrated Concurrent Engineering) , con lo cual se logra facilitar la comprensión y coordinación del trabajo mediante representaciones visuales. Por otra parte, los Gemelos Digitales se entienden como sistemas virtuales conectados por IoT (Internet of Things) y análisis de datos, que permiten visualizar en tiempo real el rendimiento de sistemas físicos. La propuesta responde a tendencias como el crecimiento del uso de IoT, Realidad Aumentada y Virtual, y el apego en BIM y VDC. Tradicionalmente se piensa que VDC solo es aplicable a diseño y construcción, y los Gemelos Digitales a operación y mantenimiento, sin embargo, los autores argumentan que tanto el VDC y Gemelos Digitales pueden aplicarse a distintas fases del ciclo de vida de los proyectos. Señalan así mismo que la automatización actual presente en AEC es limitada a tareas rutinarias, y que una implementación más amplia basada en VDC y Gemelos Digitales podría mejorar la eficiencia. Sin embargo, sostienen que el principal desafío presente no es tecnológico, sino humano. Esto es debido a que la adaptación de las personas sigue siendo insuficiente frente al avance tecnológico. Según la tendencia de crecimiento de los dispositivos IoT y sumado a las múltiples investigaciones sobre Gemelos Digitales y VDC destaca claramente su importancia en un futuro próximo de la industria AEC.

Johnsen et al. (2024) realizaron una investigación para identificar los cambios en la gestión de los proyectos dados por la digitalización y que desafíos se han presentado para los gerentes del proyecto producto de la implementación de Virtual Design and Construction (VDC). La metodología de investigación utilizada implicó un enfoque multifacético, revisiones bibliográficas, entrevistas y análisis de documentos. Para la búsqueda de información como parte de la revisión bibliográfica, se realizaron mediante palabras claves como “marco VDC”, “construcción” y “gestión de proyectos BIM”, y utilizaron bases de datos como Scopus e Engineering Village. Se realizaron las entrevistas a seis gerentes de proyectos y dos directores de departamento, estas fueron grabadas y tuvieron una duración entre 60 a 90 minutos. La guía de entrevistas estaba conformada por preguntas principales y preguntas de seguimiento. Se empezó con una entrevista piloto para probar la guía de entrevista e identificar que las preguntas fueran relevantes y sencillas de entender. Las conclusiones fueron que producto de la implementación VDC no se han generado nuevas tareas ni se han eliminado las tareas antiguas, sino que se han dado cambios en la forma de realizar los trabajos para los gestores de proyecto, y con ello mayor responsabilidades y habilidades que se requieren. Así mismo, como desafíos directos mencionan la ausencia de mencionar VDC en los contratos, falta de comunicación mutuo entre el equipo y partes interesadas, y el apoyo insuficiente de liderazgo.

Breistein y Lædre (2022) realizaron una investigación sobre el proceso de implementación de VDC (Virtual Design and Construction) debido a la creciente demanda de implementar VDC a los proyectos de construcción en el contexto de Noruega. El método de investigación implicó en revisiones bibliográficas, estudio de un caso de implementación VDC dentro de la organización Betonmast y seguido de entrevistas a personas claves de Betonmast, y gerentes de diseño y proyectos. Tras la revisión bibliográfica y entrevistas, se identificaron siete elementos claves para una adecuada implementación de VDC, estos están clasificados de mayor a menor influencia: Anclaje, Comunicación, Visión, Planes, Equipo de Proyecto, Capacitación y Compromiso. Como conclusión para una buena implementación VDC en las organizaciones y que recomendaciones a seguir se indica que se deben integrar las herramientas y técnicas VDC a los softwares utilizados por el equipo de proyecto, así mismo, se debe demoler la forma tradicional de trabajo ofreciendo únicamente herramientas VDC. El estudio muestra la importancia de creación de manuales BIM (Building Information Modeling) específicos ya que el modelo 3D será el medio de comunicación entre el cliente y subcontratas. Además, se indica que no es necesario que todo el equipo cuente con capacitación VDC, basta con dos o tres personas que conozcan el tema y ellos se encargan de impulsar la implementación VDC. Para finalizar, indica que los contratos entre el cliente y el contratista deben fomentar la colaboración,

Del Savio et al. (2022) realizaron una investigación mediante recopilación de información con el objetivo de mostrar los orígenes, métodos, estudios y principios esenciales para el desarrollo y actualizaciones del VDC (Virtual Design and Construction). Se indica la relación existente entre modelos POP originales (referidos a Producto, Organización y Proceso) y los componentes del VDC: BIM (Building Information Modeling), ICE (Integrated Concurrent Engineering) y PPM (Project Production Management). Además, se analizaron siete casos de implementación nacionales e internacionales del VDC destacando su reducción en los cambios del diseño, plazos, etc. También, es necesario dar mayor enfoque a los sistemas de producción, buffers y disminución de la variabilidad. Así mismo, se ha podido evidenciar que en cuanto a principios y conceptos del VDC a lo largo de los años han permanecido constantes. Respecto a las métricas de producción, que fueron categorizadas en tres elementos: BIM, ICE y PPM; están siendo usadas en mayor amplitud las clasificadas como ICE y PPM por los profesionales escandinavos y latinoamericanos, sin embargo, las clasificadas como BIM están siendo más presente en América Latina.

De los párrafos mencionados anteriormente, se llega a observar que el VDC permite una colaboración efectiva entre varios equipos multidisciplinarios mejorando la planificación, reducción de errores y aceleración de los tiempos de repuestas en los proyectos. Así mismo, el uso de BIM y ICE se refuerza en todos los estudios. Además, aún

se sigue persistiendo una resistencia al cambio, una estructura contractual tradicional y la falta de liderazgo. Por último, se ha visto que una implementación VDC requiere una adaptación a la nueva forma de afrontar los procesos y en su mayoría están enfocados a la etapa de construcción. Por ello, en esta investigación se pretende plantear una propuesta de marco VDC bajo la metodología BIM y sesiones ICE para diseñar colegios públicos ejecutados por empresas pequeñas. Para ello, se va a proponer un flujo de trabajo para explicar los procesos que comprende esta propuesta de marco VDC complementados con la utilidad del OneDrive para el modelamiento sincronizado, y las sesiones ICE para validar el diseño en temas de constructibilidad, y su aplicación a un caso de estudio.

1.6 Metodología de la investigación

1.6.1 Tipo de investigación

Según su enfoque, es una investigación Cualitativa ya que se busca describir los procesos que forman parte del flujo de trabajo de la propuesta de marco VDC que se está proponiendo.

Según su lógica, es una investigación Inductiva ya que se va a necesitar recopilación de información para proponer un flujo de trabajo.

Según su resultado, es una investigación aplicada ya que busca proponer un flujo de trabajo que adapte un Entorno Común de Datos de bajo costo y utilizando el aporte de las sesiones ICE.

1.6.2 Nivel de investigación

El nivel de la investigación es Descriptivo ya que en la propuesta de marco VDC se va a pasar a describir el flujo de trabajo respectivo para diseñar colegios públicos ejecutados por empresas pequeñas.

1.6.3 Diseño de investigación

El diseño de la investigación es Teoría Fundamentada ya que se propone un flujo de trabajo a partir de recopilación de información.

1.6.4 Variables

- Variable dependiente
 - Diseño de colegios públicos ejecutados por empresas pequeñas

- Variable independiente
 - Propuesta de marco VDC
 - Adaptación de OneDrive
 - Sesiones ICE

1.6.5 Población y muestra

- Población

En la presente investigación, se está considerando como población a los proyectos de colegios públicos del Perú que se encuentren en elaboración del Expediente Técnico.

- Muestra

En la presente investigación, se está considerando como muestra al colegio I.E. Nuestra Señora de la Sabiduría ubicado en la urb. Ñaña, distrito Lurigancho-Chosica, Lima, Perú.

1.6.6 Técnicas de recolección de datos

Se llevo a cabo una recopilación de información de diversas bibliografías nacionales e internacionales, en base a ello se obtuvo lineamientos primarios para poder proponer un flujo de trabajo en donde se tenga la participación de la metodología BIM.y las sesiones ICE dentro de esta propuesta de marco VDC.

1.6.7 Proceso de análisis de datos

De la toma de datos se va a seleccionar aquella información que abarquen sobre procesos de las metodologías VDC y BIM complementados con las actividades a seguir para una realización exitosa de sesiones ICE con el objeto de realizar el flujo de trabajo propuesto.

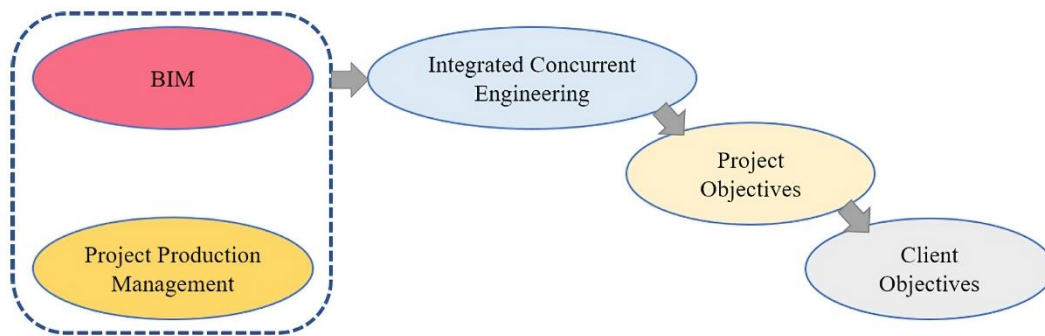
Capítulo II. Marco teórico y conceptual

2.1 Metodología VDC (virtual design and construction)

Se define como el uso de modelos de rendimiento multidisciplinarios integrados en proyectos de diseño y construcción para respaldar diversos objetivos del proyecto y del cliente (Rafsanjani y Nabizadeh, 2023). Esta centrado en modelos de productos, organizaciones y procesos (Del Savio et al., 2022). En el framework VDC se tiene como pilares a la metodología BIM, Gestión de producción de proyectos y la Ingeniería Concurrente Integrada para cumplir los objetivos del proyecto y del cliente (ver Figura 1).

Figura 1

Marco de trabajo VDC



Nota: fuente Rafsanjani y Nabizadeh (2023)

2.2 Ventajas de la metodología VDC

Su aplicación aporta en la mejora de la fluidez de los procesos, el ahorro de tiempos y la finalización puntual de los proyectos de construcción. Se destaca por su enfoque en la colaboración y la gestión de datos (Johnsen et al., 2024).

2.3 Norma ISO 19650

Esta norma es de ámbito internacional que establece la manera de gestionar los principios y requisitos cuando se aplica la metodología BIM (Building Information Modeling). Así mismo, esta norma se rige del estándar británico BS 1192 y el PAS 1192-2 para tener una mejoría en el uso de los Activos y con ello, poder obtener una inversión con mayor provecho (Acevedo, 2021).

2.4 Metodología BIM (building information modeling)

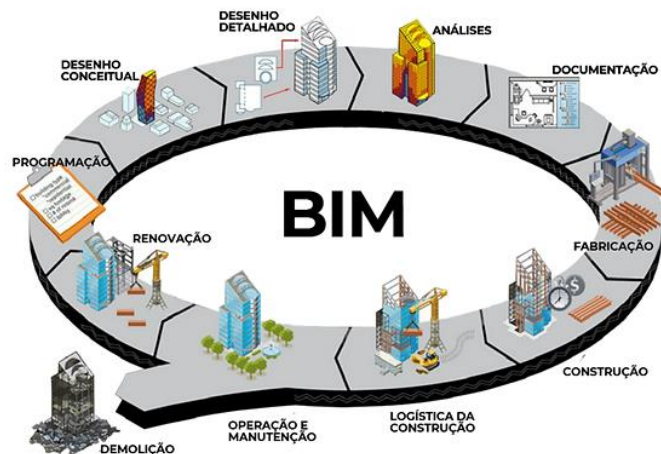
La metodología BIM no se trata solo de toda una gama de softwares, sino que da lugar a nuevas formas de cómo se va a realizar los procesos tanto en la parte de

planificación y ejecución de los proyectos de construcción. Un dato valioso es que BIM nos permite un trabajo colaborativo entre las partes interesadas de modo que se puede contar con un modelo BIM en la cual se actualice o extraiga información valiosa. Debemos tener siempre presente que BIM no se trata de reemplazar a las personas en sus labores, sino que facilita los trabajos repetitivos y nos da un panorama más claro sobre el proyecto (Trejo, 2018).

La metodología BIM también cuenta con el ciclo de vida de los proyectos, este inicia desde su idea hasta el fin de su vida útil (ver Figura 2).

Figura 2

Ciclo de vida de un proyecto BIM



Nota: fuente: Crasa Infraestrutura (2020)

Así mismo, un proyecto completo BIM llega a cubrir todas las distintas etapas del ciclo de vida que presenta la edificación y contamos con el hecho de que BIM puede ser considerado para un uso enfocado tanto en diseño, documentación e impacto ambiental (Yeison, 2019). Por otro lado, los softwares BIM a utilizar va a depender mucho de la manera o la dirección de la aplicación de dicha metodología. Podemos decir que Revit y Navisworks son algunos programas que sirven como herramienta BIM (Alfaro, 2019). Se presenta breve descripción de algunos:

- Revit permite una generación de modelos con el fin de tener una mejor planificación y ordenamiento de la información. La herramienta favorece los trabajos multidisciplinario para llegar a un trabajo colaborativo.
- Navisworks permite una coordinación de todas las especialidades, simulación del proceso constructivo y el análisis de los proyectos desde una visión integradora. Tiene funciones que permite planificaciones 4D, se puede incluir la variable tiempo en las simulaciones 5D, analizar las interferencias entre las disciplinas, etc.

2.5 Ventajas de la metodología BIM

En líneas generales la utilización de BIM permite la creación de modelos de información que permite una visualización en 3D, facilitar para actualizar información del proyecto, etc. Así mismo, permite estimar si el proyecto dado se va a poder realizar dentro del presupuesto y tiempo establecido. Podemos hacer énfasis en que BIM permite en una etapa de diseño del proyecto poder tener mejores proyecciones y más precisas, también permite poder encontrar las interferencias entre distintas especialidades dado que se maneja con un modelo 3D con lo cual se obtiene un proyecto mejor diseñado y pensado. Tenemos el hecho de que BIM permite un trabajo colaborativo dado que distintas especialidades pueden trabajar de manera simultánea en un mismo modelo, con lo cual se puede disminuir los tiempos de diseño y los errores si es que fuera el caso (Ramírez, 2018).

El uso de la metodología BIM se puede dar en cualquier parte fase del ciclo de vida de los proyectos, sin embargo, se puede obtener mayor provecho cuando se da en las fases tempranas del proyecto. Se cuenta con una estimación de que por cada dólar invertido en una fase temprana como la de diseño se gastan veinte y sesenta dólares en la fase de construcción y operación respectivamente. Se tiene el hecho de que BIM genera que los mayores esfuerzos se den en etapas de diseño de los proyectos con lo cual se llega a repercutir de manera favorable ya que el hecho de corregir los proyectos en una etapa inicial impacta en costos sumamente bajos comparado a un error encontrado en una etapa tardía del proyecto (Yana y Yoctún, 2023).

BIM permite tener una mejor comunicación con la ciudadanía ya que permite una mejor visualización del proyecto con el fin de promover el apoyo y compromiso con el proyecto (Ministerio de Economía y Finanzas [MEF], 2021).

2.6 Entorno de datos comunes (CDE)

El CDE se puede entender como el medio de colaboración en el cual se llega a compartir y mantener actualizado la información (Cayón, 2020). Se puede rescatar algunas ventajas:

- Mediante la información que se llega a compartir, se reduce los tiempos y costos relacionados a las múltiples disciplinas.
- La información obtenida será usada en cualquier etapa del proyecto.

En un nivel 2 de BIM se trabaja de manera colaborativa entre los involucrados del proyecto y es allí la importancia de un CDE. Se puede decir que ello es importante para hacer uso de BIM ya que permite contar con un lugar digital para el almacenamiento y gestión de la información del proyecto respectivo (Rivas, 2019).

La CDE es el flujo de trabajo con el fin de poder manejar una sola fuente de información del proyecto. Es usado de manera conjunta con un espacio digital donde se mantiene toda la información de los trabajos colaborativos (Arevalo y Soto, 2022).

Se presenta estados de la CDE (Trabajo en curso, Revisión, Publicado y Archivado) que son dado acorde a que son contenedores de información. En el estado de Trabajo en curso, la información se está dando acorde al equipo de trabajo; en su interior se encuentran los documentos que aún no se han validados ni verificados. En el estado de Compartido, la información ha sido verificada y aprobada por los distintos equipos de trabajo. Dicha información se encuentra al alcance de todos los equipos apropiados. En el estado de Publicada, toda la información referente que haya sido autorizada para la construcción. En el estado de Archivado, se cuenta con todo lo que sido publicado y compartido a lo largo del ciclo de vida del proyecto (Arevalo y Soto, 2022).

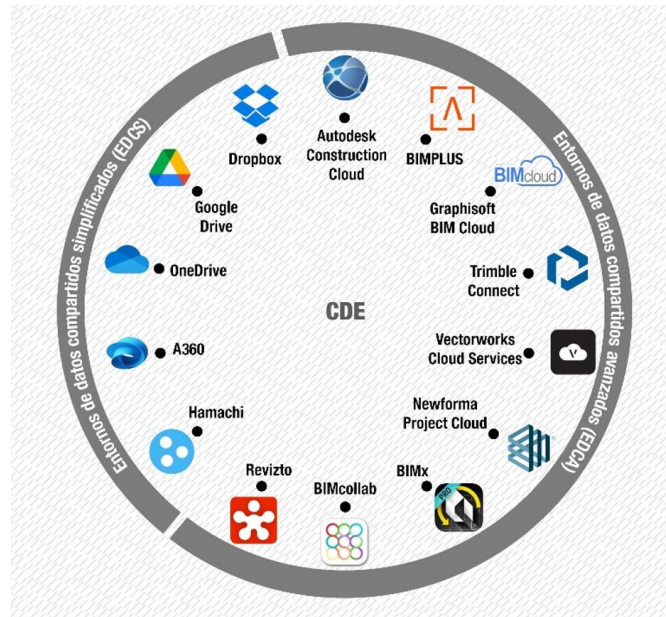
La norma ISO 19650-1:2018 indica que un CDE debe permitir la seguridad en el intercambio de información de manera que se dé un flujo de trabajo colaborativo e interdisciplinario. Así mismo, el Estándar BIM considera que el CDE debe tener tres condiciones (Gutiérrez y Godoy, 2020):

- Una plataforma de colaboración que permita que toda la información se encuentre en un estado centralizado y unificado.
- Una plataforma de gestión documental en la cual se maneje los intercambios de información.
- Formatos de requerimientos de información y colaboración en la cual se permita tener un registro tanto de comentarios, revisiones e incidencias que pudieran suscitarse.

En relación con los niveles de CDE se puede decir que existen dos: Entorno de datos comunes simplificados y avanzados (ver Figura 3).

Figura 3

Niveles de Entorno de datos comunes



Nota: fuente Yana y Yoctún (2023)

2.7 Trabajo colaborativo

Los distintos proyectos de construcción requieren de muchos procesos complejos y ello, conlleva a la generación de toda una gama de documentos y un gran número de participantes de las múltiples áreas encargadas. Es ahí donde entra la importancia de contar con un entorno de datos comunes (CDE), referido a espacios digitales con el fin de almacenar e intercambiar información relevante del proyecto, sin embargo, para el adecuado uso de CDE se debe contar con una estrategia que nos permita establecer una trazabilidad de la información en la cual cada miembro acorde a su rol y responsabilidad tiene acceso a cierta información. Debido a ello, es necesario una forma de trabajo colaborativo para poder direccionar mejor la información (Morales, 2022).

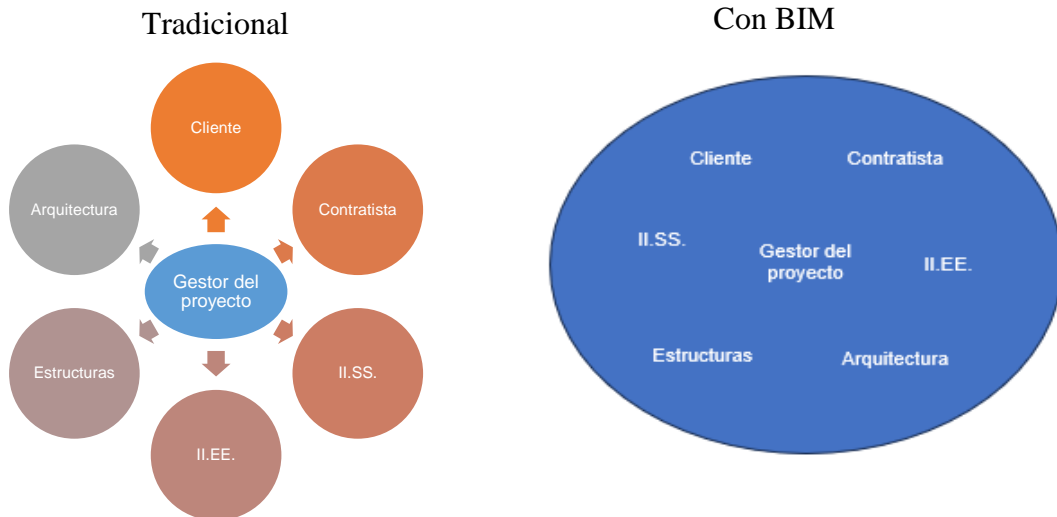
Se debe fomentar la integración de las múltiples áreas encargadas de un proyecto (arquitectura, ingeniería y especialidades) ya que todos deben de tener una visión común de lo que se quiere. Trabajo colaborativo debe entenderse como la cooperación entre todos para alcanzar las metas comunes propuestas. El hecho de que los ingenieros puedan colaborar con los diseñadores en la etapa conceptual del proyecto conlleva a toda a una suma de experiencias constructivas de modo que se podrían evitar posibles problemas surgidos posteriormente. El fin de todo ello es llegar a construir edificaciones con plena integración de múltiples criterios mediante BIM (Bustos y Sosa, 2021).

Apaza et al. (2021) comenta que BIM permite tener un flujo de información de manera distinta ya que deja de lado al gestor del proyecto como el nexo principal entre

todos los involucrados del proyecto y ahora todos tienen información del proyecto debido a que están interconectados (Ver Figura 4).

Figura 4

Comparativa entre Flujo de Información tradicional y con BIM



2.8 Flujo de trabajo

El flujo de trabajo comprende todo un conjunto de pasos que se tiene que realizar con el fin de disminuir los errores que pudieran afectar el desarrollo de los proyectos. Además, esta gama de pasos se puede realizar desde una etapa de planificación hasta una etapa final de entrega del proyecto. Estableciendo un flujo de trabajo podemos establecer de manera clara los objetivos que tiene el proyecto dentro de una etapa de diseño, lo cual conlleva a una eliminación de la interpretación equivocada que se suele tener respecto a la información (Monge, 2018).

2.9 BIM en la fase de diseño (elaboración del expediente técnico o documento equivalente)

La gestión de diseño con BIM está referida a tener un cuidado y manejo sobre todas las actividades de modo que se tenga una constancia y coordinación. La gestión de diseño comprende ciertos componentes (Yañez, 2023). Se tienen los siguientes componentes:

- Gestión de personas relacionado a la interacción de las personas dentro de las oficinas y de forma colaborativa entre distintas especialidades.
- Gestión de la información relacionado a la producción, revisión y coordinación de la información con el fin de cumplir los objetivos del proyecto de manera adecuada y eficiente.

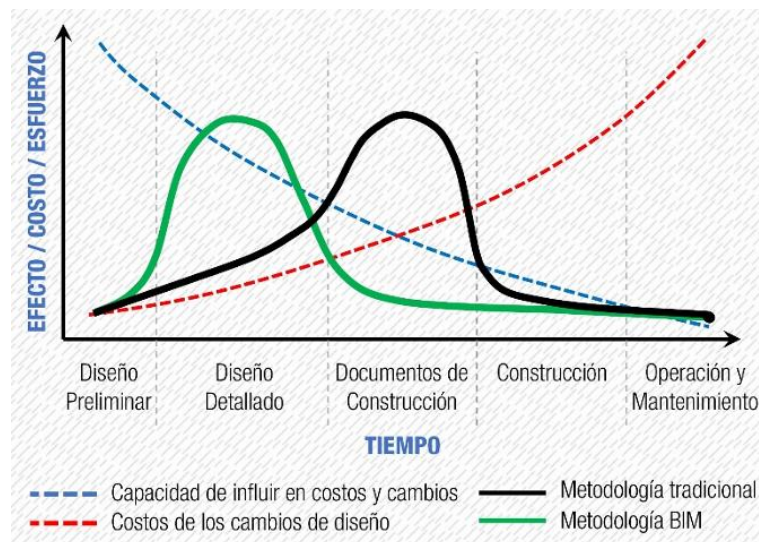
En la búsqueda de sacar el máximo provecho de la metodología BIM, se obtuvo que es fundamental usarlo en los inicios de la fase de diseño de los proyectos (Guío et al., 2023).

Como parte de la generación de los diseños de los proyectos, tiene que verse como un flujo que sea continuo en la producción de información para garantizar una entrega exitosa. BIM trabaja de este modo ya que maneja una planificación, integración, coordinación (Yañez, 2023).

Cuanto más esfuerzo se tenga en la etapa de diseño de los proyectos, mayor es la capacidad de influir en los costos respectivos. Por ello, los cambios realizados en una etapa inicial generan costos menores dado que todo es en papel y no implica actividades más complejas como demoliciones (ver Figura 5).

Figura 5

Curva Esfuerzo - Tiempo



Fuente: Yana y Yoctún (2023).

2.10 BIM y su gestión de cambios

La gestión de cambios en la adopción de BIM se puede entender como un manejo en la transición ya sea de individuos, grupos o empresas en la cual se pasará desde un estado actual hacia un estado futuro, todo ello con el fin de obtener mejores ventajas a nivel individual o colectivo. Sin embargo, muchas empresas en el camino del cambio llegan a fracasar debido a que no tienen una gestión que acompañe al cambio. Por lo que se debe dar una atención especial al hecho de usar BIM con el fin de evitar los rechazos por parte de las personas que van a usar esta nueva forma de trabajo (Pedraza et al., 2023).

Se han podido realizar modelos que nos apoyan como simulaciones para poder medir el impacto que tiene un adecuado intercambio de información temprana con el objeto

de poder disminuir los tiempos de diseño y evitar los rediseño que pudieran darse. En ese sentido, se debe dar una mayor importancia al intercambio de información basado en BIM ya que debemos verlo como una necesidad a diferencia de estudios anteriores que no tomaban en consideración la colaboración y las interacciones sociales como variables para medir el éxito de los flujos de trabajo (Al Hattab y Hamzeh, 2018).

2.11 Ingeniería concurrente integrada (ICE)

ICE es un método social, que tiene mucha influencia en la colaboración de distintas especialidades y que justamente está apoyado en la tecnología. Tiene con fin el análisis y la evaluación de los modelos BIM y los distintos procesos dados. El usar ICE conlleva a que múltiples equipos de proyectos colaboren y su beneficio se incrementa cuando se acompaña de la tecnología. La tecnología que puede debería de acompañar las sesiones ICE comprende el uso de proyectores, pantallas táctiles, modelos BIM, etc. Todo ello conlleva a un mejor entendimiento del proyecto. Además, que establece un ambiente basado en la colaboración y multidisciplinario (Yana y Yoctún, 2023).

2.12 Nivel de información necesaria (LOIN)

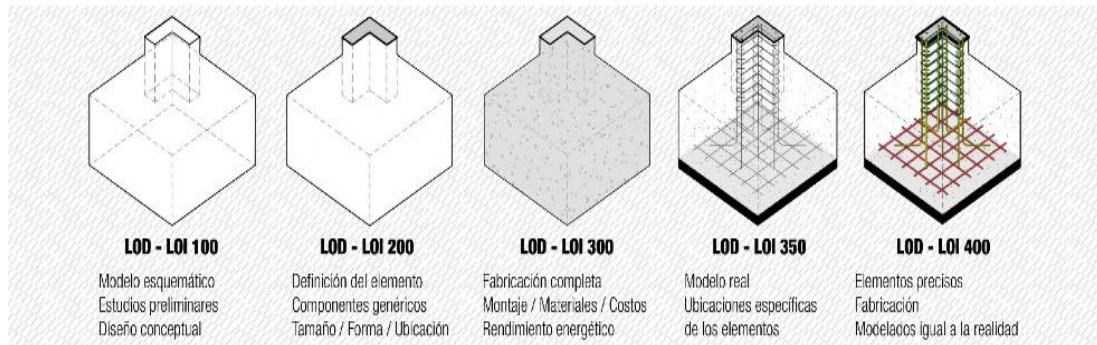
El LOIN comprende el LOD (Nivel de Desarrollo) y LOI (Nivel de Información). El LOD está referido al nivel de detalle que va a tener toda la información gráfica mientras que el LOI está referido al nivel que tiene la información que no es gráfica, puede ser cualquier especificación técnica o alguna documentación complementaria (Yañez, 2023). Referido a los niveles de LOD tenemos: 100, 200, 300, 350 y 400 (Fuentes et al., 2021). Se muestran a continuación:

- LOD 100: Los elementos son símbolos que indican la existencia de algo, pero no indican la forma, tamaño y la ubicación del componente.
- LOD 200: Los elementos tiene una representación que indica su posición y su volumen que comprende en dicho espacio.
- LOD 300: Se define el elemento gráficamente y la información no gráfica; se muestra las cantidades, tamaño, forma y ubicación en base a todo el conjunto que comprende el proyecto.
- LOD 350: Comprende lo detallado en el LOD 300 más la detección de las incompatibilidades entre elementos.
- LOD 400: Los elementos modelados tienen tal detalle que ya pueden ser fabricados.
- LOD 500: Referido a un modelo As Built, verificación con lo construido en campo.

Se muestra el LOIN comprendido por el LOD y LOI (ver Figura 6).

Figura 6

Niveles de información necesaria



Nota: fuente Yana y Yoctún (2023)

2.13 Empresas pequeñas

Las empresas pequeñas están definidas como la unidad económica constituida por una persona natural o jurídica, bajo cualquier forma de organización o gestión empresarial que tiene como objeto desarrollar bienes y prestación de servicios. Para que sean consideradas en este tipo de empresas deben ejecutar ventas superiores a 150 UIT e inferiores a 1700 UIT, el valor de la Unidad Impositiva Tributaria será establecido por el Ministerio de Economía y Finanzas (Mendez, 2021).

2.14 Constructibilidad de proyectos

La constructibilidad implica que se haga participes a profesionales con experiencia en la industria de la construcción en las actividades previas a un proyecto con lo cual se busca optimizar la fase de ejecución al anticipar y afrontar los posibles problemas e incompatibilidades desde la fase de diseño. Además, se busca que los diseños sean configurados para permitir la construcción eficiente (Nicodemo y Gaitán, 2024).

Capítulo III. Propuesta de marco VDC

La propuesta de marco VDC está orientada al uso de la metodología BIM y las sesiones ICE y el hecho de usar estas herramientas se deben a sus capacidades técnicas para facilitar un entorno colaborativo (Oraee et al., 2019) y a su implicancia en la integración de profesionales con diversas experiencias (Ozturk, 2019).

La explicación de esta propuesta de marco VDC está enfocada para su aplicación durante una etapa de diseño orientada a colegios públicos ejecutados por empresas pequeñas. Dentro del ciclo de inversión, se acota que el uso de esta metodología se encuentra dentro de la fase de Ejecución en la parte de Elaboración del Expediente Técnico. Así mismo, para su aplicación se tiene que partir desde el hecho que los diseñadores ya cuentan con todos los estudios requeridos para el desarrollo del diseño del proyecto como: Estudio de Mecánica de Suelos, Levantamiento topográficos, etc.

Esta propuesta de marco VDC cuenta con 3 fases: Diseño, Coordinación y Validación (ver Figura 7).

Figura 7

Fases de la Propuesta marco VDC

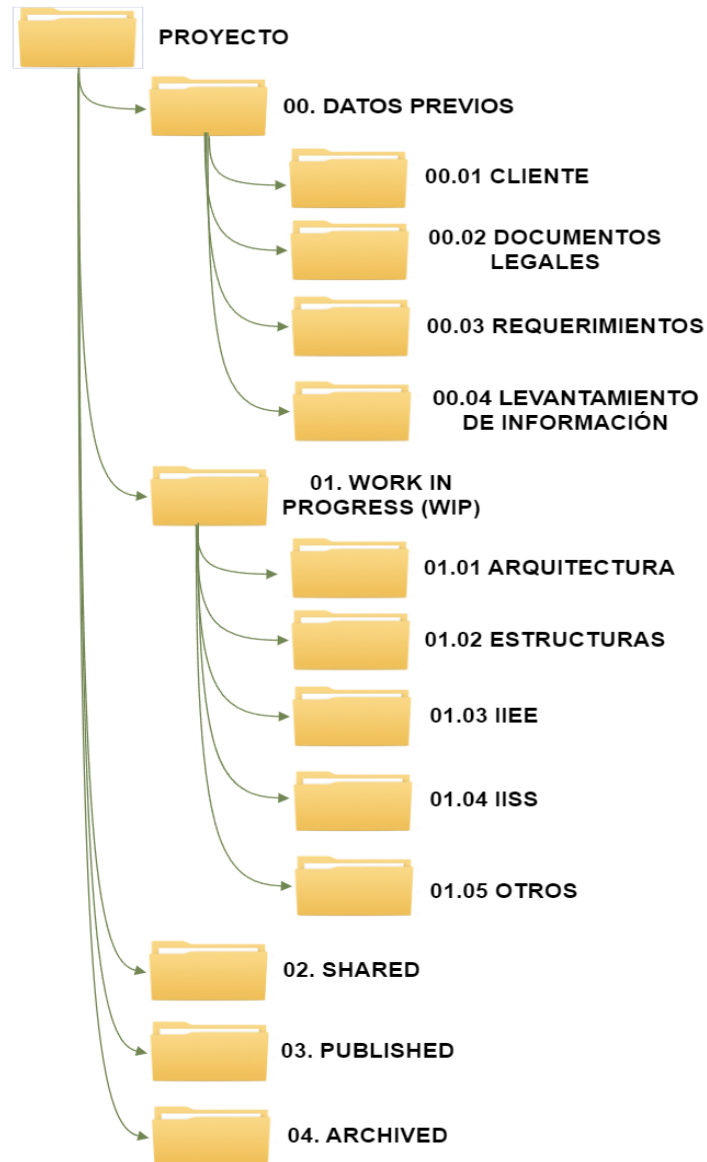


Se busca que esta propuesta tenga un fin de uso práctico y de bajo costo, debido a ello se usará como Entorno de Datos Comunes (CDE) a la plataforma OneDrive debido

a su facilidad y accesibilidad . Así mismo, los modelos de información BIM serán generados mediante el software Revit y la gestión de información se manejará dentro del CDE usando la siguiente estructura de información (ver Figura 8).

Figura 8

Estructura para la Gestión de Información



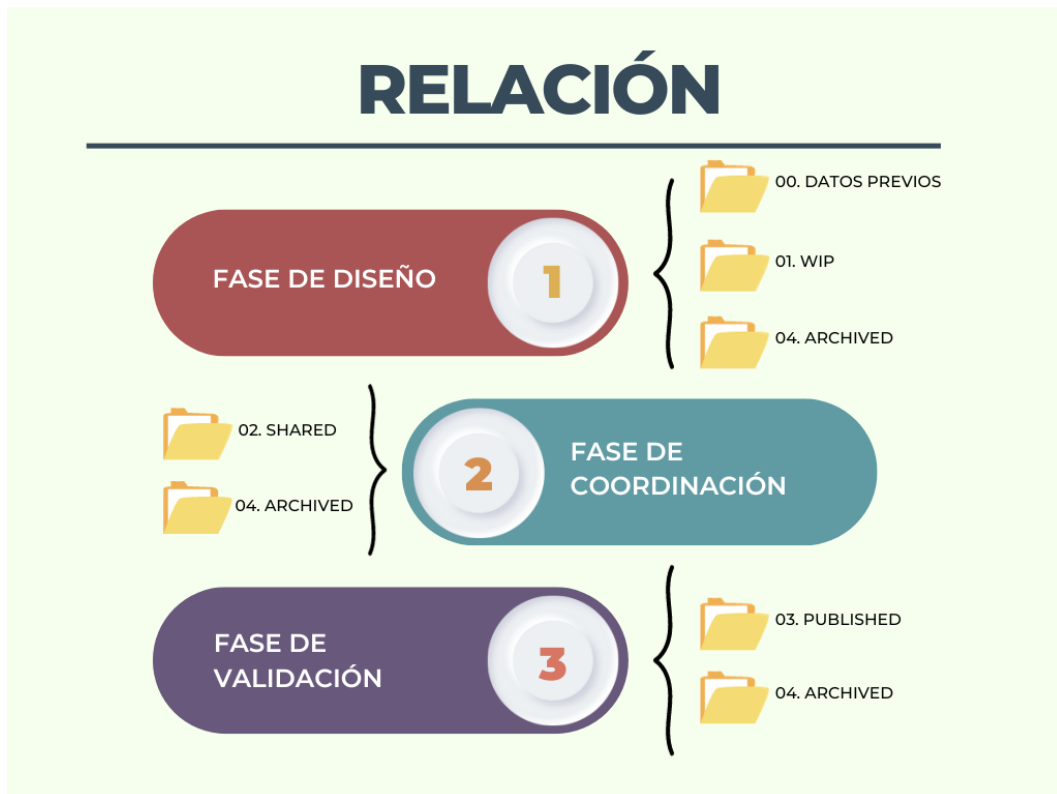
En la **Figura 8**, se aprecia una estructura para los estados de información acorde a la ISO 19650 y la Guía Nacional BIM, se está partiendo desde una carpeta “00. DATOS PREVIOS” que contiene información previa del cliente y del proyecto. También, se tiene una carpeta “01. WORK IN PROGRESS (WIP)” que será manejada por cada área respectiva (arquitectura, estructura, instalaciones eléctricas y sanitarias), cada avance del

proyecto estará guardada en la subcarpeta respectiva de la carpeta WIP. Así mismo, se tiene la carpeta "02. SHARED" que va a contener los modelos federados (contenedor de los modelos de información) que son producto de la fase de Coordinación. Dependiendo de la magnitud del proyecto y de la estrategia para la revisión se puede contar con uno o varias modelos federados. La carpeta "03. PUBLISHED" va a contener todo lo relacionado a los entregables, estos pueden ser planos, modelos de información, etc. Se maneja también una carpeta de "04. ARCHIVED" que sirve para retener información que ha sido obsoleta debido a modificaciones, por ejemplo: se contaba con un modelo BIM de arquitectura revisado y se pudo verificar que debido a criterios estructurales era necesario hacer algunas modificaciones. En este caso el modelo BIM previo que ya estaba finalizado quedaría guardado en la carpeta "04. ARCHIVED" y ahora se trabajaría con una copia. Otro detalle importante de esta carpeta es que nos sirve para manejar una trazabilidad de la información y ser utilizada a manera de consulta ante cualquier comparación de las modificaciones o duda alguna. Se indica que para pasar desde la carpeta "01. WIP" hasta la carpeta "03. PUBLISHED" se requiere revisiones previas y todos los involucrados de la etapa de diseño del proyecto respectivo tienen acceso a todas estas carpetas de información con el objeto de contar con información previa de los avances del proyecto mediante revisiones individuales por cada integrante si es necesario. Otro detalle importante es que esta estructura de carpeta muestra la partida o inicio para una adecuada Gestión de información, sin embargo, está abierto a creaciones de subcarpetas dentro de las cinco subcarpetas principales (00, 01, 02, 03 y 04) acorde a la comodidad y modelo de trabajo de la organización encargada de la elaboración del proyecto. Por último, este conjunto de carpetas será creado al inicio y por cada proyecto respectivo.

Se menciona además que las fases de Diseño, Coordinación y Validación tienen una amplia relación con la estructura para la Gestión de información (ver Figura 9).

Figura 9

Relación entre Propuesta de aplicación y Gestión de información



Acorde a la **Figura 9**, podemos indicar que la fase de Diseño hará uso de las carpetas “00. DATOS PREVIOS”, “01. WIP” y “04. ARCHIVED”, esto es debido a que se necesitará toda la información requerida sobre el cliente y del proyecto la cual estará contenido en la carpeta 00. También esta fase comprende la realización de los avances del proyecto por cada especialidad respectiva y todo ello será guardada dentro de la carpeta 01, se maneja también la carpeta 04 para el respectivo guardado de los archivos a modo de registro. En la Fase de Coordinación, se usará la carpeta “02. SHARED” y “04. ARCHIVED” debido a que se necesita llevar la compatibilización del proyecto dentro de un modelo federado que sea independiente de los archivos del modelo BIM, la carpeta 04 también está presente en esta fase debido a registro que se necesita llevar. Por último, la fase de validación comprende el uso de las carpetas “03. PUBLISHED” y “04. ARCHIVED” ya que es necesario tener toda la información respecto a los entregables como planos, modelos BIM, metrados, etc. y el registro de la información como avances y modificaciones del proyecto.

Respecto a la codificación o nomenclatura de los archivos BIM se va a seguir el siguiente formato: “(ÁREA)-(AÑO)-(NOMBRE DEL PROYECTO)-(TIPO DE ARCHIVO)-(LUGAR O ZONA)-(NÚMERO DE VERSIÓN)”. Se complementa lo siguiente:

- En el campo de “ÁREA” se va a colocar “ARQ”, “ESTR”, “IIEE” o “IISS” acorde a la especialidad que este encargado del modelo BIM.
- En el campo de “AÑO” se va a colocar el año de desarrollo del proyecto.
- En el campo “NOMBRE DEL PROYECTO” se va a colocar un título breve que hará referencia al proyecto.
- En el campo “TIPO DE ARCHIVO” se va a colocar “M3” o “P2” si esta referido a un modelo de información BIM o a los planos del proyecto a entregar respectivamente.
- En el campo “LUGAR O ZONA” se va a colocar una parte del proyecto en la cual se está trabajando. Esto es referido a proyectos que contienen subproyectos. La existencia de este campo depende si el proyecto tiene subproyectos.
- En el campo “NÚMERO DE VERSIÓN” se va a colocar la numeración de las opciones de diseño que tiene el proyecto y va con 2 dígitos (“XX”). La existencia de este campo depende si se tiene 2 o más opciones de diseño.

