



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**USO DE LA METODOLOGÍA BIM PARA LA
OPTIMIZACIÓN DEL MODELADO DE PUENTES EN LA
EMPRESA SCALA, SUPERVISIÓN, CONSULTORÍA,
ASESORÍA Y LABORATORIO S.A DE C.V**

**TITULACIÓN INTEGRAL
INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL**

**PRESENTA:
EHYVAR BERNABE VILORIA**

**NOMBRE DEL ASESOR:
ING.- MIGUEL ANGEL DAZA MERINO**



APIZACO, TLAX., ENERO 2026



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
Ciencias de la Tierra

Apizaco, Tlaxcala, **26/Septiembre/2025**

Oficio No. C.T./444/2025

Asunto: Liberación de Proyecto
para Titulación integral

CECILIA YARELLY ARREGUIN LARA
JEFA DE LA DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

Nombre del Egresado:	Ehyvar Bernabe Viloria
Carrera:	Ingeniería Civil
No. de Control:	19370212
NOMBRE DEL PROYECTO:	"USO DE LA METODOLOGIA BIM PARA LA OPTIMIZACION DEL MODELADO DE PUENTES EN LA EMPRESA SCALA, SUPERVISION, CONSULTORIA, ASESORIA Y LABORATORIO S.A. DE C.V."
Producto:	Titulación Integral Informe de Residencia Profesional.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir. Servir para Triunfar®

EDUARDO CUATLANQUIZALIMA
JEFE DEL DEPTO. CIENCIAS DE LA TIERRA



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS DE LA TIERRA

M.I.C. MIGUEL ANGEL DAZA MERINO
ASESOR

ccp. División de Estudios Profesionales (Comuníquese al interesado)
Servicios Escolares
Archivo

[Firma]
LJLMH



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Abasahuatpec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241)
4172010 Ext. 117, e-mail: ctierra@apizaco.tecnim.mx tecnim.mx |





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala **07/noviembre/2025**

BERNAVE VILORIA EHYVAR
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
CIVIL
CON NÚMERO DE CONTROL 19370212.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **"USO DE LA METODOLOGÍA BIM PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL MODELADO DE PUENTES EN LA EMPRESA SCALA, SUPERVISIÓN, CONSULTORÍA, ASESORÍA Y LABORATORIO S.A DE C.V."**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar 1 USB del mismo, apropiadamente empastado, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

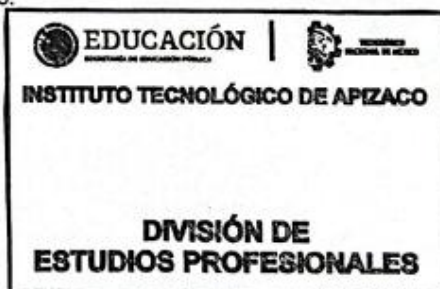
Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

CECILIA YARELY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo

CYAL/rrc



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010
Ext. 304, e-mail: dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la empresa SCALA, Supervisión, Consultoría, Asesoría y Laboratorio S.A. de C.V., por brindarme la oportunidad de formar parte de su equipo y permitirme avanzar en este importante paso en mi formación profesional como ingeniero civil.

Agradezco de manera especial a mis padres, Adrián Bernabé Larios y Ricarda Guillermina Vilorio Osorio, quienes a lo largo de mi carrera universitaria me han brindado un apoyo incondicional. Sus esfuerzos, sacrificios y amor son algo que valoro profundamente y les agradeceré toda mi vida. No hay palabras suficientes para describir lo maravillosos padres que son.

A mis hermanos de toda la vida: Armando, Adriana, Ricardo, Óscar, Mauro, Gabriela y José Luis, les agradezco por sus consejos, los cuales han sido fundamentales para mi formación como una persona de valores y principios sólidos.

Y a esas personas que me encontré en mi camino gracias por su apoyo constante, por sus palabras de aliento y por recordarme siempre que nunca debo rendirme.

Índice

.....	
Agradecimientos.....	iv
Índice.....	v
Resumen.....	viii
Introducción.....	9
Descripción de la Empresa.....	10
Puesto de Trabajo del Estudiante.....	12
Objetivo General.....	13
Objetivos Específicos	13
Planteamiento del Problema.....	14
Justificación.....	15
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	16
1.1. Origen y Evolución de BIM.....	16
1.2. Principios y Fundamentos de la Metodología BIM	19
1.3. Ciclo de Vida de un Proyecto	20
1.4. Herramientas y Software Utilizados en BIM	21
1.5. Dimensiones y su Impacto en la Optimización (3D, 4D, 5D, 6D y 7D)	23
1.6. Niveles de Desarrollo (LOD) y Niveles de Información (LOI)	25
1.7. Nivel de Madurez y Evolución en la Implementación de BIM.....	28

1.8. Plan de Ejecución BIM (BEP) en Proyectos de Puentes	29
1.9. Optimización en el Contexto BIM	33
1.10. Beneficios en la Optimización de Proyectos Estructurales.....	34
1.11. ¿Qué Es El Modelado De Puentes?.....	35
1.12. Diseño De Puentes Con BIM.....	36
1.13. Normativas y Estándares Aplicables a BIM en México	38
CAPITULO II:	41
BIM PARA OPTIMIZAR EL MODELADO DE PUENTES	41
2.1 Análisis del Flujo de Trabajo Actual en SCALA.....	41
2.2. Flujo de Trabajo Actual para Modelado de Puentes.....	47
2.3. Herramientas y Métodos Tradicionales Utilizados.....	48
2.4. Limitaciones y Oportunidades de Mejora Detectadas	49
2.5 Caso de Estudio	51
2.6. Selección de Software y Herramientas BIM	55
2.7. Flujo de Trabajo	56
2.8. Anteproyecto, Análisis de Información Técnica y Transición (Planos)	57
2.9 Diseño Geométrico.....	60
2.10. Modelado Estructural	91
2.11. Modelo de Armado Estructural	137
CAPITULO III:	146

3.1 Comparación del Flujo de Trabajo Tradicional Vs. Optimizado con BIM.	146
3.2 Las Diferencias Clave Entre los Flujos de Trabajo	149
3.3 Impacto de BIM en la Reducción de Errores y Retrabajo en el Diseño Estructural.....	153
3.4 Evaluación de la Eficiencia en el Flujo de Trabajo con BIM	153
FUENTES DE INFORMACIÓN	158
ANEXOS (B) IMÁGENES	206

Resumen

La implementación de la metodología BIM (*Building Information Modeling*) representa un paso significativo hacia la modernización de los procesos tradicionales en México, donde su adopción aún no se ha generalizado, especialmente en proyectos carreteros, ámbito en el que se especializa la empresa SCALA, Supervisión, Consultoría, Asesoría y Laboratorio S.A. de C.V.

En el contexto actual, sectores como la ingeniería civil y la agricultura, a pesar de su relevancia económica y social, no han incorporado por completo innovaciones tecnológicas en sus métodos de trabajo, a diferencia de otras disciplinas. Esta situación plantea un reto importante, pero también una oportunidad para avanzar hacia prácticas más eficientes y alineadas con los estándares globales.

Este trabajo se enfoca en la generación de modelos mediante un flujo de trabajo optimizado, así como en la coordinación e interacción entre softwares especializados.

Esta implementación de BIM no solo permite optimizar los procesos de modelado, sino también impulsar un futuro más tecnológico en la ingeniería civil en México, particularmente en el ámbito de los proyectos carreteros. Además, contribuye a la mejora continua de los procesos y a la adopción de estándares internacionales, posicionando a SCALA como una empresa innovadora en su sector.



Introducción

En la actualidad, la industria de la construcción, una de las más relevantes para el desarrollo económico y social, enfrenta hoy un reto crucial: optimizar procesos para responder a las crecientes demandas de eficiencia y calidad. En este contexto, la metodología BIM (Building Information Modeling) se ha posicionado como un cambio metodológico que transforma la forma de diseñar, construir y gestionar proyectos. Sin embargo, en países como México, la adopción de BIM aún no se ha generalizado. Mientras que sectores como la edificación muestran un avance más acelerado, otros, como los proyectos carreteros e infraestructura, se mantienen rezagados y continúan dependiendo de métodos tradicionales de diseño y construcción

La empresa SCALA, Supervisión, Consultoría, Asesoría y Laboratorio S.A. de C.V., especializada en proyectos de infraestructura vial, no es ajena a esta realidad. A pesar de su experiencia y liderazgo en el sector, SCALA enfrenta desafíos relacionados con la limitada adopción de herramientas digitales avanzadas en sus procesos, lo que limita su capacidad para competir en un mercado global cada vez más exigente. Entre estos desafíos se encuentran la falta de adopción de tecnologías innovadoras, ineficiencias en los procesos actuales, altos costos derivados de retrabajos y resistencia al cambio por parte del personal.

Descripción de la Empresa

Somos una empresa 100% mexicana que inició sus actividades en 2004. SCALA® es el primer eslabón de un grupo corporativo de empresas interrelacionadas que operan sinérgicamente. El mercado principal es la construcción de infraestructura de Comunicaciones y Transportes, así como servicios relacionados a la planeación y proyectos.

Nuestra operación se sustenta en 30 años de experiencia en desarrollo de infraestructura y servicios a nivel federal y estatal de sus fundadores y de todos los colaboradores; así como en la ejecución de 400 contratos, con más de 2,450 km de proyectos terminados y 1,750 km de supervisión de obra realizados en 30 entidades y más de 100 kilómetros en ejecución de programas ambientales.

Estamos integrados por personal altamente calificado con ideas innovadoras y con profunda voluntad de servicio. Nos especializamos en la elaboración, control de calidad, supervisión de proyectos de ingeniería y control ambiental; garantizando servicios de calidad acorde a las necesidades de nuestros clientes, contribuyendo al desarrollo de la infraestructura que día a día requiere el país.

Misión

Crear ingeniería de valor que supere las expectativas de nuestros clientes, contribuyendo al desarrollo social mediante equipos de alto nivel estratégico e innovación continua.

visión

Ser la primera opción en servicios de ingeniería a nivel mundial; ofreciendo diversidad con altos estándares de calidad, tecnología, productividad y ética profesional, garantizando la rentabilidad de las inversiones.