Se presenta los siguientes ejemplos:

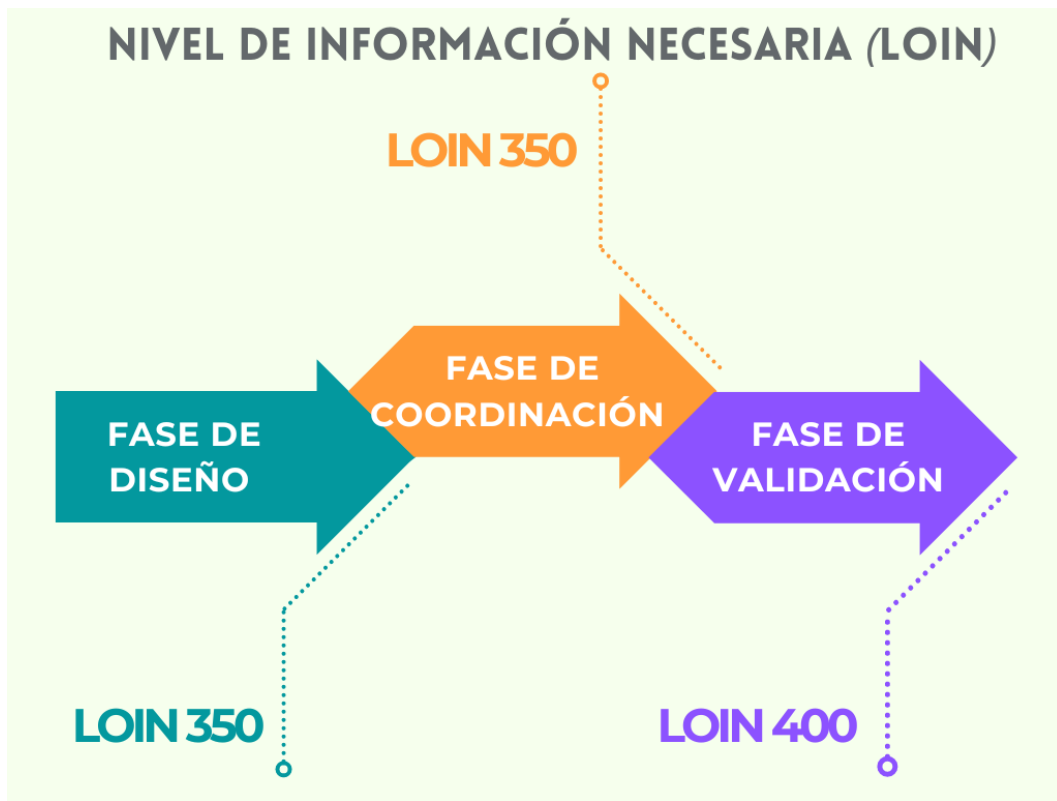
- ESTR-2023-COLEGIO MERCEDES-M3-ESTADIO-02
- ARQ-2023-COLEGIO MERCEDES-M3-LABORATORIO-00
- IIEE-2023-COLEGIO MERCEDES-M3-MUSEO-01
- IISS-2023-COLEGIO MERCEDES-P2-PABELLON A-01
- ESTR-2023-COLEGIO GUZMAN-M3

Estos archivos BIM con la nomenclatura presentada irán dentro de la estructura de carpetas para la gestión de información mostrada en la **Figura 8**.

Se indica a continuación los Niveles de información necesaria (LOIN) respectivo para cada fase de la metodología propuesta (ver Figura 10).

Figura 10

LOIN respectivo en cada fase de Propuesta de aplicación



Acorde a la **Figura 10**, se comenta que la generación de los modelos BIM realizados en la fase de Diseño llegan hasta un LOIN 350 lo cual incluye tanto información gráfica como no gráfica. Para la fase de Coordinación se usará los modelos BIM los cuales ya están realizados con un respectivo LOIN para la generación de los modelos federados y su respectiva aprobación del proyecto en esta fase. En la fase de Validación, se llegará hasta un LOIN 400 ya que será necesario realizar los detalles que sean importantes para la elaboración de los entregables del proyecto.

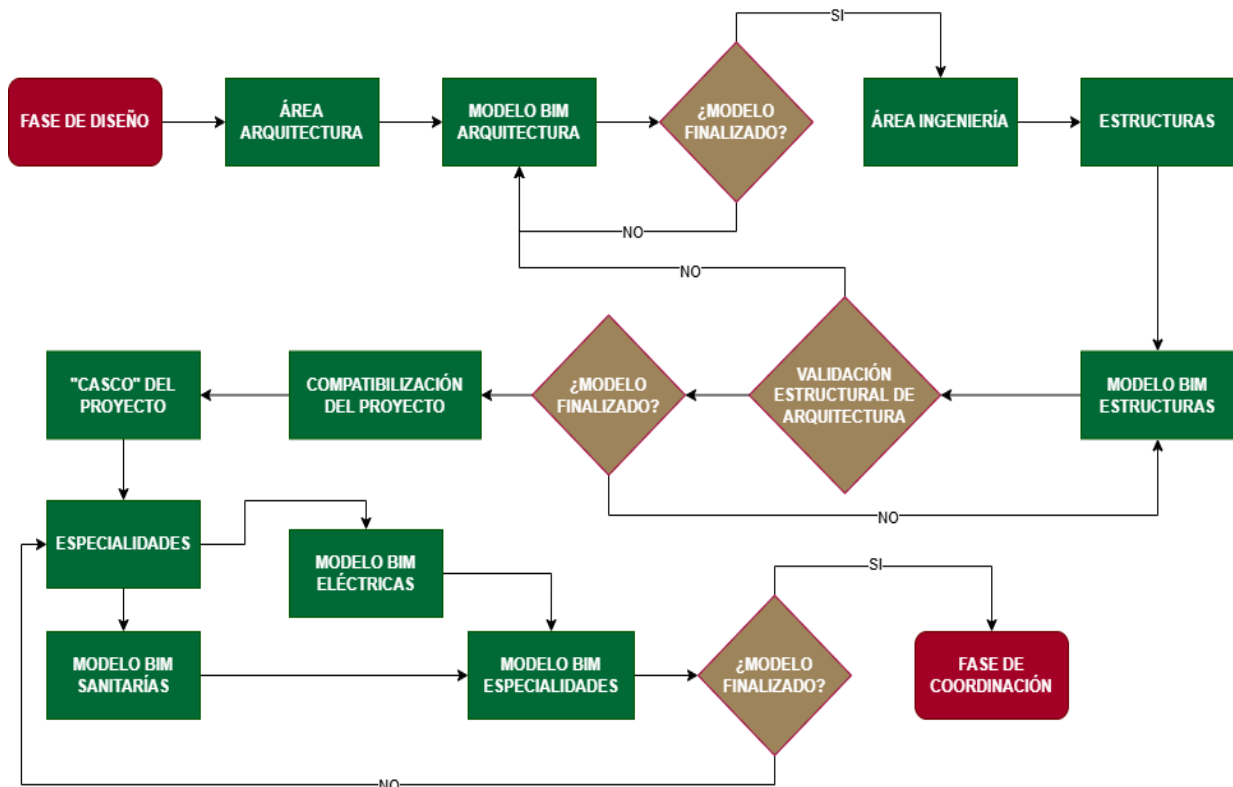
A continuación, se van a detallar las tres fases que comprende esta propuesta de marco VDC:

3.1 Fase de diseño

Esta fase comprende todo lo relacionado al diseño y generación de modelos de información BIM por cada especialidad del proyecto: Arquitectura, Estructura y Especialidades. Se va a seguir el siguiente flujo de trabajo mostrado para esta etapa (ver Figura 11).

Figura 11

Flujo de trabajo en la Fase de Diseño

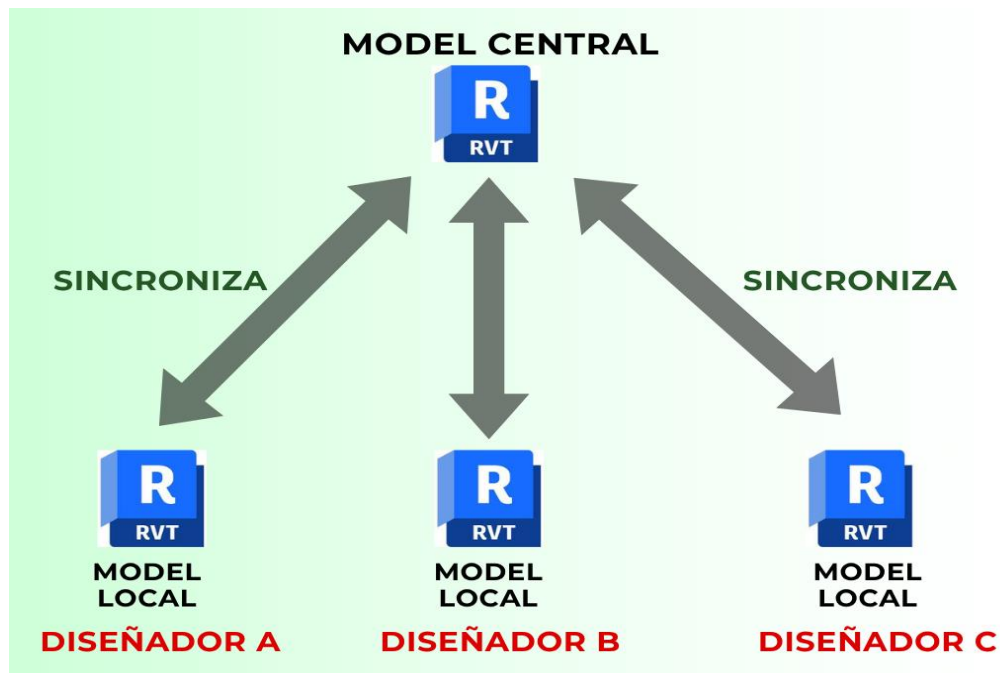


Para generación de los modelos BIM, se buscará realizar un modelamiento sincronizado, debido a ello es que se va a manejar por grupos de personas dentro de cada área correspondiente (Arquitectura, Estructura y Especialidades). Así mismo, estos grupos realizarán sus respectivos avances del proyecto mediante un trabajo en conjunto entre Revit y Onedrive de tal forma que se permita el modelamiento sincronizado. La explicación detallada del proceso y flujo de trabajo para la generación de los modelos BIM mediante un modelamiento sincronizado será explicado en el **Capítulo IV: Adaptación de onedrive y modelamiento**, pero podemos comentar que se usará la opción “Collaborate” que tiene el Revit para hacer posible dicho flujo de trabajo y el Onedrive que permitirá tener la conexión entre los usuarios encargados de la realización de los avances del proyecto de tal manera que se permita realizar un modelamiento sincronizado. Si bien es cierto que Revit permite trabajar mediante “Subproyectos”, esto no sería del todo útil cuando se tiene que trabajar con varias personas que no se encuentran en el mismo lugar ya que en ese caso Revit no te permite realizar modificación alguna mediante “Subproyectos” debido a que no están conectados bajo un mismo servidor. Esta opción “Collaborate” que tiene Revit permite trabajar de manera adecuada siempre y cuando se cuente con un servidor interno, y todas las computadoras de la oficina deben estar conectadas con dicho servidor. Es aquí donde contar con un Entorno Común de Datos se vuelve relevante ya que hace posible

dicha forma de trabajo colaborativo sin importar la ubicación de los involucrados en la generación de los modelos BIM dentro de esta fase de Diseño. La forma de trabajo que ofrece esta propuesta de marco VDC es que usando la opción “Collaborate” del Revit se activan los “Subproyectos” y con ello cada diseñador cuando guarde sus avances modelados se están almacenando como “archivos locales” dentro de sus computadoras y también se van sincronizando hacia un “modelo central” que estará dentro del Entorno Común de Datos. Esta forma de trabajo se muestra a continuación (ver Figura 12):

Figura 12

Modelo Central – Modelo Local



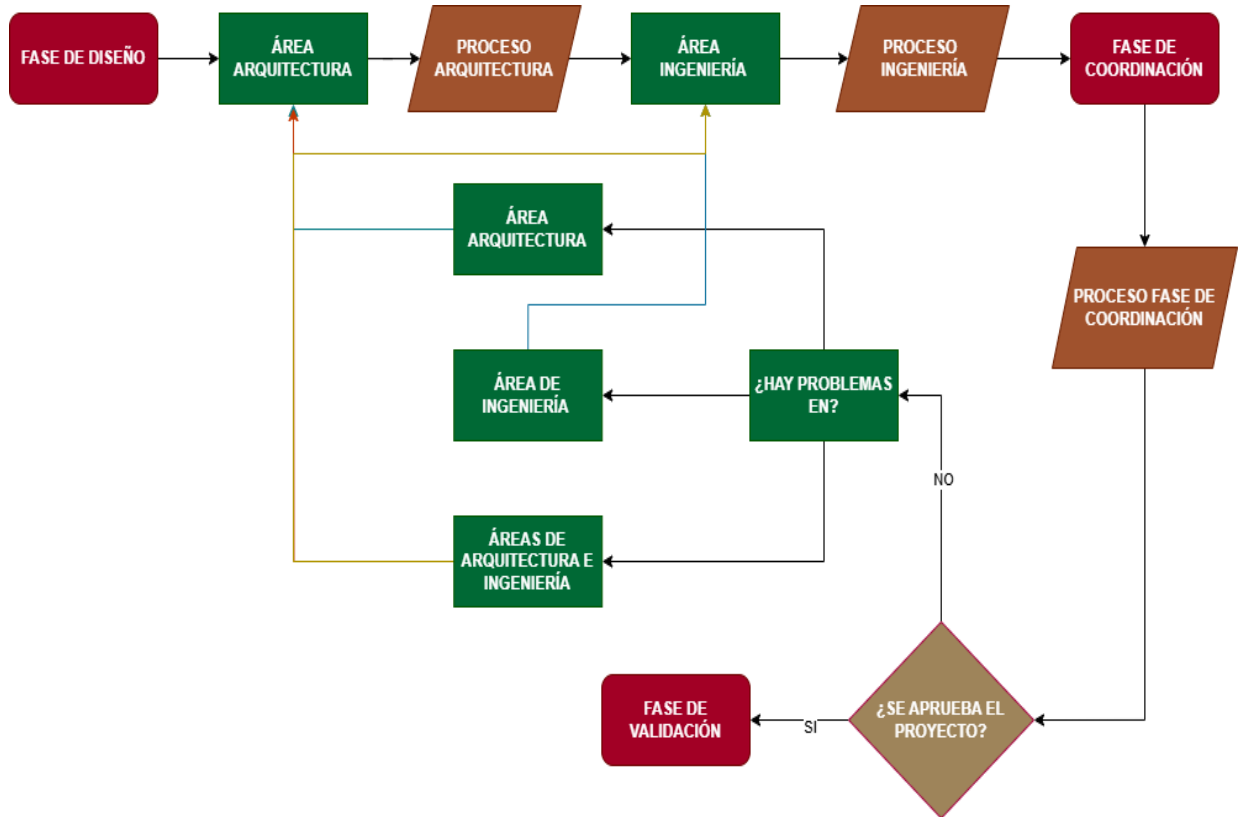
3.2 Fase de coordinación

Es la segunda fase de la Propuesta de marco VDC, está destinado a la verificación en conjunto de todos los diseños propuestos por las áreas de Arquitectura e Ingeniería.

Las fases de Diseño y Coordinación estarán relacionadas y la respuesta de la segunda fase será necesario para la finalización de la primera fase respectivamente (ver Figura 13).

Figura 13

Relación entre fase de Diseño y Coordinación

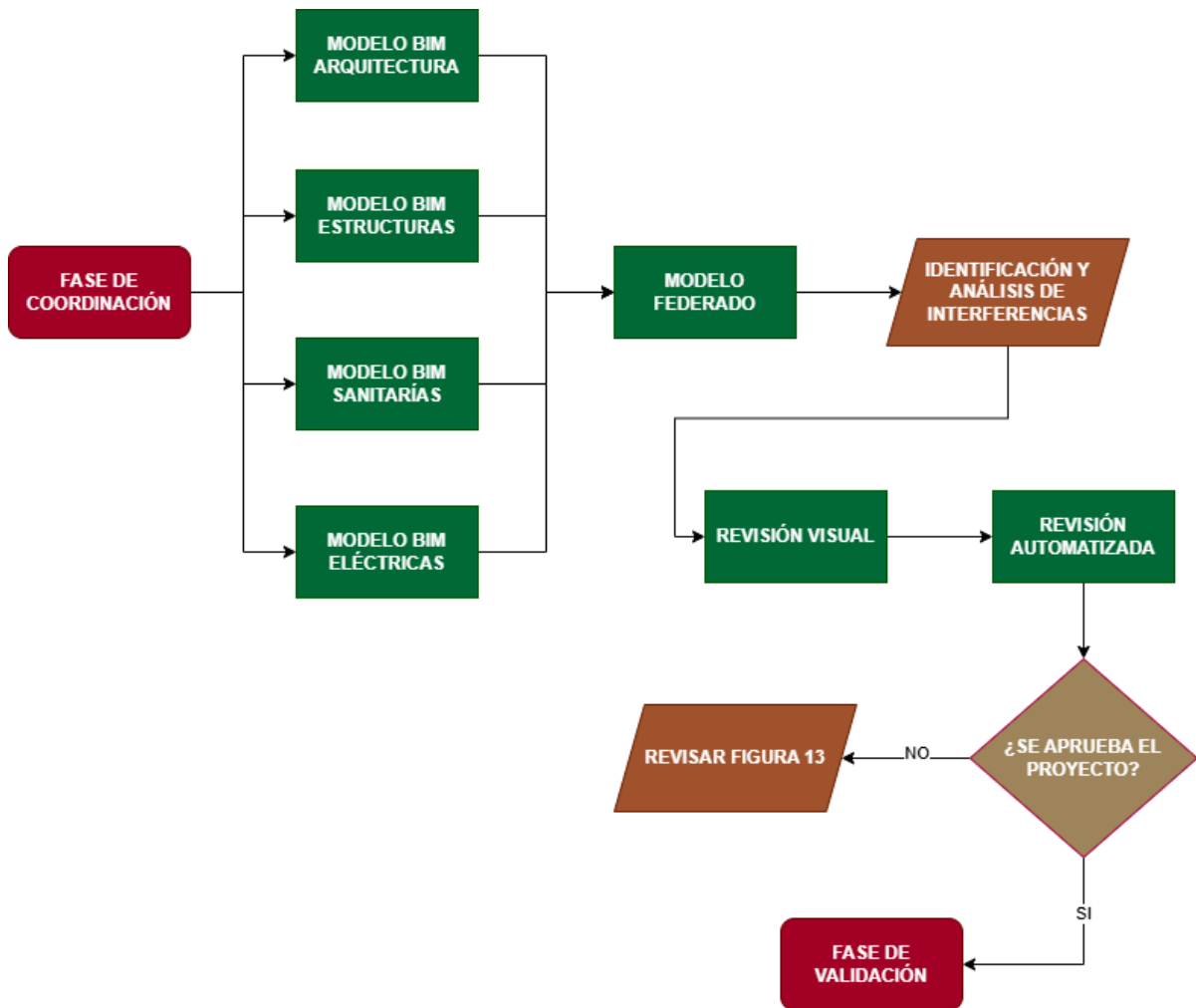


En esta fase se realizará una revisión visual y automatizada para la identificación de las incompatibilidades que pudiera presentar el proyecto.

Se muestra el siguiente flujo de trabajo para esta fase de Coordinación (ver Figura 14).

Figura 14

Flujo de trabajo para fase de Coordinación



Los softwares BIM necesarios en esta fase son: Revit y Navisworks. Revit debido a la generación de los modelos de cada área y/o especialidad y Navisworks para la generación del modelo federado (es un contenedor de todos los modelos BIM generados) para la detección de incompatibilidades, además de su importancia y pieza clave en la visualización del proyecto para la aprobación respectiva en esta fase.

Acorde a la **Figura 14**, se presenta una etapa inicial en la cual se tienen todos los modelos BIM producto de la fase de Diseño, recordemos que dichos modelos provienen del Revit, se continuará con la realización de los modelos federados que van a seguir como contenedores para unificar todos los modelos. Para ello, se utilizará el software Navisworks; otro detalle importante es que cualquier cambio que se haga al modelo federado no afecta al modelo Revit en sí del proyecto. Se realizará una revisión visual para detectar que incompatibilidades se están teniendo. El fin de esta revisión visual es que se puedan identificar y corregir los problemas que son visibles fácilmente. Luego, se realizará una revisión automatizada en la cual se hará uso de la opción “Clash Detective” para la

identificación y el análisis de las incompatibilidades. Finalmente, se procederá a realizar las correcciones presentadas para su uso en las sesiones ICE dentro de la fase final de Validación. Estas correcciones realizadas serán bajo el criterio de los diseñadores, la cual se debatirán en la fase última con todos los responsables involucrados quienes serán profesionales con experiencia.

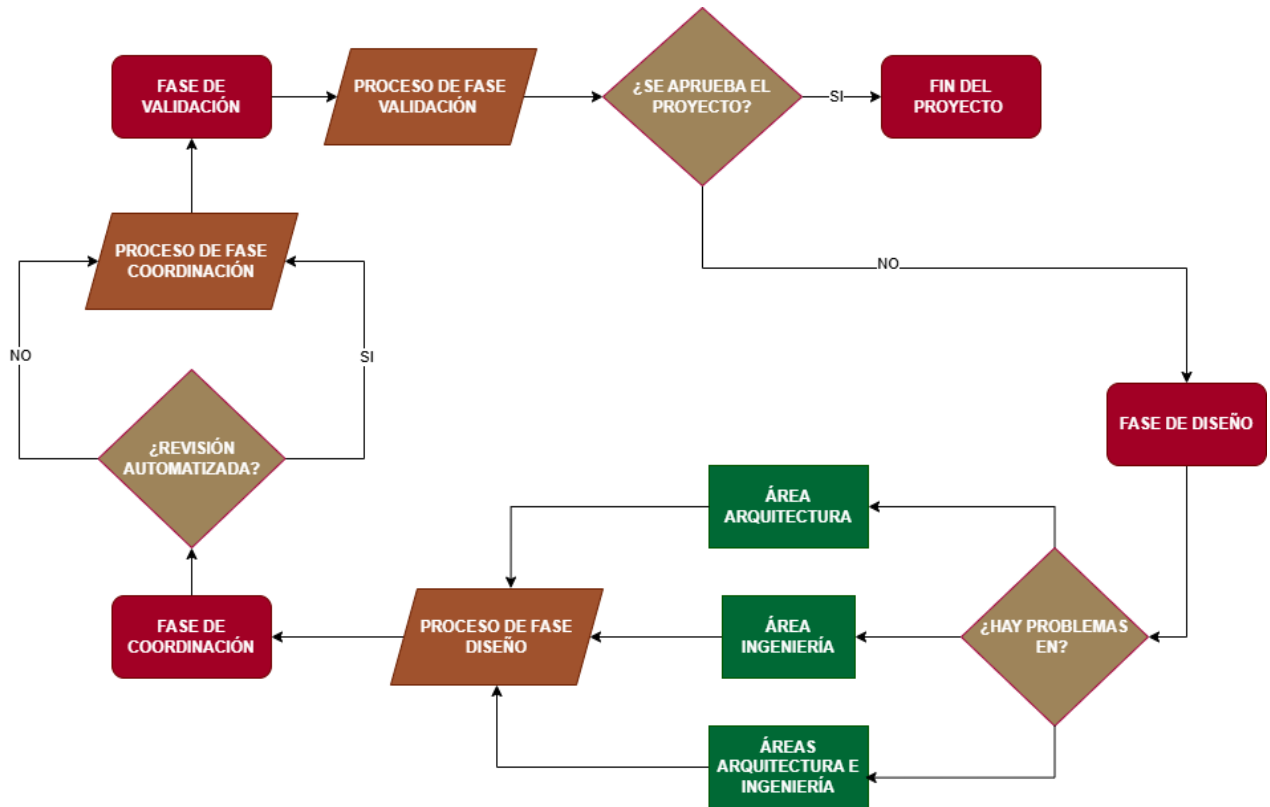
3.3 Fase de validación

Esta fase inicia cuando el proyecto ha sido aprobado de manera interna en la fase de Coordinación. Se tiene que entender que toda la información del proyecto llega a esta etapa en forma de modelos BIM y modelo federado, por lo que esta fase comprende la realización de las sesiones ICE para una revisión y aprobación interna, y generación completa de la ingeniería detalle y los entregables respectivos para el envío al cliente.

Se va a tener una relación principal entre la fase de Validación y la fase de Diseño ya que las observaciones dadas por todos los involucrados en la revisión del proyecto durante la fase de Validación conllevarían a realizar modificaciones en la fase de Diseño. Así mismo, se va a tener la existencia de una relación secundaria entre la fase de Validación y la fase de Coordinación ya que dependiendo de las observaciones de los responsables involucrados conllevaría a una necesidad de presentarse nuevamente la fase de Coordinación completa o no, es decir, se verá la necesidad de realizarse una revisión visual y revisión automatizada o solo la revisión visual según sea necesario analizar las incompatibilidades. Por ejemplo: si se tuviera cambios mínimos justificados en la sesión ICE en los cuales no se ve afectada la parte estructural del proyecto, en ese sentido, ya no sería necesario realizar las sesiones ICE debido a que ya fueron aprobadas previamente, pero la generación y actualización de los modelos y entregables del proyecto como parte de esta fase si serían necesarios (ver Figura 15).

Figura 15

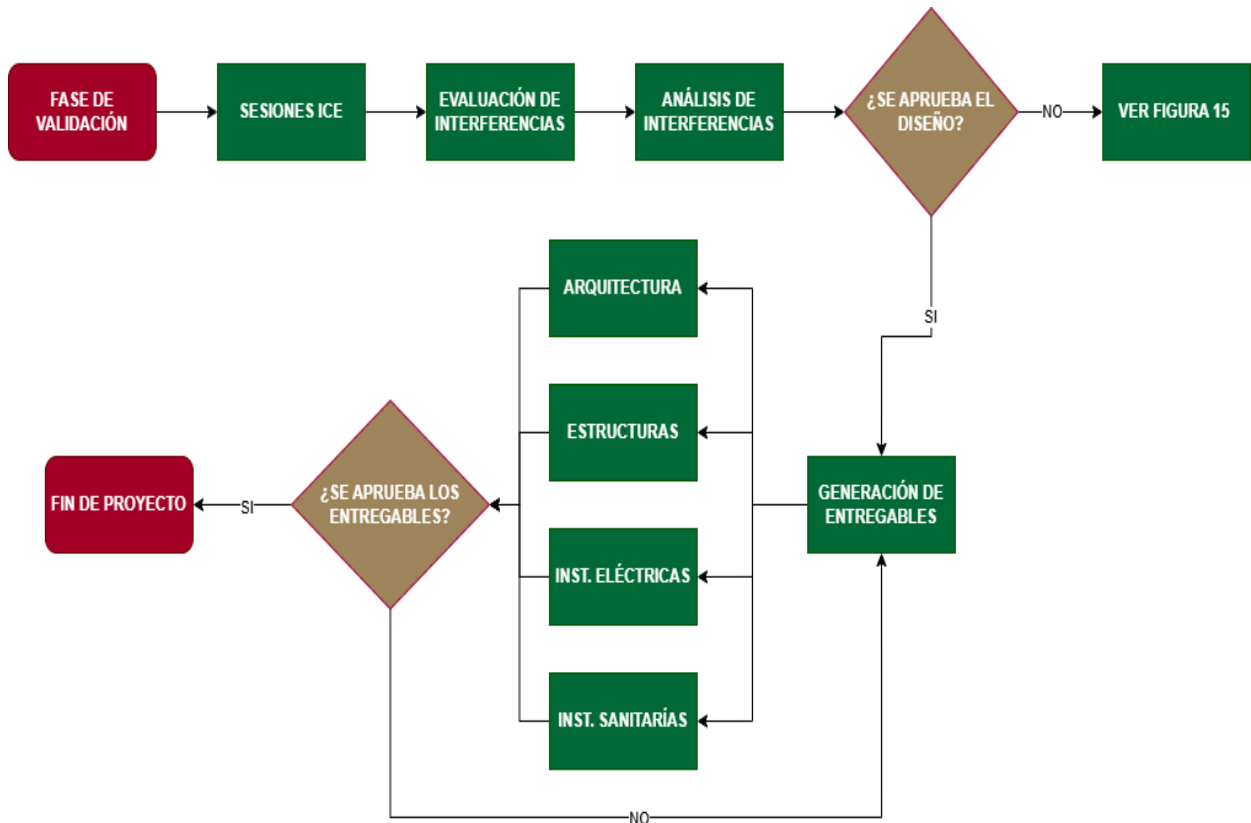
Relación entre la Fase de Validación, Diseño y Coordinación



Las actividades que se sigue en la fase de Validación comprenden la realización de las sesiones ICE y generación de los entregables como planos, metrados, presupuesto, etc una vez aprobado el proyecto de manera interna (ver Figura 16).

Figura 16

Flujo de trabajo de la Fase de Validación



Las sesiones ICE se realizarán para la revisión del proyecto que ya se tiene terminado, para ello se hará uso de los modelos federados para la visualización y sugerencia de algunos cambios del modelo para realizarlos en el momento para ver qué tan consistente es dicha tentativa de cambio; recordemos que los modelos federados son archivos independientes y cualquier cambio y anotación no altera al archivo del proyecto como tal, pero permite recopilar información de los puntos a modificar. La descripción detallada de todo lo que comprende las sesiones ICE está ubicado en el **Capítulo V: Sesiones ICE**, pero se puede comentar que el éxito de las sesiones ICE depende de sus componentes tanto físico como humano, sus roles, su proceso, su ambiente y el planeamiento debido. Estos son algunos de los pilares que deben ser parte de las sesiones ICE para que se pueda obtener el máximo provecho.

Las sesiones ICE son necesarios en esta fase de Validación ya que la revisión y aprobación interna del proyecto dependerá de la integración de todos los involucrados, con este hecho estamos promoviendo el trabajo colaborativo ya que se tiene un intercambio de opiniones entre los profesionales con diversas experiencias y también el ambiente o entorno que permite ello conlleva a una mejoría en la realización y verificación de los proyectos teniendo como principal autor a la colaboración entre los involucrados.

3.4 Entorno común de datos de bajo costo

Uno de los objetivos de este trabajo de investigación es justificar que se puede adaptar un Entorno Común de Datos de bajo costo que sean aplicables para el diseño de colegios realizados por empresas pequeñas. Para ello, se va a realizar un comparativo a nivel costos entre el OneDrive y la alternativa que propone el Autodesk con su producto de “BIM Collaborate PRO” el cual forma parte de los conjuntos de módulos que tiene el “Autodesk Construction Cloud”. Esta propuesta de marco VDC plantea la adaptación del OneDrive como Entorno Común de Datos para la gestión de información y el modelamiento sincronizado que se va a realizar. Esta explicación del proceso de adaptación se verá con mayor detalle en el **Capítulo IV: Adaptación de onedrive y modelamiento**.

- OneDrive

Para la utilización de esta plataforma de almacenamiento en la nube de Microsoft se va a requerir la siguiente inversión (ver Tabla 1):

Tabla 1

Inversión para OneDrive

Entorno Común de Datos (CDE)	Personas	Precio Unitario / año	Parcial (S./) / año
OneDrive Plan Microsoft 365 Personal Incluye: ❖ 1 persona ❖ 1 TB de capacidad (1024 GB)	2	S/. 308.99	S/. 617.98
OneDrive Plan Gratuito Incluye: ❖ 1 persona ❖ 5 GB de capacidad	8	S/. 0.00	S/. 0.00
Total			S/. 619.98

Según lo mostrado en la **Tabla 1**, se va a considerar en total 10 personas que serán responsables de los diseños: Arquitectura (2 personas), Estructuras (3 personas), Inst. Sanitarias (2 personas) e Inst. Eléctricas (3 personas). Además, solo es necesario que una persona tenga el plan Microsoft 365 Personal ya que con ello se adquiere 1 TB de capacidad y puede cubrir el espacio necesario para almacenar toda la información previa y elaborada del proyecto. Dependiendo de la magnitud del proyecto e incremento del tamaño de la empresa se va a tener que adquirir planes adicionales de Microsoft 365

Personal. El costo necesario requerido por año según las consideraciones indicadas sería de S/. 619.98.

- **BIM Collaborate PRO**

Es una opción de los productos que ofrece Autodesk Construction Cloud el cual está orientado al trabajo colaborativo BIM en la nube de Autodesk. Esta alternativa presentada por Autodesk es el ideal para realizar un modelamiento sincronizado con la opción “Collaborate” en Revit en comparación con el BIM Collaborate que está más enfocado en coordinar y gestionar proyectos BIM. Se presenta la inversión requerida (ver Tabla 2):

Tabla 2

Inversión para BIM Collaborate PRO

Entorno Común de Datos (CDE)	Personas	Precio Unitario / año	Parcial (S./) / año
BIM Collaborate PRO	10	S/. 3437.91	S/. 34379.10
Incluye:			
❖ 1 persona			
❖ Revit Cloud Worksharing			
Total			S/. 34379.10

Según la **Tabla 2**, se puede observar la alta inversión requerida debido a que las cuentas de Autodesk son individuales para cada persona, sin embargo, esta alternativa ofrece múltiples opciones que serían de gran aporte a las empresas que ya están mejor consolidadas.

- **Comparativo OneDrive – BIM Collaborate PRO**

Se mostrará un cuadro comparativo de los costos entre ambas opciones (ver Tabla 3):

Tabla 3

Cuadro comparativo OneDrive – BIM Collaborate PRO

Alternativa	Parcial (S./) / año
1) OneDrive Plan Microsoft 365 Personal	S/. 619.98
2) BIM Collaborate PRO	S/. 34379.10
Factor	55.45

Según la **Tabla 3**, podemos ver que a nivel de costos la utilización de OneDrive es una buena alternativa como un Entorno Común de Datos (CDE) de bajo costo ya que representa 55.45 veces menor comparado con la segunda alternativa. Con ello justificamos que la utilización de OneDrive como CDE representa una buena alternativa para las empresas pequeñas que se dedican al diseño de proyectos. En el **Capítulo IV: Adaptación de onedrive y modelamiento** se mostrará todo el proceso de adaptación del OneDrive a un CDE y el flujo de trabajo requerido para el modelamiento sincronizado en el desarrollo del diseño de colegios.

Capítulo IV. Adaptación de onedrive y modelamiento

Se presenta la información referente del proyecto de remodelación “I.E. Nuestra Señora de la Sabiduría”, el cual será utilizado para mostrar la adaptación del OneDrive como CDE y la forma de trabajo para realizar un modelamiento sincronizado en la generación de los diseños (ver Tabla 4).

Tabla 4

Información del Proyecto

Nombre del proyecto:	I.E. Nuestra Señora de la Sabiduría
Departamento:	Lima
Distrito:	Lurigancho - Chosica
Urbanización:	Ñaña
Nombre de la vía:	Av. Bernardo Balaguer
Lotes:	47, 47-A, 48, 49
Número de niveles máximo:	2 niveles

Se muestra la ubicación del colegio en mención (ver Figura 17).

Figura 17

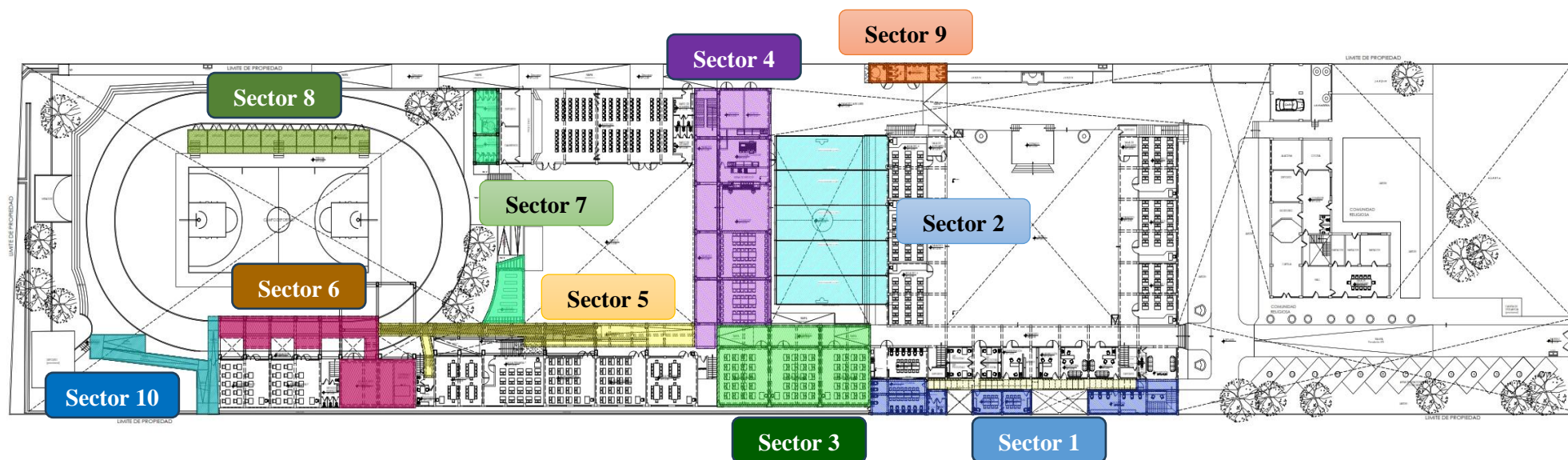
Ubicación de IE Nuestra Señora de la Sabiduría



El proyecto incluye trabajos de demolición, nueva ampliación y remodelación. Se presenta la siguiente sectorización del proyecto (ver Figura 18).

Figura 18

Sectorización del proyecto - Vista del primer nivel



Acorde a la **Figura 18**, podemos que el proyecto está dividido en 10 sectores. Las actividades requeridas por sector se muestran a continuación (ver Tabla 5)

Tabla 5

Actividades por sector

SECTORES	ACTIVIDADES
Sector 1	Demolición y ampliación
Sector 2	Remodelación
Sector 3	Demolición y ampliación
Sector 4	Demolición y ampliación
Sector 5	Ampliación
Sector 6	Demolición y ampliación
Sector 7	Ampliación
Sector 8	Ampliación
Sector 9	Ampliación
Sector 10	Ampliación

Para fines de este trabajo de investigación, se va a explicar el proceso de adaptación del OneDrive y el modelamiento para el sector 1. La generación de los modelos BIM de este proyecto en mención están dentro de la fase de Diseño de la propuesta de marco VDC. Se usará la opción “Collaborate” que tiene el Revit para hacer posible este modelamiento sincronizado. Se van a seguir los siguientes pasos:

4.1 Onedrive para PC

Primero se realiza la descarga e instalación de OneDrive para PC, ello será necesario seguir la forma de trabajo que se está proponiendo.

4.2 Carpetas de proyectos BIM

Se realiza la creación de una carpeta principal en el OneDrive que va a contener todos los proyectos que la empresa tiene a su cargo, para este caso el nombre de dicha carpeta fue “PROYECTOS BIM”. Dentro de ella vamos a generar la carpeta del proyecto actual que vamos a trabajar. Se sugiere darles una numeración a los distintos proyectos para manejar un adecuado orden. Para dicha carpeta será necesario agregar un nombre que haga referencia al proyecto a trabajar. En este caso, se optó por “05. COLEGIO ÑAÑA”, el nombre es debido a que el proyecto se encuentra en la urbanización Ñaña. Dentro de esta carpeta del proyecto respectivo se van a crear todas las subcarpetas mencionadas en la **Figura 8**, sin embargo, se pueden crear más subcarpetas acordes a la necesidad de cada entidad (ver Figuras 19 y 20).

Figura 19

Carpeta principal de los proyectos – “05. COLEGIO ÑAÑA”

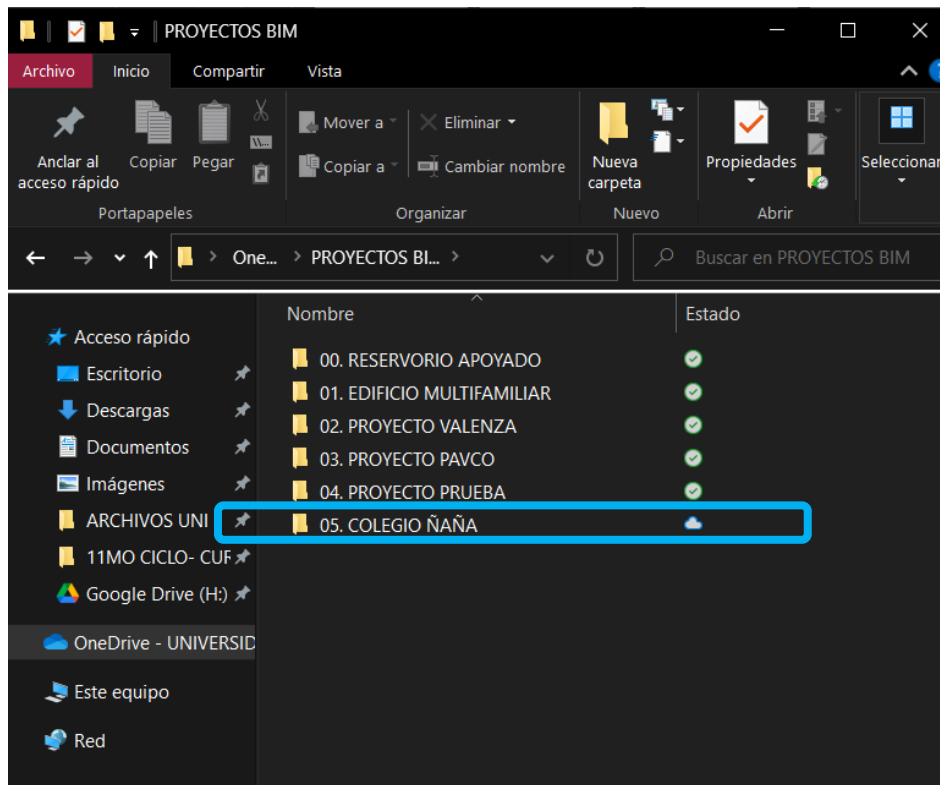
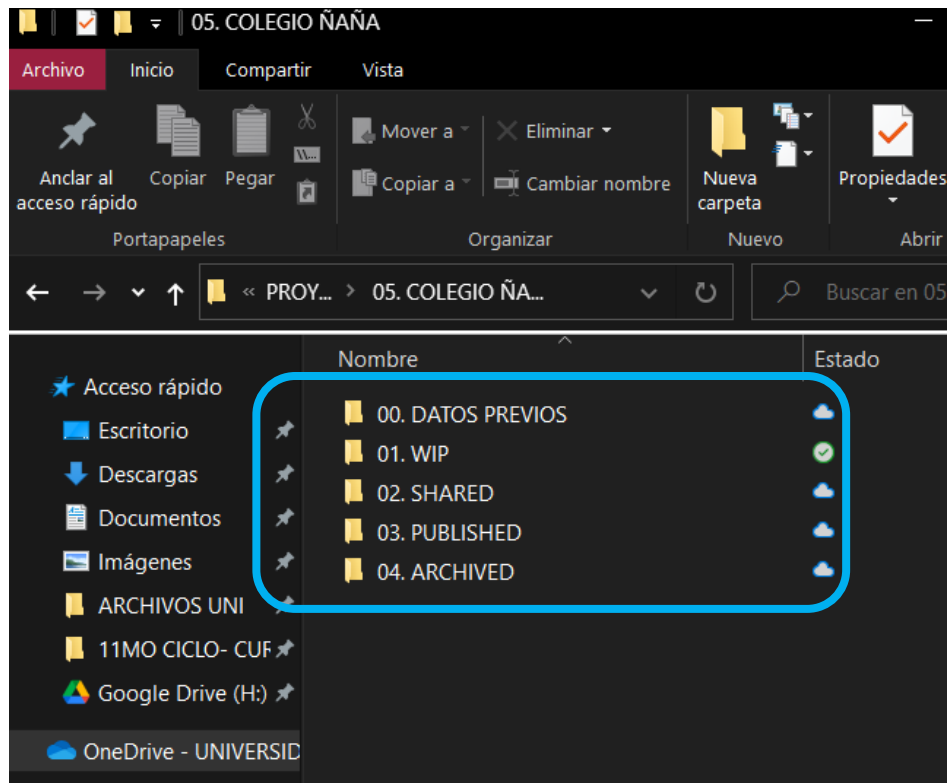


Figura 20

Subcarpetas de la carpeta “05.COLEGIO ÑAÑA”



4.3 Acceso directo dentro del disco "C"

Una vez que se tenga la carpeta principal de "PROYECTOS BIM" creada en el OneDrive se tendrá que generar un acceso directo a dicha carpeta desde el Disco "C". Lo que sucede es que la opción "Collaborate" del Revit no permite abrir un modelo central que este ubicado dentro del OneDrive, una solución a ello es que se genere un acceso directo desde el Disco "C". Para ello, se realizará lo siguiente:

- Se tiene que ejecutar como administrador el "Símbolo del sistema" o "CMD".
- Se deberá digitar el siguiente código (ver Tabla 6):

Tabla 6

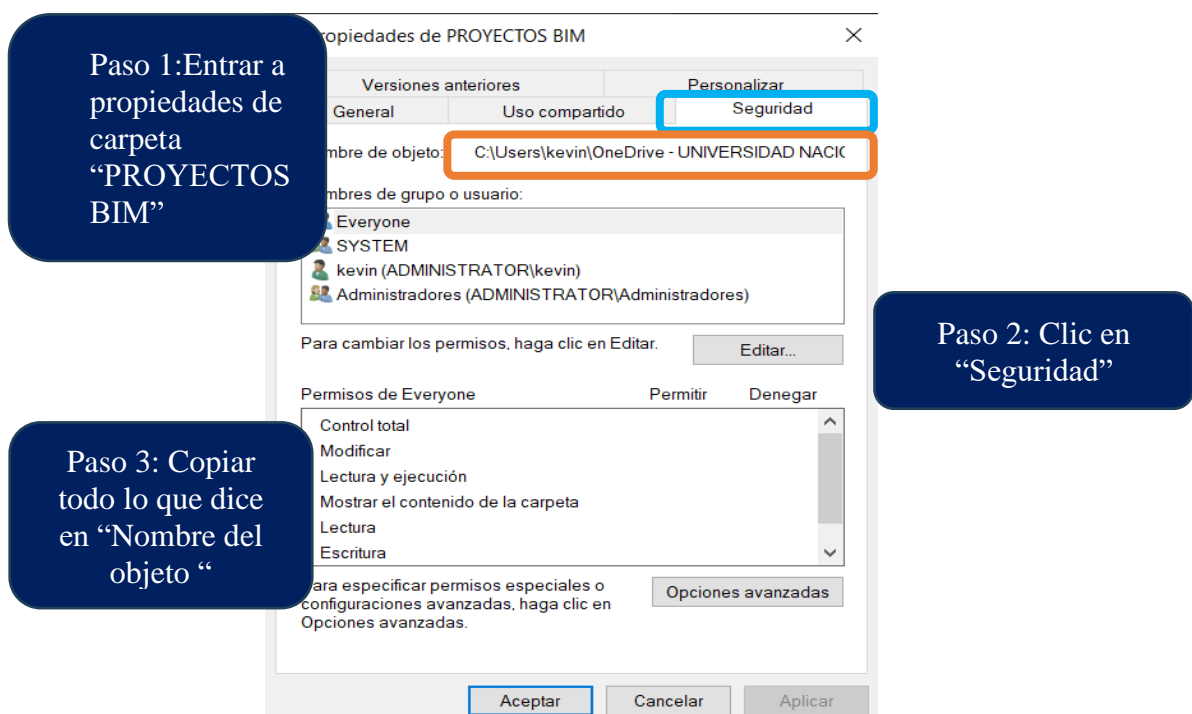
Código para digitar en CMD

CÓDIGO:	<code>mklink /j "C:\(NAME 1)" "(NAME 2)"</code>
(NAME 1):	Colocar un nombre del acceso directo de la carpeta "PROYECTO BIM" que estará ubicado en el Disco C.
(NAME 2):	Ubicación de la carpeta principal "PROYECTOS BIM"

- Para encontrar la ubicación de la carpeta principal "PROYECTOS BIM", se recomienda hacer lo siguiente debido a las confusiones que se tiene en muchos casos (Ver Figura 21).

Figura 21

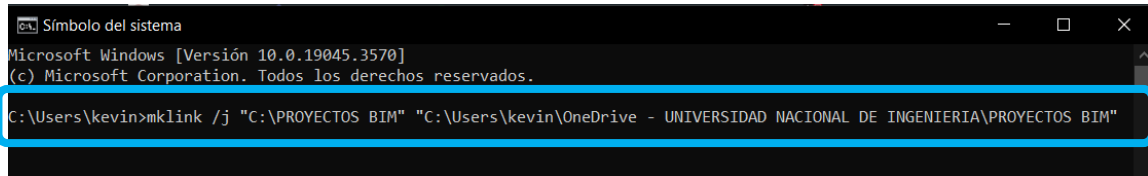
Pasos para obtener la ubicación de la carpeta principal



- Del código mostrado en la Tabla 6, se deberá reemplazar todo lo que está de AZUL incluyendo los paréntesis, para este caso se está optando por poner el mismo nombre de la carpeta “PROYECTOS BIM” (Ver Figura 22).

Figura 22

Código completo

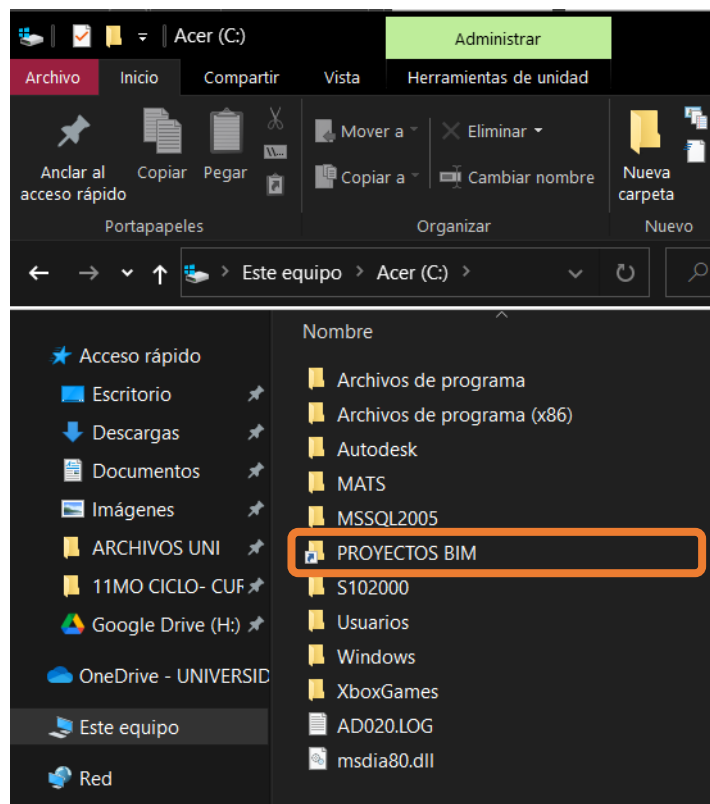


```
Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 10.0.19045.3570]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.
C:\Users\kevin>mklink /j "C:\PROYECTOS BIM" "C:\Users\kevin\OneDrive - UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA\PROYECTOS BIM"
```

- Presionar “enter” y cerrar el CMD. Al revisar en su Disco “C” debería estar el enlace directo, lo podrá identificar ya que tiene un símbolo de flecha en la parte izquierda inferior en su icono (ver Figura 23).

Figura 23

Enlace directo a carpeta “PROYECTOS BIM”



4.4 Acciones previas para la generación de modelos BIM

Se explicará el flujo de trabajo para la generación de los modelos para el sector 1 del proyecto IE Nuestra Señora de la Sabiduría mostrado en la **Figura 18**.

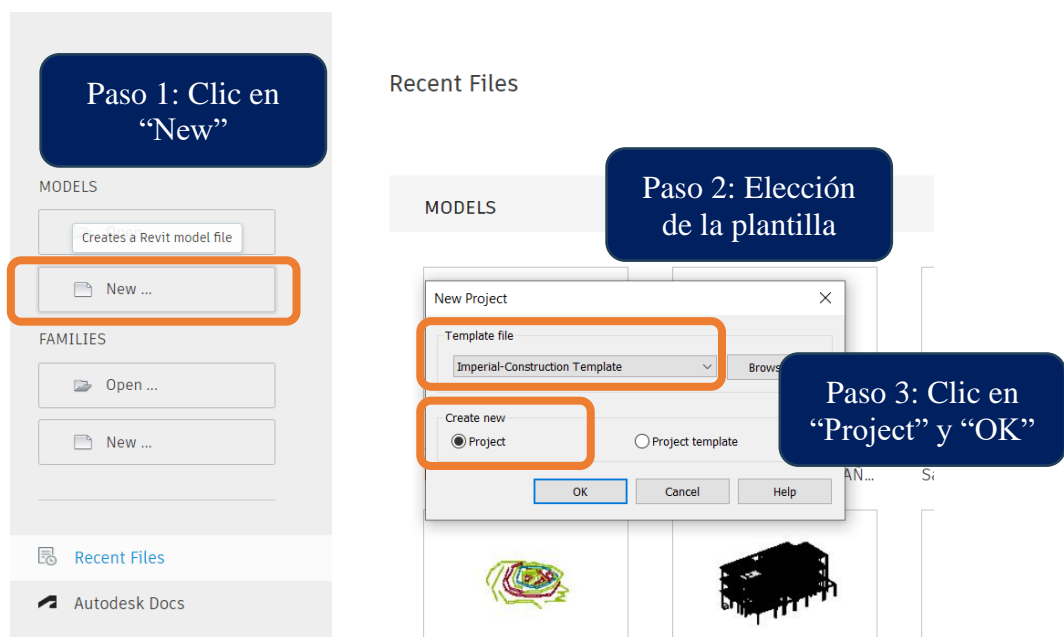
Se empezará el modelamiento sincronizado con la parte estructural, luego se continuará con las áreas de arquitectura, instalaciones eléctricas e instalaciones sanitarias.

La información de la arquitectura del proyecto que se va a necesitar en esta parte puede estar en modelos Revit o en CAD. Vamos a considerar que la información sobre la arquitectura se encuentra en planos CAD (si la información estuviera en modelos Revit no habría problema alguno ya que los procesos a realizar serían lo mismo).

- Se empezará con la creación del archivo Revit, para ello se podrá usar la plantilla que se utiliza dentro de la empresa o plantilla de estructural que viene por defecto en el software y sea crea el proyecto (ver Figura 24).

Figura 24

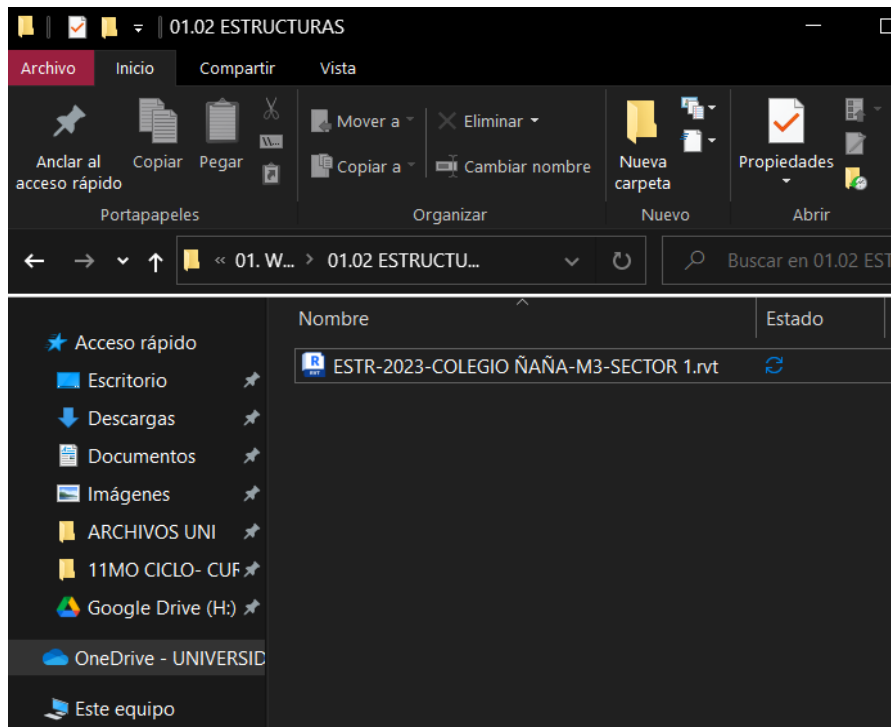
Creación de proyecto nuevo



- Se guardará el proyecto y para el nombre del archivo se tomarán las indicaciones dadas en el **Capítulo III: Propuesta de marco VDC** y se ubicará dentro de la carpeta "01. WIP" y "01.02 ESTRUCTURAS" (Ver Figura 25).

Figura 25

Proyecto guardado y nombrado



- Se deberá de realizar una configuración en el Revit para la ubicación de los archivos locales, esto es debido a que la opción “Collaborate” de Revit usado para trabajar en “Subproyectos” cuenta con un archivo central y archivos locales. El modelo central sería aquel archivo que se guardó en el OneDrive mostrado en la Figura 25 y los modelos locales serían los avances del proyecto propio de cada usuario o diseñador, estos modelos locales se guardarán en localmente en la computadora de cada diseñador y es recomendable contar con una carpeta para ubicar estos archivos. El modelo central es el que contiene todos los avances en conjunto de los diseñadores (Ver Figuras 26 y 27).

Figura 26

Ubicación de Archivos Locales parte 1

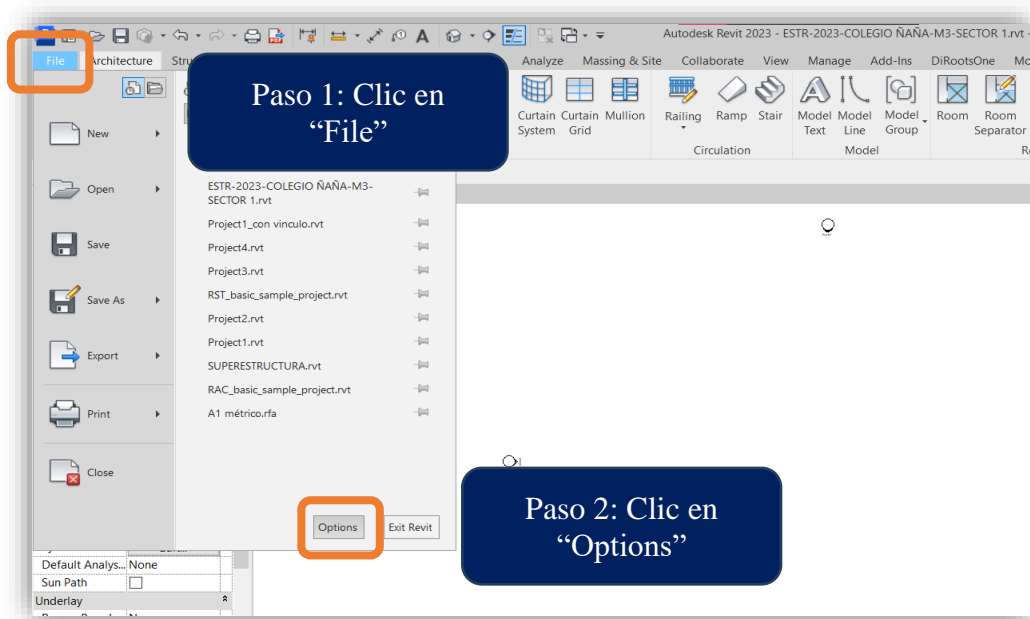
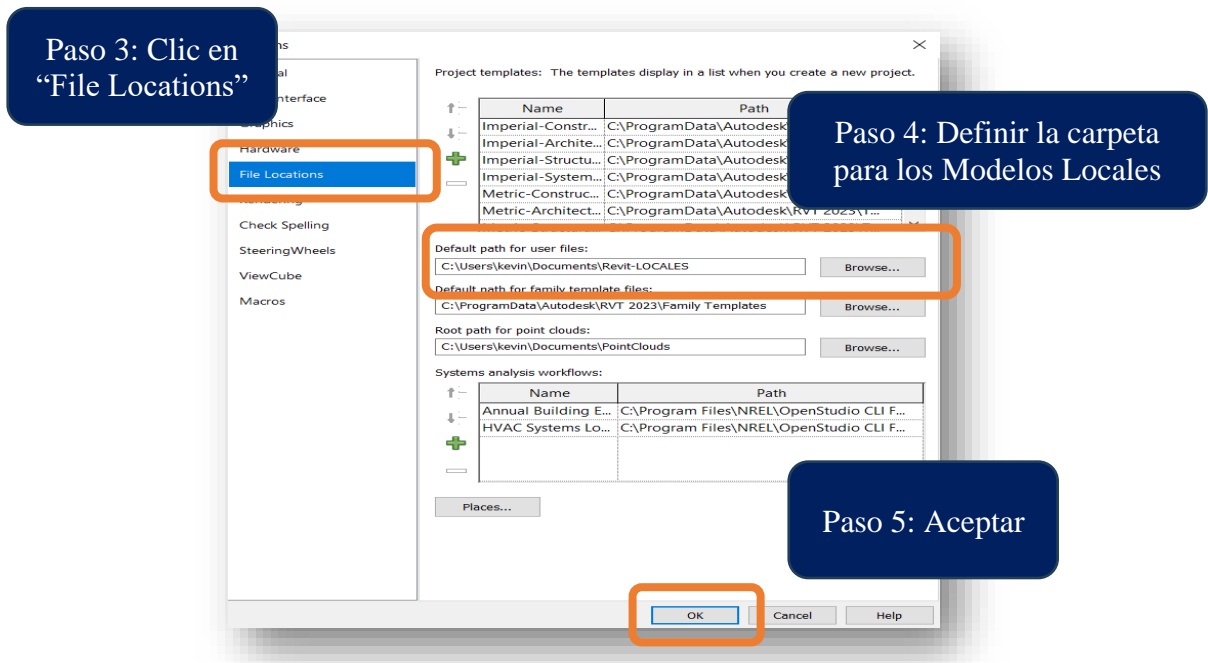


Figura 27

Ubicación de Archivos Locales parte 2



- Se pasará a activar la opción "Collaborate" del Revit, para ello se deberá de realizar los siguientes pasos (Ver Figuras 28 y 29):

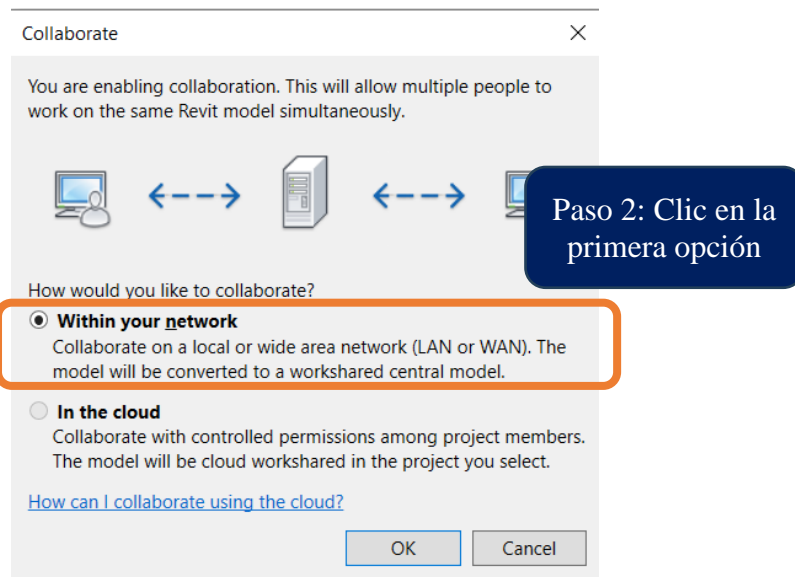
Figura 28

Activación de “Collaborate” parte 1



Figura 29

Activación de “Collaborate” parte 2



- Se deberá guardar el modelo, ya que luego de activar la opción “Collaborate” y guardar el modelo el software Revit convierte este archivo en un modelo Central. Al buscar la ubicación del modelo vamos a ver que se han creado automáticamente dos carpetas más: “Backup” y “Revit_temp”, esto indica que la opción “Collaborate” se ha activado con éxito (ver Figuras 30 y 31).

Figura 30

Guardado del proyecto y generación del modelo Central

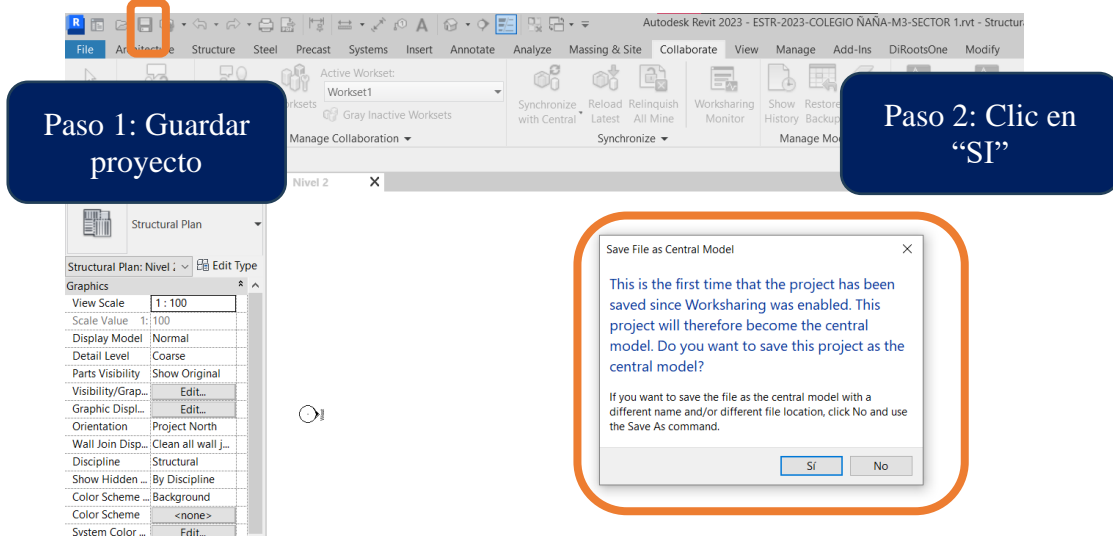
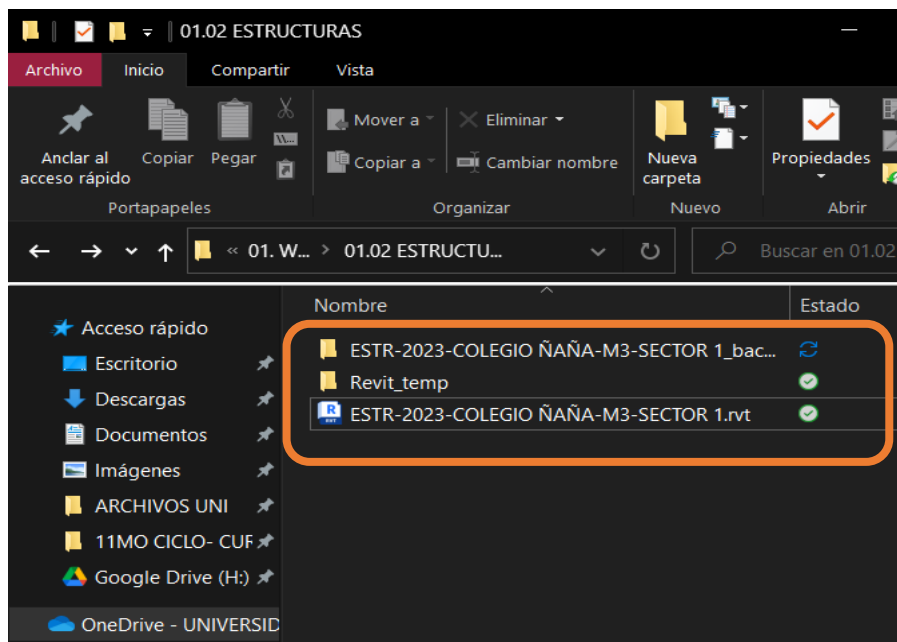


Figura 31

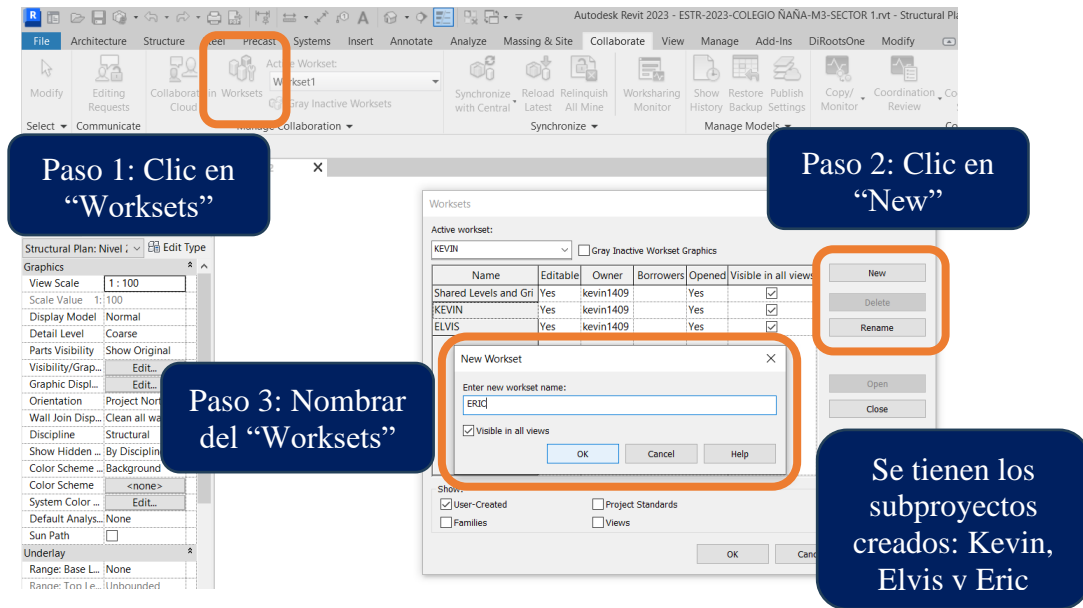
Creación automática de carpetas "Backup" y "Revit_temp"



• Se continúa con la creación de los Subproyectos o "Worksets", sus nombres respectivos harán referencia a los diseñadores encargados de este sector del proyecto. Se aconseja formar grupos de trabajo de máximo tres personas y exagerando hasta cuatro con el fin de trabajar a la vez sin problemas con esta opción "Collaborate" de Revit, pero la cantidad de Subproyectos si pueden ser más de 4 acorde a la requerido (ver Figura 32).

Figura 32

Creación de los Subproyectos o “Worksets”



- Se continuará con la creación de los niveles necesarios que se indican en los planos de arquitectura, la vinculación de dichos planos al Revit y la generación de las grillas o ejes en planta (ver Figuras 33, 34 y 35).

Figura 33

Creación de Niveles del proyecto

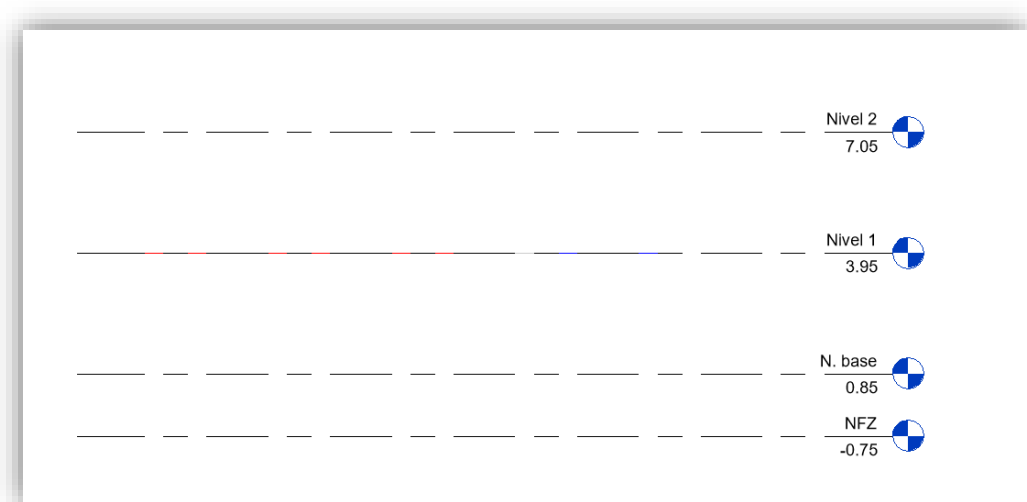


Figura 34

Vinculación de los planos CAD de arquitectura

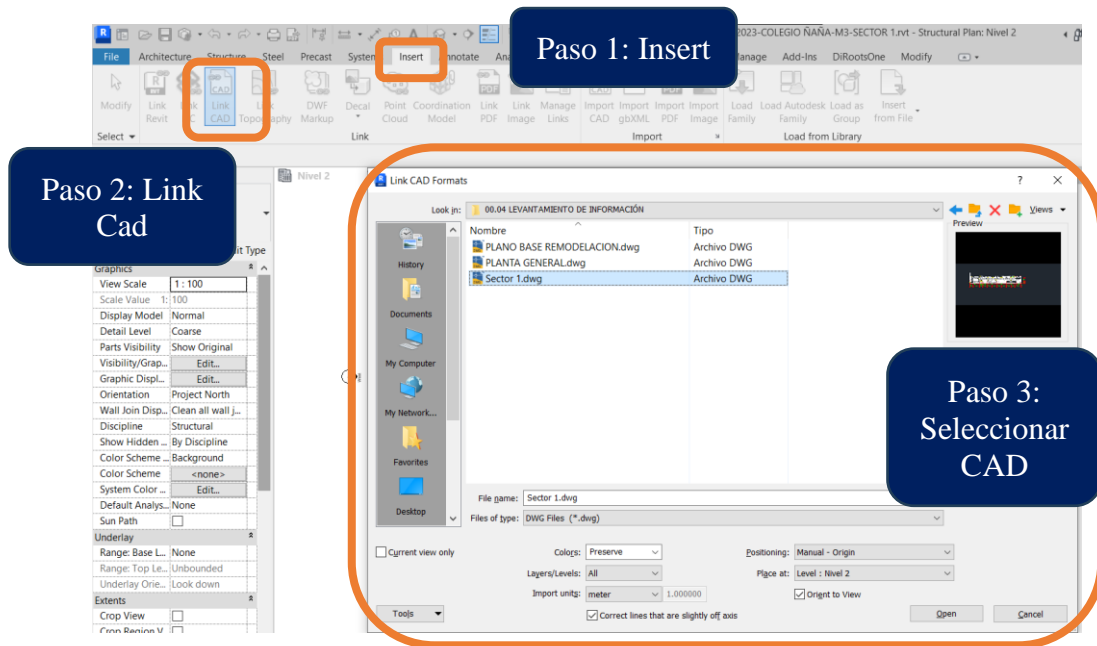
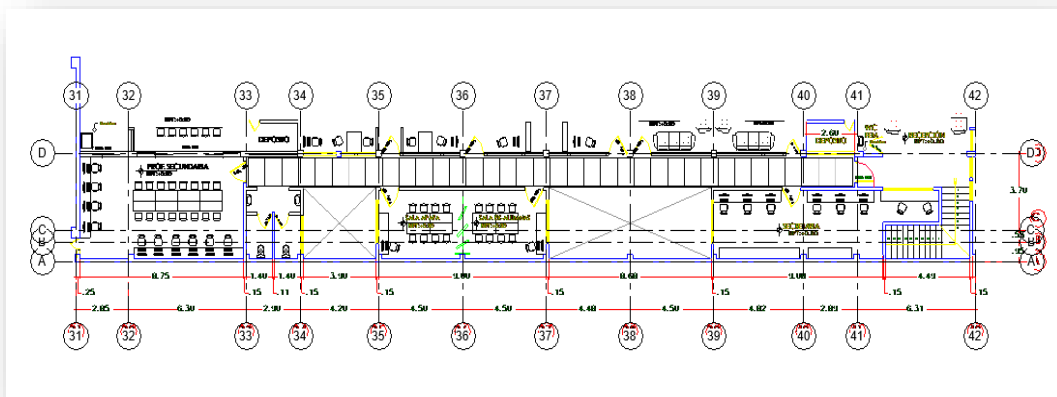


Figura 35

Creación de ejes en planta



- Se deberá cerrar el modelo Central, para ello primero colocar “No Editable” a todos los Subproyectos, sincronizar el archivo y cerrar. El hecho de colocar “No Editable” es para que cada diseñador haga editable su subproyecto respectivo que tiene su nombre y con ello se adueñe de dicho subproyecto y ahora, además de guardar cada avance respectivo deberá sincronizarse con el modelo central (ver Figuras 36 y 37).

Figura 36

“No editable” a los Subproyectos

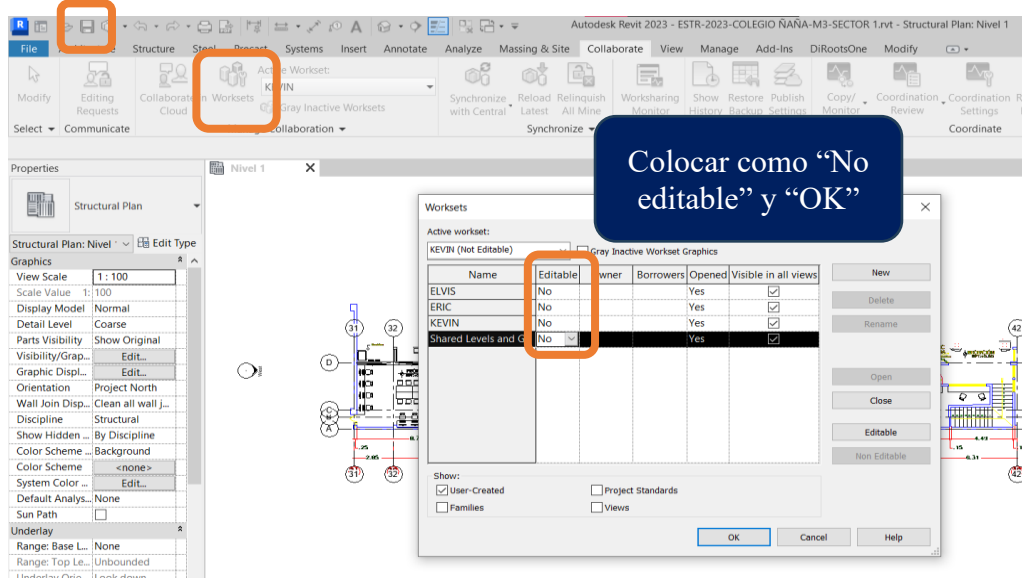


Figura 37

Sincronización de avance con el modelo Central



4.5 Flujo de trabajo para generación de modelos BIM

- Hay que recordar que el modelo central es aquel archivo que se encuentra guardado en la carpeta “01. WIP” – “01.02 ESTRUCTURAS” ubicado en el OneDrive mostrado en la **Figura 31**.
- La manera de abrir el modelo por parte de cada diseñador va a cambiar debido a que estamos trabajando con la opción “Collaborate”, ahora se tiene que abrir primero el Revit y desde ahí abrir el archivo con la opción “Open”. Luego, se deberá ir al Disco “C” y buscar el acceso directo creado en el apartado **4.3 Acceso directo dentro del disco “C”**. Finalmente, se deberá buscar nuestro modelo central que estamos trabajando y seleccionar la opción “Create New Local” (ver Figuras 38 y 39).

Figura 38

Búsqueda de acceso Directo en el Disco "C"

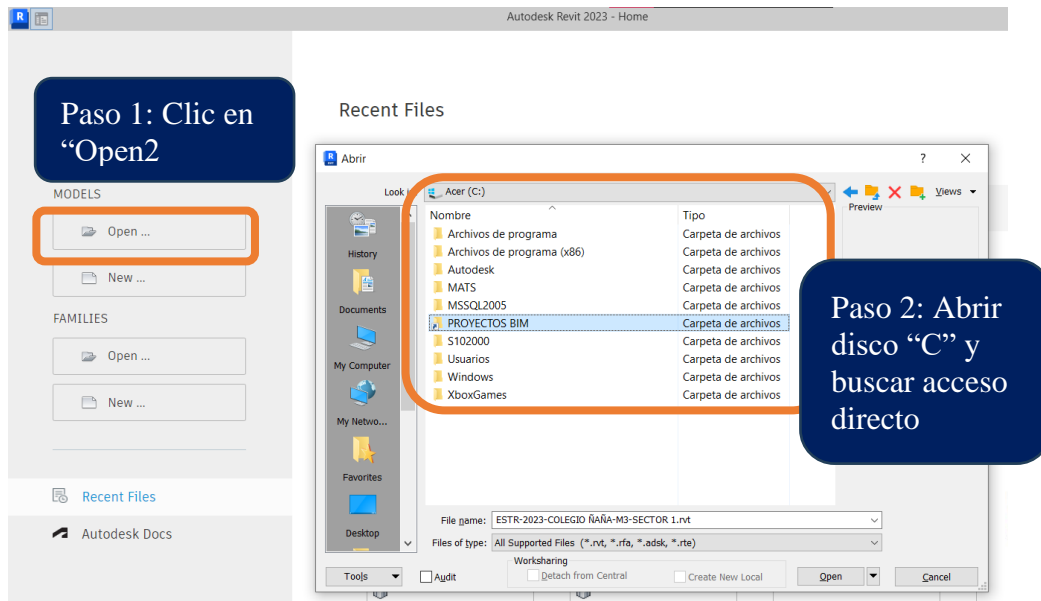
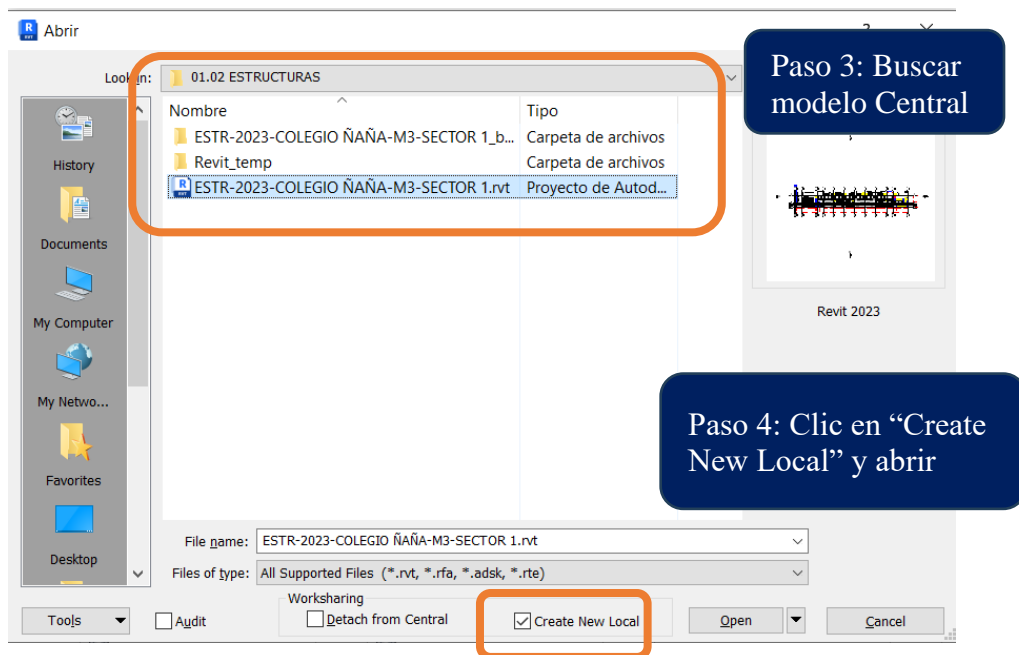


Figura 39

Búsqueda de modelo Central y "Create New Local"

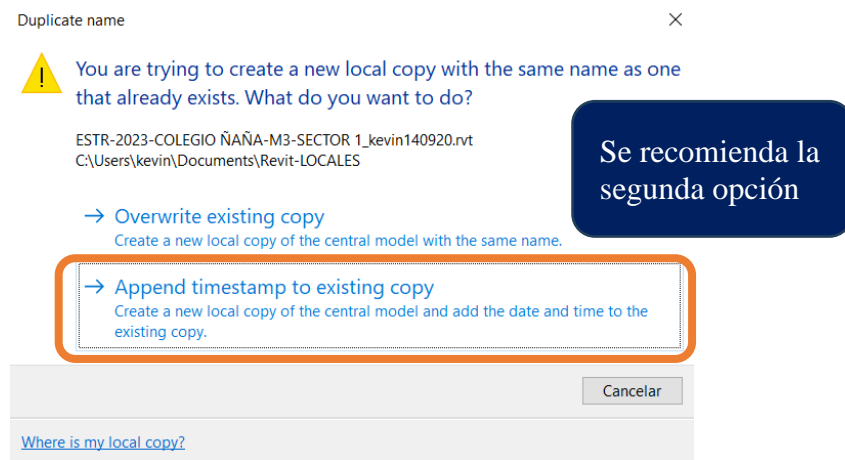


- Lo indicado en el paso anterior es importante ya que si se busca directamente el modelo Central por el OneDrive y no por el Disco "C" va a suceder que la opción "Create New Local" no va a estar disponible. Necesariamente se tiene que crear archivos locales para permitir el funcionamiento de la opción "Collaborate".

- La primera vez que cada diseñador abra el archivo central no se tiene notificación alguna, pero desde la segunda vez se va a mostrar una ventana de notificación del mismo Revit. Lo que sucede es que siempre al abrir el modelo Central lo que en realidad se está realizando es crear modelos Locales (la ubicación de estos modelos Locales se muestra en el paso 4 de la **Figura 27**) y se va a trabajar sobre ellos. Es recomendable dar clic en la segunda opción para la creación varios archivos que pueden servir como backup (ver Figura 40).

Figura 40

Notificación al abrir el modelo Central más de una vez



- Cada diseñador se puede dar cuenta que su modelo Local se ha creado correctamente ya que el nombre el archivo Revit que se tiene en la parte superior va a tener un nombre de usuario adicional (ver Figuras 41, 42 y 43).

Figura 41

Modelo Local creado por el diseñador "Kevin"

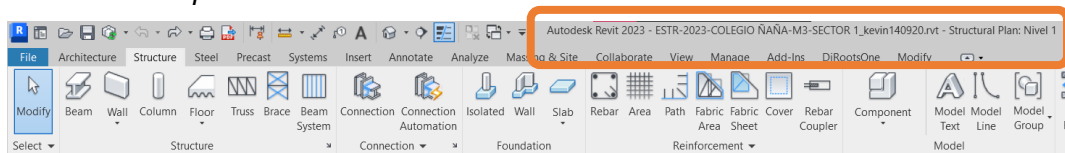


Figura 42

Modelo Local creado por el diseñador "Elvis"

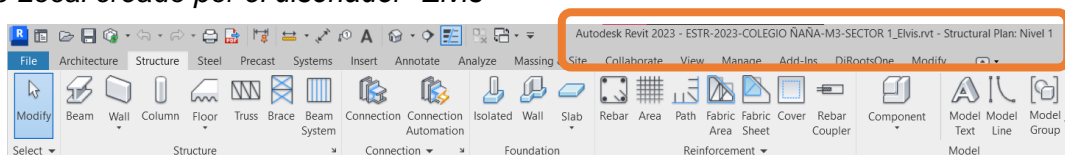
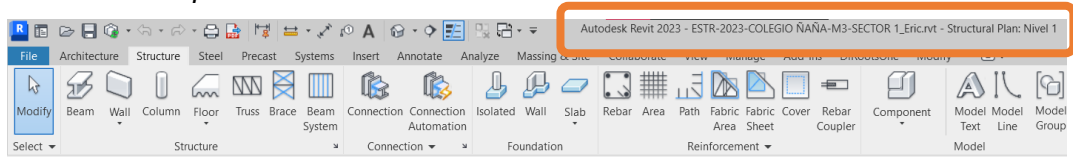


Figura 43

Modelo Local creado por el diseñador “Eric”



- Una vez dentro del modelo Local, cada diseñador debe volverse propietario de su subproyecto que lleva su nombre. Para ello, vamos a abrir los “Worksets” y se le dará “SI” en la columna “Editable”. En la columna “Owner” se podrá ver el propietario respectivo de cada subproyecto (ver Figuras 44, 45 y 46).