Política Integral

En SCALA® nos comprometemos a proponer, evaluar y determinar soluciones viables de calidad en la prestación de los servicios relacionados con el desarrollo de la infraestructura de vías terrestres, contribuyendo al cuidado del medio ambiente a través del control y prevención de nuestros aspectos ambientales significativos e implementación de tecnologías sustentables; cumpliendo las necesidades y expectativas de nuestras partes interesadas, así como el marco legal aplicable, sin olvidar velar por la seguridad de los colaboradores, previniendo accidentes y enfermedades originadas en el lugar de trabajo para su bienestar físico y mental, mediante su consulta y participación para la correcta identificación y eliminación de peligros, proporcionando un lugar de trabajo seguro, logrando la satisfacción del cliente y mejorando continuamente nuestros procesos a través de un eficaz desempeño del Sistema de Gestión de Integral.

Slogan

Crear ingeniería de valor que supere las expectativas de nuestros clientes, contribuyendo al desarrollo social mediante equipos de alto nivel estratégico e innovación continua.

Certificación

ISO 9001:2015 en servicios de infraestructura vial, supervisión de construcción, estudios ambientales, programas y proyectos viales.

Ubicación

- Privada 6 B Sur 2902 Local D, Ladrillera de Benítez, 72530 Puebla, Puebla; México.
- TEL: (222) 403 3575
- MAIL: clientes@scalapc.com

Puesto de Trabajo del Estudiante

Estuve en el área de Coordinación de Proyectos, desempeñándome como practicante con el objetivo de adquirir experiencia en la implementación de la metodología BIM. Estuve bajo la supervisión y guía de los ingenieros Fernando Ismael Dávila Álvarez y Aurelio Rodríguez García, quienes contribuyeron a mi formación profesional en este ámbito.

Objetivo General

Analizar el flujo de trabajo existente en SCALA para optimizar el proceso de modelado de puentes utilizando la metodología BIM, tomando como base los planos estructurales validados por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte (SICT) del proyecto ejecutivo "Autopista La Pitahaya - Libramiento Oriente San Luis Potosí", con el fin de mejorar la precisión y eficiencia en los procesos de diseño y simulación actualmente utilizados en la empresa.

Objetivos Específicos

- Analizar el flujo de trabajo actual de la empresa.
- Proponer un flujo de trabajo basado en BIM.
- Desarrollar un modelo estructural de un puente utilizando herramientas BIM
- Evaluar los beneficios de la implementación de BIM en comparación con los métodos tradicionales.

Planteamiento del Problema

La construcción de puentes representa un reto significativo en la ingeniería civil, donde la precisión y la eficiencia son cruciales para garantizar la seguridad y funcionalidad de las infraestructuras. Aunque la metodología BIM se ha posicionado como una herramienta innovadora para transformar los procesos de diseño y construcción, muchas empresas del sector, incluyendo SCALA, aún dependen de métodos tradicionales que resultan ineficientes y propensos a errores.

En SCALA, la falta de integración y coordinación entre equipos de trabajo, así como la dependencia de documentos en 2D, generan malentendidos, retrabajos y, en última instancia, incrementos en los costos y tiempos de ejecución. Esto plantea la siguiente pregunta: ¿Cómo puede la implementación de la metodología BIM optimizar el modelado de puentes en SCALA, mejorando la calidad y eficiencia del diseño y la construcción?

La respuesta a esta pregunta es fundamental para identificar áreas de mejora y oportunidades de innovación en la empresa. La adopción de BIM no solo permitiría optimizar los procesos de modelado, sino también fomentar una cultura de colaboración y eficiencia, alineada con los estándares globales de la industria.

Justificación

La implementación de BIM en SCALA representa un avance crucial para modernizar sus procesos de diseño y construcción. Aunque la empresa ha sido eficiente con herramientas tradicionales como AutoCAD, la falta de integración entre disciplinas y el uso de dibujos 2D pueden generar errores y retrabajos. BIM permite crear modelos 3D detallados, mejorar la coordinación entre equipos y simular el comportamiento estructural con mayor precisión. Con el respaldo de planos validados por la SICT, este proyecto no solo mejorará los procesos internos de SCALA, sino que también fortalecerá su posición competitiva en el mercado nacional de infraestructura.

CAPÍTULO I:

MARCO TEÓRICO

1.1. Origen y Evolución de BIM

La metodología BIM (Building Information Modeling) ha revolucionado la industria de la construcción al permitir la creación y gestión de modelos digitales que integran información técnica, funcional y geométrica. Sin embargo, su desarrollo no fue un proceso lineal, sino el resultado de décadas de innovación en diseño asistido por computadora (CAD), modelado 3D y gestión de datos. Comprender el origen y la evolución de BIM es fundamental para apreciar su impacto actual y su potencial futuro, especialmente en sectores como la ingeniería civil y la construcción de infraestructuras, donde su adopción está transformando los procesos de diseño, construcción y mantenimiento.

Las primeras innovaciones surgieron en el periodo de 1957 a 1975

1957: El Dr. Patrick J. Hanratty desarrolló "Pronto", el primer software comercial de fabricación asistida por ordenador (CAM), sentando las bases para el diseño asistido por computadora.

1963: Ivan Sutherland creó "Sketchpad" en el MIT, el primer sistema de diseño asistido por ordenador (CAD) con una interfaz gráfica, permitiendo la creación de gráficos interactivos.

1975: Charles Eastman publicó el concepto del Building Description System (BDS), un prototipo que introdujo ideas clave como el diseño paramétrico y una base de datos única para análisis visuales y cuantitativos, considerándose precursor del BIM moderno.

El desarrollo inicial de BIM comenzó entre 1980 y 1995

1980: Se creó el estándar ISO STEP para el intercambio de datos, y se lanzó ArchiCAD, el primer software específicamente diseñado para BIM, marcando un hito en la representación digital de proyectos.

1985: Aparecieron herramientas como Vectorworks y Pro/ENGINEER, que introdujeron capacidades de modelado paramétrico y 3D, fortaleciendo los fundamentos de BIM.

1995: Se desarrolló el formato IFC (Industry Foundation Classes), permitiendo la interoperabilidad entre diferentes programas BIM y revolucionando la colaboración entre equipos.

La Consolidación del BIM empezó entre 2000 y 2010

2000: Lanzamiento de Revit, una herramienta clave para la implementación de BIM, que introdujo el modelado paramétrico y la gestión de información integrada.

2001: NavisWorks desarrolló JetStream, un software para la revisión de diseños en 3D, detección de conflictos y simulación de construcción.

2006-2010: Se realizaron los primeros proyectos de Integrated Project Delivery (IPD) en EE. UU., y países como Finlandia y el Reino Unido publicaron guías y normativas para la implementación de BIM.

La adopción global y obligatoriedad del BIM se han extendido desde el año 2010 hasta la actualidad

2010: El Reino Unido anunció requisitos para la implementación de BIM en proyectos públicos, convirtiéndose en un referente global.

2016: El Reino Unido hizo obligatorio el uso de BIM en proyectos de obras públicas.

2018: España estableció la obligatoriedad de BIM en licitaciones públicas de edificación, consolidando su adopción en Europa.

En la actualidad: BIM se ha convertido en una metodología esencial en la construcción moderna, con una adopción creciente en América Latina y otros mercados emergentes.

(Valdivieso, 2023)

1.2. Principios y Fundamentos de la Metodología BIM

De acuerdo con varias fuentes de información, la metodología BIM (Building Information Modeling) se basa en principios y fundamentos que la diferencian de los métodos tradicionales de diseño y construcción. BIM permite crear y gestionar modelos digitales que integran información geométrica, técnica y funcional de un proyecto. No se limita a un software específico, sino que es un proceso colaborativo que abarca todas las fases del ciclo de vida de un proyecto, desde el diseño conceptual hasta la operación y mantenimiento.

Los principios clave de BIM son:

Digitalización: BIM se basa en la creación de modelos digitales que representan de manera precisa la geometría, la información y las relaciones de los elementos de un edificio o infraestructura. Estos modelos digitales son mucho más que simples dibujos 3D, ya que contienen información detallada sobre cada elemento, como sus materiales, propiedades físicas, costos, etc.

Integración: BIM permite integrar información de diversas disciplinas (arquitectura, ingeniería estructural, instalaciones, etc.) en un solo modelo. Esto facilita la coordinación y colaboración entre los equipos de trabajo, ya que todos tienen acceso a la misma información actualizada.

Interoperabilidad: BIM promueve el uso de estándares abiertos que permiten el intercambio de información entre diferentes softwares y plataformas.

Esto facilita la colaboración y evita la pérdida de datos, ya que la información puede ser compartida y utilizada por diferentes herramientas.

Colaboración: BIM fomenta el trabajo colaborativo entre los diferentes actores de un proyecto (diseñadores, constructores, contratistas, etc.). Al tener acceso a un modelo centralizado y actualizado, todos los miembros del equipo pueden trabajar de manera conjunta y coordinada.

Simulación: BIM permite simular el comportamiento de un edificio o infraestructura en diferentes escenarios (análisis estructural, energético, lumínico, etc.). Esto ayuda a optimizar el diseño y reducir riesgos, ya que se pueden evaluar diferentes opciones y tomar decisiones informadas.

1.3. Ciclo de Vida de un Proyecto

A partir de lo expuesto anteriormente esta metodología abarca todo el ciclo de vida útil de la estructura, desde la etapa de prefactibilidad hasta el mantenimiento lo que permite gestionar información geométrica, de tiempos, costos, logística, fabricación, entre otros. En el caso de los puentes, esta metodología se conoce como BrIM (Bridge Information Modeling) o Modelado de Información para Puentes.

BrIM integra todas las etapas de construcción de un puente, desde el diseño y construcción hasta el mantenimiento y gestión de la infraestructura, lo que se traduce en una mayor eficiencia, calidad y sostenibilidad a lo largo de su ciclo de vida.

Fases del ciclo de vida de un proyecto BIM

- Anteproyecto: Comprende la comprensión del lugar donde se desarrollará el proyecto
- Construcción: Incluye el control de costes y tiempos
- Operación y mantenimiento: Incluye la gestión de los avances tecnológicos en materia de automatización y comunicación
- Renovación o demolición: Incluye el derribo y, a ser posible, reciclaje del proyecto

Según la encuesta BIM del Banco Interamericano de Desarrollo, la adopción de esta metodología en América Latina y el Caribe está creciendo, sobre todo en el diseño. No obstante, aún es limitada en obras de infraestructura. Por ello, varios países impulsan su uso en el sector público para mejorar la productividad y transparencia. En este contexto, se vuelve clave contar con soluciones BrIM adaptadas a proyectos de puentes, que permitan elegir el software más adecuado según el flujo de trabajo.