Figura 44

Diseñador “Kevin” y su subproyecto respectivo

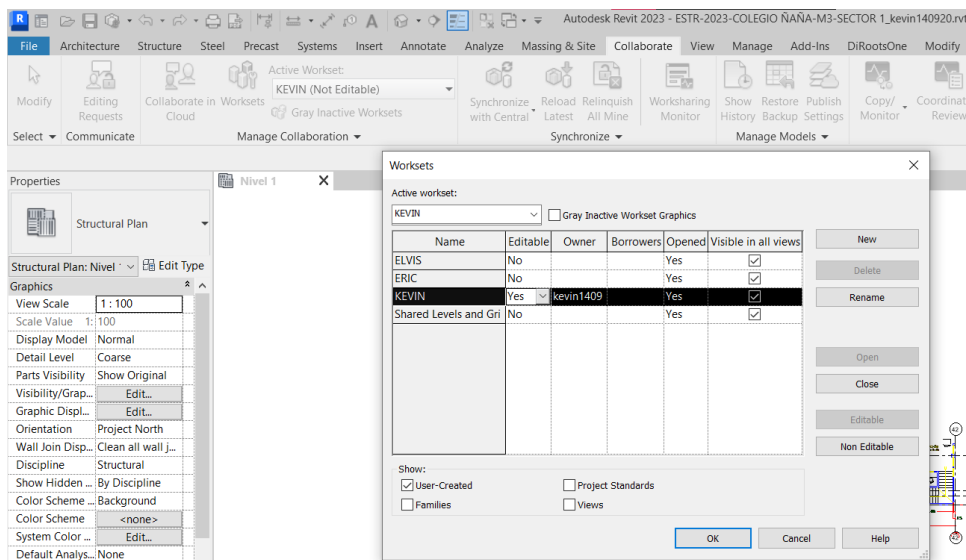


Figura 45

Diseñador “Elvis” y su subproyecto respectivo

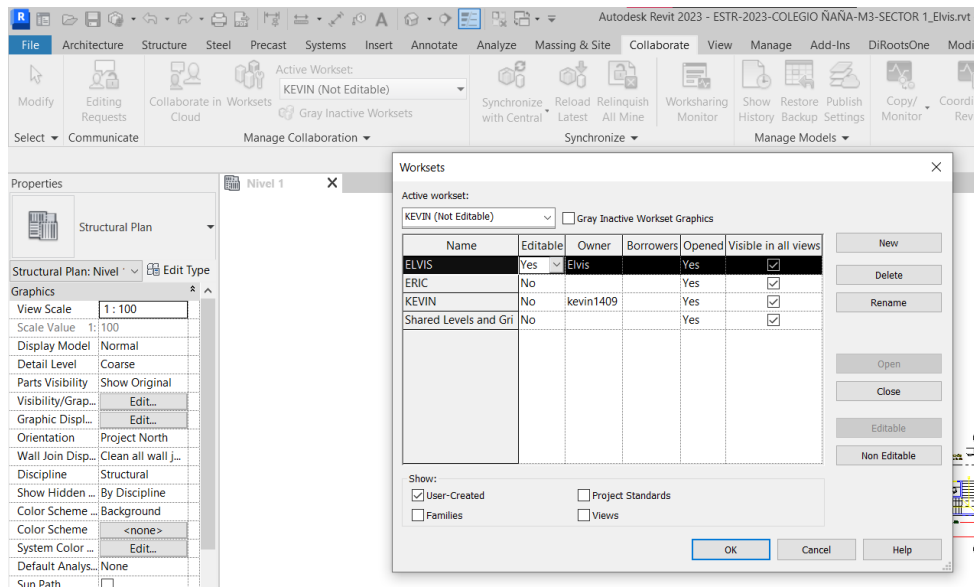
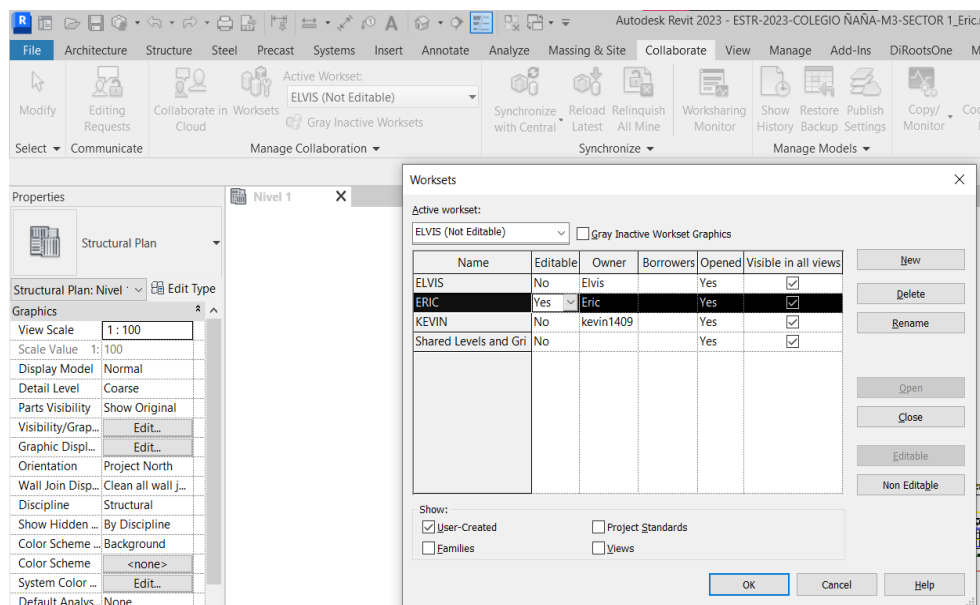


Figura 46

Diseñador “Eric” y su subproyecto respectivo



- Los “Subproyectos” o “Worksets” de cada diseñador son totalmente independientes, en el sentido de que no podemos modificar ningún elemento que corresponda a otro subproyecto. En el caso de que intentemos mover o modificar algún elemento fuera de nuestro subproyecto aparecerá una ventana que permite poder notificar al diseñador propietario de dicho elemento con el fin de pedir permiso y llegar a modificar el elemento en cuestión (ver Figuras 47 y 48).

Figura 47

Ventana de notificación al modificar elemento de otro Subproyecto

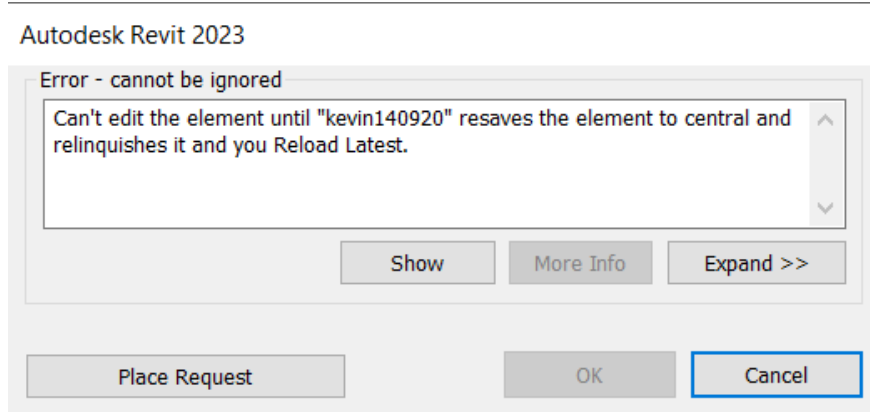
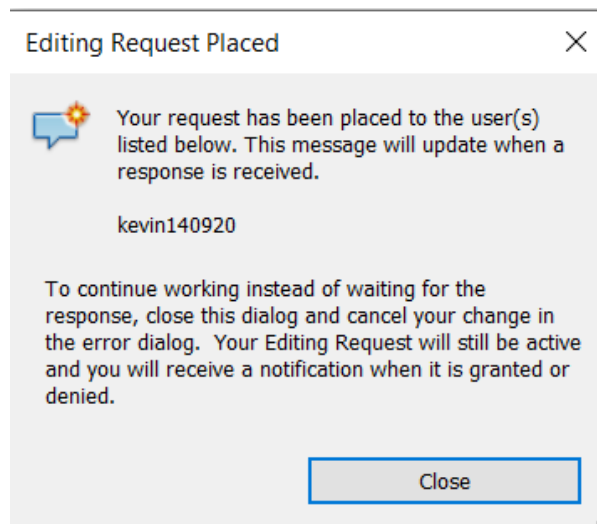


Figura 48

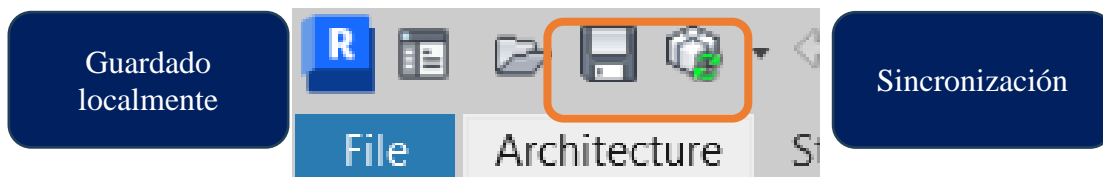
Solicitud de permiso para modificar elemento de otro Subproyecto



- Se deberá sincronizar con el modelo Central al finalizar la acción de volverse propietario de cada subproyecto. Para eso se deberá dar clic en el icono mostrado en la **Figura 37**. Así mismo, al terminar las actividades diarias se deberá sincronizar por última vez y guardar localmente (ver Figura 49).

Figura 49

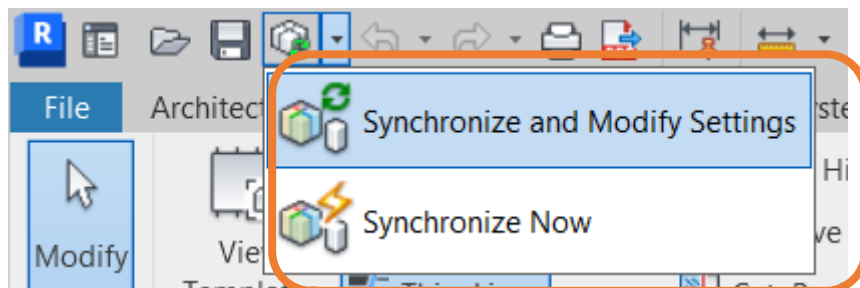
Sincronización y guardado localmente del proyecto



- La opción para sincronizar con el modelo Central tiene dos opciones (ver Figura 50):

Figura 50

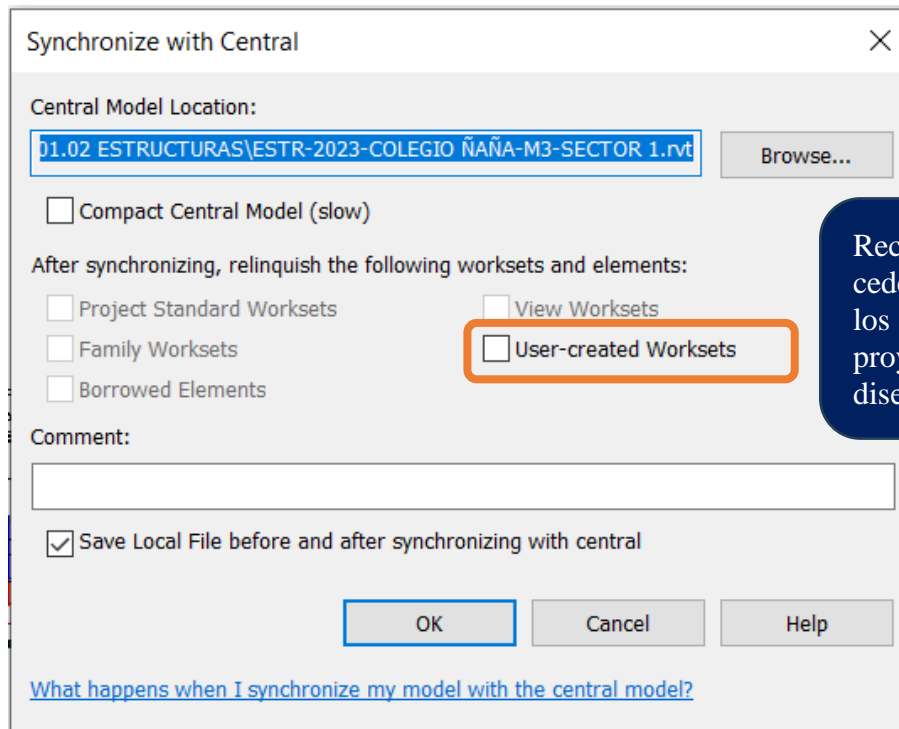
Opciones para sincronizar con el modelo Central



- La primera opción permite dar configuraciones en la sincronización. Por ejemplo: se puede ceder todo realizado por el diseñador 1 de manera de que todo lo avanzado sobre el proyecto después de la última sincronización ya no sería parte de su “Subproyecto”, en otras palabras, el diseñador ya no sería propietario de este avance último. Se recomienda de que cada diseñador sea propietario de sus avances con el fin de evitar modificaciones accidentales, por lo tanto, no se deberá activar la opción “User-created Worksets”, a menos que sea necesario (ver Figura 51).

Figura 51

Configuración de Sincronización



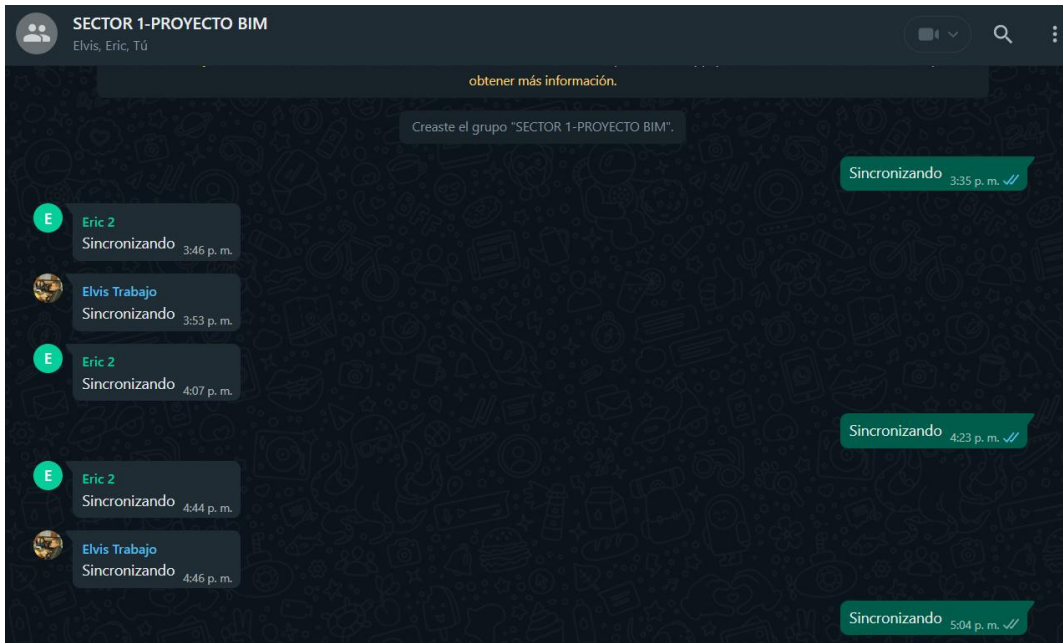
Recomendación: No ceder la propiedad de los avances del proyecto de cada diseñador

➤ La segunda opción ya no te muestra las configuraciones mostradas en la figura anterior y la sincronización se realiza de acuerdo con la última configuración dada. Así mismo, los que forman parte de grupo de trabajo deben contar con la misma versión Revit para hacer posible este modelamiento sincronizado.

- Para la sincronización con el modelo Central se deberá tener cuidado ya que cuando dos o más personas sincronizan a la vez no se genera una buena sincronización en el sentido de que los diseñadores no van a poder apreciar los avances del proyecto realizados por los demás. Para solucionar este detalle, algo sencillo es ayudarnos de “WhatsApp” con la creación de “Grupos”. En los grupos van a estar los diseñadores encargados de cada área del proyecto y se avisará cuando cada diseñador va a sincronizar con el modelo central de manera que los demás integrantes estén informados y no sincronicen en ese momento. Es importante indicar también que una vez que el diseñador 1 sincronice sus avances con el modelo Central, los demás diseñadores también pueden sincronizar si es que lo requieren con el fin de visualizar los avances realizados y compartidos al modelo central por el diseñador 1. En resumen, la sincronización no solo sirve para poder compartir los avances realizados por uno mismo; sino que también sirve para poder visualizar los avances realizados por los demás (ver Figura 52).

Figura 52

Aviso de Sincronización mediante Chat de WhatsApp

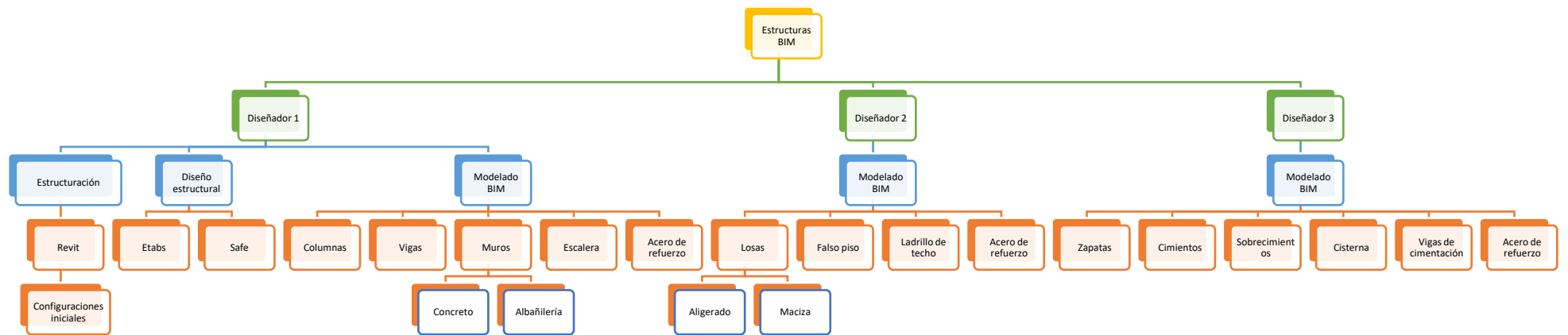


4.6 Planificación para la generación de modelos BIM

- Para la generación de los modelos BIM se va a mostrar las siguientes actividades de cada diseñador perteneciente al área de Estructuras para el Sector 1 de proyecto mostrado (ver Figura 53):

Figura 53

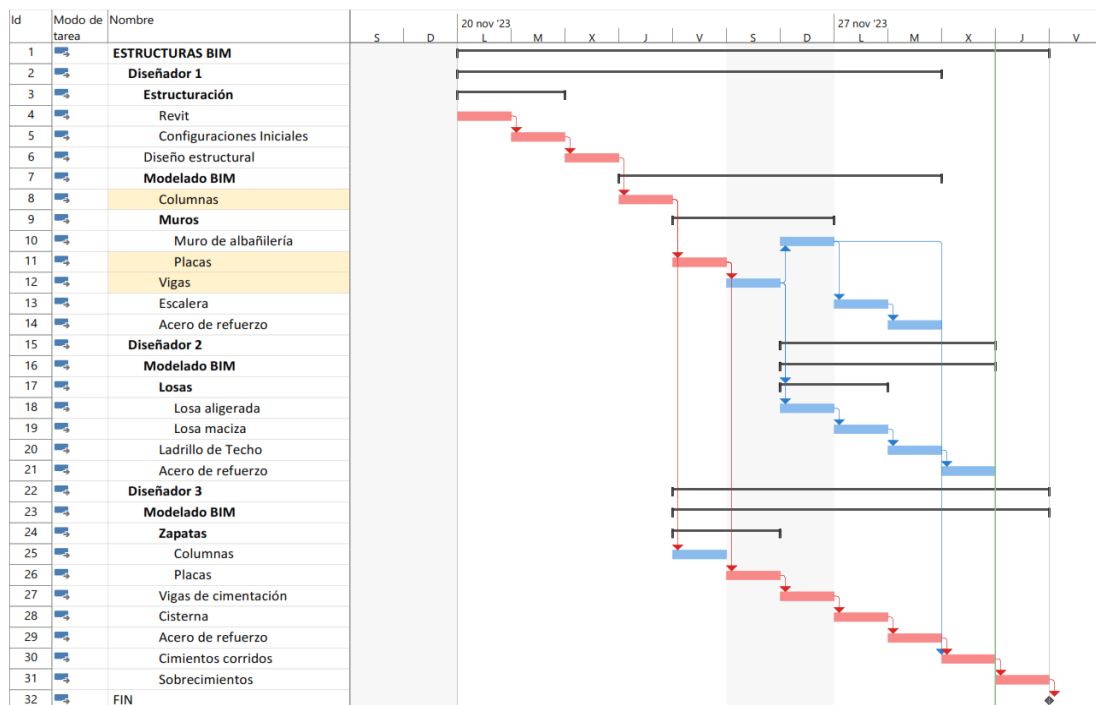
Actividades de cada diseñador para el Sector 1



- De la **Figura 53**, se muestra las actividades a realizar en grupos de tres personas dentro del área de Estructuras. Se plantea que el Diseñador 1 se encargue de la realización de la estructuración respectiva y su verificación para el diseño estructural mediante los softwares de diseño. Todos los diseñadores tendrán acceso a los archivos producto de los softwares de diseño. El diseñador 1 luego de haber realizado el diseño estructural va a empezar a modelar las columnas, vigas, placas, muros de albañilería y el acero de refuerzo que se requiera el proyecto. El diseñador 2 se va a encargar de modelar todo lo relacionado a las losas y los detalles respectivos: Losa maciza, losa aligerada, ladrillos de techo y acero de refuerzo. El diseñador 3 se va a encargar de modelar todo lo referente con la cimentación.
- Se va a tener una planificación para el Sector 1 del proyecto I.E. Nuestra Señora de la Sabiduría en base a las actividades a realizar para saber a partir de que actividad ya se va a contar con dos o tres diseñadores trabajando en simultáneo. Ello es importante ya que se deberá una manejar una comunicación al momento de la sincronización con el modelo Central (ver Figura 54).

Figura 54

Planificación de las actividades del Sector 1



- De la **Figura 54**; no hay que enfocarse en los días que se aprecian ya que no es lo esencial por ahora, sino en la dependencia y secuencia de tareas. Se muestra que el inicio de las labores del diseñador 2 y 3 va a depender de que el diseñador 1 termine de

modelar las vigas y columnas respectivamente. Se podría considerar como **actividades críticas** la modelación de estos elementos estructurales ya que desde ahí se va a tener un modelamiento sincronizado entre dos o tres diseñadores en simultáneo. Una vez que el diseñador 2 ha empezado sus actividades de modelación ya no va a requerir avances de los demás diseñadores, sin embargo, el diseñador 3 va a requerir la finalización del modelado de muros de albañilería (el diseñador 1 es responsable de estas actividades) para iniciar los cimientos corridos y los sobrecimientos.

4.7 Generación de modelos BIM

- En la **Figura 32**, se presentaron que los diseñadores encargados de la realización de estos modelos BIM para el sector 1 serían: Kevin, Eric y Elvis. Acorde a ello, se a mostrar las actividades que les corresponde siguiendo la **Figura 53**. Se muestra lo siguiente (ver Tabla 7):

Tabla 7

División de Actividades

Grupo de Trabajo – Sector 1	
Diseñador 1:	Kevin
Diseñador 2:	Elvis
Diseñador 3:	Eric

- El proyecto dentro del área de Estructuras inicia con las actividades del Diseñador 1, se avanza con la estructuración utilizando los ejes en planta mostrados en la **Figura 35** y con la verificación para su diseño estructural respectivo. Los pasos requeridos para el uso adecuado de Revit para permitir esta forma de trabajo mediante “Worksets” y “OneDrive” ya se estuvieron explicando a lo largo de este **Capítulo IV**. Se muestra los avances realizados por el Diseñador 1 respecto al modelado de columnas, vigas y muros para que los demás diseñadores ya puedan iniciar sus labores de igual forma (ver Figuras 55, 56 y 57).

Figura 55

Avance del primer nivel por el Diseñador 1 – Sector 1

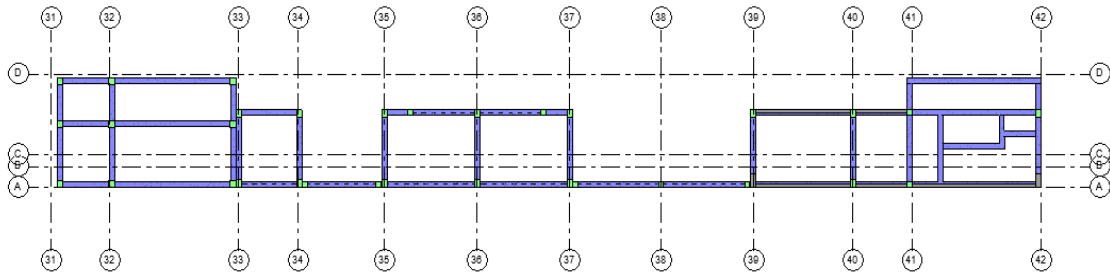


Figura 56

Avance del segundo nivel por el Diseñador 1 – Sector 1

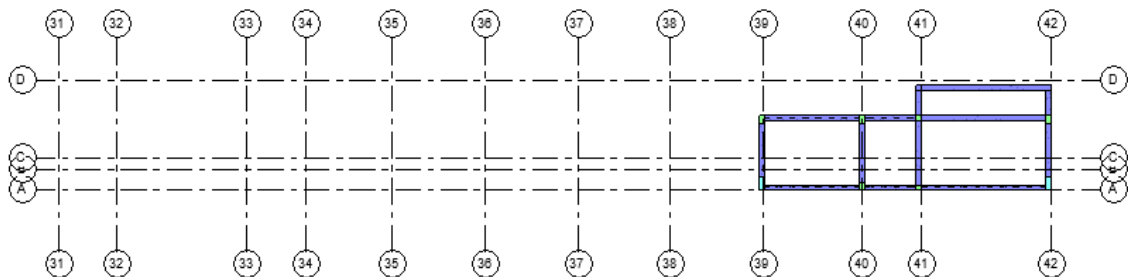
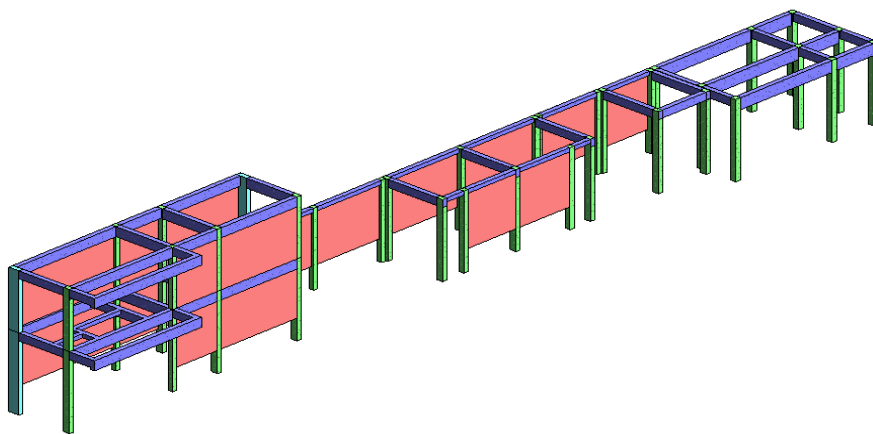


Figura 57

Avance del modelado 3D por el Diseñador 1- Sector 1



- El orden de que diseñador debe avanzar luego del diseñador 1 es indiferente, en este caso el diseñador 3 encargado de las actividades de cimentaciones

continuará con sus labores respectivos; cabe recordar que los diseñadores se encuentran avanzando sus actividades de manera simultánea (ver Figuras 58 y 59).

Figura 58

Avance de la cimentación por el Diseñador 3- Sector 1

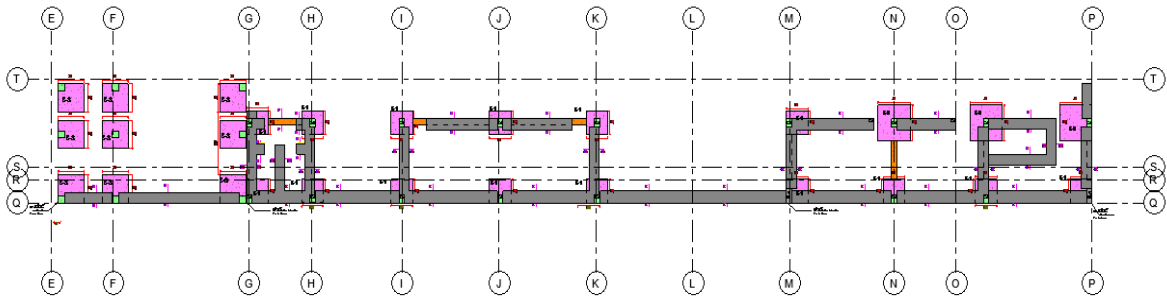
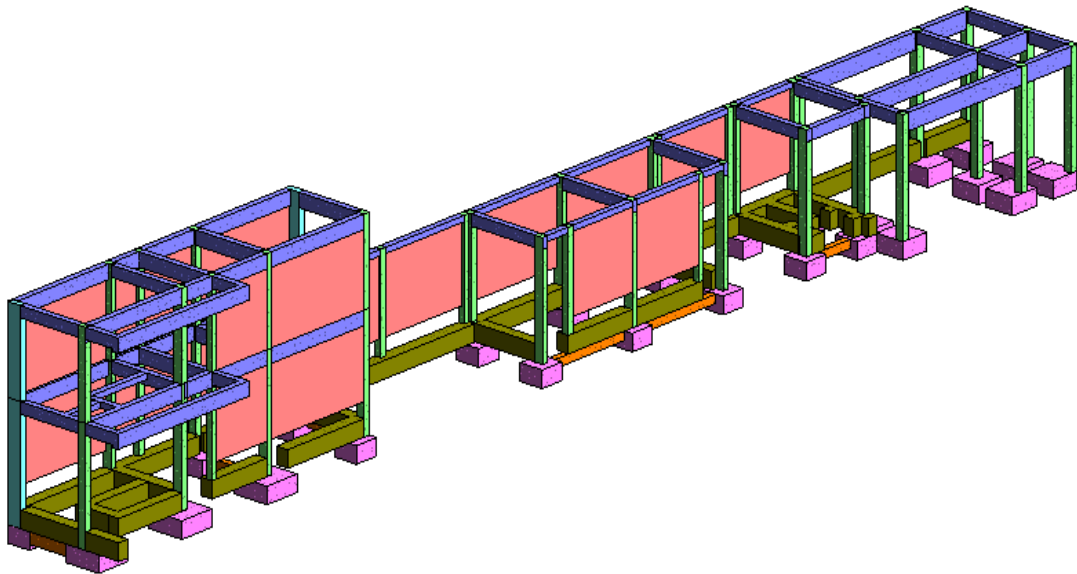


Figura 59

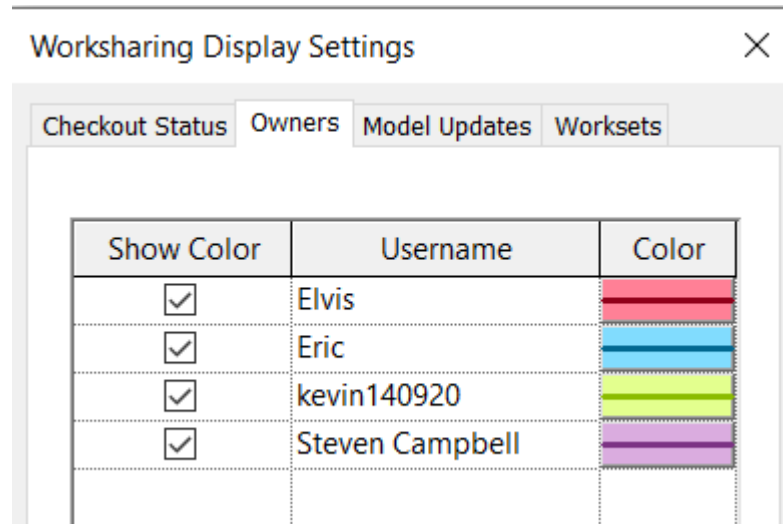
Avance del modelado 3D por el Diseñador 3- Sector 1



- Debido a que se está usando “Subproyectos”, podemos apreciar los avances respectivos por cada Diseñador con distintos colores. De la **Figura 59**, se muestran los diseñadores de cada subproyecto (ver Figuras 60 y 61).

Figura 60

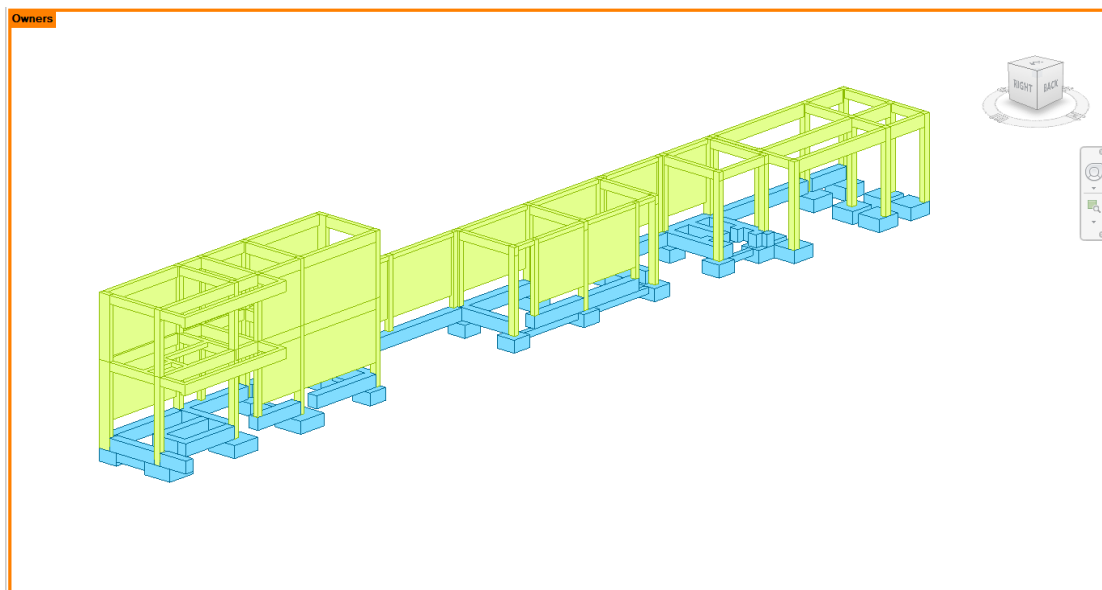
Leyenda de color de cada Diseñador



Show Color	Username	Color
<input checked="" type="checkbox"/>	Elvis	Red
<input checked="" type="checkbox"/>	Eric	Blue
<input checked="" type="checkbox"/>	kevin140920	Yellow-Green
<input checked="" type="checkbox"/>	Steven Campbell	Purple

Figura 61

Filtros de color de los avances del proyecto del Diseñador 1 y 3 – Sector 1



- De la **Figura 61**, solo se muestra dos colores debido que hasta ese momento solo han participado dos diseñadores. Con la sincronización del tercer diseñador ya se podría apreciar los tres colores de filtros que indican los avances respectivos de cada uno.
- El diseñador 2 se encargó de los avances de los aligerados del sector 1, se muestran sus avances realizados (ver Figuras 62, 63 y 64).

Figura 62

Avance del proyecto del Diseñador 2, Planta 1 – Sector 1

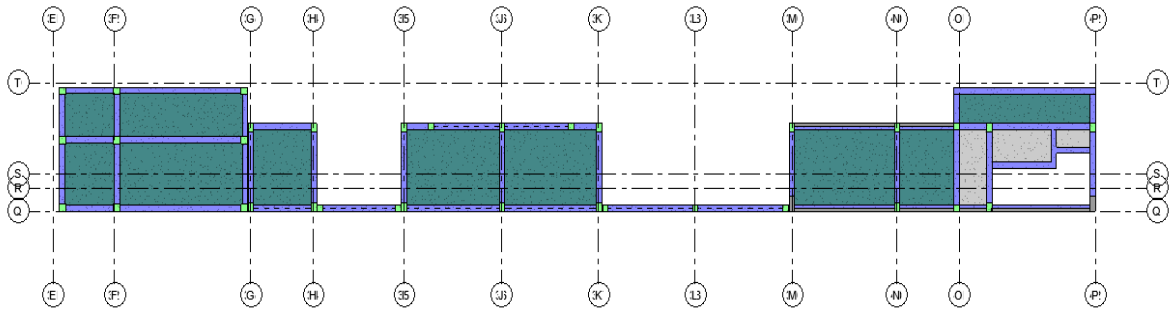


Figura 63

Avance del proyecto del Diseñador 2, Planta 2 – Sector 1

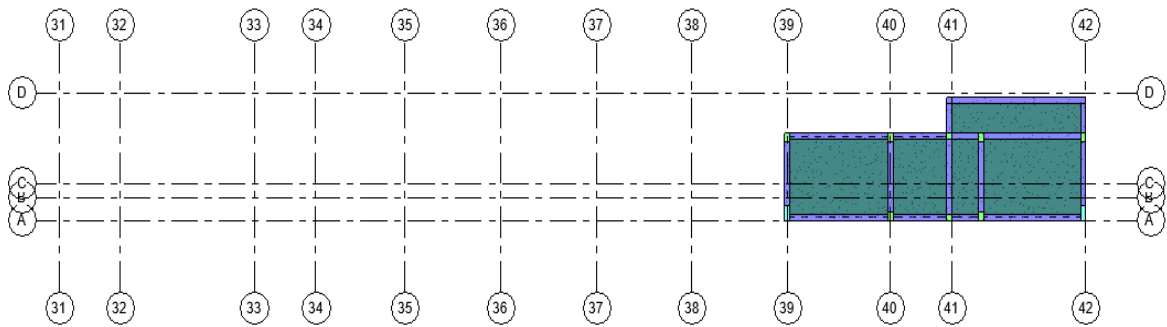
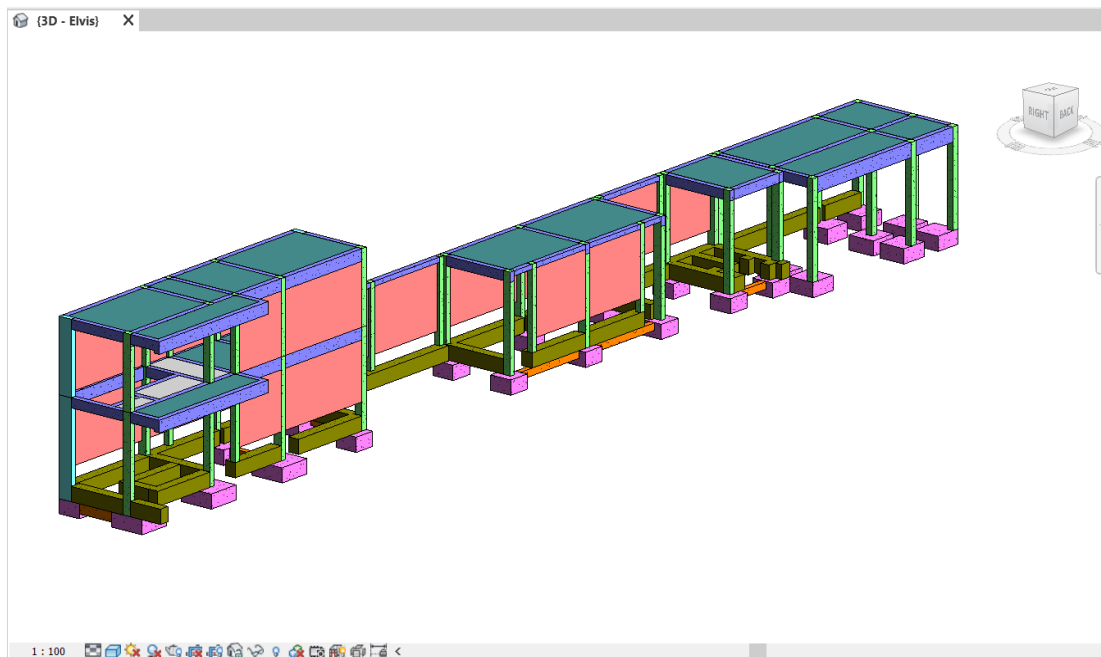


Figura 64

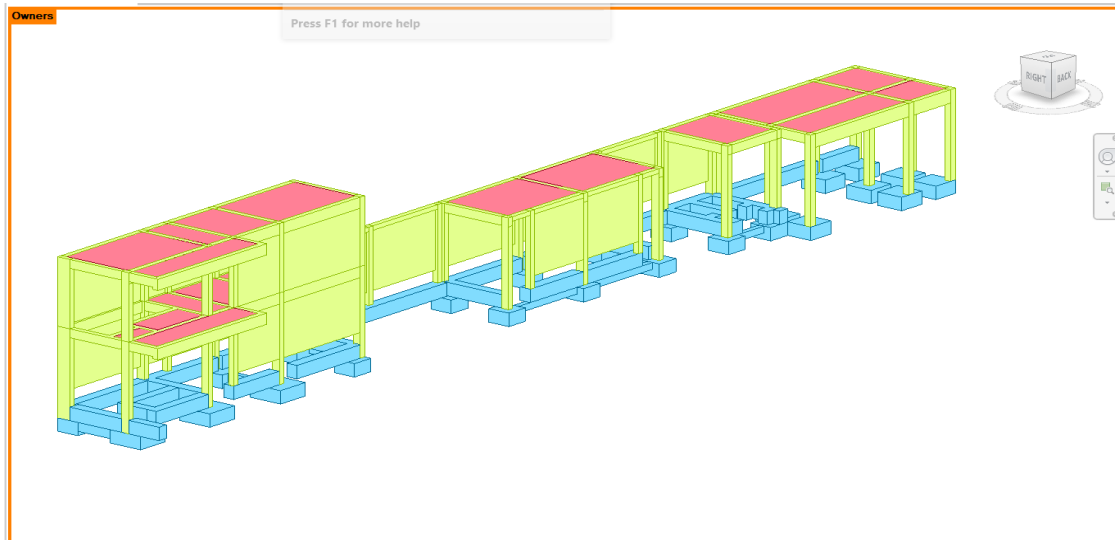
Avance del modelado 3D por el Diseñador 2- Sector 1



- Se muestran los filtros de cada avance del proyecto tanto del Diseñador 1, 2 y 3. (ver Figura 65).

Figura 65

Filtros de color de los avances del proyecto del Diseñador 1, 2 y 3 – Sector 1



4.8 Modelo final BIM - estructuras

- Se va a mostrar el avance terminado por el Diseñador 2 correspondiente a las losas, detalles y falso piso, se puede verificar el nombre de usuario correspondiente al diseñador encargado de dichas actividades (ver Figuras 66, 67 y 68).

Figura 66

Modelado de Ladrillos de techo y acero de refuerzo en losas aligeradas – Diseñador 2

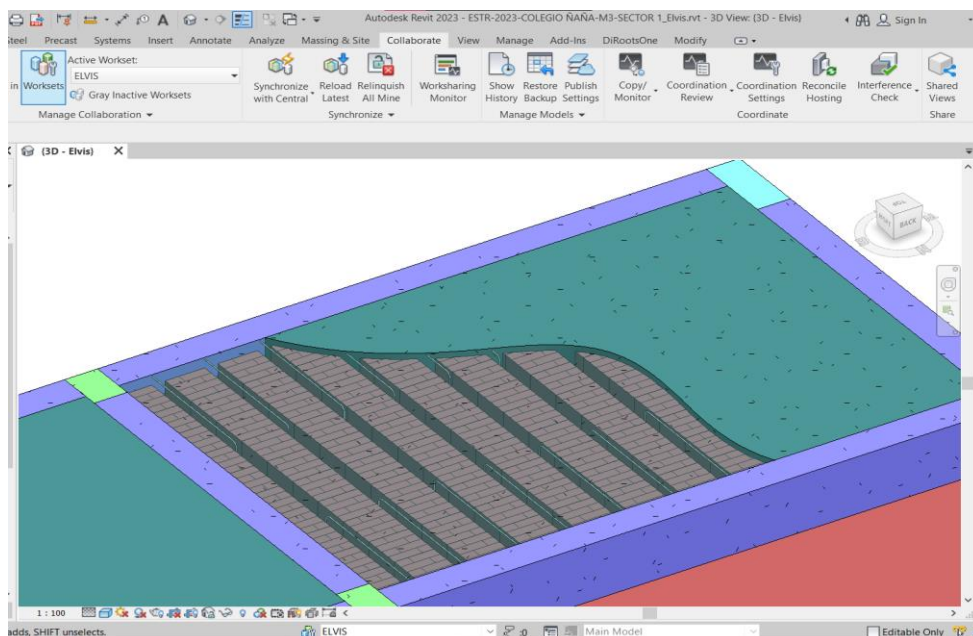


Figura 67

Modelado de Losa maciza por el Diseñador 2

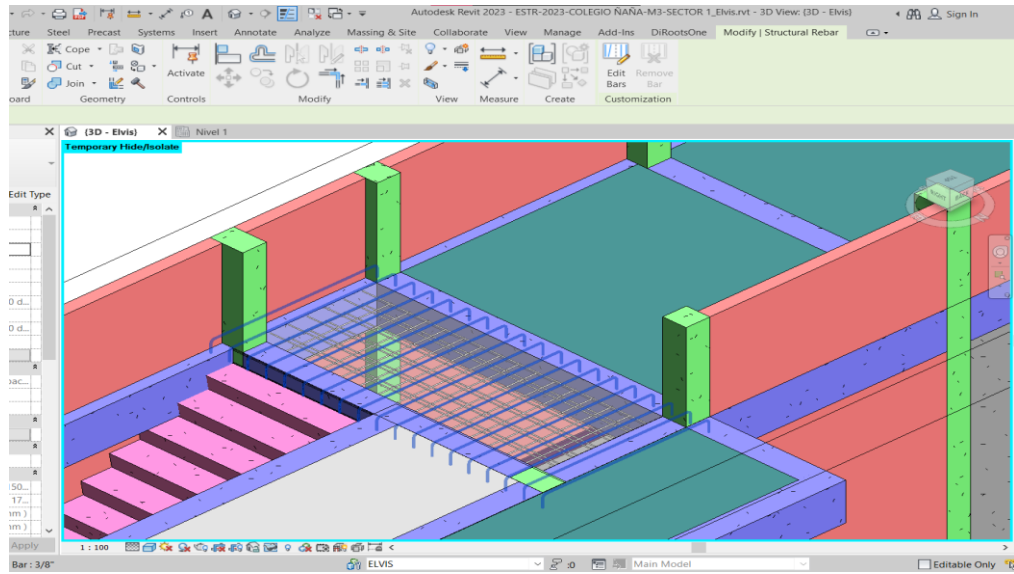
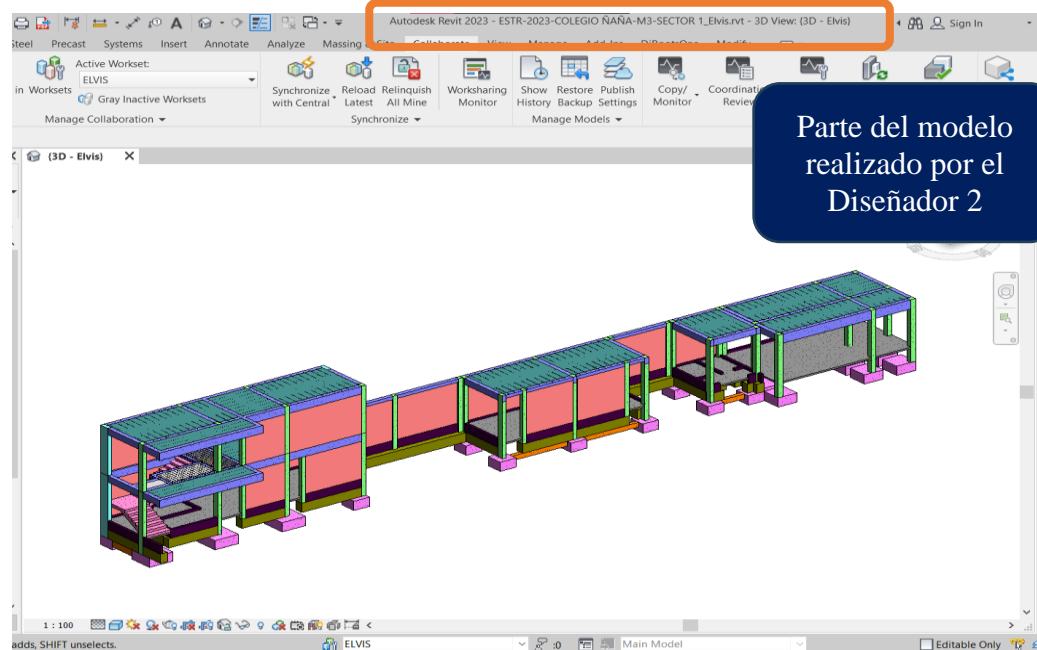


Figura 68

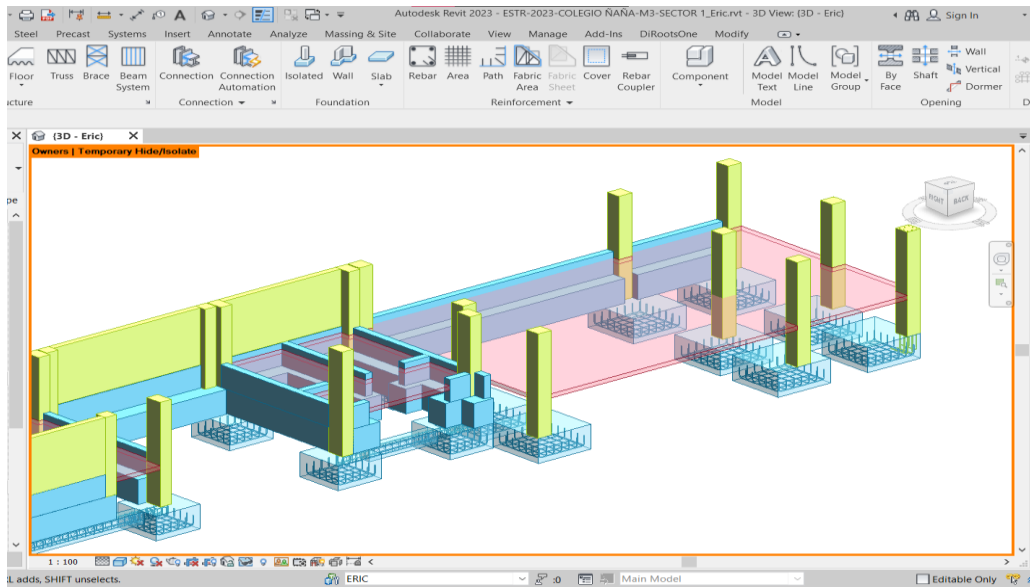
Vista general del Avance terminado por el Diseñador 2



- Se va a mostrar el avance terminado por el Diseñador 3 encargado de las actividades correspondientes a la cimentación: zapatas, cimientos corridos, vigas de cimentación, sobrecimientos y aceros de refuerzo. Acorde a la **Figura 60**, se puede apreciar los colores de filtros de cada diseñador (ver Figura 69).

Figura 69

Acero de refuerzo en zapatas y vigas de cimentación por el Diseñador 3



- Se muestra la vista general de lo realizado por el Diseñador 3 y los colores de filtro de cada diseñador correspondiente (ver Figuras 70 y 71).

Figura 70

Vista general del Avance terminado por el Diseñador 3

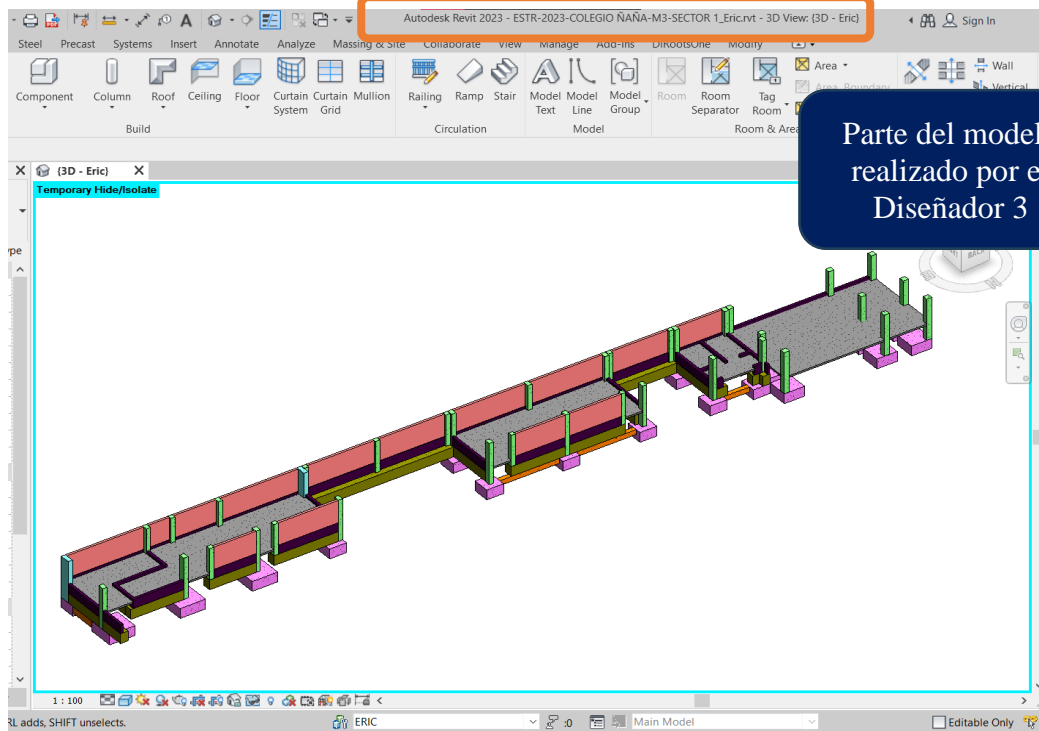
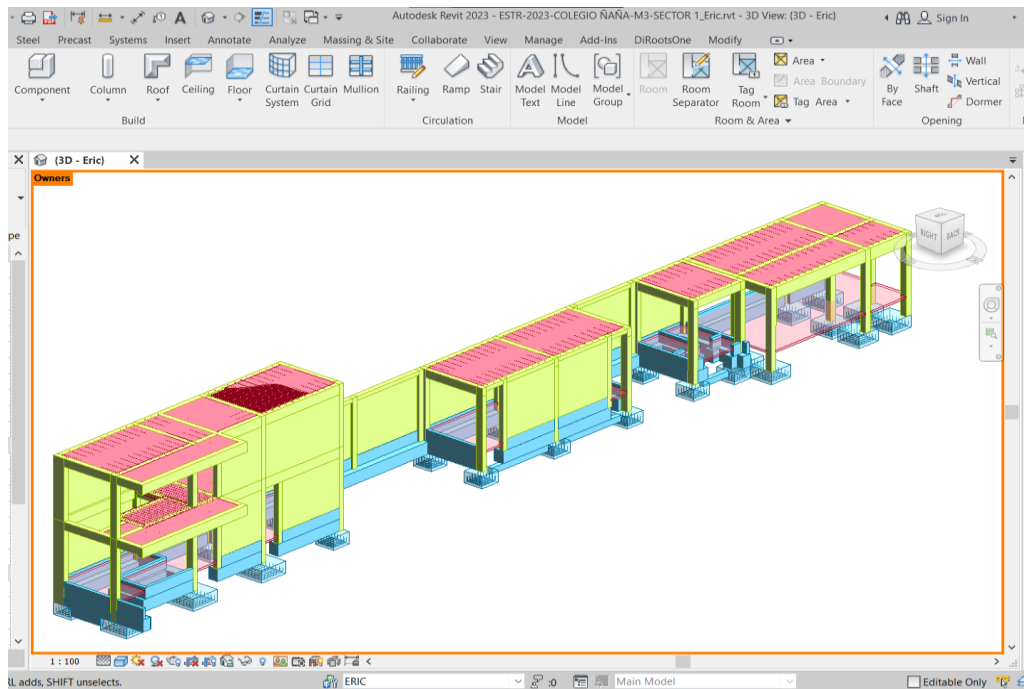


Figura 71

Filtros de colores de los avances terminados por el Diseñador 2 y 3



- Se tiene también los avances ya finalizados por parte del Diseñador 1 encargado de las actividades del modelado de las columnas, vigas, placas, escalera y acero de refuerzo (ver Figuras 72 y 73).

Figura 72

Avance terminado del Diseñador 1

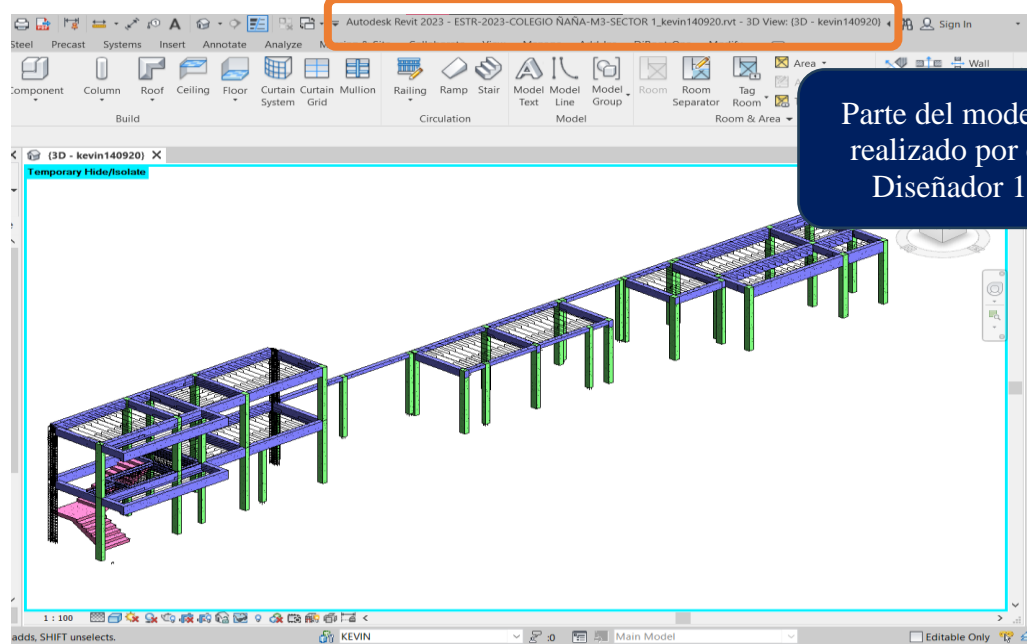
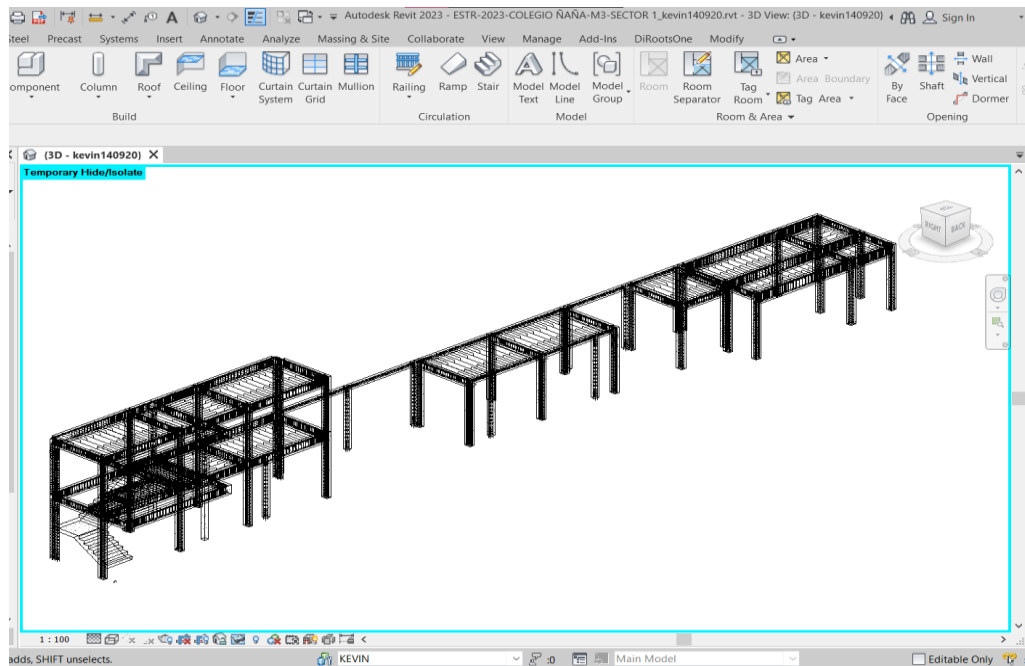


Figura 73

Vista de los Aceros de refuerzo del Diseñador 1



- Se presenta las vistas generales del proyecto terminado realizado por los Diseñadores 1, 2 y 3 dentro del área de Estructuras y se indica por filtros de colores (ver Figuras 74 y 75).

Figura 74

Vista de los Aceros de refuerzo del Diseñador 1

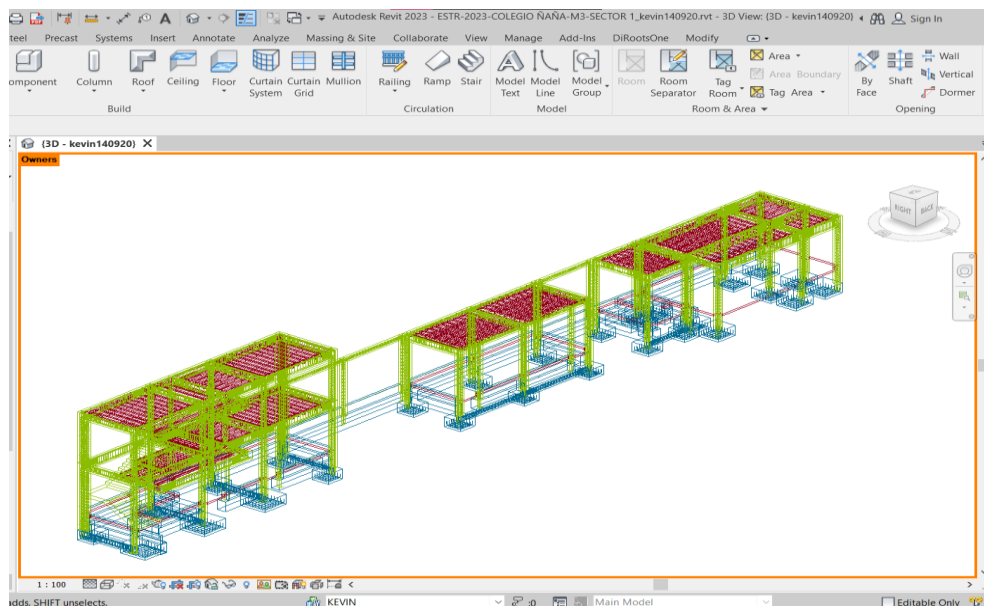
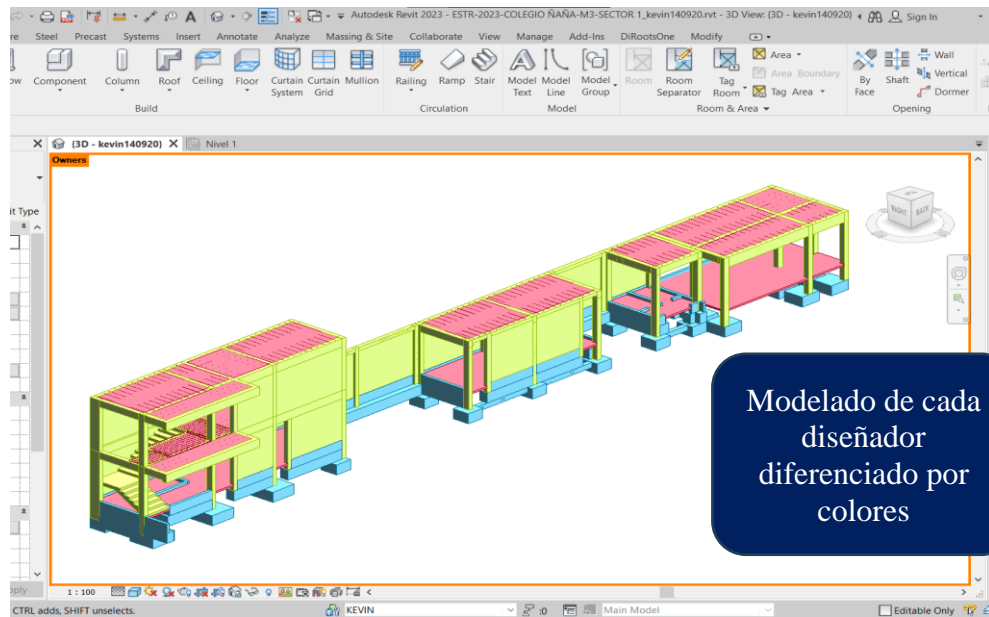


Figura 75

Vista general del avance terminado- Área de Estructuras



4.9 Monitoreo de los modelos BIM

- Se podrá llevar un monitoreo de los modelos BIM con la opción “Worksharing Monitor” para saber que diseñadores tienen abierto el modelo y están realizando sus labores de manera simultánea con los demás o de manera independiente. Esta opción puede ser realizado por cualquier diseñador. Así mismo, se puede apreciar que diseñadores están sincronizando sus avances con el modelo Central (ver Figuras 76, 77, 78 y 79).

Figura 76

Sincronización con el modelo central del Diseñador 2

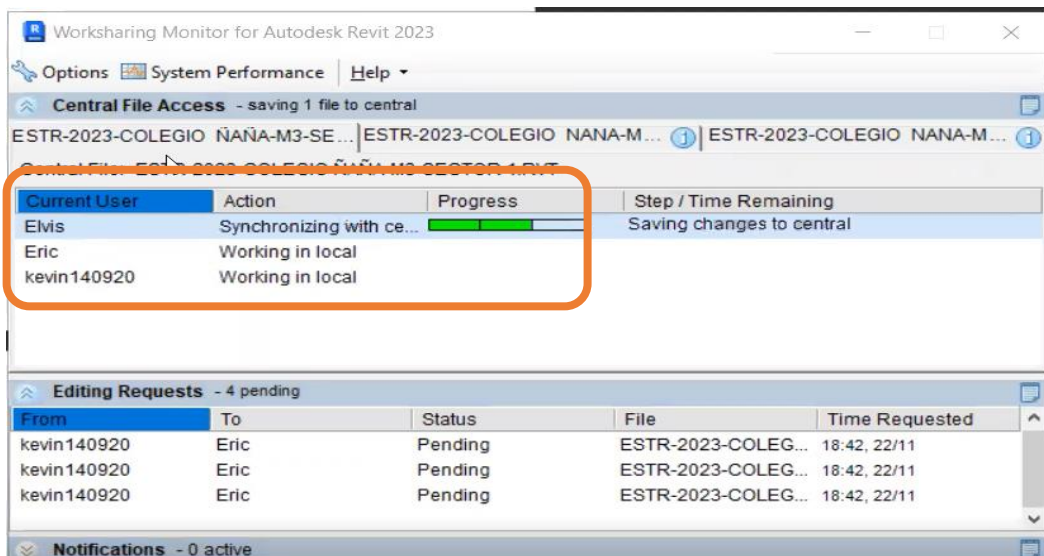


Figura 77

Sincronización con el modelo central del Diseñador 3

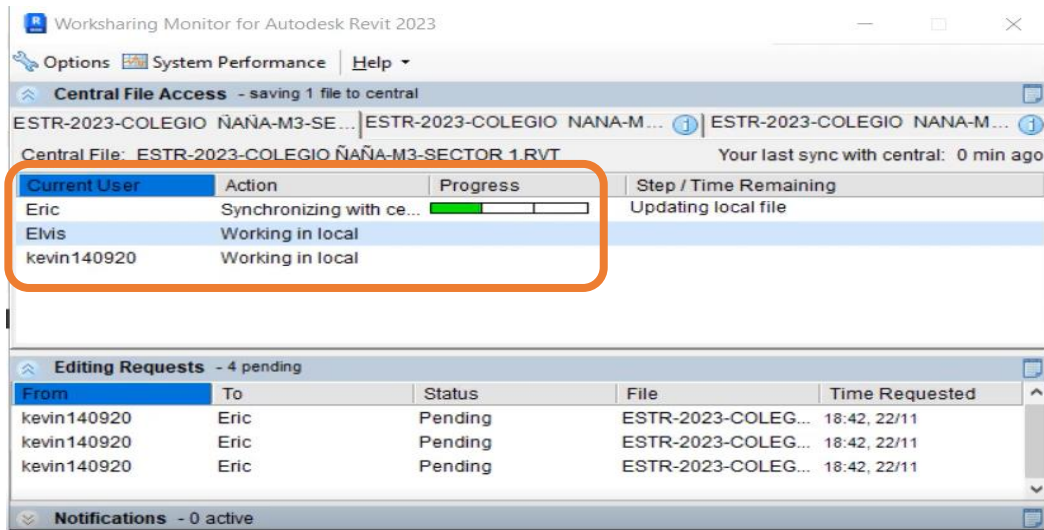


Figura 78

Sincronización con el modelo central del Diseñador 1

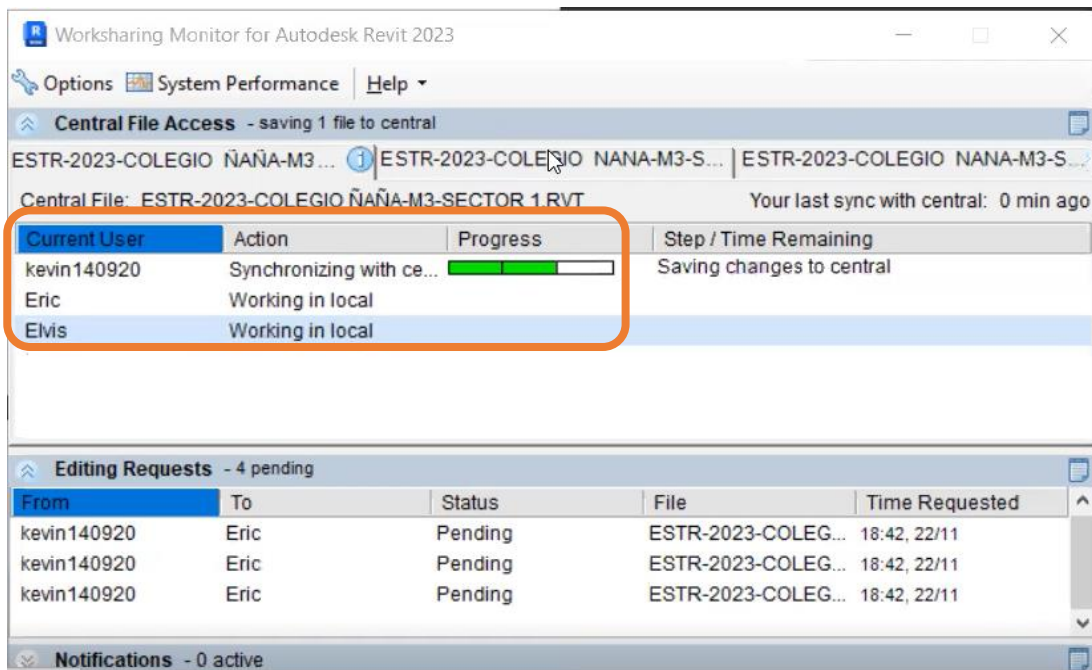
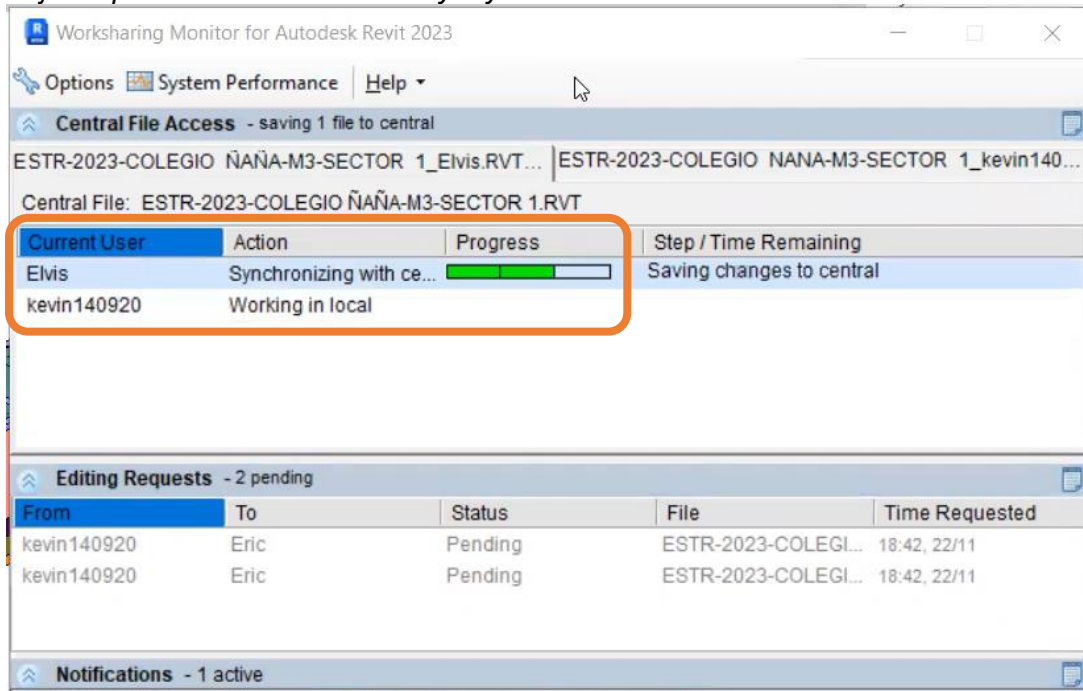


Figura 79

Trabajo en paralelo del Diseñador 1 y 2 y la sincronización

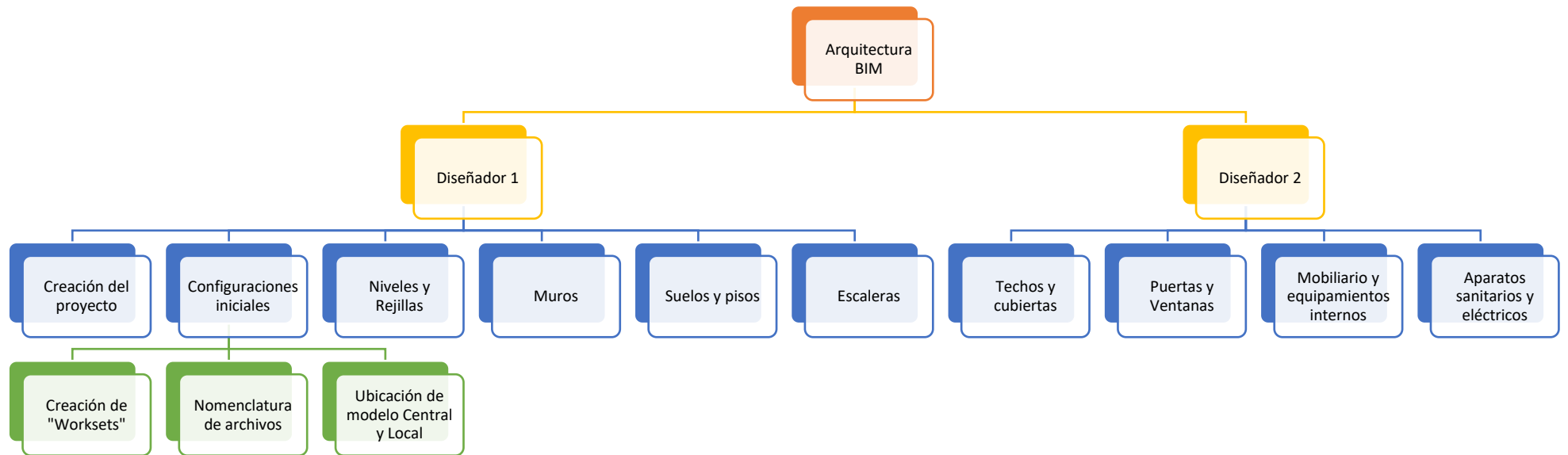


4.10 Modelo de arquitectura

- Se muestra los modelados de arquitectura realizados partiendo desde los planos CAD de esta especialidad. Para establecer un modelamiento sincronizado dentro de esta especialidad conllevaría a saber lo detalles exactos sobre el diseño y sus debidos procesos que requiere un arquitecto. Sin embargo, partiendo desde el hecho que ya se tiene los planos CAD de arquitectura, se podría establecer una planificación de las actividades para el modelado respectivo y siguiendo los mismos pasos sobre la utilización de los “Worksets” del Revit y el “OneDrive” conllevaría a tener un modelamiento sincronizado. Para esta parte se está considerando 2 diseñadores para el trabajo respectivo. Se muestra las actividades a realizar (ver Figura 80).

Figura 80

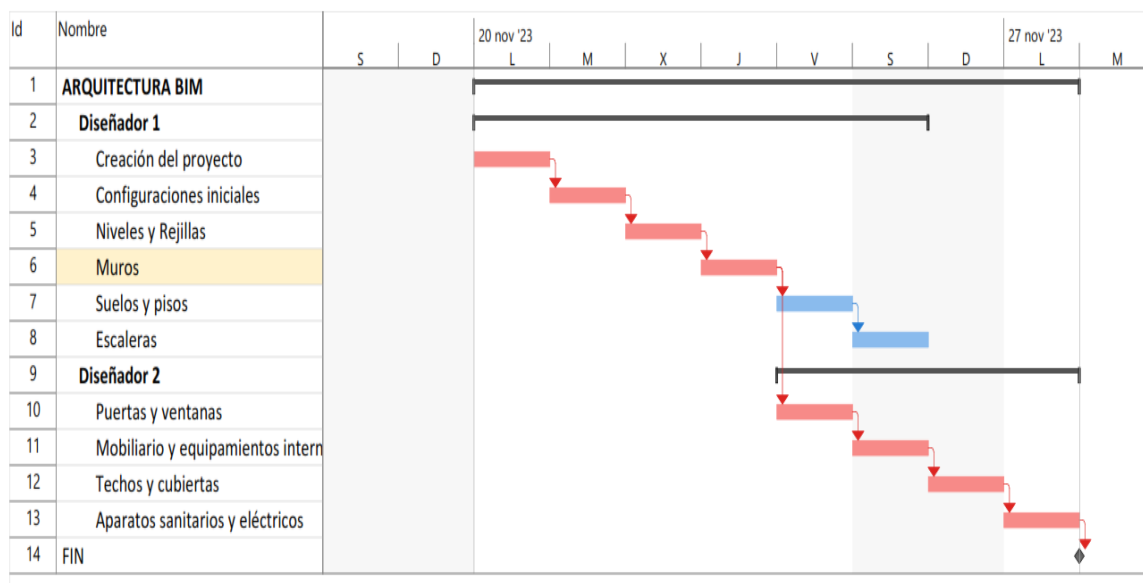
Actividades de Arquitectura – Sector 1



- En base a las actividades planteadas se va a mostrar la planificación respectiva de las actividades para la realización del modelo de arquitectura. Se puede decir que la actividad de modelado de muros del Diseñador 1 es una tarea crítica ya que eso nos permite iniciar las actividades del Diseñador 2 (ver Figura 81):

Figura 81

Planificación de las actividades de Arquitectura – Sector 1



- Acorde a la **Figura 81**, se puede comentar que se está estableciendo una planificación considerando que las puertas y ventanas requieren el modelado de los muros. Por ello la planificación es requerida para tener un buen plan de trabajo donde se tenga presente la colaboración.

- Para la realización del modelado de Arquitectura se tomaran de referencia los pasos indicados en el modelado de Estructuras (revisar **4.4 Acciones previas para la generación de modelos BIM** hasta **4.7 Modelo final BIM – estructuras**) con la diferencia es que en esta parte se va a realizar con las actividades y planificación planteadas en las Figuras 80 y 81. Se muestra las vistas del modelo BIM de arquitectura del Sector 1 del proyecto en desarrollo, así mismo se tiene el filtro de colores para identificar las actividades de cada diseñador (ver Figuras 82, 83, 84, 85, 86 y 87).