(Encuesta BIM: América Latina y el Caribe 2020, 2021)

1.4. Herramientas y Software Utilizados en BIM

Como se menciona la metodología BIM no se limita si no que existen diversas herramientas y softwares BIM disponibles en el mercado, cada uno con características y funcionalidades específicas. Estas herramientas permiten la creación, gestión y

coordinación de modelos digitales, facilitando la implementación de BIM en proyectos de ingeniería civil, como en este caso el modelado de puentes.

A continuación, se presenta una comparación de las principales herramientas BIM utilizadas en la industria, destacando sus características, aplicaciones en proyectos de puentes y ventajas principales

Autodesk Revit: Versátil para modelar elementos estructurales de puentes y su entorno, destaca por su amplia biblioteca de componentes paramétricos.

Bentley AECOsim Building Designer: Especializado en infraestructura civil, facilita la integración del diseño del puente con el entorno vial y geotécnico, ofrece herramientas específicas para proyectos de infraestructura.

Nemetschek Allplan: Ideal para proyectos que requieren colaboración multidisciplinaria, brinda flexibilidad en el diseño y coordinación de proyectos complejos.

Trimble Tekla Structures: Se enfoca en estructuras de acero y concreto, permitiendo el modelado preciso de elementos complejos de puentes, es eficaz para grandes proyectos gracias a su precisión.

Civil 3D (Autodesk): Específico para diseño de infraestructura civil, facilita la integración del diseño del puente con su entorno, ofrece herramientas para alineaciones y perfiles.

Infraworks (Autodesk): Permite la planificación y diseño conceptual de infraestructuras a gran escala, facilita la visualización y análisis del impacto ambiental de los proyectos.

Inventor (Autodesk): Permite el diseño de componentes mecánicos y estructurales complejos, es muy útil para el diseño de componentes específicos de los puentes.

Navisworks (Autodesk): Esencial para la revisión y coordinación de modelos BIM en 3D, ayuda a detectar conflictos y simular la construcción (4D).

Formato IFC: Estándar abierto para el intercambio de información entre diferente software BIM, esta facilita la colaboración entre disciplinas y la integración de modelos.

En esencia estas herramientas BIM permiten a los profesionales de la ingeniería y la construcción crear modelos 3D precisos de puentes, integrar datos de diversas disciplinas, analizar el impacto ambiental, simular la construcción y mejorar la colaboración entre los equipos. Esto conduce a proyectos de puentes más eficientes, seguros y sostenibles.

1.5. Dimensiones y su Impacto en la Optimización (3D, 4D, 5D, 6D y 7D)

Como hemos visto en el apartado anterior, BIM se apoya en una variedad de herramientas y software para llevar a cabo el modelado y la gestión de la información en proyectos de construcción. Estas herramientas permiten crear modelos 3D, simular el comportamiento de las estructuras, gestionar la información del proyecto y mucho más.

Sin embargo, BIM va más allá de la simple creación de modelos 3D. La metodología BIM abarca diferentes dimensiones que añaden información y

funcionalidades a los modelos, permitiendo optimizar los proyectos en múltiples aspectos. A continuación, exploraremos las dimensiones de BIM.

Las dimensiones BIM se refieren a las diferentes capas de información que se pueden agregar a un modelo BIM, más allá de la geometría 3D. Estas dimensiones permiten optimizar diversos aspectos del proyecto, desde la planificación y el diseño hasta la construcción, operación y mantenimiento.

- **3D (Geometría):** Permite visualizar el proyecto en tres dimensiones, lo que facilita la comprensión del diseño y la detección de posibles errores o conflictos.
- **4D (Tiempo):** Permite simular la secuencia de construcción del proyecto, lo que ayuda a planificar los trabajos y optimizar los plazos.
- **5D (Costos):** Permite estimar los costos del proyecto a partir del modelo BIM, lo que facilita la toma de decisiones y el control del presupuesto.
- **6D (Sustentabilidad):** Permite analizar el impacto ambiental del proyecto y evaluar diferentes estrategias para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones.
- **7D (Mantenimiento):** Permite gestionar la información del modelo BIM durante el ciclo de vida del edificio o infraestructura, lo que facilita el mantenimiento y la operación.

Al integrar estas dimensiones en el modelo BIM de puentes, se puede obtener una visión más completa del proyecto y optimizar diferentes aspectos.

1.6. Niveles de Desarrollo (LOD) y Niveles de Información (LOI)

Para aprovechar al máximo la metodología, es fundamental comprender los conceptos de Niveles de Desarrollo, en el mundo del Building Information Modeling (BIM), los Niveles de Desarrollo (LOD) y los Niveles de Información (LOI) son dos conceptos fundamentales que nos permiten definir el grado de detalle y la calidad de la información que debe contener un modelo BIM en las diferentes etapas de un proyecto. Estos conceptos son especialmente relevantes en el modelado de puentes, donde la complejidad de las estructuras y la gran cantidad de información involucrada hacen que sea crucial establecer criterios claros y precisos sobre el nivel de detalle y la información requerida en cada fase.

¿Qué son los Niveles de Desarrollo (LOD)?

Se refieren al grado de detalle geométrico que tiene un elemento del modelo BIM en una etapa específica del proyecto. En otras palabras, el LOD nos indica qué tan "completo" está un elemento en términos de su forma, tamaño y ubicación.

Ejemplos de LOD en el modelado de puentes:

LOD 100 (Conceptual): Representación básica del puente, sin detalles geométricos. Se utiliza en la fase de conceptualización.

LOD 200 (Diseño esquemático): Modelo con geometría aproximada y elementos genéricos. Se utiliza en la fase de diseño preliminar.

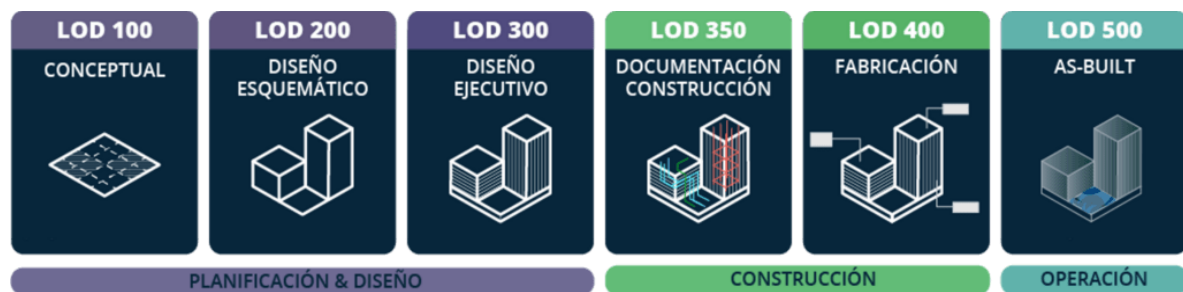
LOD 300 (Diseño detallado): Modelo con geometría precisa y elementos específicos. Se utiliza en la fase de diseño final.

LOD 350 (Coordinación): Modelo con detalles constructivos y conexiones entre elementos. Se utiliza para la coordinación entre disciplinas.

LOD 400 (Fabricación): Modelo con detalles constructivos y especificaciones para fabricación. Se utiliza en la fase de construcción.

LOD 500 (As-built): Modelo que refleja el puente construido, con información precisa. Se utiliza para el mantenimiento y operación.

Imagen 1 - Niveles de LOD en el BIM - Fuente: INESATECH



¿Qué son los Niveles de Información (LOI)?

LOI se refieren a la cantidad y calidad de la información no geométrica que está asociada a los elementos del modelo BIM. Esta información puede incluir datos sobre materiales, propiedades físicas, costos, fabricantes, especificaciones técnicas, etc.

Al igual que los LOD, los LOI también se pueden clasificar en diferentes niveles, que indican la cantidad y calidad de la información disponible.

Ejemplos de LOI en el modelado de puentes:

LOI 100: Se incluye información básica sobre los elementos del puente, como materiales y dimensiones generales.

LOI 200: Se agrega información más detallada sobre los elementos, como propiedades físicas, especificaciones técnicas y costos estimados.

LOI 300: Se incluye información completa y precisa sobre los elementos, como datos de fabricación, instrucciones de instalación y registros de mantenimiento. (Autodesk, 2025)

Definir los LOD y LOI adecuados para cada etapa del proyecto es fundamental para garantizar que el modelo BIM contenga la información necesaria para cada propósito.

Esto permite:

Optimizar el flujo de trabajo: Al establecer criterios claros sobre el nivel de detalle y la información requerida en cada fase, se evitan trabajos innecesarios y se agiliza el proceso de modelado.

Mejorar la comunicación: Al tener una definición clara de los LOD y LOI, todos los miembros del equipo (ingenieros, arquitectos, contratistas, etc.) entienden qué información se espera del modelo en cada momento.

Facilitar la toma de decisiones: Al contar con la información adecuada en cada etapa del proyecto, se pueden tomar decisiones informadas y basadas en datos precisos.

Reducir errores y retrabajos: Al asegurar que el modelo contenga la información necesaria para la construcción, se evitan errores y se reducen los retrabajos en obra.

1.7. Nivel de Madurez y Evolución en la Implementación de BIM

Ahora bien, es importante destacar que el nivel de madurez BIM de una organización se refiere al grado de desarrollo y sofisticación en el uso de BIM. A medida que una organización avanza en su nivel de madurez, puede ir incorporando nuevas dimensiones a sus modelos BIM, lo que le permite obtener mayores beneficios de la metodología.

La implementación de BIM en una empresa u organización es un proceso gradual que evoluciona a través de diferentes niveles de madurez. Estos niveles representan la capacidad de la organización para utilizar BIM de manera efectiva y obtener los beneficios completos de la metodología. El nivel de madurez en BIM se refiere al grado de adopción, integración y aprovechamiento de la metodología en un proyecto o una organización, evaluando cómo se ha progresado desde el uso básico de herramientas digitales hasta la implementación integral y colaborativa de BIM en sus diferentes dimensiones.

(Kinenergy Consultoria - Ingeniería, 2021)

Niveles de madurez BIM

Nivel 0 (Uso de herramientas digitales sin colaboración):

Se caracteriza por el uso de dibujos 2D y procesos de trabajo tradicionales. La información no está integrada ni coordinada. Los proyectos se gestionan mediante planos en papel o archivos digitales en 2D, sin colaboración entre disciplinas.

Nivel 1 (Modelado básico en 3D con procesos aislados):

Se introduce el modelado 3D para la visualización del proyecto, pero la información no está integrada ni coordinada. Se utilizan diferentes softwares para diferentes disciplinas. Cada disciplina trabaja en su propio modelo, sin compartir datos de manera centralizada.