Figura 82

Filtros de colores Arquitectura – Sector 1

Show Color	Workset	Color
<input checked="" type="checkbox"/>	Diseñador 1	Purple
<input checked="" type="checkbox"/>	Diseñador 2	Red
<input checked="" type="checkbox"/>	Shared Levels and Grid	Yellow-Green

Figura 83

Avance de modelado del Diseñador 1 – Sector 1

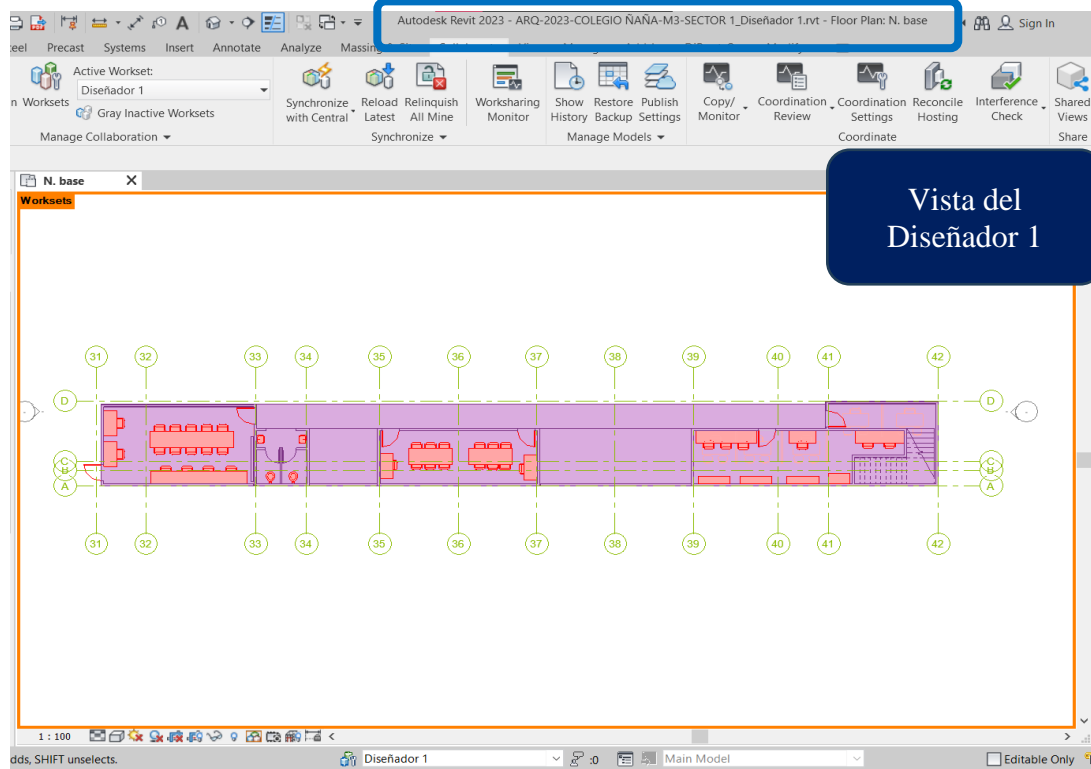


Figura 84

Avance de modelado del Diseñador 2 – Sector 1

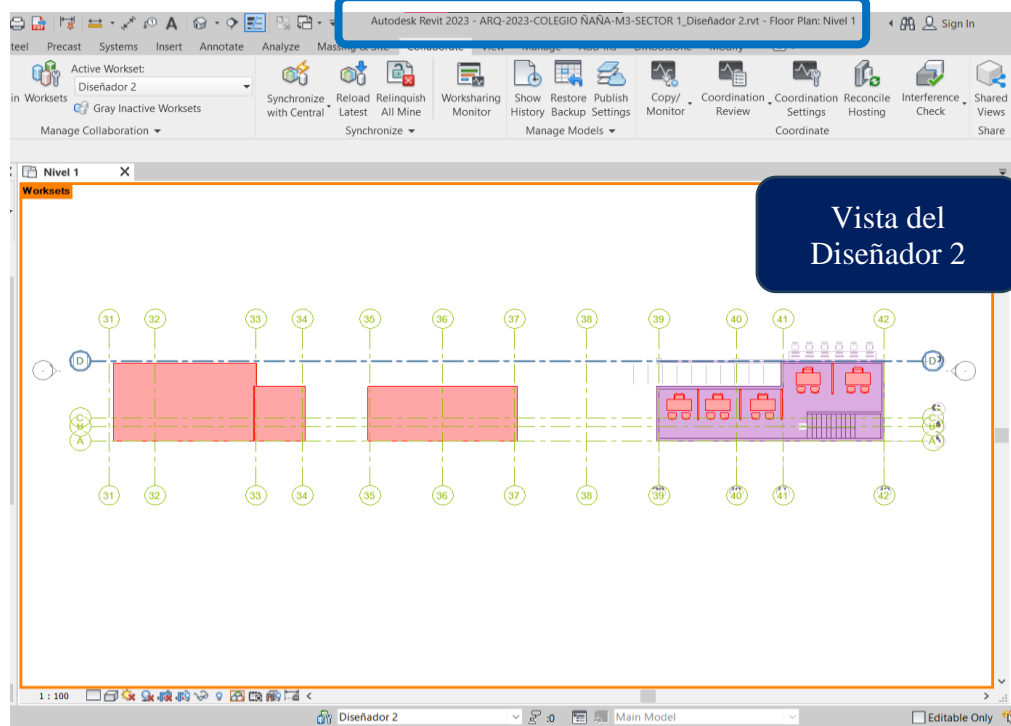


Figura 85

Sala de profesores – Sector 1



Figura 86

Sala de Secretaría y Atención a PPF – Sector 1

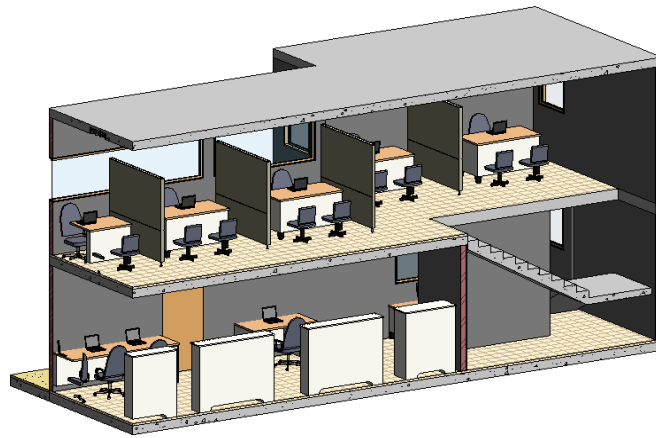
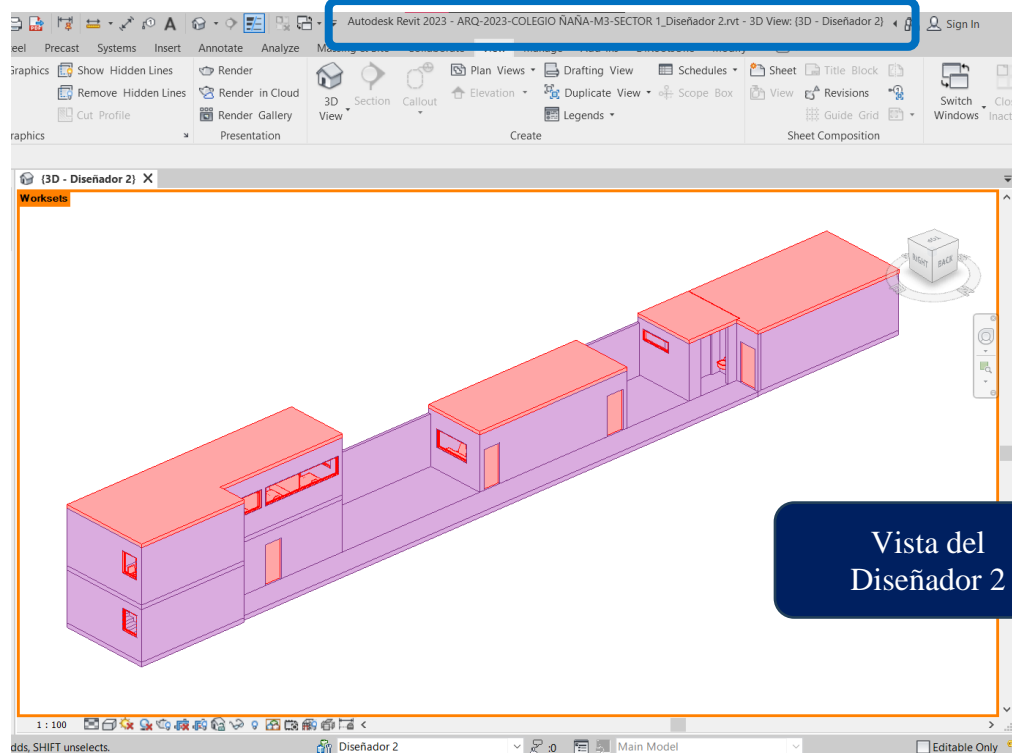


Figura 87

Vista general de Arquitectura – Sector 1

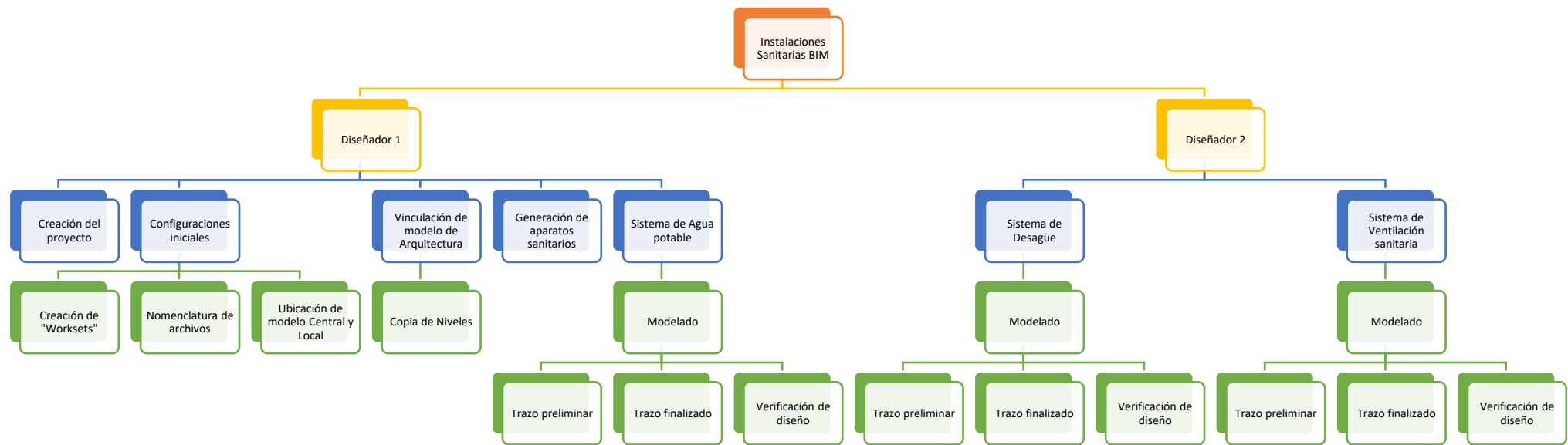


4.11 Modelo de instalaciones sanitarias

- En este apartado se verá todo lo relacionado a las instalaciones Sanitarias (Redes de agua potable, redes de agua caliente, redes de desagüe y redes de ventilación sanitaria). Se tiene el Sector 1 del presente proyecto en desarrollo, se va a mostrar las actividades necesarias para la generación del modelo de Instalaciones sanitarias (ver Figura 88):

Figura 88

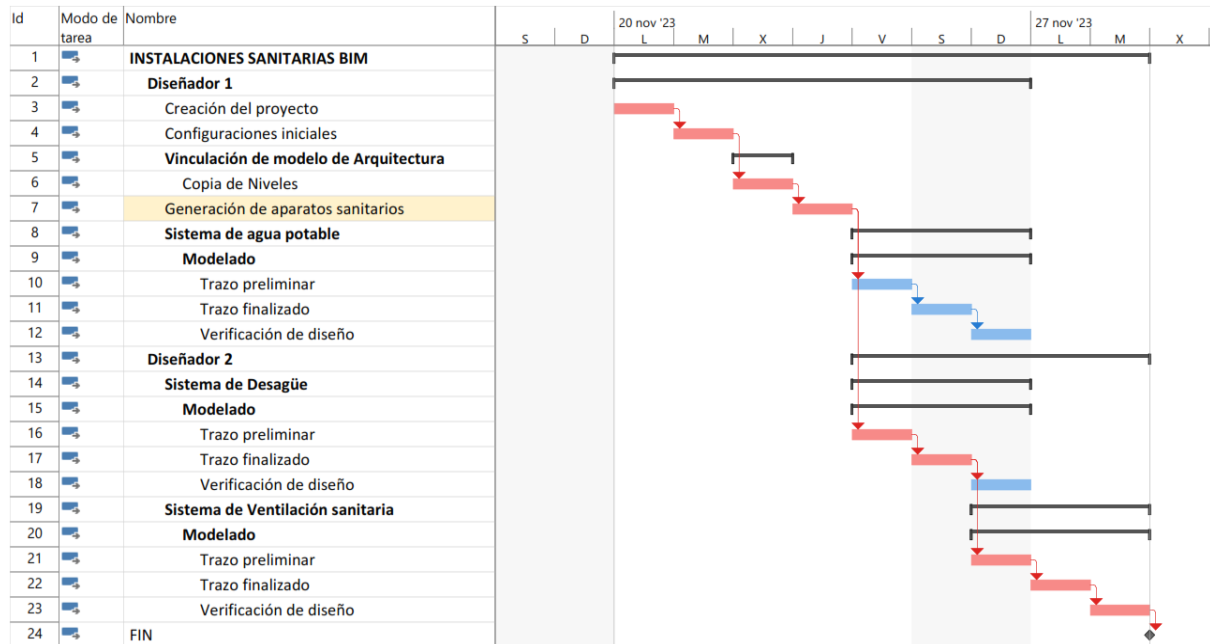
Actividades para Instalaciones sanitarias – Sector 1



- Acorde a la **Figura 88**, se está considerando dos diseñadores encargados de la elaboración de las Instalaciones sanitarias. Se establece el modelamiento sincronizado mediante los “Worksets” de Revit. Se muestra la planificación de las actividades de los diseñadores (ver Figura 89).

Figura 89

Planificación de actividades para Instalaciones sanitarias – Sector 1



- Para la realización del modelado de Instalaciones sanitarias se tomaran de referencia los pasos indicados en el modelado de Estructuras (revisar **4.4 Acciones previas para la generación de modelos BIM** hasta **4.7 Modelo final BIM – estructuras**) con la diferencia es que en esta parte se va a realizar con las actividades y planificación planteadas las Figuras 88 y 89. Se muestra las vistas del modelo BIM de Instalaciones sanitarias del Sector 1 del proyecto en desarrollo, así mismo se tiene el filtro de colores para identificar las actividades de cada diseñador (ver Figuras 90 y 91).

Figura 90

Filtros de colores para Instalaciones sanitarias – Sector 1

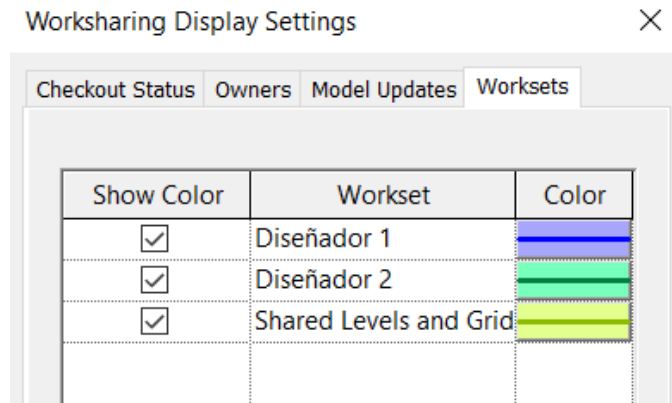
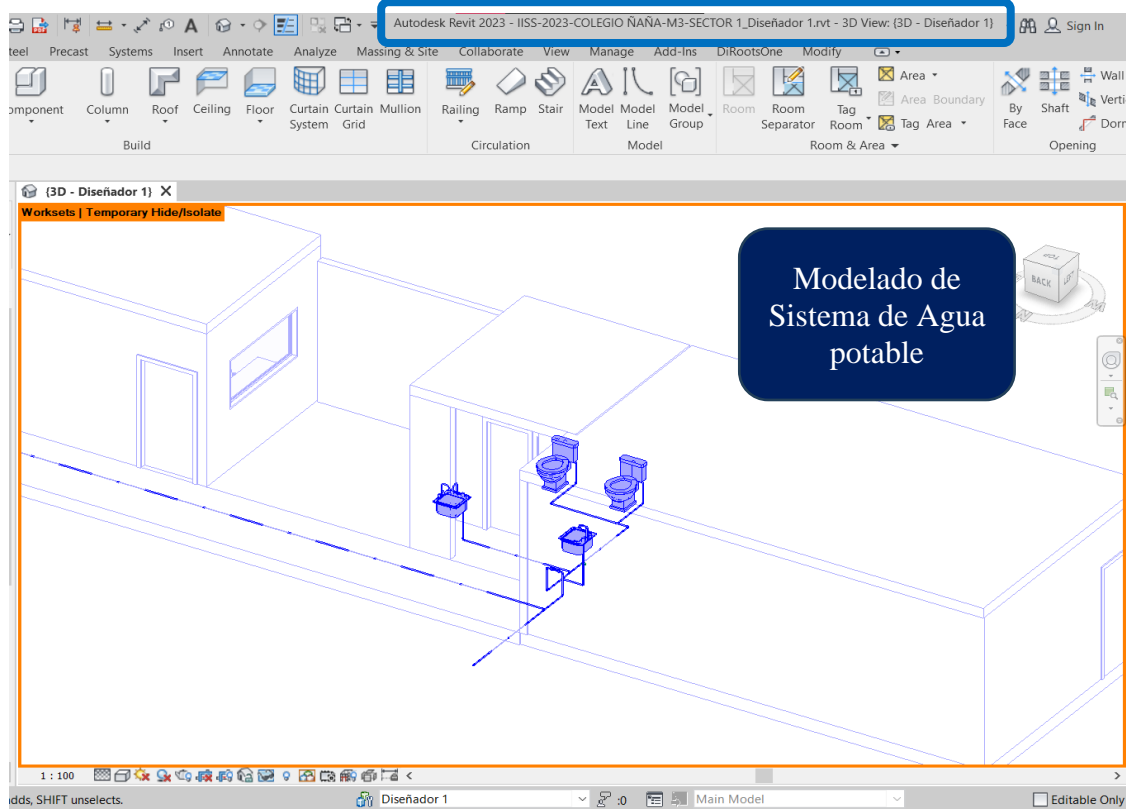


Figura 91

Avance de modelo del Diseñador 1 – Sector 1



- Acorde a la **Figura 91**, se tiene el avance realizado por el Diseñador 1. Primero, se realizó la vinculación del modelo de Arquitectura y luego se obtuvo los niveles respectivos. Se trajeron los aparatos sanitarios al modelo actual y empezó con el trazado de las tuberías de agua.

- Con los aparatos sanitarios ya establecidos en el modelo de sanitarias se puede iniciar las labores del Diseñador 2 respecto al Sistema de desagüe y ventilación. Primero se empezó con el trazo de las tuberías de desagüe y ya luego se culminó con las de ventilación. Cada Diseñador al sincroniza su avance realizado también permite poder visualizar los avances realizados por el otro Diseñador (ver Figuras 92 y 93).

Figura 92

Avance de modelo del Diseñador 2 – Sector 1

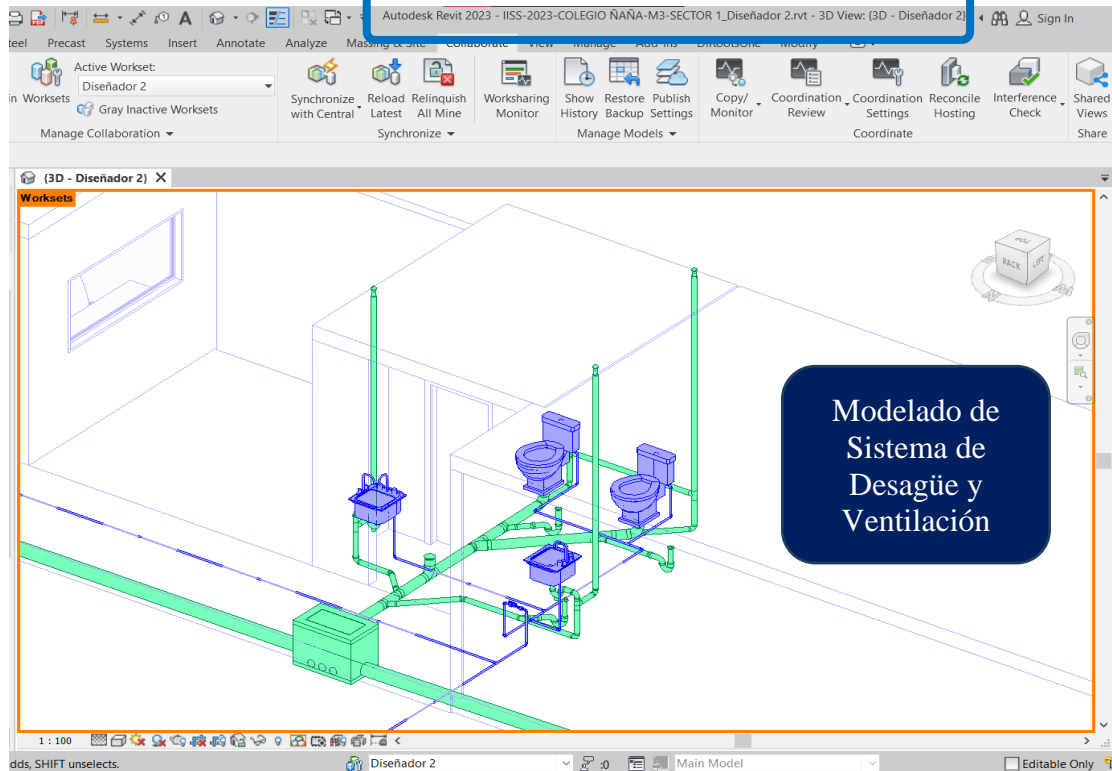
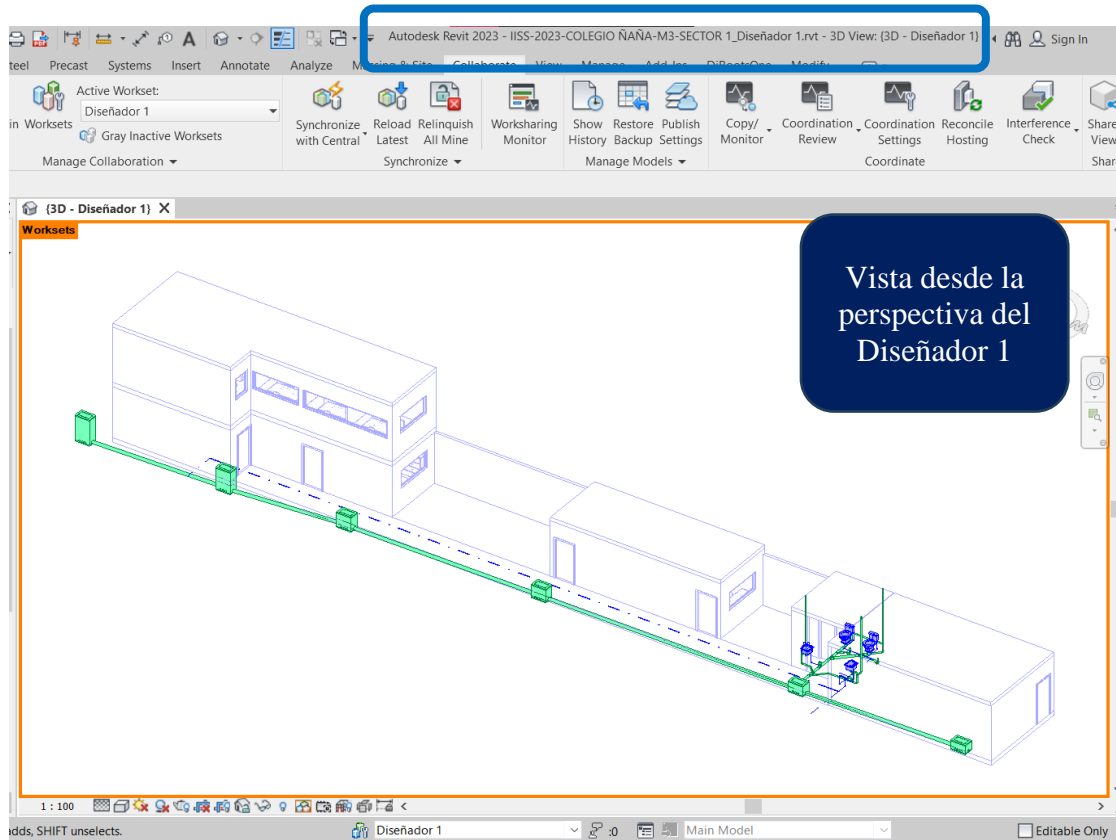


Figura 93

Vista general del proyecto – Sector 1

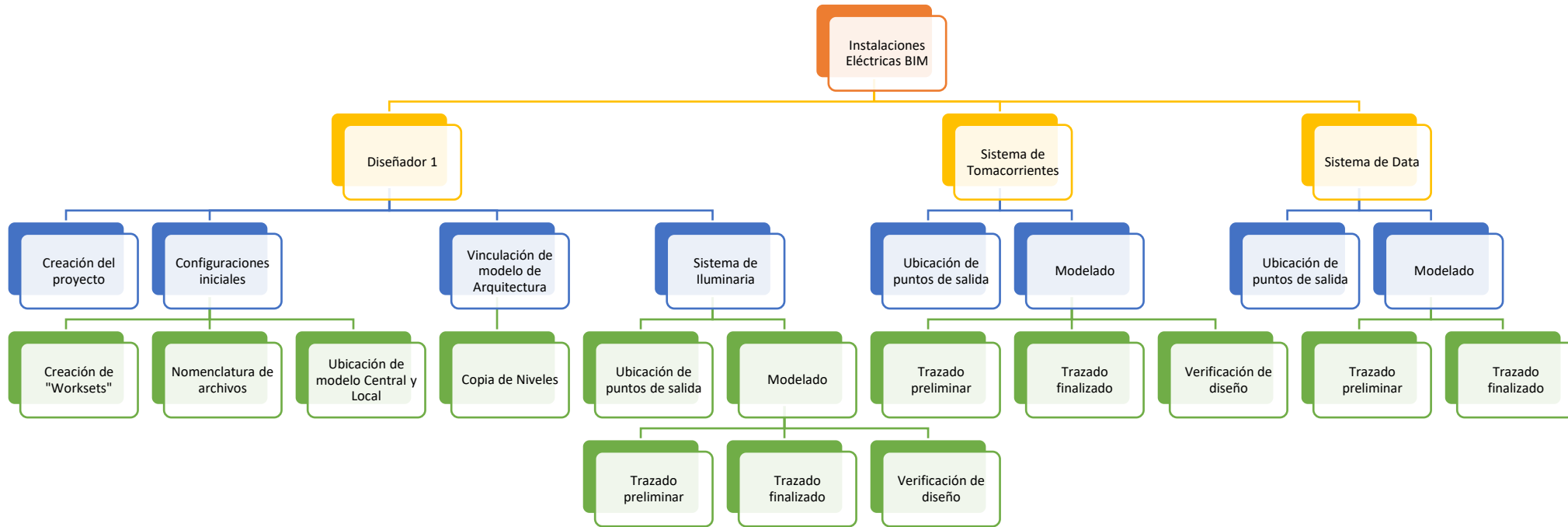


4.12 Modelado de instalaciones eléctricas

- En este apartado se verá todo lo relacionado a las instalaciones Eléctricas (Sistema de Iluminarias, Sistema de Tomacorrientes y Sistema de Data). Se tiene el Sector 1 del presente proyecto en desarrollo, se va a mostrar las actividades necesarias para la generación del modelo de Instalaciones eléctricas (ver Figura 94).

Figura 94

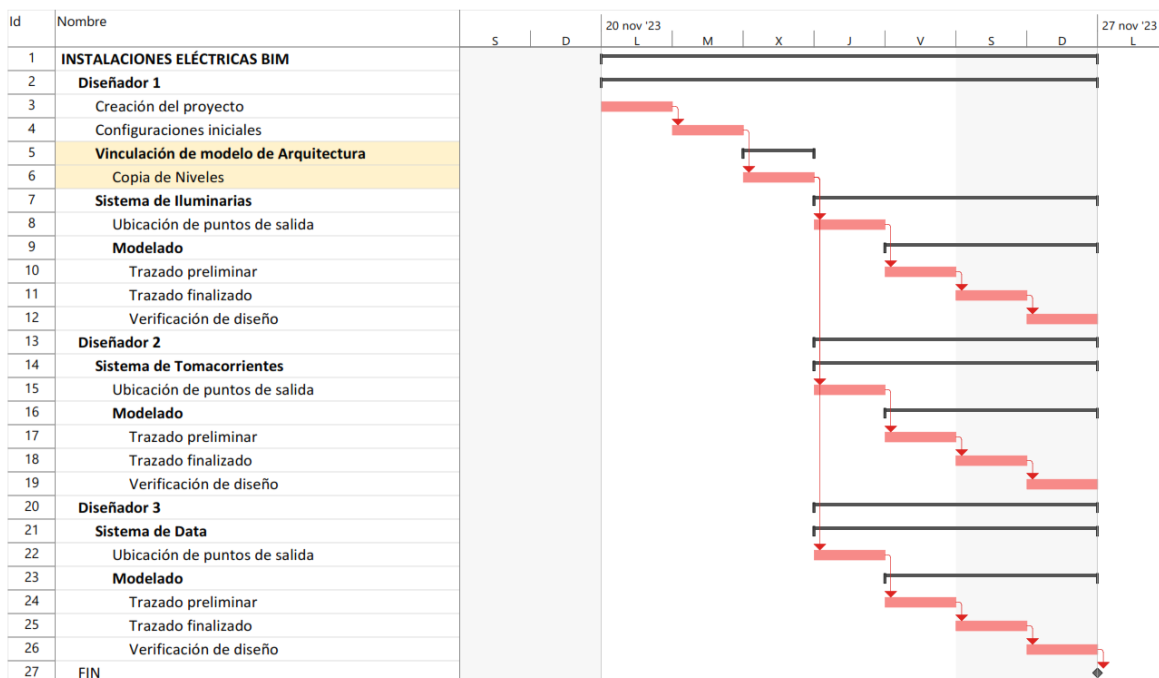
Actividades para Instalaciones Eléctricas – Sector 1



- Acorde a la **Figura 94**, se está considerando tres diseñadores encargados de la elaboración de las Instalaciones eléctricas. Se establece el trabajo colaborativo mediante los “Worksets” de Revit. Se muestra la planificación de las actividades de los diseñadores (ver Figura 95).

Figura 95

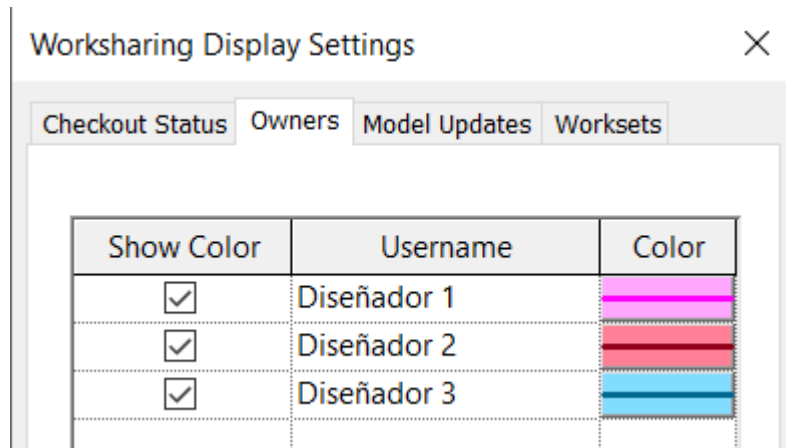
Planificación de actividades para Instalaciones Eléctricas – Sector 1



- Para la realización del modelado de Instalaciones eléctricas se tomarán de referencia los pasos indicados en el modelado de Estructuras (revisar **4.4 Acciones previas para la generación de modelos BIM** hasta **4.7 Modelo final BIM – estructuras**) con la diferencia es que en esta parte se va a realizar con las actividades y planificación planteadas en las Figuras 94 y 95. Se muestran las vistas del modelo BIM de Instalaciones eléctricas del Sector 1 del proyecto en desarrollo, así mismo se tiene el filtro de colores para identificar las actividades de cada diseñador (ver Figuras 96, 97, 98 y 99).

Figura 96

Filtro de colores de los avances por Diseñador – Sector 1



Show Color	Username	Color
<input checked="" type="checkbox"/>	Diseñador 1	Magenta
<input checked="" type="checkbox"/>	Diseñador 2	Red
<input checked="" type="checkbox"/>	Diseñador 3	Blue

Figura 97

Avance de iluminarias del Diseñador 1 – parte 1

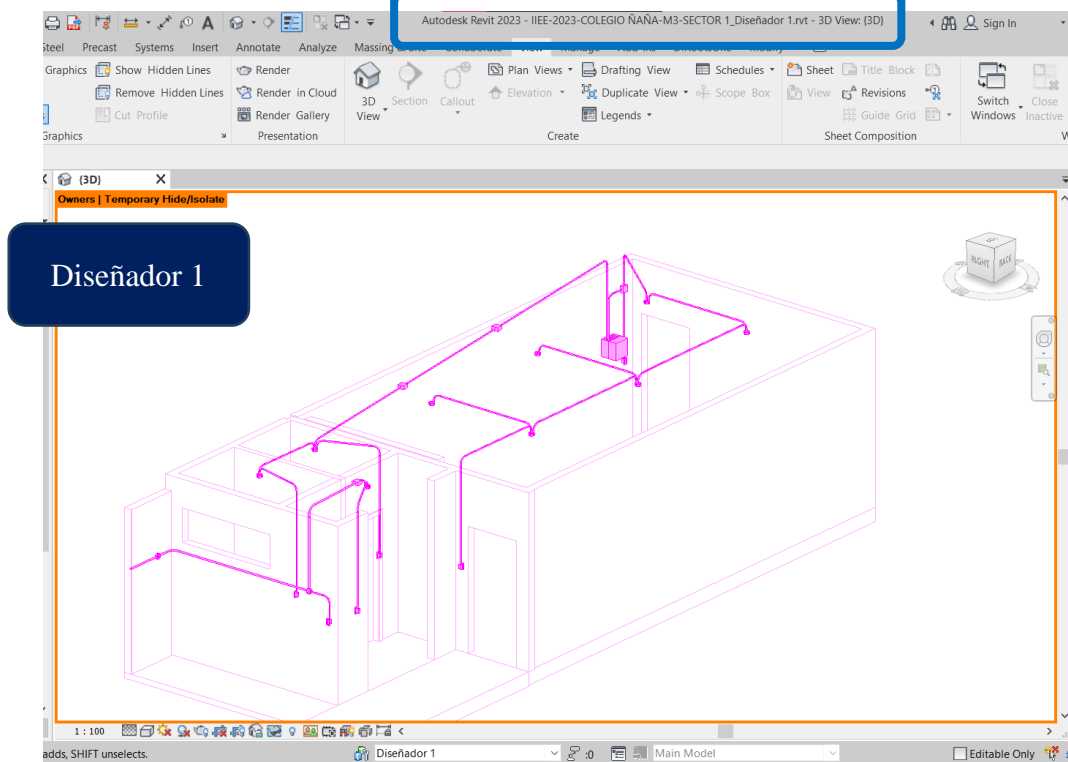


Figura 98

Avance de iluminarias del Diseñador 1 – parte 2

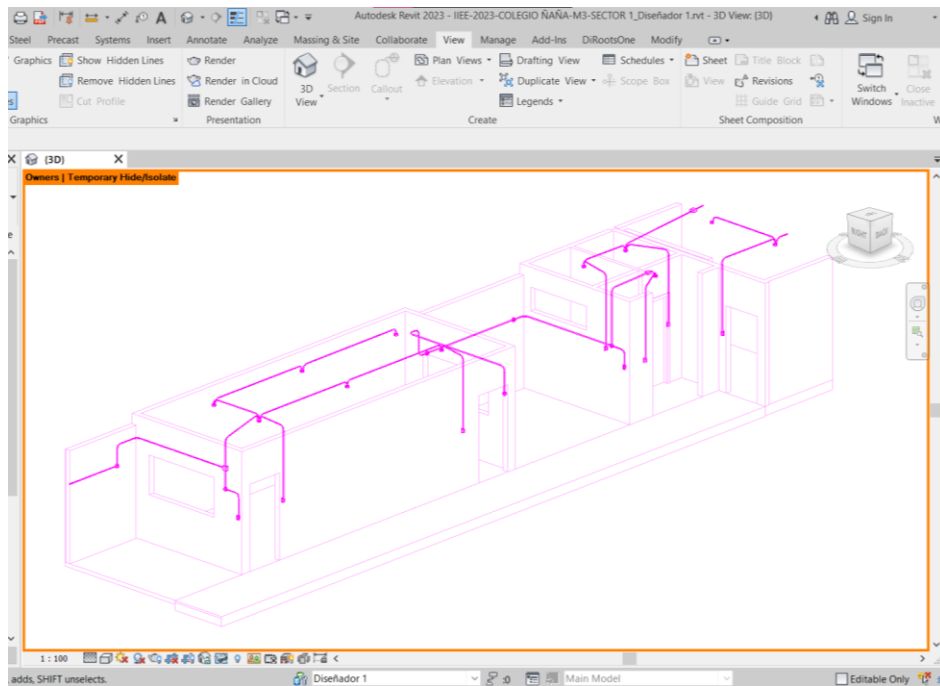
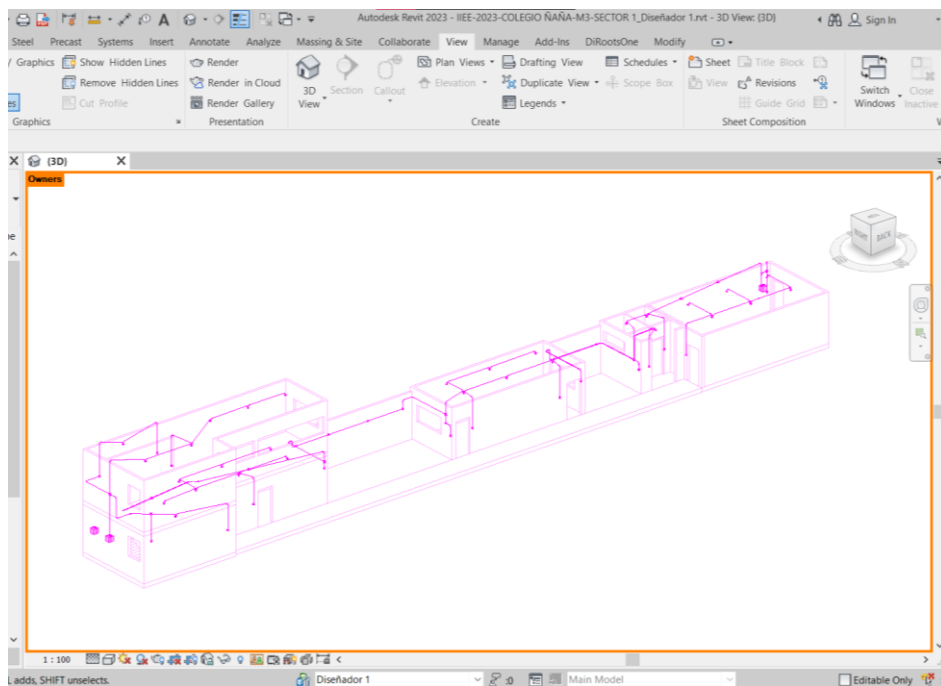


Figura 99

Vista general de iluminarias del Diseñador 1



- Acorde a las **Figuras 98 y 99**, se puede apreciar los avances realizados por el Diseñador 1. Primero se ubicaron los Tableros eléctricos y se continuó con la ubicación

de los puntos de salida de las luminarias y sus interruptores. Ya con ello se empezó con el trazado de las tuberías de cableado de las iluminarias.

- El Diseñador 2 se encargó de la realización del Sistema de Tomacorrientes. Para ello, ya con la ubicación de los Tableros eléctricos establecidos por el Diseñador 1 y con la ubicación de los puntos de salida para los Tomacorrientes se realizó el trazo de las tuberías de cableado respectivo. Así mismo, recordar que cada Diseñador puede visualizar los avances de los demás diseñadores con el fin de poder saber la ubicación de las tuberías eléctricas de los otros sistemas; para ello solo era necesario sincronizar con el modelo central (ver Figuras 100, 101 y 102).

Figura 100

Avance de Tomacorrientes del Diseñador 2 – parte 1

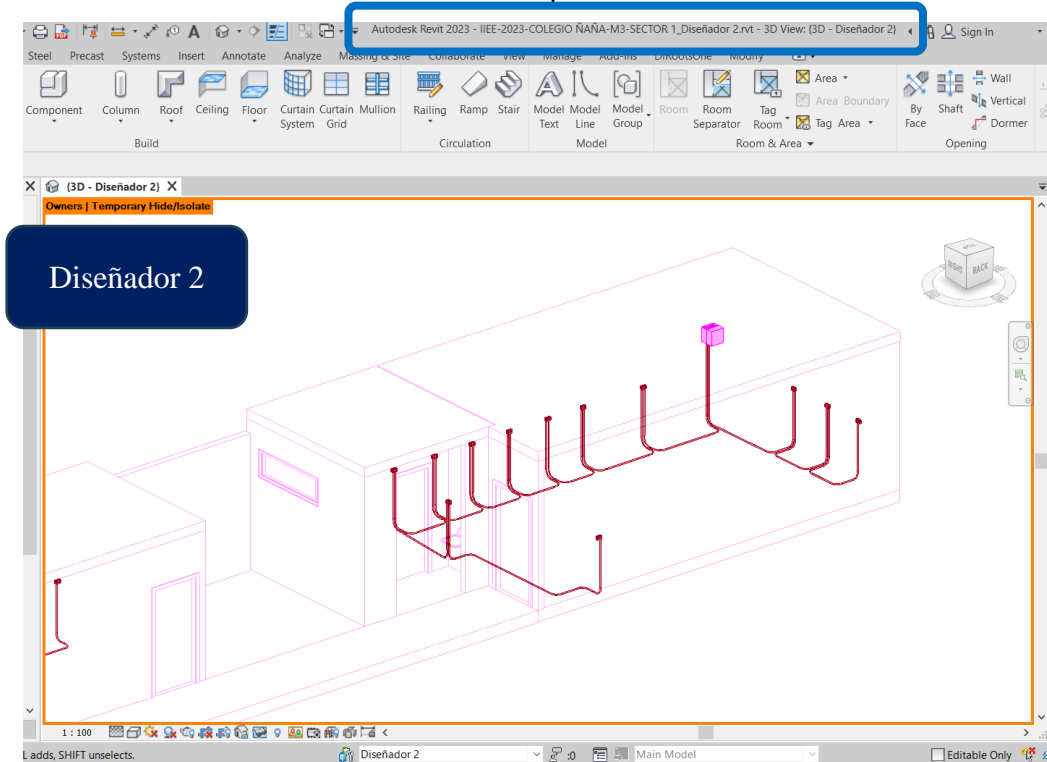


Figura 101

Vista general de Tomacorrientes del Diseñador 2

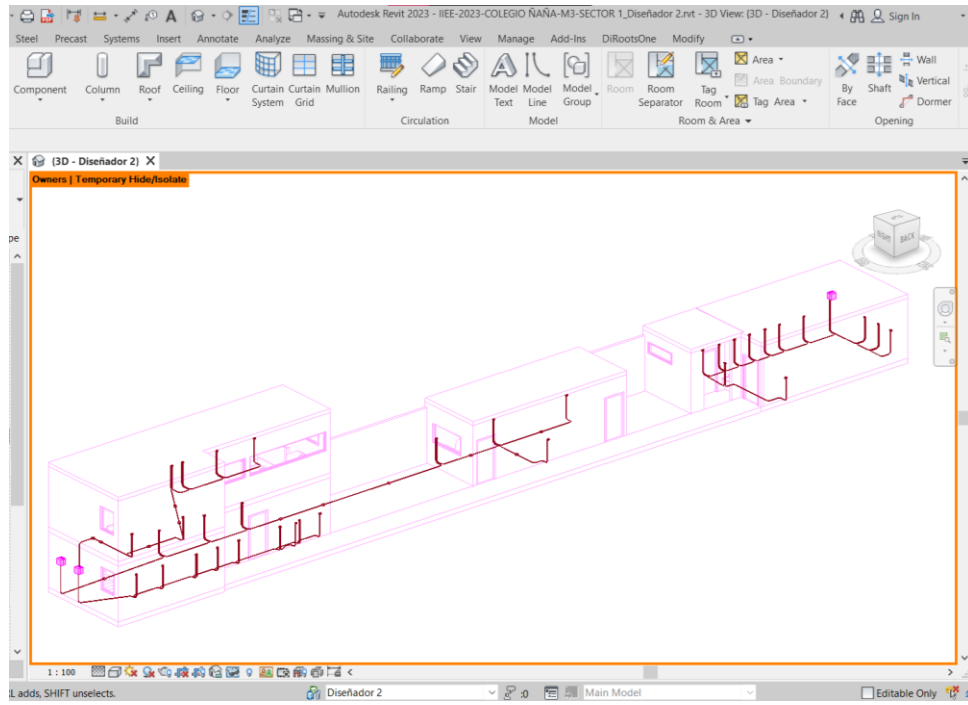
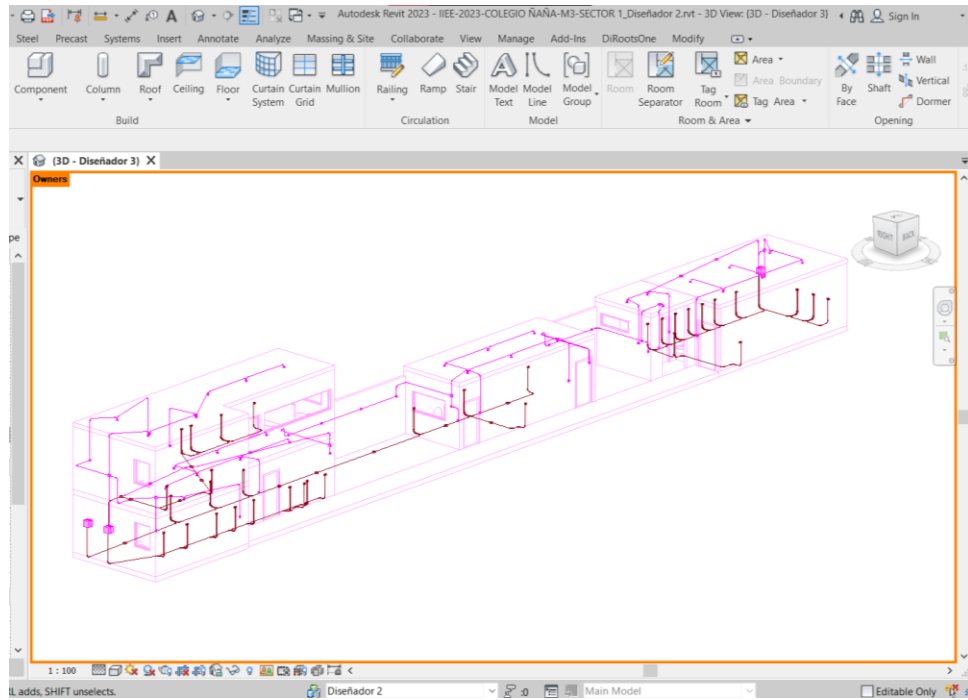


Figura 102

Vista del Sistema de iluminarias desde la perspectiva del Diseñador 2



- Para el Sistema de Data, se va a considerar el uso de laptops y para ello su acceso a internet será mediante señales WIFI. Así mismo, para cada sala se va a colocar un punto de salida para llevar el internet mediante cables hacia el aparato encargado de emitir la señal WIFI por salón. Este sistema fue realizado por Diseñador 3 (ver Figura 103, 104 y 105).

Figura 103

Avance de Sistema de Data del Diseñador 3 – parte 1

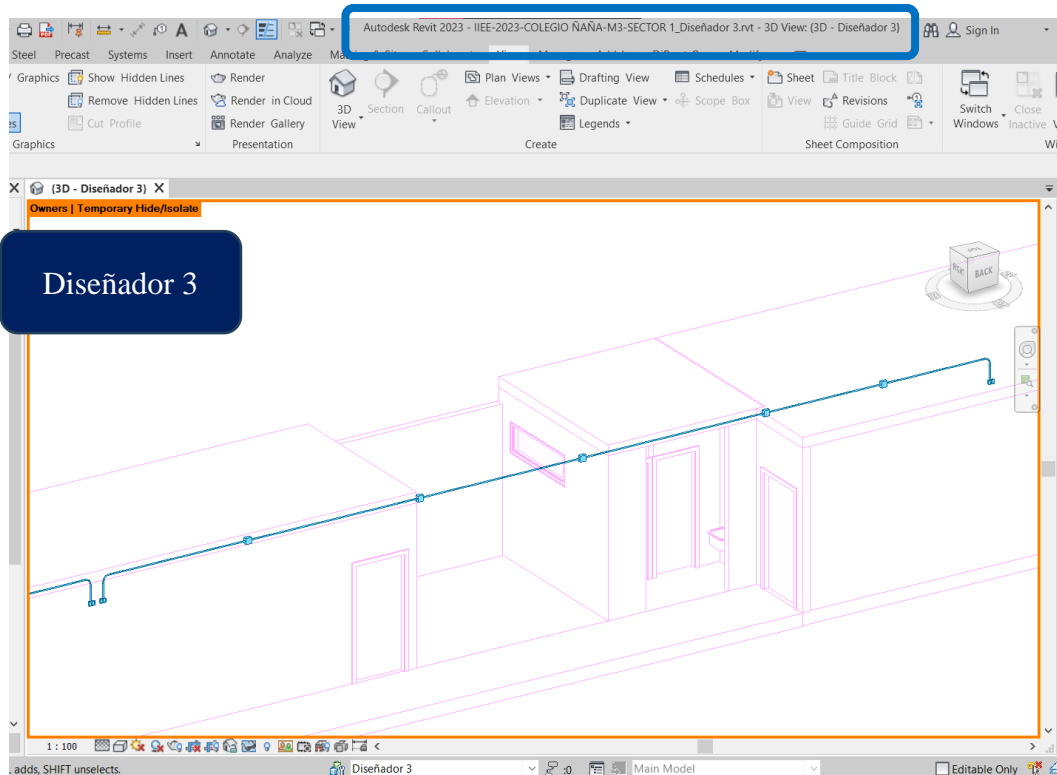


Figura 104

Vista general de Sistema de Data del Diseñador 3

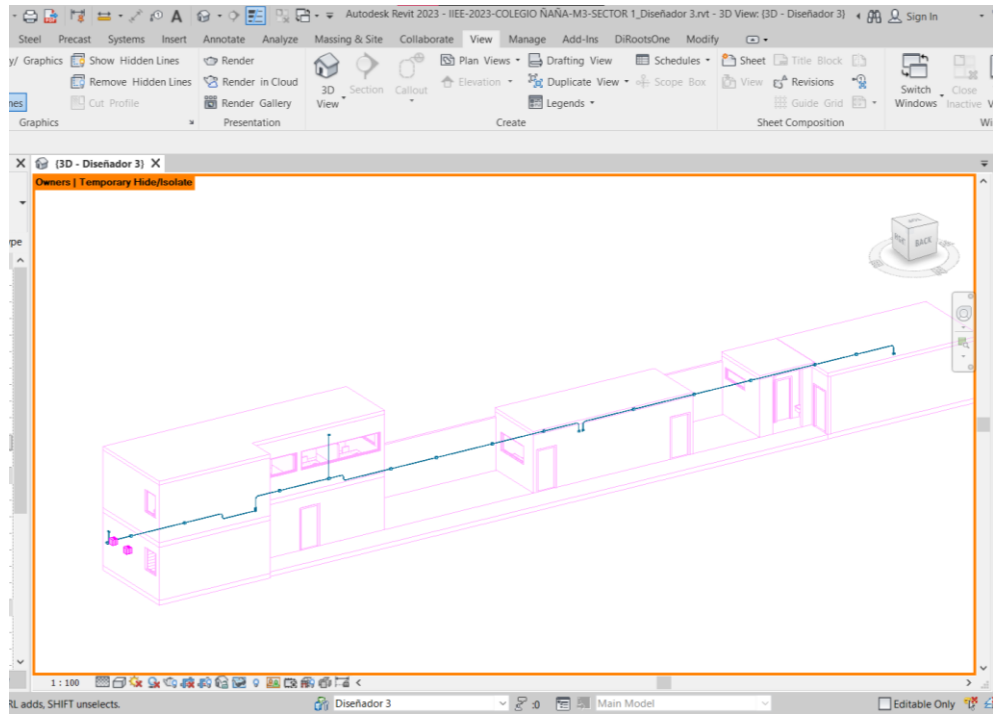
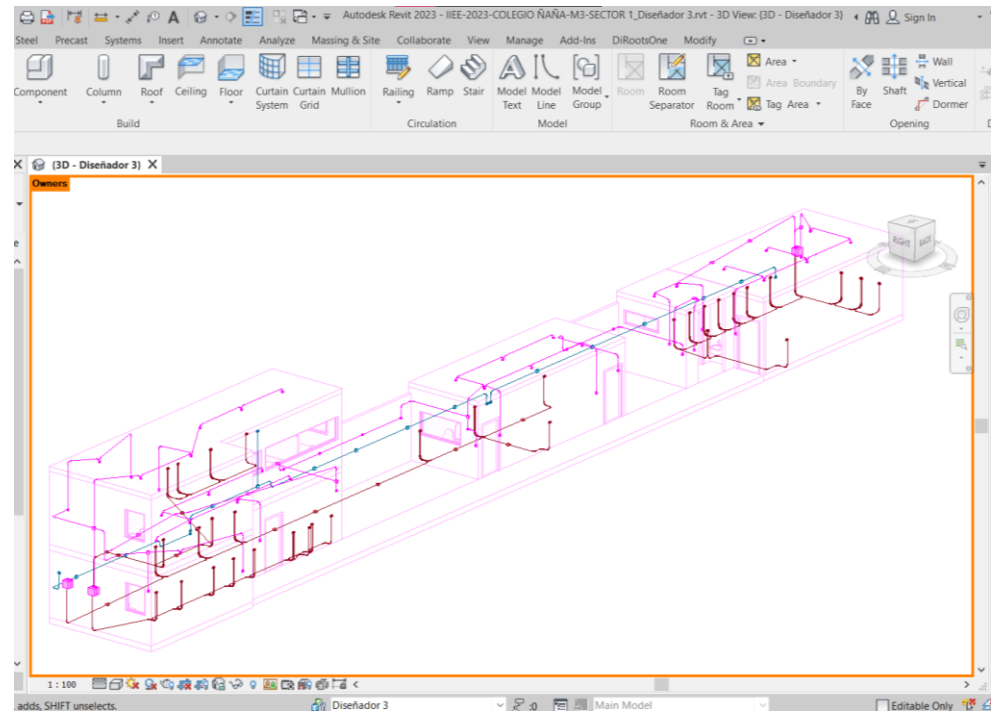


Figura 105

Vista general desde la perspectiva del Diseñador 3



Capítulo V. Sesiones ICE

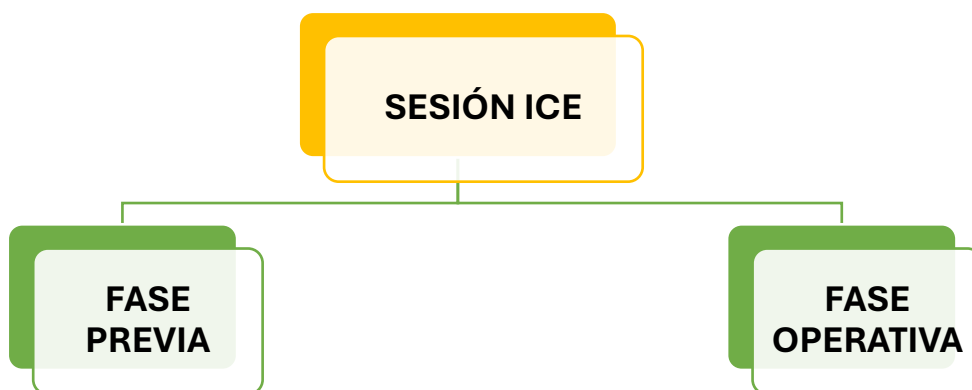
En un mundo donde la colaboración entre los profesionales encargados de los diseños es clave y esencial para el éxito de los proyectos, las sesiones ICE toman una mayor importancia revolucionando la dinámica de los trabajos.

En ese sentido, como parte de la propuesta de marco VDC de esta investigación se está planteando que las sesiones ICE estarán divididos en dos procesos y cada proceso tendrán lugar dentro de una Fase tanto de Coordinación o Validación.

Se muestra los dos procesos que se está planteando:

Figura 106

División de Procesos – Sesión ICE



Acorde a la **Figura 106**, se va a comentar sobre los procesos que son requeridos para complementar al uso de BIM y relacionarlo con las sesiones ICE propias del VDC.

5.1 Fase previa

Esta fase será desarrollada dentro de la Fase de Coordinación de la propuesta de marco VDC, será necesario ya que consistirá en la preparación de los modelos, identificación y análisis de las incompatibilidades, y respectiva modificación del modelo en caso sea necesario con el objetivo de presentarlos en la sesión ICE. Se va a usar la carpeta "02. SHARED" (**Figura 20. Subcarpetas de la carpeta "05 COLEGIO ÑAÑA"**) para guardar los modelos BIM que serán exportados del REVIT a formato "NWC" para poderlos abrir en el software **NAVISWORKS**. En esta exportación es irrelevante que Diseñador haga la exportación al formato solicitado, cualquiera de los modeladores lo podría realizar sin ningún problema; sin embargo, se tiene que verificar que el modelo no tenga dueños los "worksets" para que se permita realizar la exportación (ver Figura 107, 108, 109 y 110).

Figura 107

Modelo Estructura liberado de dueños los Worksets

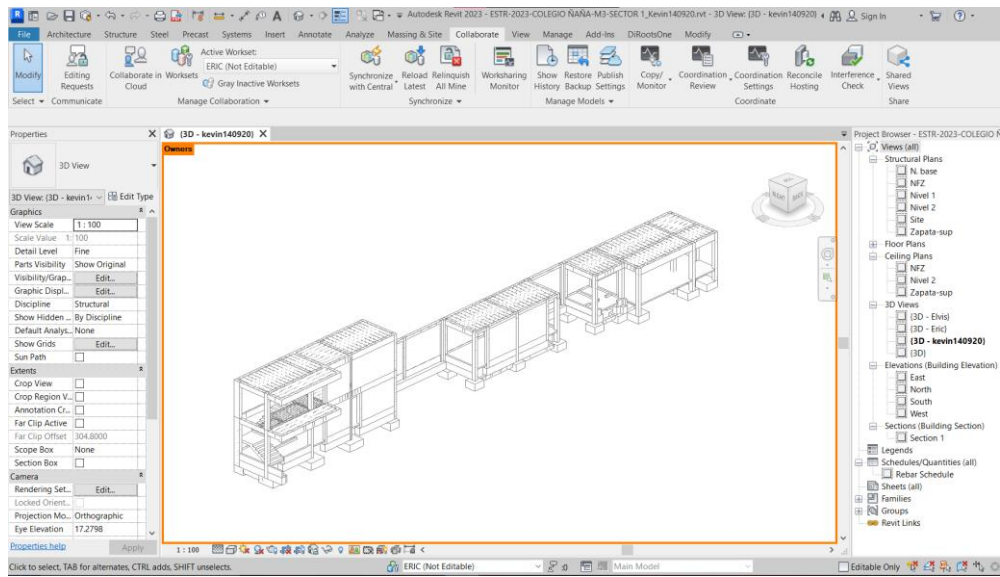


Figura 108

Exportación a formato “NWC” – Modelo ARQUITECTURA

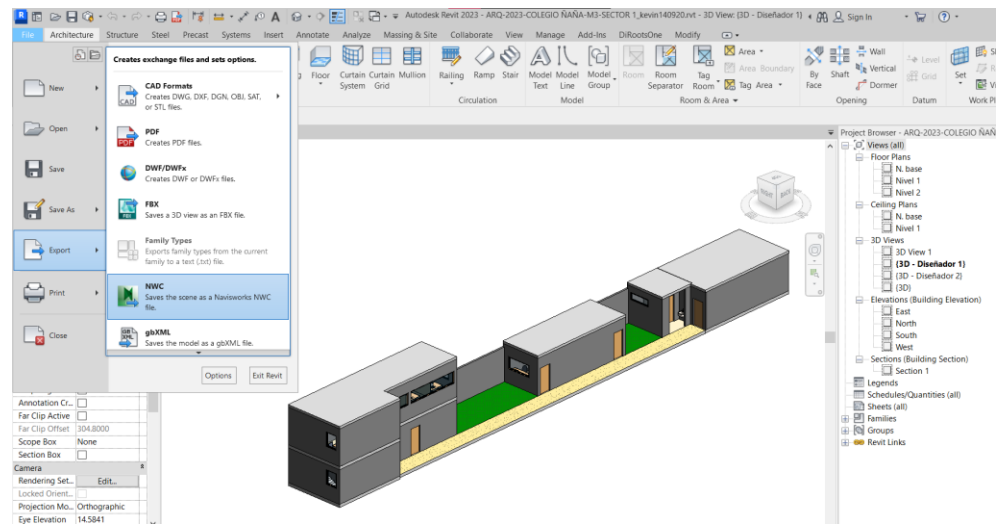


Figura 109

Exportación a formato "NWC" – Modelo ESTRUCTURAS

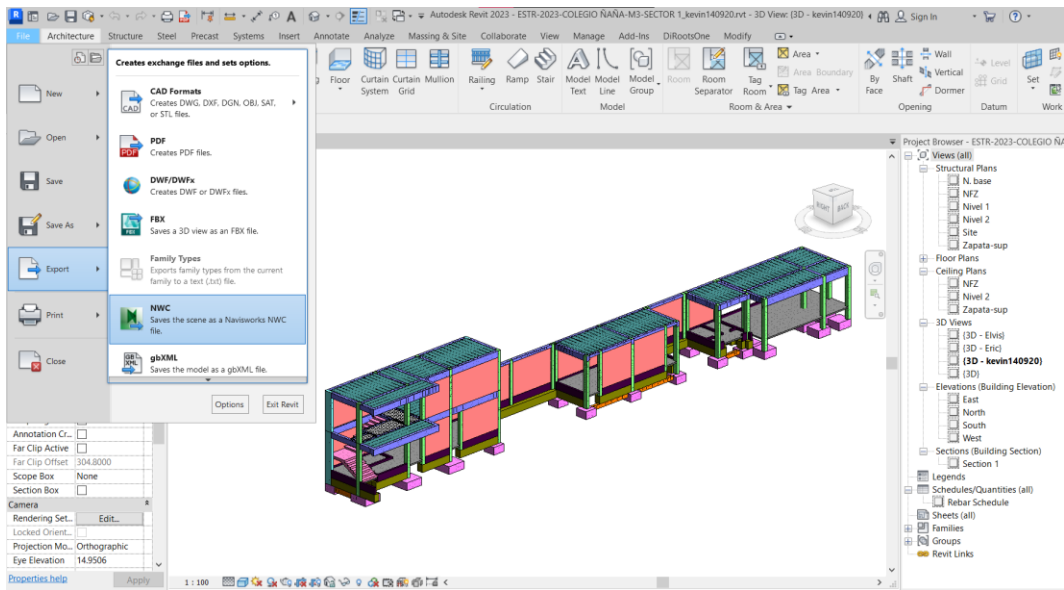


Figura 110

Exportación a formato "NWC" – Modelo IIEE

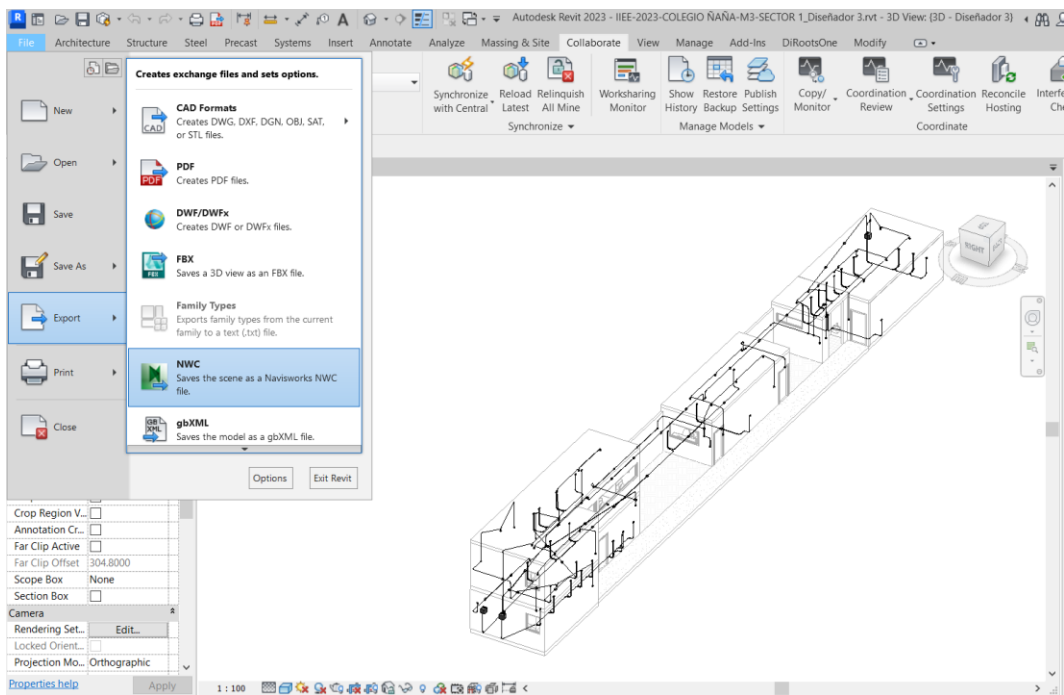
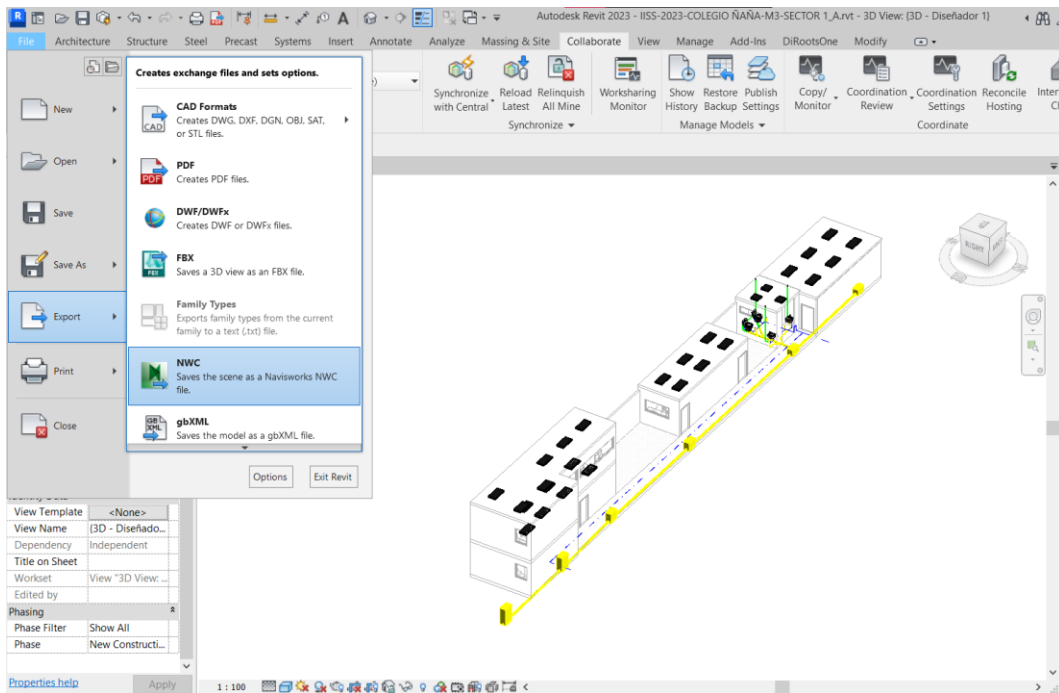


Figura 111

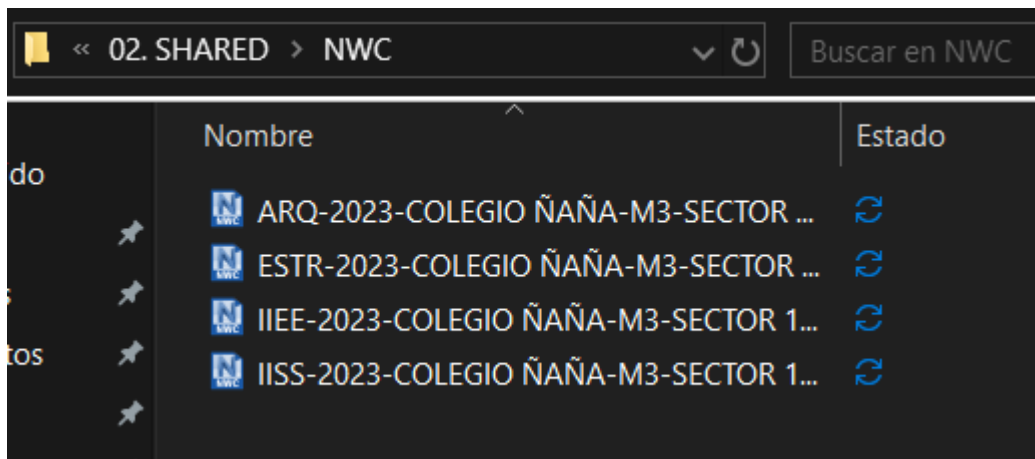
Exportación a formato “NWC” – Modelo IISS



La exportación de los archivos en formato “NWC” son archivos de memoria, se sugiere que estos archivos se guarden en una subcarpeta dentro de la carpeta “02. SHARED” para llevar un mejor ordenamiento (ver Figura 112).

Figura 112

Archivos NWC dentro de la subcarpeta NWC

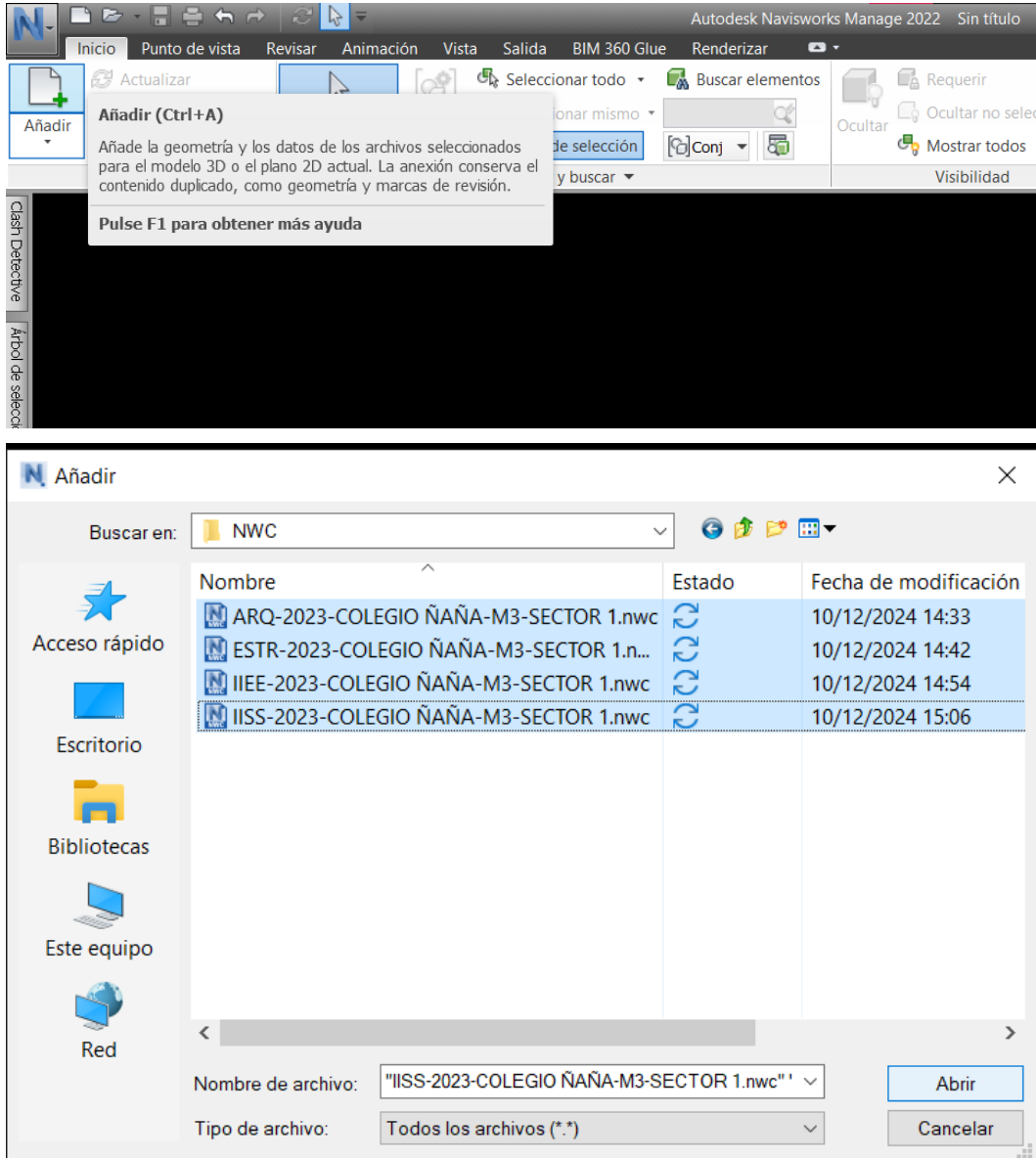


Se va a continuar con la utilización del software NAVISWORKS para poder realizar la combinación y una revisión preliminar de los modelos tanto de arquitectura, estructuras, inst. sanitarias y eléctricas. No es necesario que la versión del NAVISWORKS sea la

misma que del REVIT, igual se va a poder realizar la compilación de archivos “NWC” y con ello generar un archivo federado en formato “NWF” (ver Figura 113).

Figura 113

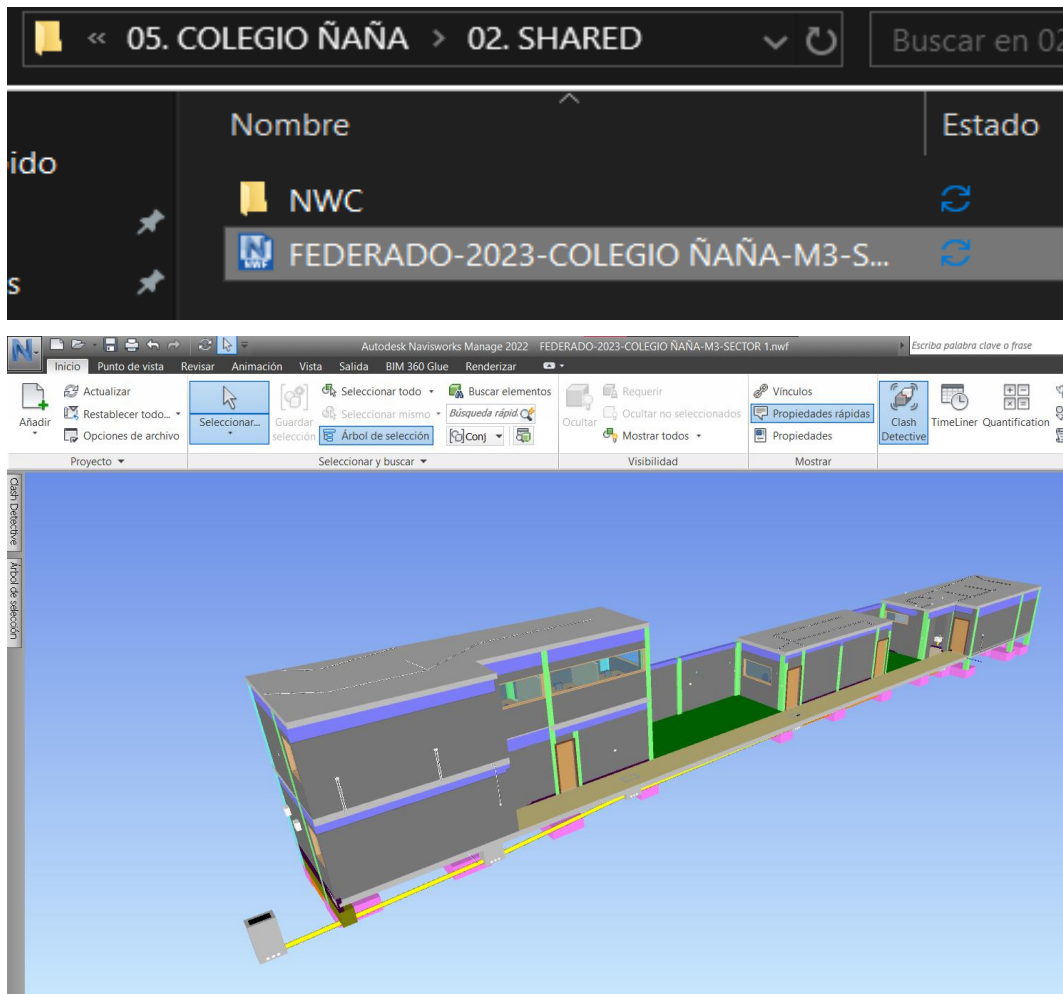
Añadición de archivos NWC a NAVISWORKS



Se pasará a guardar el archivo en su formato propio de NAVISWORKS con el siguiente nombre: **FEDERADO-2023-COLEGIO ÑAÑA-M3-SECTOR 1**, y se colocará el archivo dentro de la carpeta “02. SHARED” (ver Figura 114).

Figura 114

Guardado de archivo y primera vista de modelo - NAVISWORKS



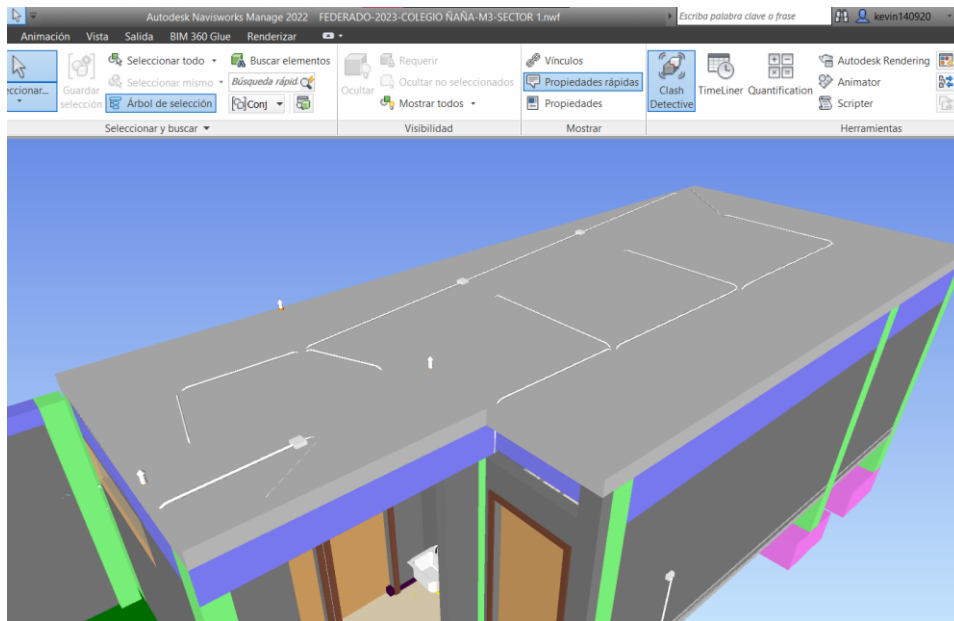
Como primera instancia, se realizará una revisión visual del modelo como parte de la preparación para su presentación en las sesiones ICE.

Se tuvieron los siguientes comentarios:

- Se puede apreciar que las tuberías eléctricas estaban por encima la parte superior de la losa (ver Figura 115).

Figura 115

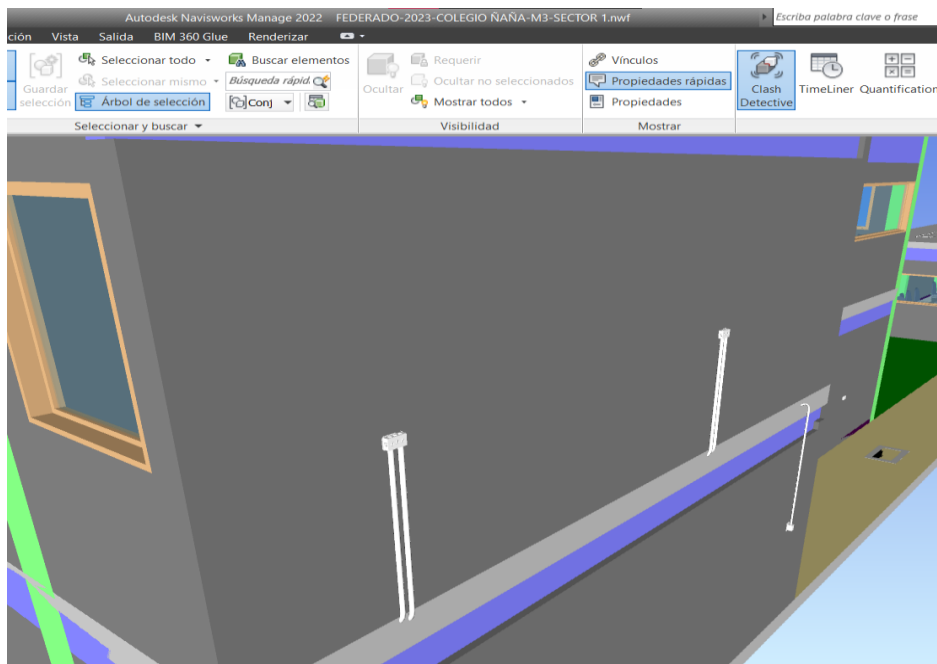
Instalaciones eléctricas muy por encima que la losa



- Se observa que las tuberías eléctricas de tomacorrientes están hacia fuera de los muros (ver Figura 116).

Figura 116

Tuberías de tomacorrientes sobresalen de los muros



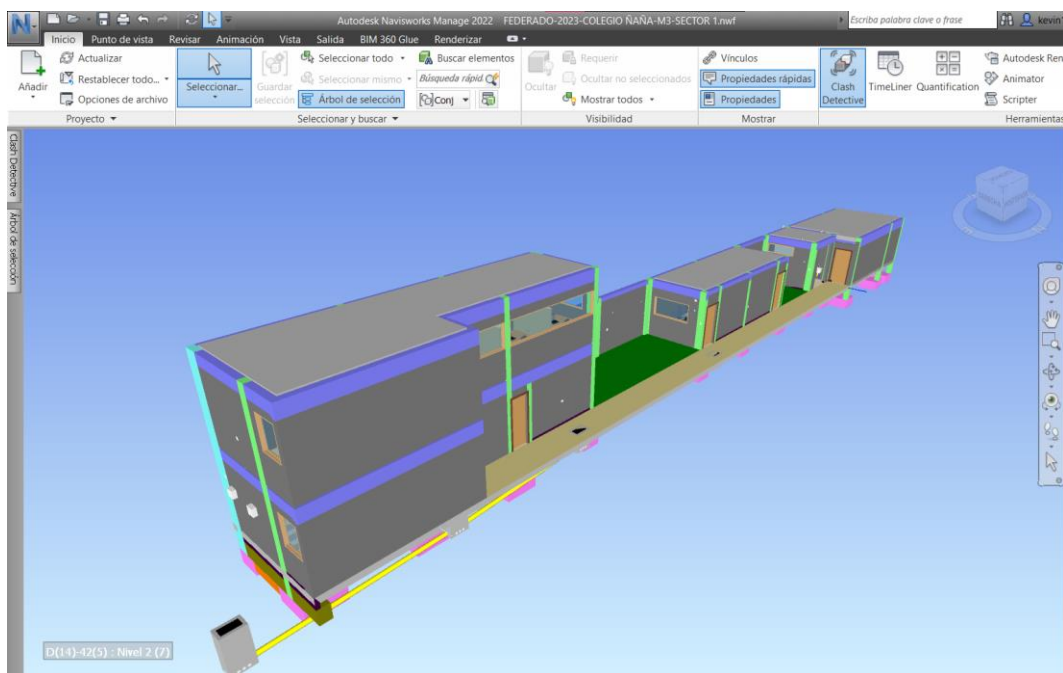
En esta primera revisión visual se encontraron problemas de posición entre las tuberías eléctricas, muros y techos. Estos problemas en el modelado se tendrán que

corregir para luego pasar a una verificación con la opción “Clash Detective” que es propia del NAVISWORKS para realizar la revisión automatizada, esta verificación permitirá ver con mayor detalle que estructuras se están cruzando entre ellas.

Estas correcciones serán importantes ya que permitirá tener un modelo mejor elaborado y acorde a una construcción como tal. Estas modificaciones que se van a realizar son a criterio del equipo de ingeniería (**Fase previa**) cuyo modelo federado será presentado al equipo de obra en las sesiones ICE (**Fase operativa**) para su discusión (ver Figura 117).

Figura 117

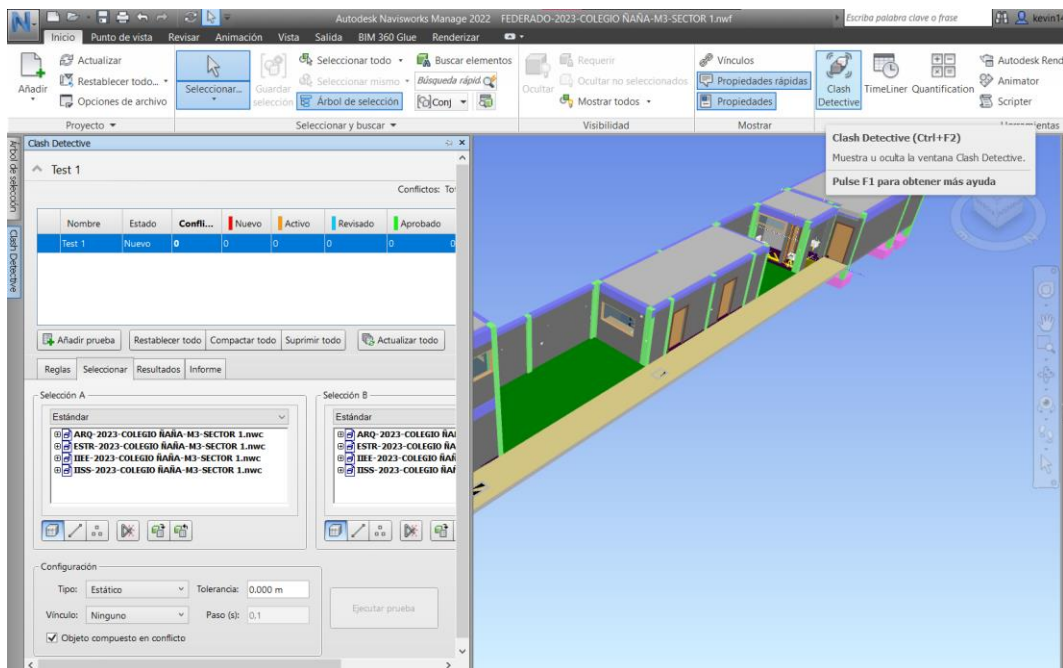
Modelo corregido – Revisión visual



Se continuará con la opción “Clash Detective” para realizar una revisión automatizada con mayor detalle, esta opción mostrará un listado de interferencias entre cruces de elementos de cada modelo insertado al NAVISWORKS (ver Figura 118).

Figura 118

Opción Clash Detective – NAVISWORKS



Se realizará tres pruebas. En la primera prueba se buscará las interferencias entre la disciplina de Arquitectura y Estructuras, en la segunda prueba se buscará las interferencias entre Inst. Eléctricas y Estructuras; finalmente, se buscará las interferencias entre Inst. Sanitarias y Estructuras.

- **ARQUITECTURA VS ESTRUCTURAS**

Se revisará que las puertas, muros, ventanas, iluminarias no interfieran con la parte estructural del proyecto. Se puede evidenciar que las interferencias que se encontraron era de puertas y ventanas que estaban en contacto con las columnas. (ver Figura 119 y 120).