Nivel 2 (Colaboración entre disciplinas):

Se implementa el intercambio de información entre diferentes softwares y disciplinas, lo que permite una mejor coordinación y colaboración.

Se utilizan formatos de archivo abiertos (IFC) para compartir información. Los equipos colaboran en un entorno común, compartiendo información y detectando conflictos de manera temprana.

Nivel 3 (BIM completamente integrado y colaborativo):

Se alcanza un alto nivel de integración y colaboración, con el uso de modelos compartidos y procesos de trabajo optimizados. Se utiliza una plataforma centralizada para gestionar la información del proyecto.

Todas las disciplinas trabajan en un mismo modelo, utilizando herramientas en la nube para la colaboración en tiempo real.

1.8. Plan de Ejecución BIM (BEP) en Proyectos de Puentes

Conociendo todo lo anterior, ahora debemos de conocer que todo buen proyecto con metodología BIM requiere una planificación cuidadosa y detallada para garantizar que se cumplan los objetivos del proyecto y se aprovechen al máximo las ventajas de BIM. El Plan de Ejecución BIM (BEP) se convierte en un documento fundamental que establece el marco de trabajo para el uso de BIM en el proyecto, definiendo los roles y

responsabilidades, los procesos de trabajo, los estándares y herramientas, y otros aspectos clave. Nos apoyaremos principalmente de la norma mexicana NMX-C-527-1-ONNCCE-2017.

Es una norma mexicana muy importante que establece el contenido y el proceso de elaboración de un Plan de Ejecución BIM (BEP) para proyectos de construcción. Esta norma es fundamental para cualquier proyecto BIM en México, ya que proporciona una guía clara y detallada sobre cómo implementar BIM de manera efectiva.

El BEP es un documento que se elabora al inicio del proyecto y se actualiza a medida que avanza. Su objetivo principal es asegurar que todos los miembros del equipo tengan una comprensión clara de cómo se utilizará BIM en el proyecto y cuáles son sus responsabilidades. La norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017 establece el contenido mínimo que debe incluir un BEP, así como el proceso para su elaboración.

A continuación, se detallan 14 aspectos clave que debe incluir un BEP para un proyecto de puente, tomando como referencia la norma mencionada:

1. Visión general del plan BIM:

Se describe el propósito y alcance del BEP, incluyendo los objetivos generales del proyecto y cómo BIM contribuirá a su logro, se identifica a los principales actores involucrados en el proyecto y sus roles en relación con el BEP, se establece el nivel de detalle y la precisión de la información que se manejará en el modelo BIM.

2. Información del proyecto:

Se proporciona información general sobre el proyecto, incluyendo su ubicación, descripción, características principales del puente (tipo, longitud, materiales, etc.), y

cualquier otro dato relevante e incluyen planos y documentos existentes que puedan ser útiles para el desarrollo del modelo BIM.

3. Personal clave del proyecto:

Se identifica a las personas clave del proyecto, incluyendo el BIM Manager o Coordinador BIM, los ingenieros, arquitectos, constructores, contratistas, y otros profesionales relevantes, se describen las responsabilidades y la experiencia de cada persona clave en relación con BIM.

4. Requerimientos del propietario para BIM:

Se detallan los requerimientos específicos del propietario en relación con el uso de BIM en el proyecto. Estos requerimientos pueden incluir los objetivos BIM del

propietario, los entregables BIM, los estándares y herramientas a utilizar, los protocolos de comunicación, etc.

5. Metas y Usos BIM:

Se definen las metas específicas que se quieren lograr con la implementación de BIM en el proyecto y se identifican los usos BIM que se aplicarán en cada fase del

proyecto, como el diseño, la construcción, el análisis estructural, la gestión de la información, etc.

6. Roles y Responsabilidades:

Se describen los roles y responsabilidades de cada miembro del equipo en relación con el uso de BIM se establece quién es responsable de crear, actualizar, compartir y gestionar la información del modelo BIM.

7. Diagrama BIM:

Se incluye un diagrama que representa gráficamente el flujo de trabajo BIM en el proyecto, mostrando las etapas, los procesos y los actores involucrados.

8. Intercambios de Información:

Se definen los protocolos para el intercambio de información entre los diferentes equipos de trabajo, incluyendo formatos de archivo, plataformas de colaboración, frecuencia de actualizaciones, etc.

9. Estrategia de Colaboración:

Se describe la estrategia de colaboración que se utilizará en el proyecto, incluyendo cómo se comunicarán los equipos, cómo se resolverán los conflictos y cómo se tomarán las decisiones.

10. Procedimientos de Control de Calidad de los Modelos:

Se establecen los procedimientos para el control de calidad de los modelos BIM, incluyendo revisiones, validaciones y verificaciones, se definen los criterios de calidad que deben cumplir los modelos BIM en cada etapa del proyecto.

11. Infraestructura Informática:

Se describe la infraestructura informática que se utilizará en el proyecto, incluyendo hardware, software, licencias, plataformas de colaboración, etc.

12. Estructura de los Modelos:

Se define la estructura de los modelos BIM, incluyendo la organización de la información, los niveles de detalle (LOD), las convenciones de nomenclatura, etc.

13. Entregables BIM:

Se especifican los entregables BIM que se generarán en cada etapa del proyecto, incluyendo modelos BIM, planos, informes, etc., se define el formato, el contenido y la frecuencia de entrega de cada entregable.

14. Integración de BIM al Proceso de Modelado en General:

Se describe cómo se integrará BIM al proceso de modelado general del puente, incluyendo cómo se utilizarán los modelos BIM para el diseño, la construcción, el análisis, la gestión, etc.

1.9. Optimización en el Contexto BIM

En la era digital, la optimización de procesos se ha convertido en un factor clave para el éxito de cualquier proyecto de construcción. En este contexto, la metodología BIM (Building Information Modeling) emerge como una herramienta poderosa que permite mejorar continuamente los procesos de diseño y modelado.

¿Qué significa optimizar en el contexto de BIM?

La optimización en el contexto de BIM se refiere a la mejora continua de los procesos de diseño y modelado mediante el uso de herramientas y tecnología que permitan: (Zigurat Institute of Technology., 2023)

- Reducir costos
- Mejorar la eficiencia
- Minimizar errores
- Aumentar la calidad

1.10. Beneficios en la Optimización de Proyectos Estructurales

Los proyectos estructurales, y en particular los puentes, presentan desafíos únicos en cuanto a diseño, construcción y mantenimiento. La metodología BIM ofrece una serie de beneficios que permiten optimizar estos proyectos y superar estos desafíos.

En proyectos de puentes, BIM ofrece beneficios específicos como:

- Mejor coordinación entre disciplinas
- Simulación del comportamiento estructural
- Detección de interferencias
- Visualización y comunicación
- Gestión de la información
- Optimizar la estimación de los recursos, presupuestos y adquisiciones
- Mejora los procesos constructivos

(Eadic. - Engineering, Training & Development Solutions, 2020)

1.11. ¿Qué Es El Modelado De Puentes?

Es un proceso que implica el uso de algoritmos sofisticados y técnicas de modelado para replicar los atributos físicos y el comportamiento de los elementos del puente en un entorno virtual. El objetivo principal es ayudar a los ingenieros a diseñar modelos precisos, realizar análisis estructurales y visualizar los modelos en el contexto de sus entornos naturales y construidos, facilitando la comunicación con las partes interesadas del proyecto.

Tipos de puentes y consideraciones de modelado:

Se pueden modelar diversos tipos de puentes con BIM, cada uno con características y desafíos específicos:

Puentes de arco: Estructuras que utilizan un arco como elemento principal de soporte. Requieren un modelado preciso de la geometría del arco y su interacción con los pilares.

Puentes atirantados: Puentes con cables que sostienen la cubierta desde torres. El modelado debe incluir la geometría de los cables, las torres y la cubierta.

Puentes colgantes: Puentes suspendidos por cables principales anclados en torres. Requieren un modelado detallado de los cables, las torres y la cubierta.

Puentes viga: Puentes con vigas como elemento principal de soporte. El modelado debe incluir la geometría de las vigas, los pilares y los estribos.

(Autodesk, 2025)

Al aplicar el modelado paramétrico de manera efectiva, se permite la creación de modelos 3D inteligentes y personalizables, facilitando ajustes rápidos en función de cambios en los parámetros de diseño.

1.12. Diseño De Puentes Con BIM

El diseño de puentes es un campo de la ingeniería civil que presenta desafíos únicos debido a la complejidad de la estructura, la metodología BIM, con sus herramientas y funcionalidades, ofrece una serie de ventajas para el diseño de puentes, pero también requiere cumplir con una serie de requerimientos específicos para garantizar la precisión, la eficiencia y la calidad del proceso.

Como se vio en el artículo "Metodología BIM para el diseño de puentes", estos requerimientos abarcan diferentes aspectos, desde la precisión en el modelado hasta la integración con software de análisis estructural y la consideración de aspectos constructivos.

Estos requerimientos se derivan de la complejidad de las estructuras, la necesidad de integrar diferentes disciplinas y la importancia de garantizar la seguridad y la durabilidad de los puentes.

A continuación, se detallan algunos de los requerimientos BIM más importantes para el diseño de puentes, tomando como referencia la información proporcionada en el artículo mencionado: (Allplan Anemetschek Company., 2022)

Precisión en el modelado:

Los puentes suelen tener formas complejas y elementos curvos, lo que exige un alto nivel de precisión en el modelado geométrico, es fundamental utilizar herramientas BIM que permitan crear modelos precisos y detallados de los diferentes elementos del puente, incluyendo pilas, vigas, tablero, cables, etc., se deben considerar tolerancias y ajustes para garantizar la precisión del modelo y su correspondencia con la realidad.

Gestión de grandes cantidades de información:

Los modelos de puentes pueden contener una gran cantidad de información, incluyendo datos geométricos, materiales, propiedades físicas, costos, especificaciones técnicas, etc., es crucial utilizar herramientas BIM que permitan gestionar eficientemente esta información, organizarla de manera lógica y acceder a ella de forma rápida y sencilla, se deben establecer protocolos claros para la gestión de la información, incluyendo la definición de estándares de nomenclatura, formatos de archivo y estructuras de datos.

Integración con software de análisis estructural:

El diseño de puentes requiere realizar análisis estructurales para evaluar el comportamiento de la estructura bajo diferentes cargas y condiciones (peso propio, tráfico, viento, sismos, etc.).

Es fundamental que el software BIM utilizado sea compatible con software de análisis estructural para facilitar la transferencia de información entre modelos y realizar evaluaciones y simulaciones precisas, se deben establecer flujos de trabajo claros para

la integración entre el software BIM y el software de análisis estructural, incluyendo la definición de formatos de intercambio de datos y la validación de los resultados.

Normativa y estándares:

El diseño de puentes debe cumplir con la normativa y los estándares aplicables en cada país o región, incluyendo códigos de construcción, normas de seguridad y requisitos ambientales, se utilizan herramientas BIM que permitan verificar el cumplimiento de estas normativas y generar documentación que lo demuestre. Y se mantienen actualizados los conocimientos sobre la normativa y los estándares aplicables y adaptar el diseño a los cambios y actualizaciones.

1.13. Normativas y Estándares Aplicables a BIM en México

En México, se están desarrollando esfuerzos para establecer normativas y estándares que regulen el uso de BIM (Building Information Modeling) en la industria de la construcción. Estas iniciativas buscan fomentar la adopción de BIM, mejorar la eficiencia en los proyectos y alinear las prácticas locales con los estándares internacionales. A continuación, se describen algunas de las normativas y estrategias más relevantes:

- **Norma Mexicana NMX-C-527-1-ONNCCE-2017**

Esta es la primera norma mexicana específica para BIM. Establece guías para la implementación de la metodología en proyectos arquitectónicos y de ingeniería que establece requisitos para la elaboración de proyectos utilizando BIM, garantizando la calidad y consistencia de los modelos digitales.

(Norma Mexicana NMX-C-527-1-ONNCCE., 2017)

- La Secretaría Hacienda y Crédito Público (SHCP) ha impulsado el uso de BIM en proyectos de infraestructura vial, como carreteras y puentes.
- Documento de la SICT (Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes:

Este documento presenta los objetivos y estrategias para implementar BIM en México, involucrando a actores del sector público, privado y académico al igual que

fomentar el uso de BIM en proyectos de infraestructura pública las cuales sirvan para establecer estándares y protocolos para la gestión de información en BIM.

Promover la capacitación y certificación de profesionales en BIM, el documento define plazos y responsabilidades para la implementación gradual de BIM en el país.

(Diario Oficial de la Federación, 2023)

Otras iniciativas y estándares son:

- ISO 19650: Aunque es un estándar internacional, está siendo adoptado como referencia en México para la gestión de información en BIM.
- Sector privado: Empresas líderes en construcción están adoptando BIM para mejorar la eficiencia y calidad de sus proyectos, estableciendo estándares internos que complementan las normativas nacionales.

Beneficios de la estandarización

Mejora en la calidad y precisión de los proyectos: Las normativas garantizan que los modelos BIM cumplan con estándares técnicos y de información.

Facilitación de la colaboración: El uso de estándares comunes permite una mejor coordinación entre disciplinas y stakeholders.

Alineación con estándares internacionales: La adopción de normativas como la NMX-C-527-1 y la ISO 19650 posiciona a México como un país competitivo en el uso de BIM.

CAPITULO II:

BIM PARA OPTIMIZAR EL MODELADO DE PUENTES

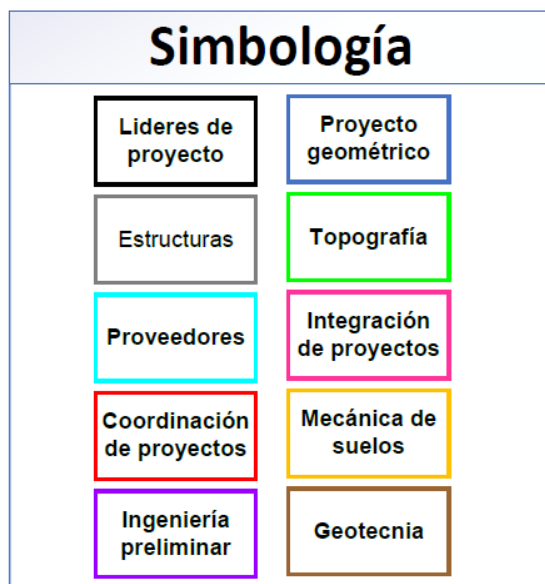
2.1 Análisis del Flujo de Trabajo Actual en SCALA

En los apartados anteriores, hemos explorado los fundamentos de BIM, su aplicación en el diseño y modelado de puentes, los requerimientos específicos para este tipo de proyectos, el ciclo de vida de un puente y de un proyecto BIM, el Plan de Ejecución BIM (BEP) y el nivel de madurez de BIM. Ahora, para comprender cómo se materializan estos conceptos en un contexto real, es fundamental analizar el flujo de trabajo actual en SCALA e identificar los procesos actuales en el modelado de puentes.

Para comprender el flujo de trabajo en la coordinación de proyectos, es fundamental identificar las áreas involucradas y su representación en la siguiente simbología.

Imagen 2

Simbología de Flujo de Trabajo - Fuente: SCALA, Supervisión, Consultoría, Asesoría y Laboratorio S.A de C.V



Como se puede observar en la siguiente simbología, las áreas que conforman la coordinación de proyectos son:

- **Líderes de proyecto (borde negro):** Son los responsables de la gestión general del proyecto, incluyendo la definición de objetivos, la planificación de actividades, la asignación de recursos y el seguimiento del progreso.
- **Proyecto geométrico (borde azul):** Se encarga del diseño geométrico del puente, incluyendo la definición de la forma, las dimensiones y la ubicación de los elementos estructurales.
- **Estructuras (borde gris):** Se encarga del diseño estructural del puente, incluyendo el análisis de cargas, el dimensionamiento de los elementos y la verificación de la seguridad.
- **Topografía (borde verde):** Se encarga de la recopilación de datos topográficos del terreno, incluyendo la medición de elevaciones, la creación de modelos digitales del terreno y la definición de la ubicación del puente.
- **Los proveedores (borde celeste):** son grupos independientes de la empresa que ofrecen sus servicios, y que son de gran ayuda cuando la demanda del proyecto es bastante alta. Estos proveedores pueden asistir a las diferentes áreas que conforman la coordinación de proyectos, especialmente aquellas que requieren un mayor soporte técnico o especializado.

Entre las áreas que suelen requerir una mayor colaboración con los proveedores, destacan:

- Topografía
- Estructuras
- Proyecto geométrico.
- Mecánica de suelos
- Geotecnia

La colaboración con proveedores externos permite a SCALA complementar sus capacidades internas y asegurar la disponibilidad de recursos especializados cuando la demanda del proyecto lo requiere.

- **Integración de proyectos (borde rosa):** Se encarga de la integración de las diferentes tareas que deben de realizar las jefaturas con la finalidad de realizar la estimación correspondiente al proyecto.
- **Coordinación de proyectos (borde rojo):** Se encarga de la coordinación general del proyecto, incluyendo la comunicación entre los diferentes equipos, la resolución de conflictos y la gestión de cambios.
- **Mecánica de suelos (borde amarillo):** Se encarga del estudio de las propiedades del suelo, incluyendo la capacidad portante, la estabilidad y la permeabilidad.

- **Ingeniería preliminar (borde morado):** Se encarga de la realización de estudios preliminares del proyecto, incluyendo la evaluación de alternativas de diseño y la identificación de riesgos.
- **Geotecnia (borde café):** Se encarga del diseño de las cimentaciones del puente, incluyendo la selección del tipo de cimentación, el análisis de la estabilidad y la verificación de la capacidad portante.

Conociendo las áreas involucradas, podemos determinar que el área de coordinación de proyectos es la encargada de llevar a cabo el proyecto desde el inicio hasta el cierre de este. Esta área es responsable de la gestión general del proyecto, asegurando que se cumplan los objetivos, se respeten los plazos y se optimicen los recursos.

El proceso de coordinación de proyectos se inicia con la identificación del tipo de proyecto:

- **Proyecto de contrato:** Se recibe la información de la contratación por parte de la coordinación de licitaciones. Posteriormente, la coordinación de proyectos comparte la información del contrato con los líderes de proyecto y los jefes de área. Se gestiona una reunión de inicio de trabajo y el coordinador de proyectos asigna un líder de proyecto.

- **Proyecto de oportunidad:** Se notifica únicamente a la jefatura de ingeniería preliminar. Si el contrato de oportunidad se concreta, se recibe el fallo por parte de licitaciones y contratos.

En ambos casos, la coordinación de proyectos juega un papel fundamental en la gestión y el seguimiento del proyecto, asegurando la comunicación fluida entre los diferentes equipos y la toma de decisiones oportunas.

Teniendo en cuenta que no se tiene metodología BIM y modelos 3D, la coordinación de proyectos trabaja conforme al **PMBOK**, una guía de buenas prácticas para la gestión de proyectos. El PMBOK proporciona un marco de trabajo estructurado que permite a la coordinación de proyectos planificar, ejecutar, controlar y cerrar los proyectos de manera eficiente.

Imagen 3

Guía PMBOK - Fuente: <https://www.pmoinformatica.com/2017/12/guia-pmbok-6ta-edicion.html>



La coordinación de proyectos utiliza el PMBOOK para:

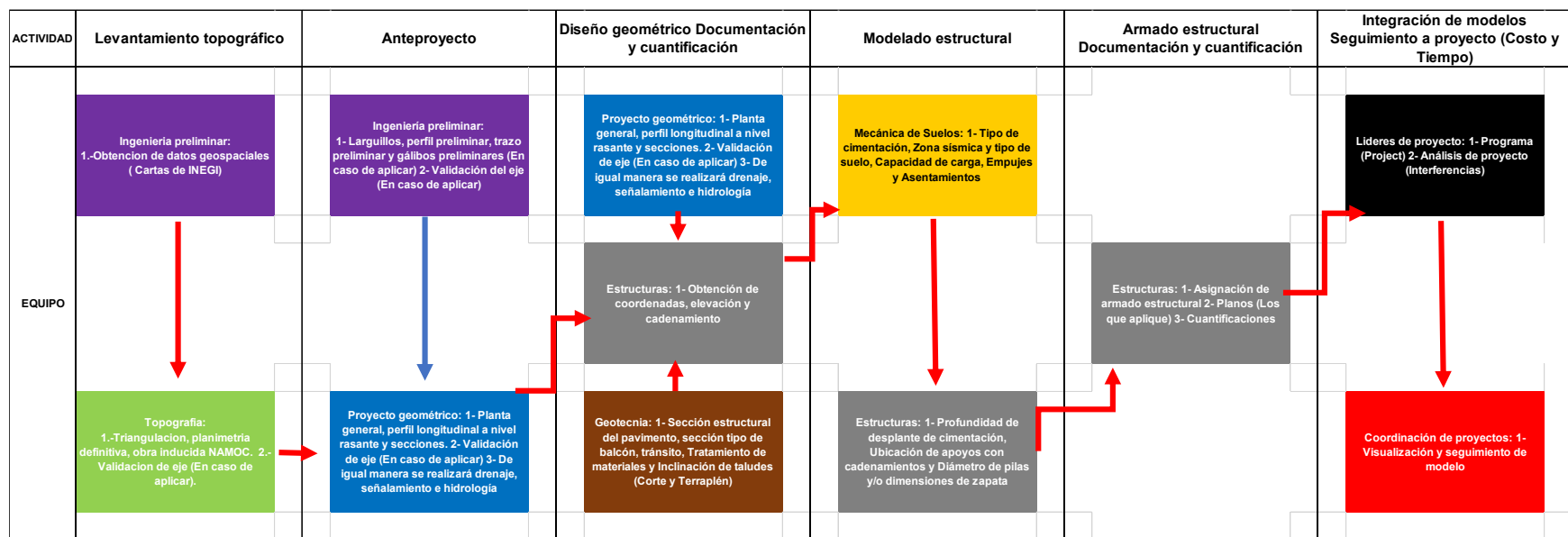
- Definir los objetivos del proyecto y los criterios de éxito.
- Elaborar el plan de gestión del proyecto, que incluye el alcance, el cronograma, el presupuesto, los recursos y los riesgos.
- Asignar roles y responsabilidades a los miembros del equipo del proyecto.
- Establecer los canales de comunicación y los protocolos de intercambio de información.
- Realizar el seguimiento del progreso del proyecto y tomar medidas correctivas cuando sea necesario.
- Gestionar los cambios en el proyecto y asegurar que se documenten adecuadamente.
- Cerrar el proyecto y documentar las lecciones aprendidas.

Al seguir las recomendaciones de la (PMO) *Project Management Office* (Oficina de Gestión de Proyectos), la cual se encarga de centralizar y coordinar la gestión de proyectos, se busca asegurar que los proyectos se alineen con los objetivos estratégicos de la empresa y se ejecuten de manera eficiente. De acuerdo con el *Project Management Institute* (PMI), la PMO desempeña un papel clave al establecer metodologías, estándares y buenas prácticas en la gestión de proyectos, además de supervisar su cumplimiento, optimizar recursos y facilitar la toma de decisiones informadas a lo largo del ciclo de vida de los proyectos. [\(ver anexos A4\).](#)

2.2. Flujo de Trabajo Actual para Modelado de Puentes

Tabla 1

Flujo de Trabajo Actual para el Modelado de Puentes - Fuente SCALA, Supervisión Consultoría, Asesoría y Laboratorio.



Como se observa en el siguiente flujo de trabajo, esta es la manera tradicional en la que se ejecutan actualmente los proyectos en SCALA. Este flujo de trabajo se caracteriza por ser secuencial y lineal, con una comunicación limitada entre los diferentes equipos y una gestión de la información basada en documentos físicos y planos 2D.

2.3. Herramientas y Métodos Tradicionales Utilizados

Las herramientas y métodos tradicionales que se utilizan para el modelado de puentes son:

- **Planos 2D:** Los planos 2D son la herramienta principal para representar la geometría del puente. Se utilizan para crear vistas en planta, perfiles, secciones y detalles constructivos. Estos planos se elaboran utilizando software CAD básico.
- **Cálculos manuales:** Los cálculos manuales se utilizan para determinar las dimensiones de los elementos estructurales, verificar la seguridad del puente y estimar los costos de construcción. Estos cálculos se realizan utilizando fórmulas y tablas de referencia.
- **Documentos físicos:** Los documentos físicos se utilizan para almacenar y gestionar la información del proyecto. Esto incluye planos, especificaciones, informes, correspondencia y otros documentos relevantes.
- **Reuniones presenciales:** Las reuniones presenciales se utilizan para coordinar los diferentes equipos de trabajo, tomar decisiones sobre el proyecto y resolver problemas. Estas reuniones suelen ser informales y se basan en la comunicación verbal.

Es importante destacar que estas herramientas y métodos tradicionales presentan algunas limitaciones, como la falta de comunicación y colaboración entre los equipos, la dificultad para gestionar la información y la propensión a errores y retrasos.

2.4. Limitaciones y Oportunidades de Mejora Detectadas

Limitaciones:

- **Falta de comunicación y colaboración:** El flujo de trabajo secuencial y lineal dificulta la comunicación y colaboración entre los diferentes equipos, lo que puede generar retrasos y errores.
- **Gestión de la información ineficiente:** La gestión de la información basada en documentos físicos y planos 2D dificulta el acceso, la actualización y el intercambio de información, lo que puede generar pérdida de información y errores.
- **Propensión a errores y retrasos:** La falta de comunicación, la gestión de la información ineficiente y la dependencia de cálculos manuales aumentan la propensión a errores y retrasos en el proyecto.
- **Falta de estandarización:** La falta de estandarización en los procesos y herramientas dificulta la comparación de proyectos y la identificación de mejores prácticas.

Oportunidades de mejora:

- **Implementación de BIM:** La implementación de BIM permitiría mejorar la comunicación y colaboración entre los equipos, gestionar la información de manera más eficiente y reducir la propensión a errores y retrasos.

- **Adopción de herramientas digitales:** La adopción de herramientas digitales, como software CAD 3D, software de gestión de proyectos y plataformas de colaboración en línea, permitiría mejorar la eficiencia y la productividad del equipo.
- **Estandarización de procesos y herramientas:** La estandarización de procesos y herramientas permitiría mejorar la comparación de proyectos, la identificación de mejores prácticas y la capacitación del personal.
- **Capacitación del personal:** La capacitación del personal en el uso de nuevas herramientas y metodologías permitiría mejorar la eficiencia y la productividad del equipo.

Al abordar estas limitaciones y aprovechar estas oportunidades de mejora, SCALA podría optimizar su flujo de trabajo y mejorar la eficiencia, la calidad y la productividad de sus proyectos de diseño de puentes.

2.5 Caso de Estudio

Para esta primera parte se recopilaron Planos estructurales, los cuales me proporciono el Ingeniero **Fabio Francisco Escobar Flores**, Auxiliar de Estructuras de la empresa SCALA, Supervisión, Consultoría, Asesoría y Laboratorio.

Son un total 21 planos y cinco cartas geológicas de los cuales destacan:

- F14A84
- F14C14
- F14C24
- F1404
- F1407
- SICT-META-EST-PLA-P01
- SICT-META-EST-PLA-P02
- SICT-META-EST-PLA-P03
- SICT-META-EST-PLA-P04
- SICT-META-EST-PLA-P05
- SICT-META-EST-PLA-P06
- SICT-META-EST-PLA-P07
- SICT-META-EST-PLA-P08
- SICT-META-EST-PLA-P09
- SICT-META-EST-PLA-P10
- SICT-META-EST-PLA-P11

- SICT-META-EST-PLA-P12
- SICT-META-EST-PLA-P13
- SICT-META-EST-PLA-P14
- SICT-META-EST-PLA-P15
- SICT-META-EST-PLA-P16
- SICT-META-EST-PLA-P17
- SICT-META-EST-PLA-P18
- SICT-META-EST-PLA-P19
- SICT-META-EST-PLA-P20
- SICT-META-EST-PLA-P21

Figura 1

Correo electrónico donde se compartió la información - Fuente: Auxiliar de estructuras

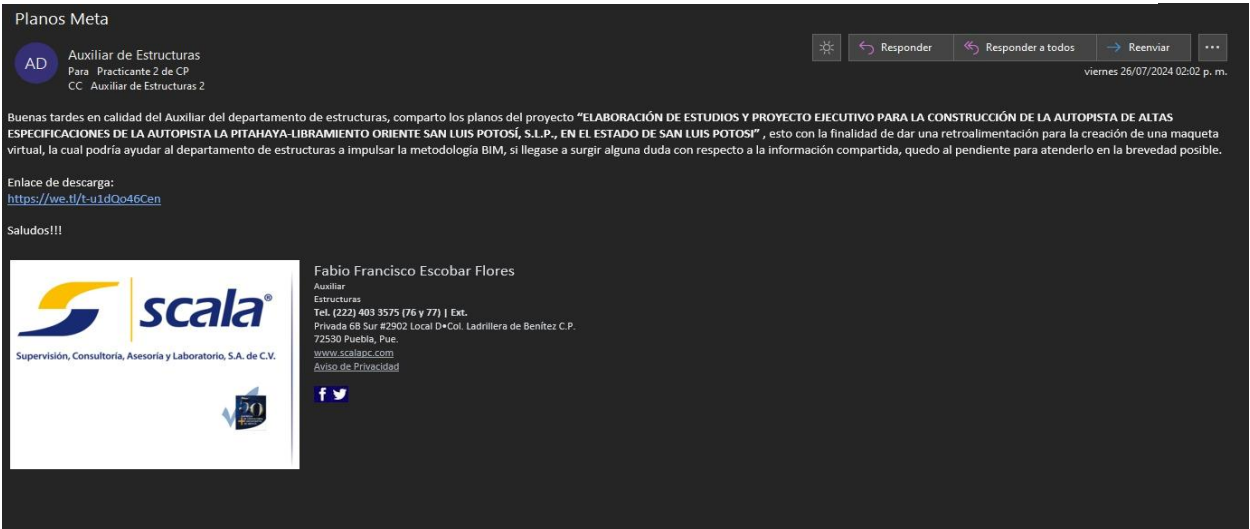


Figura 2

Lista de planos - Fuente: Auxiliar de estructuras

LISTA DE PLANOS	
CLAVE	DESCRIPCIÓN
SICT-META-EST-PLA-P01	Plano General_PIV 49+900.00
SICT-META-EST-PLA-P02	Geometría Estructural_PIV 49+900.00
SICT-META-EST-PLA-P03	Losa de Rodamiento_Geometría y refuerzo_PIV 49+900.00
SICT-META-EST-PLA-P04	Diafragmas_Geometría y refuerzo_PIV 49+900.00
SICT-META-EST-PLA-P05	Trabes AASHTO Tipo V_Geometría y refuerzo_PIV 49+900.00
SICT-META-EST-PLA-P06	Estribo 1 - Geometría 1 de 2_PIV 49+900.00
SICT-META-EST-PLA-P07	Estribo 1 - Geometría 2 de 2_PIV 49+900.00
SICT-META-EST-PLA-P08	Estribo 1 - Refuerzo 1 de 4_PIV 49+900.00
SICT-META-EST-PLA-P09	Estribo 1 - Refuerzo 2 de 4_PIV 49+900.00
SICT-META-EST-PLA-P10	Estribo 1 - Refuerzo 3 de 4_PIV 49+900.00
SICT-META-EST-PLA-P11	Estribo 1 - Refuerzo 4 de 4_PIV 49+900.00
SICT-META-EST-PLA-P12	Estribo 2 - Geometría 1 de 2_PIV 49+900.00
SICT-META-EST-PLA-P13	Estribo 2 - Geometría 2 de 2_PIV 49+900.00
SICT-META-EST-PLA-P14	Estribo 2 - Refuerzo 1 de 4_PIV 49+900.00
SICT-META-EST-PLA-P15	Estribo 2 - Refuerzo 2 de 4_PIV 49+900.00
SICT-META-EST-PLA-P16	Estribo 2 - Refuerzo 3 de 4_PIV 49+900.00
SICT-META-EST-PLA-P17	Estribo 2 - Refuerzo 4 de 4_PIV 49+900.00
SICT-META-EST-PLA-P18	Losa de acceso de entrada_Geometría y refuerzo_PIV 49+900.00
SICT-META-EST-PLA-P19	Losa de acceso de salida_Geometría y refuerzo_PIV 49+900.00
SICT-META-EST-PLA-P20	Guarnición y parapeto_PIV 49+900.00
SICT-META-EST-PLA-P21	Notas y Detalles_PIV 49+900.00