Figura 119

Cruce entre puerta y columna estructural

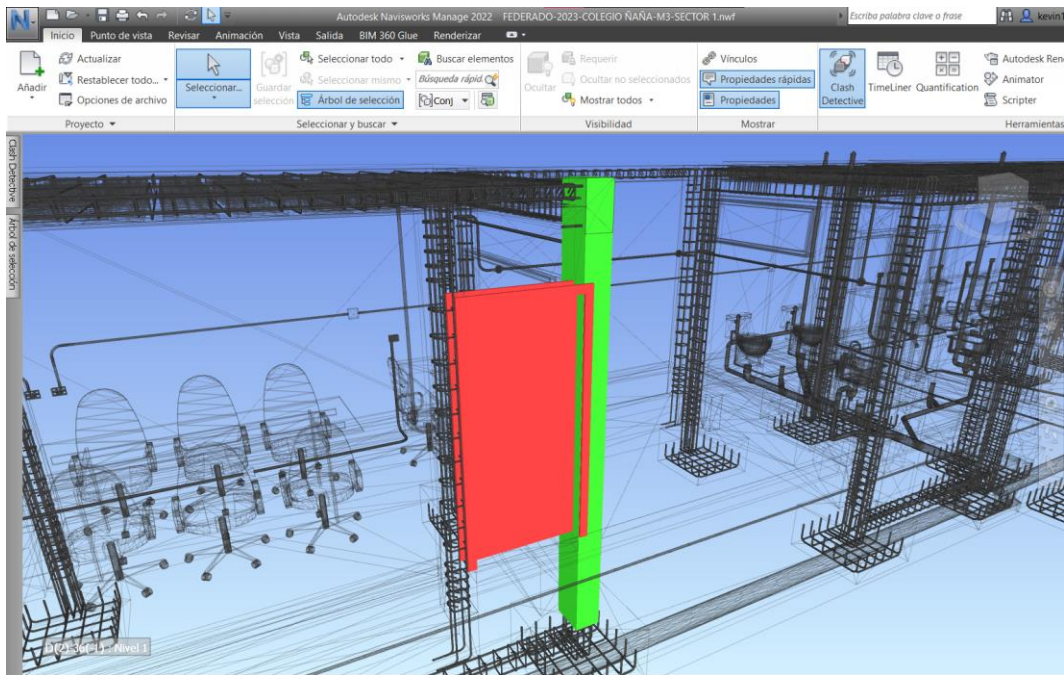
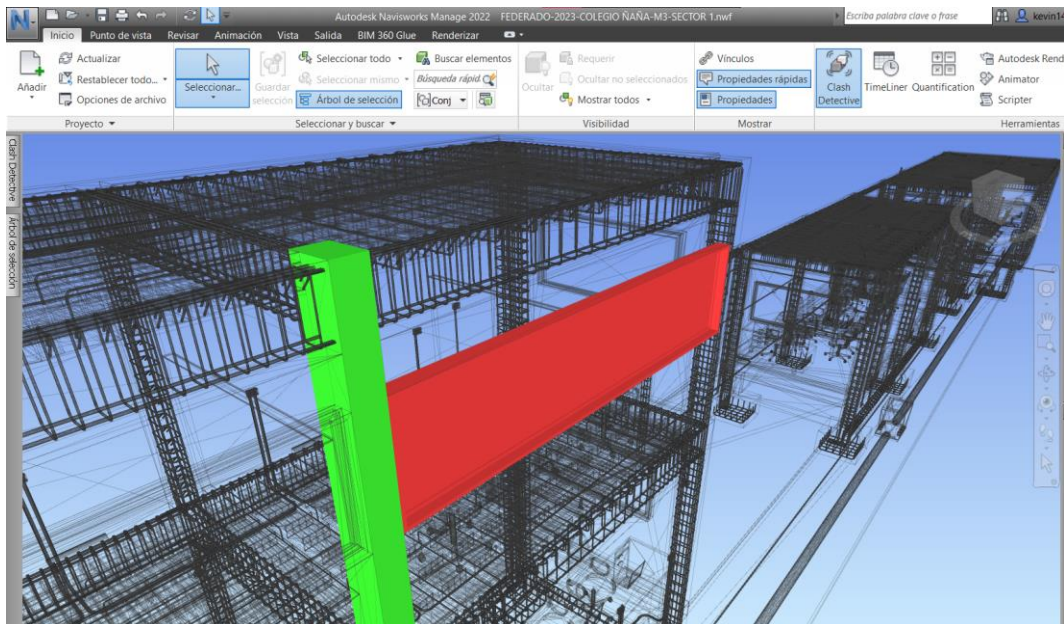


Figura 120

Contacto entre ventana y columna estructural

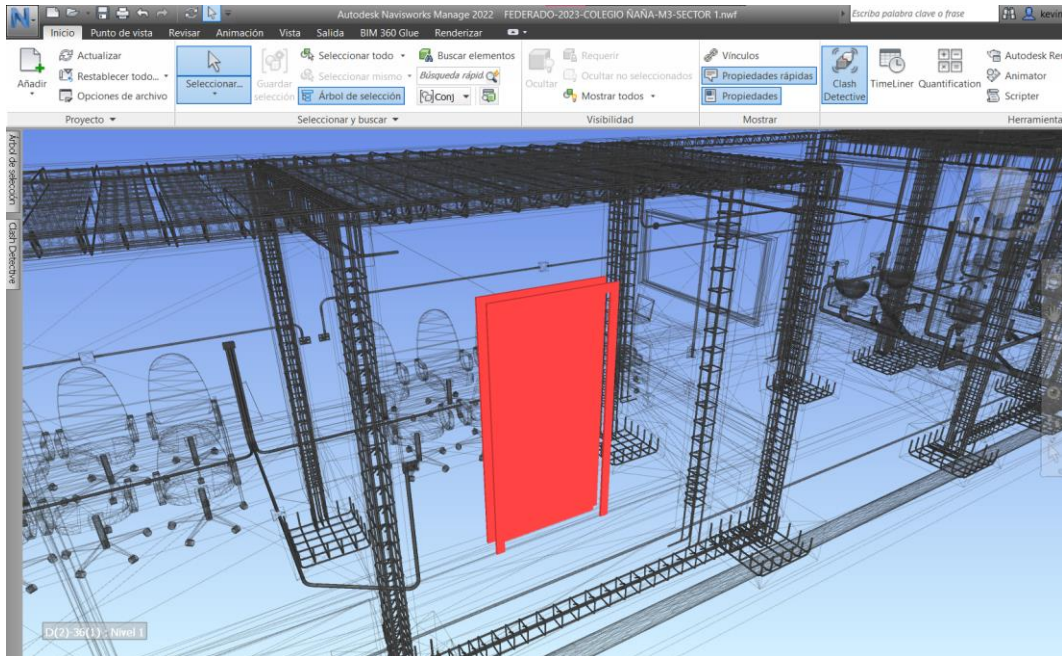


Las interferencias encontradas eran mínimas, para el caso de la ventana se optó por reducir su dimensión en un pequeño porcentaje para evitar el contacto con la columna

estructural. Para el caso de puerta, se tomó la decisión de cambiar su lugar ya que no era viable disminuir el ancho de la puerta (ver Figura 121).

Figura 121

Cambio de posición de la puerta - NAVISWORKS



- **INSTALACIONES ELÉCTRICAS VS ESTRUCTURAS**

Las interferencias identificadas fueron de cruces entre las tuberías de iluminarias con losas aligeradas, losas macizas y vigas peraltadas. Esto cruces no afectan a la parte estructural ya que son tuberías eléctricas y tienen un diámetro reducido, además, estos cruces ya estaban considerados como parte del diseño estructural (ver Figura 122 y 123).

Figura 122

Cruce de tubería eléctrica con losa maciza – NAVISWORKS

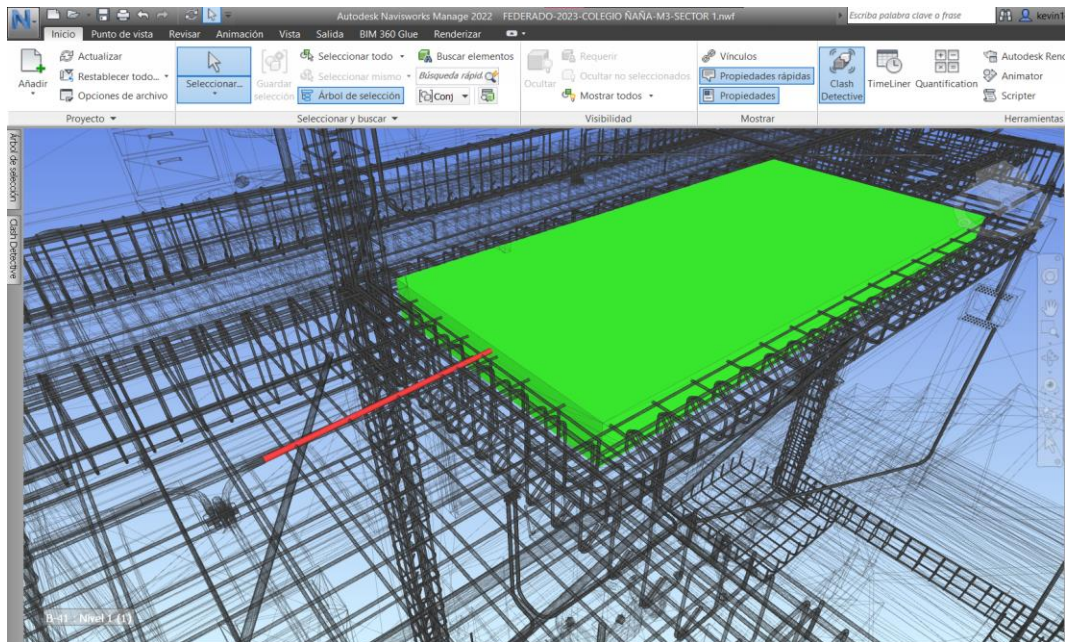
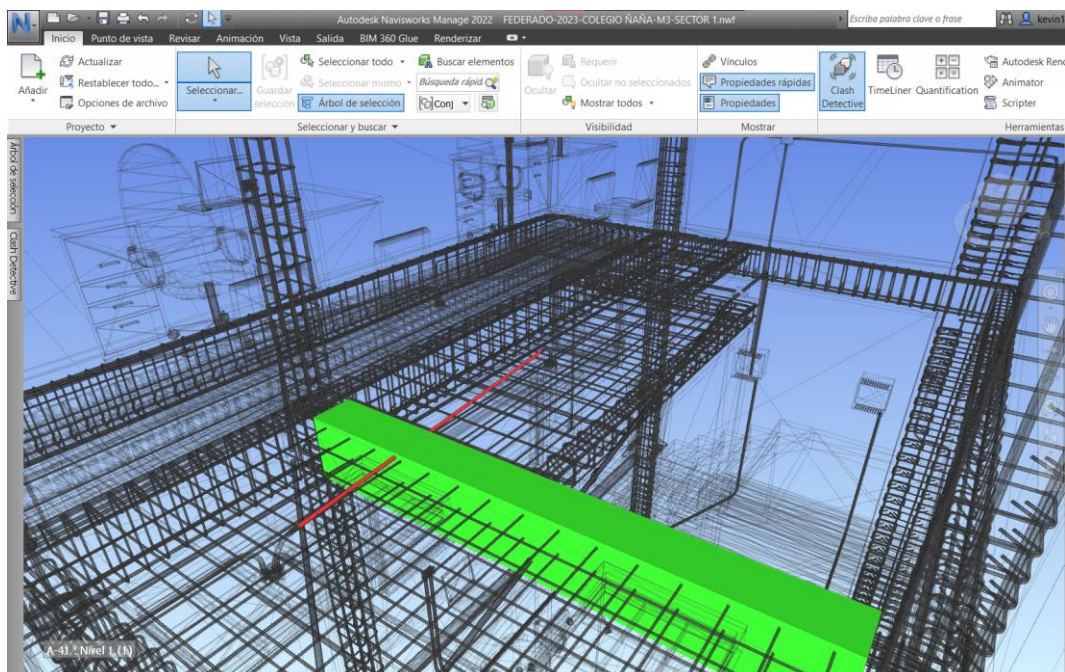


Figura 123

Cruce de tubería eléctrica con viga peraltada - NAVISWORKS



- **INSTALACIONES SANITARIAS VS ESTRUCTURAS**

Todas las interferencias encontradas son de cruces de tuberías de ventilación (\varnothing 2") con vigas peraltadas, tuberías de agua (\varnothing 1/2") y tuberías de desagüe (\varnothing 4") con el sobrecimiento de muros. Estas interferencias encontradas ya fueron consideradas en el diseño estructural y por ello no hubo cambio alguno debido a estas interferencias (ver Figura 124, 125 y 126).

Figura 124

Cruce de tubería de desagüe (\varnothing 4") con sobrecimiento

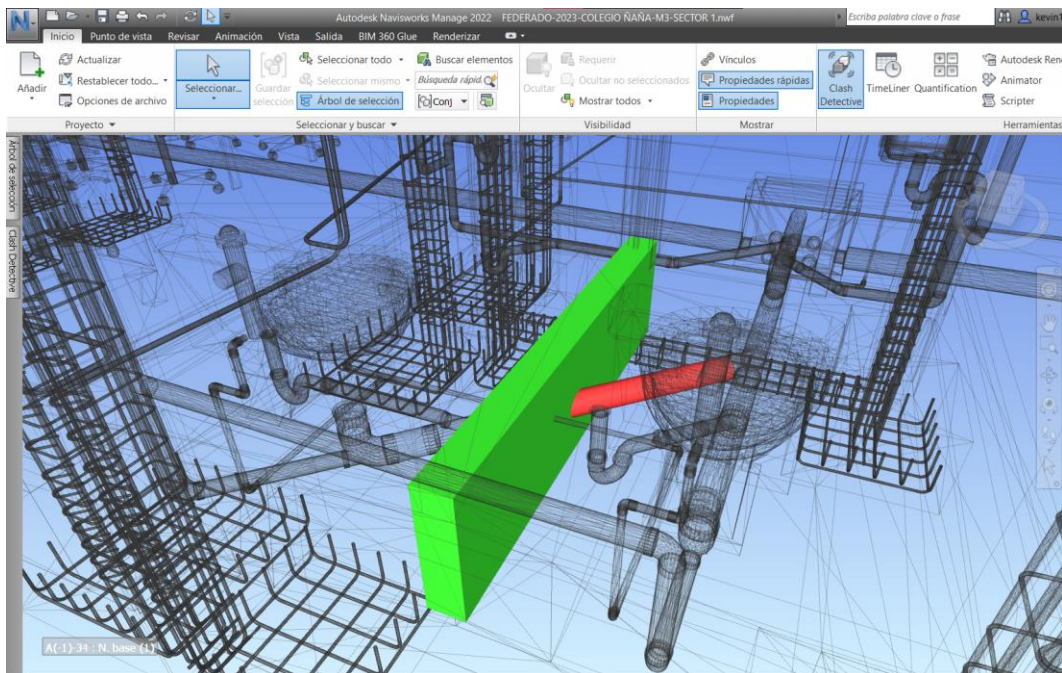


Figura 125

Cruce de tubería de ventilación (Ø2") con viga peraltada

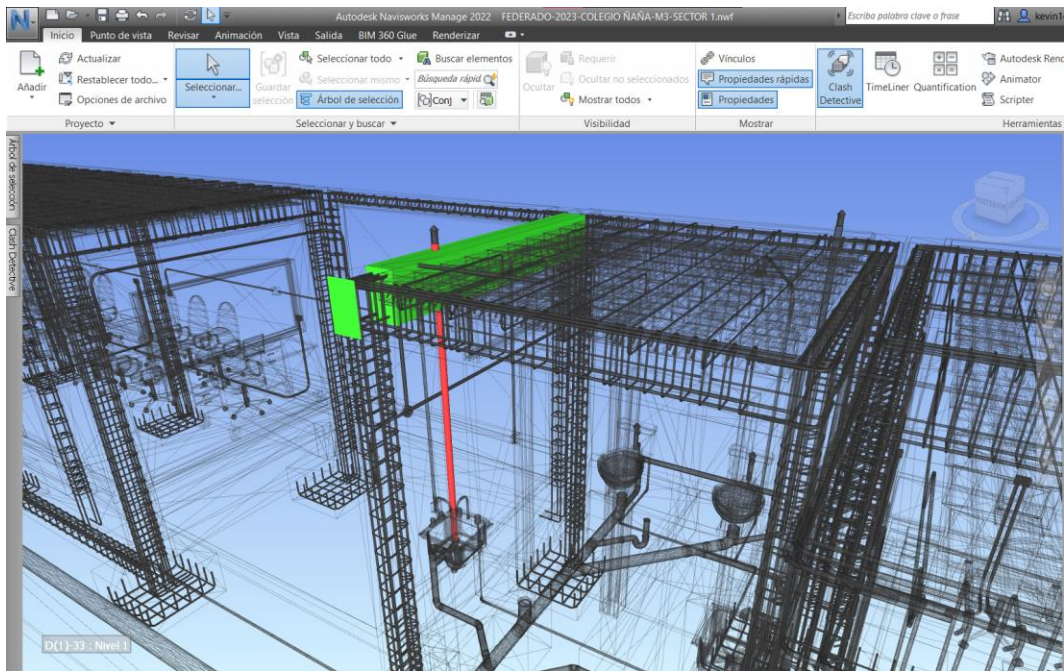
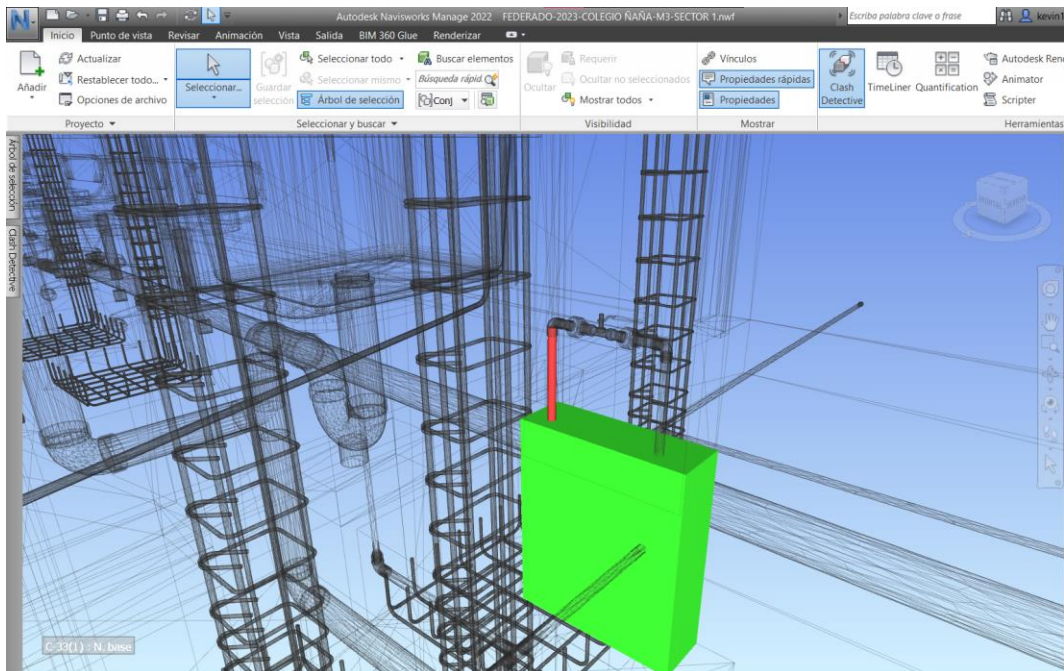


Figura 126

Cruce de tubería de agua (Ø1/2") con sobrecimiento



5.2 Fase operativa

Esta parte de las sesiones ICE corresponde a la Fase de Validación de la propuesta de marco VDC planteado. El modelo federado actualizado con el levantamiento de observaciones dadas por el equipo de diseñadores será presentado en las sesiones ICE.

Será importante tener en cuenta ciertos puntos que harán que la sesión ICE sea productiva para resolver cualquier duda referido al tema constructivo; por ello, se seguirán los siguientes componentes que apoyarán a la buena realización de una sesión ICE (Ver Figura 127).

Figura 127

Componentes para la buena realización - Sesión ICE



- **COMPONENTE HUMANO**

La sesión ICE servirá de apoyo para discutir si el proyecto presentado es viable en términos de constructibilidad. Lo que se busca de una sesión ICE no es cantidad, sino calidad de personas; es por ello que será esencial tener a los profesionales adecuados para dar sus opiniones sobre el proyecto. Se tendrá la participación de:

- Responsable(s) de Arquitectura
- Responsable(s) de Estructura
- Responsable(s) de Inst. Eléctricas

- Responsable(s) de Inst. Sanitarias
- Responsable(s) de Producción
- Administradores de la sesión

Se está considerando necesario contar con administradores de la sesión para llevar las pautas de la agenda, planificar la sesión, apoyar con la interacción dentro de la sesión, etc.

La participación en conjunta entre el equipo de diseño y de obra será esencial para absolver cualquier duda y con ello tener una mejora continua en la realización de proyectos a futuro. Los comentarios del equipo de obra será útil ya que tendrán otra perspectiva de poder abordar el proyecto y si mediante el proceso de diseño se consideró un criterio de constructibilidad. Es por ello, que se está considerando la presencia de un responsable de producción, quien debido a su expertise dará su feedback acerca del proyecto.

Los profesionales se apoyarán de los modelos BIM para la visualización del proyecto. El modelo federado será utilizado para comentar que decisión se ha tomado para solucionar las interferencias, así mismo, no toda interferencia conllevará a un cambio en el diseño ya planteado para subsanar este problema. Realizar un cambio en el diseño ya planteado dependerá del grado o nivel de la interferencia y esto estará muy relacionado, en primera instancia, a que tanto afecta la parte estructural.

- COMPONENTE FÍSICO

Se deberá darle importancia a la parte tangible que complementa la sesión ICE.

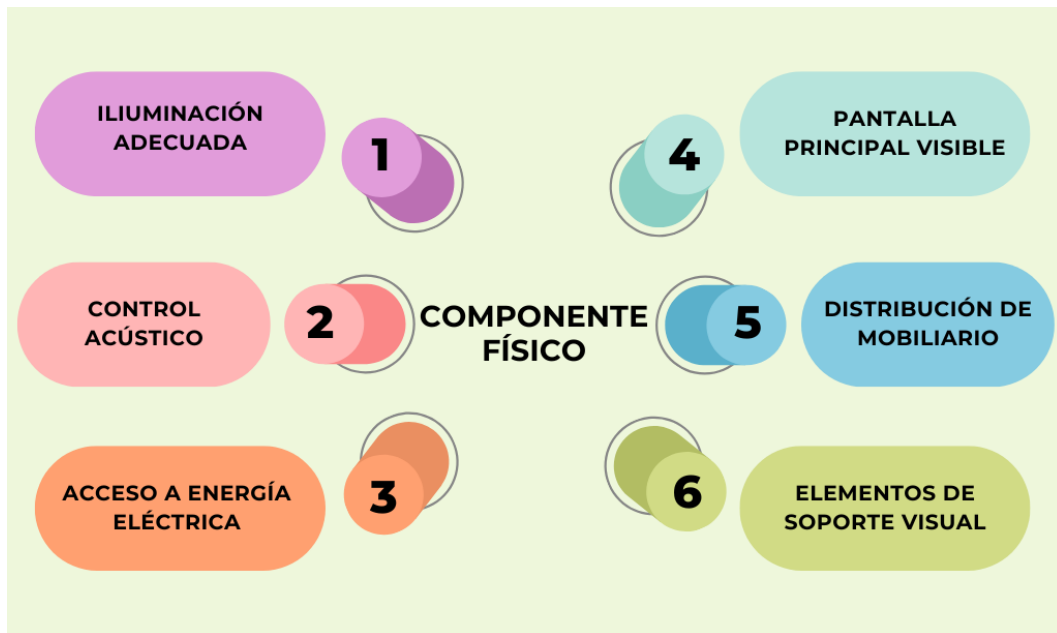
La sala deberá contar con buena iluminación, sin ruidos externos, la posición de la pantalla principal deberá permitir que cada integrante puede visualizar la información que se va a presentar, su tamaño deberá ser acorde a la cantidad de personas que participan en dicha sesión.

Se va a completar con tomacorrientes cercanos o en la misma mesa de la sesión para cualquier conexión de laptops de los participantes, así mismo, una buena distribución de los asientos es en forma de "U" para una correcta atención de la pantalla principal o cualquier interacción entre los integrantes.

Una pizarra y plumones dentro de la sala será ideal para cualquier aclaración de alguna información, recordemos que la información gráfica es la más acertada para especificar o aclarar cualquier comentario (ver Figura 128).

Figura 128

Componente Físico - Sesión ICE



- **COMPONENTE ESTRATÉGICO**

Se deberá tener una agenda con los temas a tratar en la sesión ICE, esto será necesario ya que proporcionará las pautas y los tiempos para mantener el orden dentro de la sesión. Respecto al día para realizar la sesión, está será acordada entre todos los responsables y los administradores. Así mismo, el equipo de diseño deberá luz verde cuando ya tengo todo listo para la presentación en la sesión ICE para acordar el día.

La agenda que se ha propuesto para la sesión ICE es la siguiente (ver Tabla 8):

Tabla 8

Agenda – Sesión ICE

ITEM	ACTIVIDADES	HORARIO
01	Información del proyecto	10:00 – 10:10 am
02	Arquitectura	10:10 – 10:20 am
03	Estructuras	10:20 – 10:30 am
04	Inst. Eléctricas	10:30 – 10:40 am
05	Inst. Sanitarias	10:40 – 10:50 am
06	Modelo Federado	10:50 – 11:00 am
07	Interferencias	11:00 – 11:20 am
08	Análisis y Comentarios de obra	11:20 – 11:50 am

De la **Tabla 8** mostrada, se puede apreciar que en la parte inicial de la sesión ICE se presentará toda la información referente del proyecto (ubicación, objetivos, etc.). Se continuará con la presentación de los modelos BIM tanto de arquitectura, estructuras, inst. eléctricas, inst. sanitarias y el modelo federado. Los responsables de cada especialidad

darán a conocer su diseño propuesto mediante los modelos, no será necesario explicar a detalle cual ha sido el criterio del diseño que se ha planteado ya que el fin la sesión será dar a conocer visualmente el proyecto al equipo de obra para su posterior comentario acerca de la constructibilidad. Se está considerando un tiempo máximo de 10 minutos para la presentación del proyecto entre los **ítems 01 al 06**.

En el **ítem 07**, se comentará las interferencias que no han sido necesario realizar algún cambio en el diseño ya planteado debido a que no afectan la parte estructural o dicha afectación a la parte estructural es mínimo y ya ha sido considerado en su diseño. Este fragmento de la sesión ICE tiene como fin dar a conocer al equipo de obra las interferencias que se van a encontrar ya en la construcción misma y tener desde una etapa inicial una planificación de cómo abordar dicho problema si es que tuviera alguna restricción o fuera una actividad crítica que se necesita terminar lo más pronto posible para no afectar los plazos. Se está considerando un tiempo máximo de 20 minutos.

En el **ítem 08**, se buscará las opiniones del equipo de obra respecto a la constructibilidad del proyecto, que tan relevante son las interferencias en la parte constructiva, etc. Esta información será útil ya que ayudará a mejorar al equipo de diseño a tomar mejores decisiones para un proyecto futuro. La mejora continua dentro del equipo de diseño será resultado de las sesiones ICE que se está planteando.

- **COMPONENTE FUNCIONAL**

Para el correcto desarrollo de la sesión ICE, será fundamental contar con funciones, roles o responsabilidades para algunos miembros que formarán parte de la sesión a realizarse. Se presentan las funciones que serán requeridas:

- Líder
- Facilitador

El **Líder** de la sesión ICE será el encargado de dirigir la sesión, asegurando que las decisiones tomadas estén alineadas con los objetivos del proyecto. Sus responsabilidades incluyen:

- ✓ **Inicio y conducción de la sesión:** Iniciar la sesión, presentando los objetivos y la agenda, y moderando la discusión para mantener el enfoque en los temas relevantes.

- ✓ **Fomento de la participación:** Animar a todos los participantes a expresar sus ideas y opiniones, creando un ambiente de colaboración y respeto.

- ✓ **Alineación con los objetivos del proyecto:** Velar por que las decisiones tomadas durante la sesión ICE contribuyan al logro de los objetivos generales del proyecto.
- ✓ **Gestión del tiempo:** Asegurar que la sesión se desarrolle dentro del tiempo programado, cubriendo todos los temas de la agenda de manera eficiente.

Idealmente, el jefe de proyecto debería asumir el rol de líder de la sesión ICE. Además de su profundo conocimiento del proyecto, el líder debe poseer habilidades de comunicación efectiva y capacidad para resolver conflictos entre los participantes.

El Facilitador de la sesión ICE será el apoyo principal del líder, encargándose de la planificación y organización de la sesión. Sus responsabilidades incluyen:

- ✓ **Planificación de la sesión:** Elaborar la agenda de la sesión ICE, definiendo los temas a tratar y asignando tiempos para cada uno.
- ✓ **Convocatoria de los participantes:** Invitar a los participantes a la sesión, asegurándose de que cuenten con la información necesaria (fecha, hora, ubicación, agenda).
- ✓ **Gestión de la información del proyecto:** Recopilar y organizar toda la información relevante para la sesión, incluyendo objetivos del proyecto, modelos BIM (arquitectura, estructura, federado), agenda de la sesión, etc.
- ✓ **Presentación de modelos BIM:** Mostrar los modelos BIM durante la sesión para aclarar dudas y facilitar la comprensión de los temas en discusión como apoyo de cada responsable presente.
- ✓ **Visualización de interferencias:** Presentar el modelo federado para identificar y analizar las interferencias encontradas entre los diferentes modelos.
- ✓ **Toma de apuntes:** Registrar los comentarios de los participantes y las decisiones finales tomadas durante la sesión.

El facilitador juega un papel crucial en la sesión ICE, ya que su conocimiento técnico y capacidad de organización permiten que la sesión se desarrolle de manera fluida y eficiente.

Estos 02 miembros serán considerados como administradores de la sesión ya que tienen una participación indirecta en la elaboración del proyecto, sin embargo, su presencia es crucial para dar el soporte a esclarecer cualquier duda necesaria referente al proyecto.

Conclusiones

En respuesta al problema específico uno, en efecto se pudo proponer un flujo de trabajo para indicar las actividades requeridas para establecer esta propuesta de marco VDC bajo la metodología BIM y sesiones ICE para el diseño de colegios públicos ejecutados por empresas pequeñas. Así mismo, dentro de este flujo de trabajo se indica la importancia y utilidad que tiene la estructuración de carpetas para la gestión de información.

En respuesta al problema específico dos, fue posible justificar la opción de OneDrive como un Entorno Común de Datos (CDE) de bajo costo realizando una comparativa de costos con la alternativa que plantea el Autodesk con su producto de BIM Collaborate Pro. Además, el OneDrive como un CDE hizo posible realizar el modelamiento sincronizado entre los diseñadores de cada área mediante la opción “Collaborate” que tiene el Revit. Para ello, será necesario que se tenga una buena planificación de las actividades de cada diseñador y comunicación para tener un modelamiento sincronizado fluido. Así mismo, esto representa una alternativa viable para las empresas pequeñas que se dedican al rubro de diseño de proyectos.

En respuesta al problema específico tres, las sesiones ICE realizadas dentro de esta propuesta de marco VDC tuvieron un aporte valioso ya que permitieron juntar a los responsables de los diseños y producción con el objeto de analizar y discutir temas de interferencias y constructibilidad del diseño planteado. Así mismo, será importantes tomar en cuenta a todos los componentes indicados para tener una correcta sesión ICE.

En respuesta al problema general, la propuesta de marco VDC está conformada por un flujo de trabajo que permite detallar las actividades dentro de las fases de Diseño, Coordinación y Validación. Además, con las actividades se indican el proceso de adaptación del OneDrive como Entorno Común de Datos que hará posible realizar el modelamiento sincronizado entre los diseñadores de cada área y los lineamientos que se tienen para realizar una sesión ICE con el objeto de analizar las interferencias y constructibilidad del proyecto.

Recomendaciones

La estructura de carpetas propuestas se puede ajustar acorde a los lineamientos de cada empresa, organización, grupo, etc. La gestión de información será importante para el control del desarrollo del proyecto.

Una vez convertido un archivo Revit en modelo central ya no podemos cambiar la ubicación ni el nombre de este archivo. Por ello, debemos de colocar el archivo Revit en su ubicación adecuada dentro de las carpetas y su nombre específico.

Cuando uno abra el archivo de modelo mediante el modelo central (como ya se explicó en el desarrollo de esta investigación) para realizar un avance, pueden suceder dos cosas:

La opción de "Create New Local" estará habilitado y no habrá ningún problema.

La opción de "Create New Local" no estará habilitado para el modelo Central ubicado desde el acceso directo "PROYECTOS BIM" ubicado en el Disco C. Ante esto, se va a tener que abrir el modelo Central entrando desde el mismo OneDrive. Para ello, vamos a ubicar la carpeta donde se encuentre el modelo central y vamos a notar que ya está habilitado la opción para crear un modelo Local.

No es necesario guardar todas las copias del modelo Local cuando se ya se quiera cerrar el Revit. Simplemente podemos reemplazar el mismo archivo de modelo Local para no gastar almacenamiento en nuestra PC. Esto es debido a que toda la información sincronizada ya se está guardando en el OneDrive a través del modelo Central.

Antes sincronizar el avance de cada diseñador con el modelo central se recomienda mirar si la fecha de modificación del archivo que tiene este modelo central está actualizada si es que alguien ha sincronizado minutos antes. Sucede que si otro usuario o diseñador a sincronizado y uno quiere sincronizar luego de 1 o 2 minutos (por ejemplo, para decir en un corto tiempo) puede pasar que aún se esté subiendo la sincronización del avance del otro diseñador al modelo central que está en la nube OneDrive. Se debe tener la certeza de que el modelo central ya se ha actualizado (sincronizado) totalmente y es suficiente con revisar que la fecha de modificación del modelo central se ha actualizado para tener total certeza de que uno ya puede sincronizar.

Acotando a la recomendación anterior sobre si un diseñador sincroniza su avance cuando aún no se ha subido la sincronización del otro diseñador a la nube, va a pasar que el mismo OneDrive va a generar una copia del modelo central. Esto es un problema ya que no se va a poder sincronizar los avances de ningún diseñador debido a que se tiene dos archivos y el Revit no va a saber cuál es el verdadero.

Cada vez que el archivo central se dañe debido a varias circunstancias como: cambio en el nombre del archivo, cambios de ubicación, sincronización entre 02

diseñadores al mismo tiempo, sincronización cuando recién se estaba subiendo el avance de otro diseñador al OneDrive, etc. la forma de solucionarlo es abriendo el modelo central tal cual se indica en el **Capítulo IV – Figura 39** y colocando la opción “Detach from Central” (Desenlazar del modelo central). Esto hará que se abra un archivo normal con todos los avances ya realizados y sincronizados que **está totalmente desvinculado del modelo central**. Guardamos este archivo con un nombre y en su lugar respectivo. Luego, convertimos este archivo nuevamente en un modelo central con la opción “Collaborate”. El modelo central anterior ya no será necesario tenerlo y se podrá eliminar.

Referencias bibliográficas

- Aaltonen, K., y Turkulainen, V. (2023). The use of collaborative space and socialisation tensions in inter-organisational construction projects. *Construction Project Organising*, 11, 167-183. <https://doi.org/10.1002/9781119813798.ch11>
- Abad, A. C., Lastra, M. M., Marquez, W. F., Siguas, J. L., y Zárate, K. E. (2021). *Implementación de la metodología Virtual Design and construction (VDC) a la construcción del edificio José Gonzales 685 en Miraflores, Lima – Perú, 2020* [Tesis de maestría, Universidad peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <http://hdl.handle.net/10757/659073>
- Acevedo, L. M. (2021). *Implementación BIM bajo la norma ISO 19650 en una empresa de construcción de la ciudad de Cartagena* [Tesis de pregrado, Universidad de Cartagena]. <https://hdl.handle.net/11227/14805>
- Afzal, M., Shafiq M. T., y Jassmi H. A. (2021). Improving construction safety with virtual-design construction technologies – a review. *ITcon*, 26, 319-340. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2021.018>
- Ajslev, J. Z. N., y Nimb, I. E. E. (2022). Virtual design and construction for occupational safety and health purposes—A review on current gaps and directions for research and practice. *Safety Science*, 155, 105876. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105876>
- Al Hattab, M., y Hamzeh, F. (2018). Simulating the dynamics of social agents and information flows in BIM-based design. *Automation in Construction*, 92, 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.03.024>
- Alfaro, L. A. (2019). *“Incidencia en presupuesto aplicando la metodología building information modelling (BIM) para la UGEL-Bambamarca y bloque 1 del hospital de Jaén.”* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/3353>
- Alvarez, E., Ccahuana, W., Quiroz, E., y Quispe, H. (2020). *Estudio comparativo del sistema de gestión tradicional versus la metodología bim, en la etapa de diseño y construcción en las dimensiones 4d y 5d, caso de estudio obra: “mejoramiento de los servicios de salud en el Centro de Salud Ttio – Distrito de Wanchaq – Provincia de Cusco – Región Cusco”* [Tesis de maestría, Universidad peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <http://hdl.handle.net/10757/655805>
- Apaza, V. A., Silva, H. J., y Tagle, A. F. (2021). *“Incumplimiento de plazo y costo por la deficiente elaboración de expedientes técnicos, al no utilizar herramientas de la metodología BIM, en el sector público de la región Arequipa. Caso de estudio:*

- Construcción de las Escuelas Profesionales de Ciencias de la Computación e Ingeniería de Telecomunicaciones, distrito, provincia y región Arequipa* [Tesis de maestría, Universidad peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <http://hdl.handle.net/10757/659319>
- Arevalo, A., y Soto, J. (2022). *Building Information Modeling (BIM) y su desarrollo en la industria de la construcción* [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional de la Universidad de Piura. <https://hdl.handle.net/11042/5635>
- Aslam, M., Gao, Z., y Smith, G. (2021). Integrated implementation of Virtual Design and Construction (VDC) and lean project delivery system (LPDS). *Journal of Building Engineering*, 39, 102252. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102252>
- Belsvik, M. R., Lædre, O., y Hjelseth, E. (2019). Metrics in VDC Projects. *Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 1129–1140. <https://doi.org/10.24928/2019/0167>
- Bravo, A., y Mendoza, J. (2019). *Propuesta de un método de integración basado en las herramientas de Integrated Project Delivery y Virtual Design and Construction para reducir el impacto de las incompatibilidades en la etapa de diseño de edificios residenciales de alto desempeño en Lima Metropolitana* [Tesis de titulación, Universidad peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <http://hdl.handle.net/10757/628154>
- Breistein, H., y Lædre, O. (2022). Implementing VDC. *Proc. 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)* , 937-948. <https://doi.org/10.24928/2022/0204>
- Bustos Álvarez, M., y Sosa Pedroza, T. E. (2021). Edificaciones resilientes para las urbes latinoamericanas. *MIC (BIM) como metodología integradora. Anuario de administración y tecnología para el diseño*, 22, 81-94. <https://doi.org/10.24275/issn.2594-1283.2021>
- Cayón, P. (2020). *BIM Nivel II: Análisis normativo e importancia del Entorno de Datos Comunes. Comparativa entre Projectwise y Vircore como CDEs* [Tesis de maestría, Universidad de Cantabria]. Repositorio Institucional de la Universidad de Cantabria <http://hdl.handle.net/10902/19094>
- Córdova, J. A. (2023). *Plan de ejecución BIM y modelado BIM para la gestión del proyecto de viviendas y habilitación urbana Las Lomas de Yura" en Arequipa (Perú)* [Tesis de máster, Universitat Politècnica de València]. Repositorio Institucional UPV. <http://hdl.handle.net/10251/196621>
- Crasa Infraestructura. (15 de enero de 2020). *Entendendo a Modelagem de Informação da Construção (BIM)*. Recuperado de: <https://www.crasainfra.com/post/entendendo-a-modelagem-de-informacao-da-construcao-bim>

- Cucho, A., y Gonzáles, K. (2021). *Impacto en el desarrollo de proyectos de inversión pública en una comisaría policial mediante implementación BIM en la etapa de diseño* [Tesis de maestría, Universidad peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <http://hdl.handle.net/10757/659072>
- Del Savio, A. A, Vidal Quincot, J. F, Bazán Montalto, A. D., Rischmoller Delgado, L. A, y Fischer, M. (2022). Virtual Design and Construction (VDC) Framework: A Current Review, Update and Discussion. *Applied Sciences*, 12 (23), 12178. <https://doi.org/10.3390/app122312178>
- Fuentes, P., Leiva, M., y Pinedo, W. (2021). *Modelo de gestión integrado de la Metodología BIM con la gestión de interesados, comunicaciones y recursos de la guía del PMBOK® en la elaboración de expedientes técnicos para proyectos de inversión pública para edificaciones* [Tesis de maestría, Universidad peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <http://hdl.handle.net/10757/656741>
- Guío, É. L., Parra, A. G. y Zola, D. (2023). *Propuesta metodológica para la gestión de proyectos en la fase de diseños bajo un enfoque Building Information Modeling - BIM en el Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá D.C.* [Tesis de maestría, Universidad EAN]. Biblioteca Digital Minerva. <http://hdl.handle.net/10882/12422>
- Gutiérrez, K., y Godoy, P. (2020). Estándares y trabajo colaborativo como parte de la enseñanza BIM en educación superior. *Revista Pensamiento Académico*, 3(1), 168-185. <https://doi.org/10.33264/rpa.202001-12>
- Johnsen, L., Tadayon, A., y Memić, N. (2024). Impact of Virtual Design and Construction (VDC) on the Construction Industry: Changes and Challenges for Project Managers. *Procedia Computer Science*, 239, 974-981. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.06.259>
- Majumdar, T., Rasmussen, S. G., Savio, A. A. D., Johannesdottír, K., Hjelseth, E., y Fischer, M. A. (2022). VDC in Practice: A Preliminary Categorization of Production Metrics Reported in Scandinavia and Latin America. *Proc. 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 1177–1185. <https://doi.org/10.24928/2022/0230>
- Mendez, D. (2021). *Financiamiento y rentabilidad de las micro y pequeñas empresas del sector construcción del Perú: Caso empresa "S&T Contratistas y Servicios Múltiples" S.R.L. de Ayacucho, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Los Ángeles Chimbote]. Repositorio Institucional ULADECH. <https://hdl.handle.net/20.500.13032/27377>
- Ministerio de Economía y Finanzas (2021). *Plan de implementación y hoja de ruta del plan BIM Perú*. Recuperado de:

https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/anexos/anexo_RD0002_2021EF6_301.pdf

- Monge, J. A. (2018). *Comparación dentro del flujo de trabajo BIM a través de las etapas de un proyecto de vivienda contra la metodología tradicional en dos dimensiones* [Tesis de licenciatura, Universidad Latina de Costa Rica]. Repositorio ULatina. <https://hdl.handle.net/20.500.12411/897>
- Morales, D. (2022). *Análisis y simulación de los flujos del trabajo colaborativo en la planificación, diseño y ejecución de un modelo a escala reducida mediante la metodología BIM* [Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica]. Repositorio SIBDI-UCR. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/17615>
- Nicodemo, A. G., y Gaitán, J. D. (2024). *Propuesta de un plan para mejorar la Constructibilidad de un Proyecto Minero de Cobre de 80 KTPD durante la Etapa de Factibilidad, mediante aplicación de herramientas BIM y Estrategias de Prefabricación* [Tesis de pregrado, Universidad peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <http://hdl.handle.net/10757/674628>
- Ozturk, G, B. (2019). The Relationship Between BIM Implementation and Individual Level Collaboration in Construction Projects. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 471, 022042. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/2/022042>
- Pedraza, J. P., Alba, A., y Hernández, A. F. (2023). *Desarrollo de una guía metodológica para la implementación de la metodología Building information modeling (BIM) en empresas de ingeniería en Colombia: enfoque práctico para proyectos de diseño de infraestructura vial* [Tesis de maestría, Escuela Colombiana de Ingeniería]. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/2586>
- Prado, G. (2021). Challenges of Virtual Design and Construction Implementation in Public Projects. *Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 413-422. <https://doi.org/10.24928/2021/0129>
- Rafsanjani, H. N., y Nabizadeh, A. H. (2023). Towards digital architecture, engineering, and construction (AEC) industry through virtual design and construction (VDC) and digital twin. *Energy and Built Environment*, 4, 169-178. <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2021.10.004>
- Ramírez, J. (2018). *Comparación entre metodologías building information modeling (BIM) y metodologías tradicionales en el cálculo de cantidades de obra y elaboración de presupuestos. Caso de estudio: edificación educativa en Colombia.* <http://hdl.handle.net/11349/7820>
- Rengifo Fuentes, R., Valdez Eguiluz, N., y Almeida Del Savio, A. (2024). Analysis of the Construction Sequence of a Reaction Wall in a Structural Laboratory Supported by

- the VDC Methodology. *Applied Sciences*, 14(21), 9622. <https://doi.org/10.3390/app14219622>
- Rivas, R. (2019). Estudio del desarrollo del BIM en conjunto con el Blockchain en el sector de la construcción [Tesis de maestría, Universitat Politècnica de Catalunya]. Repositorio Institucional de la UPC. <http://hdl.handle.net/2117/172820>
- Saieg, P., Sotelino, E. D., Nascimento, D., y Caiado, R. G. G. (2018). Interactions of Building Information Modeling, Lean and Sustainability on the Architectural, Engineering and Construction industry: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 174, 788-806. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.030>
- Salinas, J., y Prado, G. (2019). Building information modeling (BIM) to manage design and construction phases of Peruvian public projects. *Building y Management*, 3(2), 48-59. <https://doi.org/10.20868/bma.2019.2.3923>
- Shafiq, M. T., y Afzal, M. (2020). Potential of Virtual Design Construction Technologies to Improve Job-Site Safety in Gulf Corporation Council. *Sustainability*, 12(9), 3826. <https://doi.org/10.3390/su12093826>
- Trejo Carvajal, N. (2018). *Estudio de impacto del uso de la metodología BIM en la planificación y control de proyectos de ingeniería y construcción* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168599>
- Yana Castro, A. S., y Yoctún Rios, R. R. (2023). Evaluación del flujo de trabajo en la fase de diseño, a través del uso de la metodología BIM-VDC aplicado en una edificación multifamiliar en Lima. *Informes De La Construcción*, 75(750), e490. <https://doi.org/10.3989/ic.6181>
- Yañez, D. S. (2023). *Retos de la implementación de BIM durante la etapa de diseño de infraestructura de salud* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/24639>
- Yeison, A. (2019). Coordinación de un proyecto de edificación mediante metodologías bim – caso de estudio edificio tequendama ii - permoda [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional RIUCaC. <https://hdl.handle.net/10983/23896>