Para comenzar el desarrollo del modelado de puentes empleando la metodología BIM, es fundamental analizar detalladamente cada plano previamente validado por la SICT, poniendo especial atención en aquellos de mayor relevancia, como los planos estructurales, de cimentación y otros detalles específicos. Este análisis preliminar nos permite comprender el flujo de trabajo necesario, ya que la metodología BIM se centra en procesos estructurados, parámetros definidos y un enfoque de trabajo colaborativo simultáneo.

En SCALA, junto con el ingeniero Aurelio Rodríguez, asistente técnico de coordinación de proyectos, se ha formulado una propuesta de trabajo colaborativo entre áreas de proyectos, en la cual el modelado de puentes está incluido. La existencia de planos estructurales representa una ventaja significativa, ya que elimina la necesidad de trazar perfiles o importar nuevamente puntos topográficos. Estos planos, realizados en 2D mediante AutoCAD y CivilCAD, ya han sido validados por la SICT, lo que asegura su precisión y confiabilidad.

El hecho de que estos planos se hayan desarrollado en AutoCAD y CivilCAD no excluye su integración en un flujo de trabajo BIM. CivilCAD, al ser un complemento de AutoCAD, mantiene la compatibilidad de sus archivos en formatos DWG y DWF, facilitando la interoperabilidad con otros programas dentro de la metodología BIM, especialmente en etapas preliminares.

No obstante, cabe destacar que CivilCAD no posee las capacidades avanzadas de modelado e interoperabilidad que ofrecen plataformas BIM dedicadas como Civil 3D o Revit, pero permite que estos archivos 2D se integren y colaboren en el flujo de trabajo de BIM desde el inicio del proyecto.

2.6. Selección de Software y Herramientas BIM

Los principales softwares que utilizaremos para establecer nuestro flujo de trabajo BIM serán:

- **Autodesk Revit:** Para el modelado estructural.
- **AutoCAD:** Para los planos ya validados por la SICT.
- **Civil 3D:** Para aspectos relacionados con el diseño del terreno y la obra civil.
- **InfraWorks:** Para la planificación y diseño de infraestructura.
- **Inventor:** Para diseñar, simular y visualizar prototipos en 3D antes de ajustarlo al modelo en infra Works.

2.7. Flujo de Trabajo

Tabla 2
Flujo de trabajo - Fuente: Elaboración

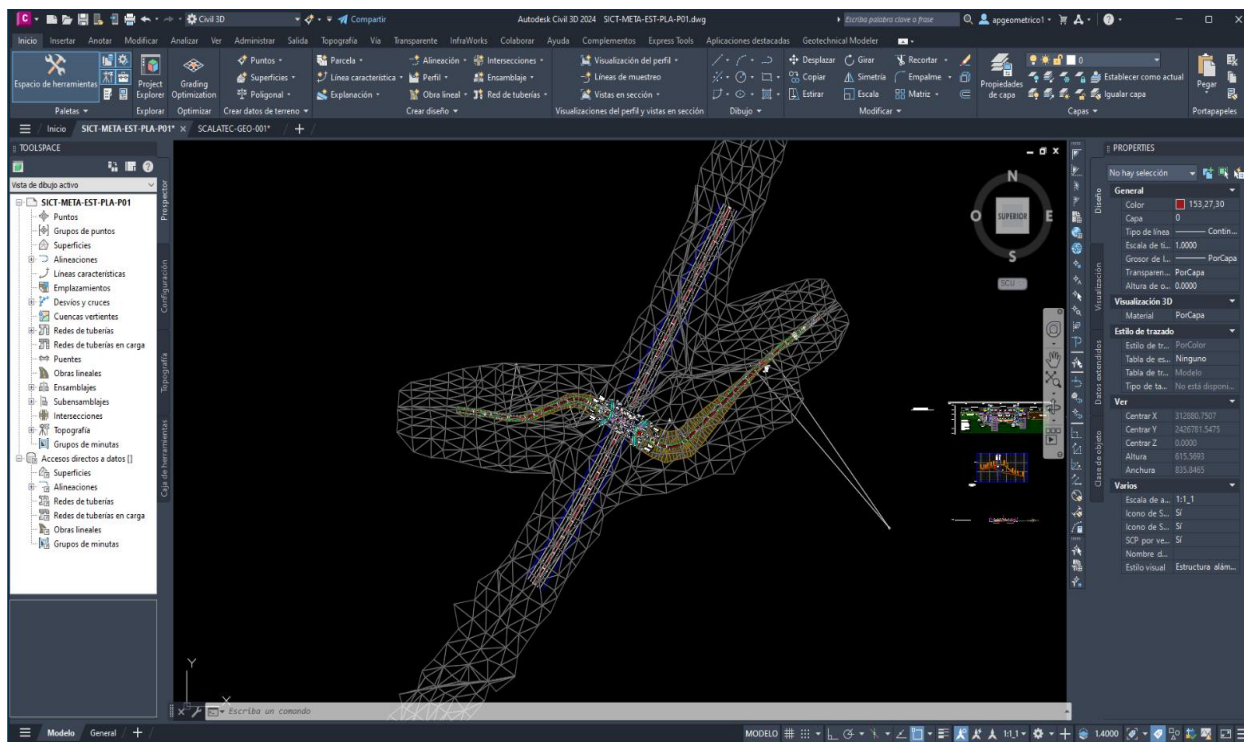
ACTIVIDAD	HERRAMIENTAS			
INTERACCION DE SOTFWARES				
	ANTEPROYECTO, ANÁLISIS DE INFORMACIÓN TÉCNICA Y TRANSICIÓN (PLANOS)		MODELODO GEOMETRICO	
	MODELO ESTRUCTURAL Y MECANICO		MODELO DE ARMADO ESTRUCTURAL	
	EJECUCIÓN		RESULTADO	
	Realización de superficie del terreno, Perfiles Longitudinales, secciones transversales, obra lineal, Bandas y guitarras, superficie de obra lineal, subassemblies,		Se recibe información de Civil 3D, y se modela el puente en infraworks con inventor se puede modelar ciertas familias que no se encuentran en infraworks	
Transición de datos importantes de los planos originales a Civil 3D		Cuando se tiene el modelo definitivo en infraworks, este se compartirá a Revit donde se trabajará el armado estructural		
En esta parte ambos programas empiezan a intercambiar información en tiempo real y se pueden hacer cambios y notificarse de estos simultáneamente		Revit se suma al intercambio de información con infraworks y la comunicación en tiempo real		

2.8. Anteproyecto, Análisis de Información Técnica y Transición (Planos)

En el plano original **SICT-META-EST-PLA-P01** se visualiza el tramo correspondiente a la **Ruta Alternativa de la Carretera Federal 57**, que conecta **La Pitahaya** con el **Libramiento Oriente de San Luis Potosí**. Este plano incluye el detalle del PIV (Paso Inferior Vehicular) localizado en la estación **49+900.00**, identificado como el **Plano General del PIV 49+900.00**.

Figura 3

Plano general del PIV 49+900 - Fuente: EMPRESA SCALA, Supervisión, Consultoría, Asesoría y Laboratorio. SA de C.V



Triangulación

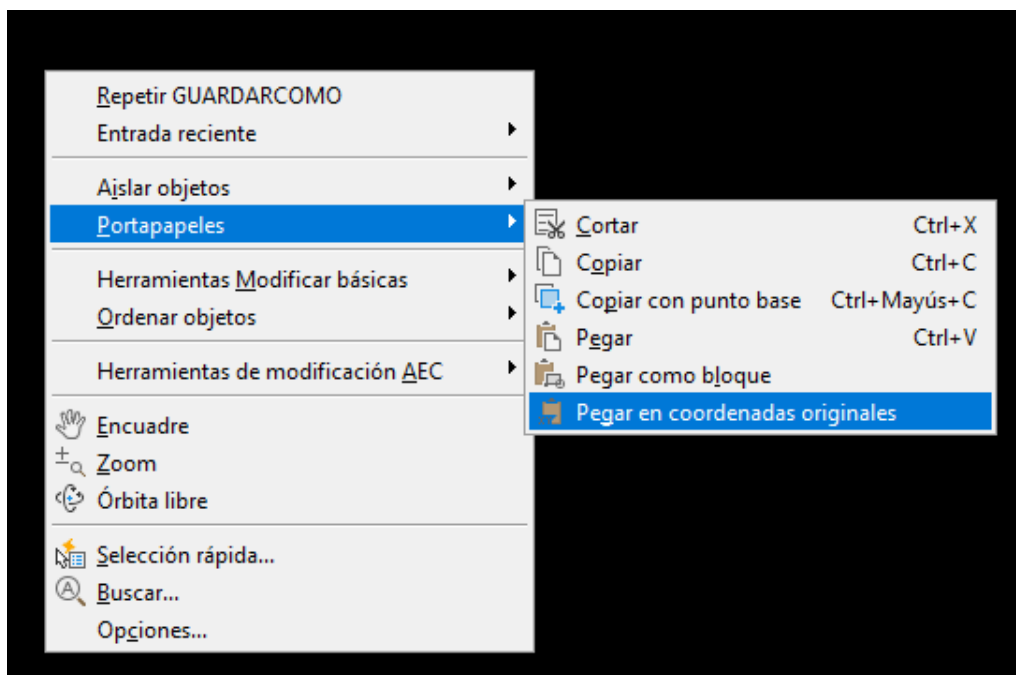
El primer elemento a utilizar será la triangulación del terreno, desarrollada originalmente con el software **CivilCAD** (capa **CVL_TRI**). Este modelo será copiado y pegado utilizando sus **coordenadas originales** en un nuevo archivo de dibujo, que se denominará **SCALATEC-GEO-001.DWG**.

Ejes

Aplicaremos el mismo procedimiento con los ejes del proyecto. Estos se copiarán y pegarán igualmente con sus **coordenadas originales** dentro del nuevo archivo.

Figura 4

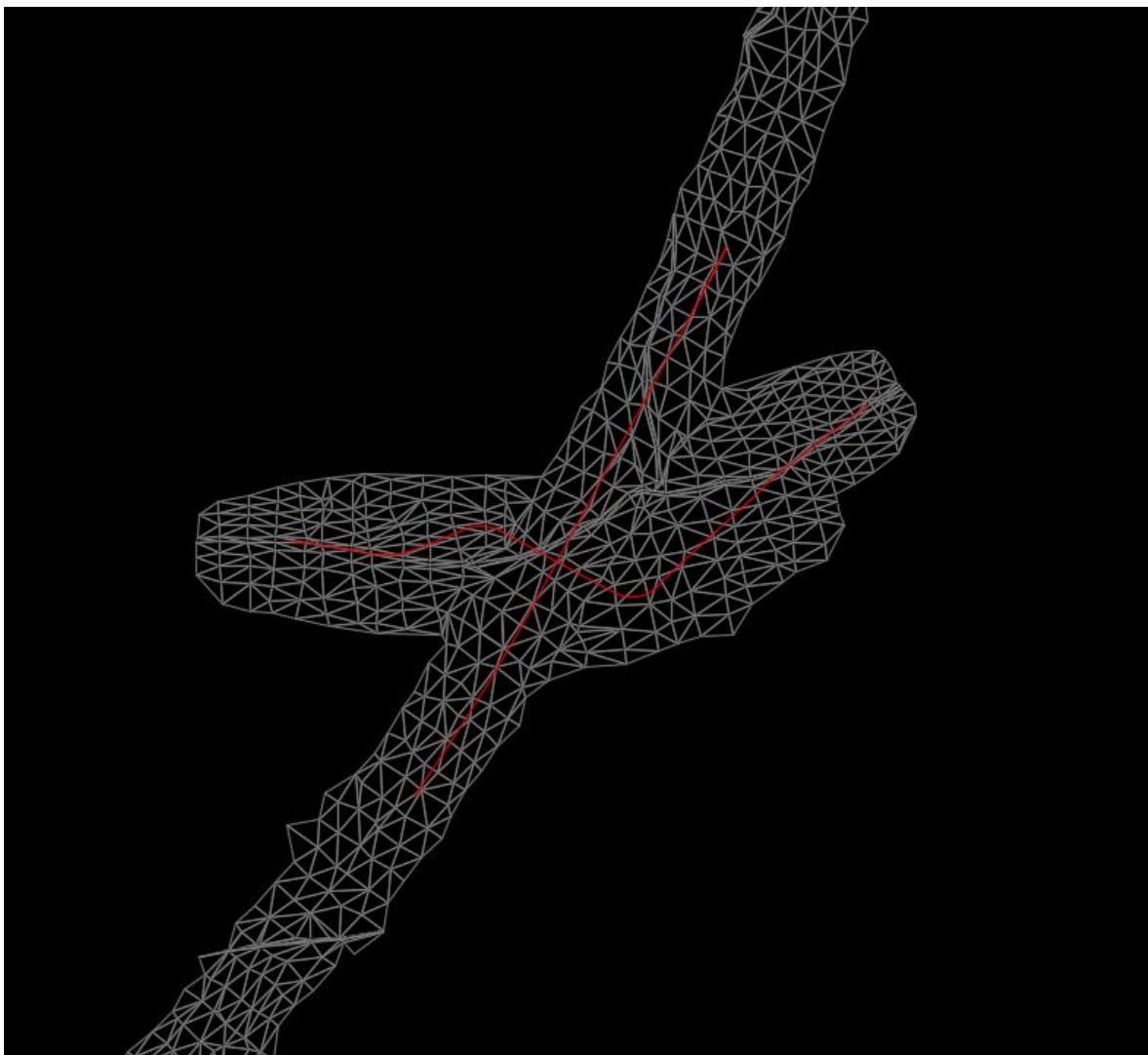
Se copiarán y pegarán la triangulación y los ejes del proyecto original, asegurándose de mantener las coordenadas originales en el nuevo archivo. - Fuente: Elaboración Propia



En el nuevo archivo **SCALATEC-GEO-001.DWG**, se apreciarán tanto la triangulación del terreno como los ejes correctamente ubicados en sus posiciones geográficas originales, proporcionando una base precisa para el desarrollo del modelo BIM.

Figura 5

Triangulación y ejes del plano original en el nuevo archivo SCALATEC - GEO - 001 - Fuente: Elaboración Propia



Los datos topográficos provenientes de Civil CAD son útiles como referencia inicial, pero no pueden estar optimizados para las herramientas y procesos de Civil 3D. Esto sucede porque:

- La triangulación importada puede carecer de la estructura necesaria para aprovechar las herramientas de modelado en Civil 3D.

Para ello se empieza con cambiar los datos.

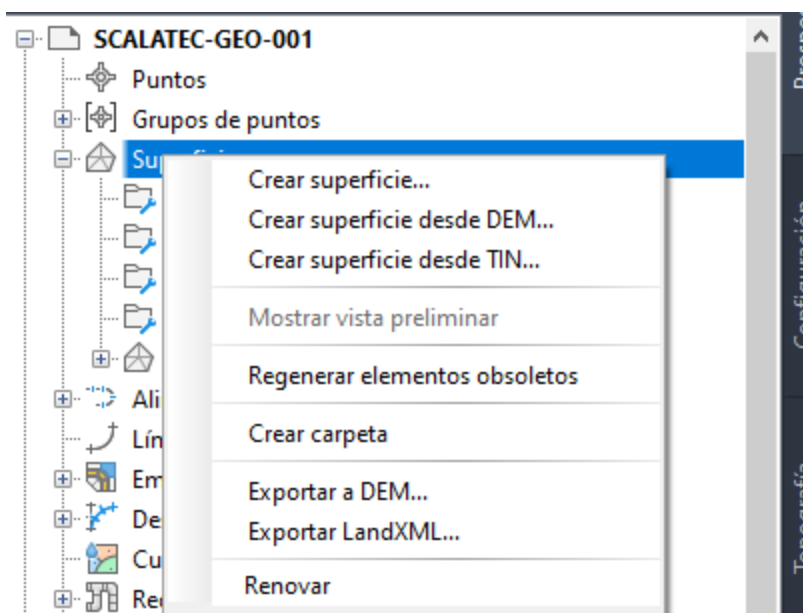
2.9 Diseño Geométrico

Crear una superficie

La creación de la superficie es fundamental porque representa el modelo tridimensional del terreno, el cual permite realizar un diseño preciso.

Figura 6

Creación de Nueva Superficie - Fuente: Elaboración Propia



Añadir puntos al terreno natural

Con la superficie creada, Seleccionamos las caras 3D que representan la triangulación importada del **PLANO GENERAL_PIV 49+900.00**. esto es el valor agregado que necesitamos ya que en lugar de importar los puntos directamente utilizaremos la misma triangulación del proyecto original. Esto nos permitira realizar una transición eficiente al modelo que vamos a desarrollar con civil 3D

Figura 7

Creación de nueva triangulación en base a la del plano original - Fuente: Elaboración Propia

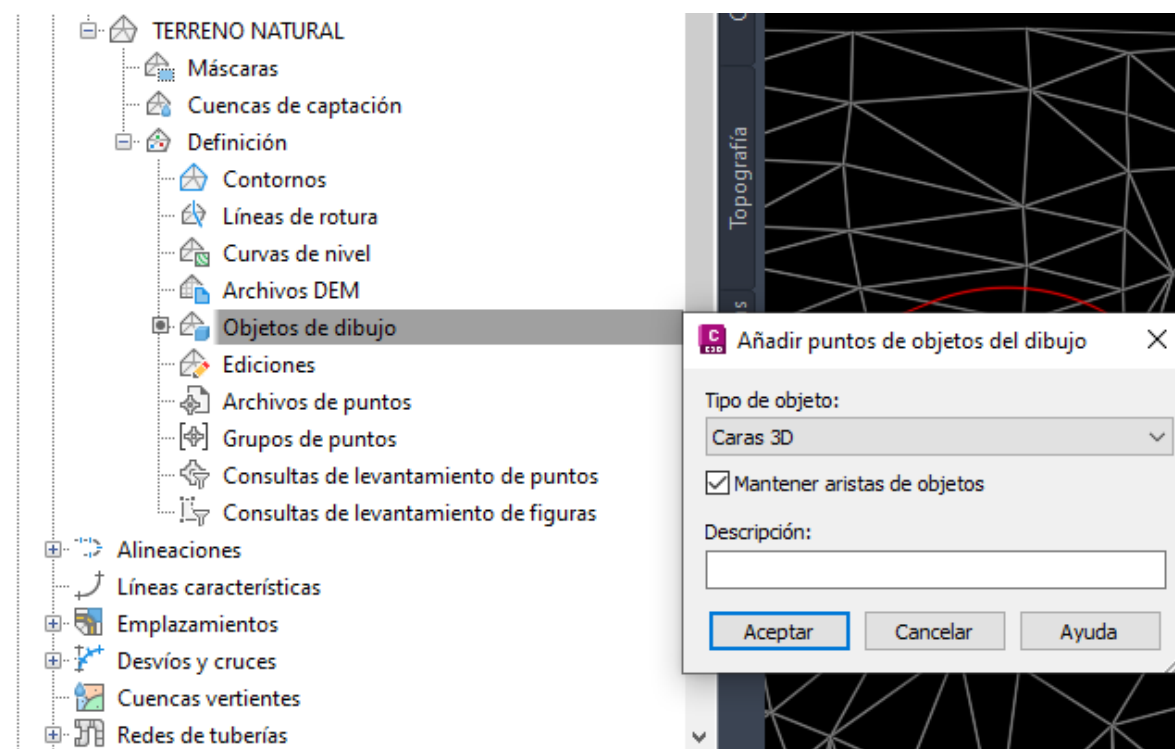
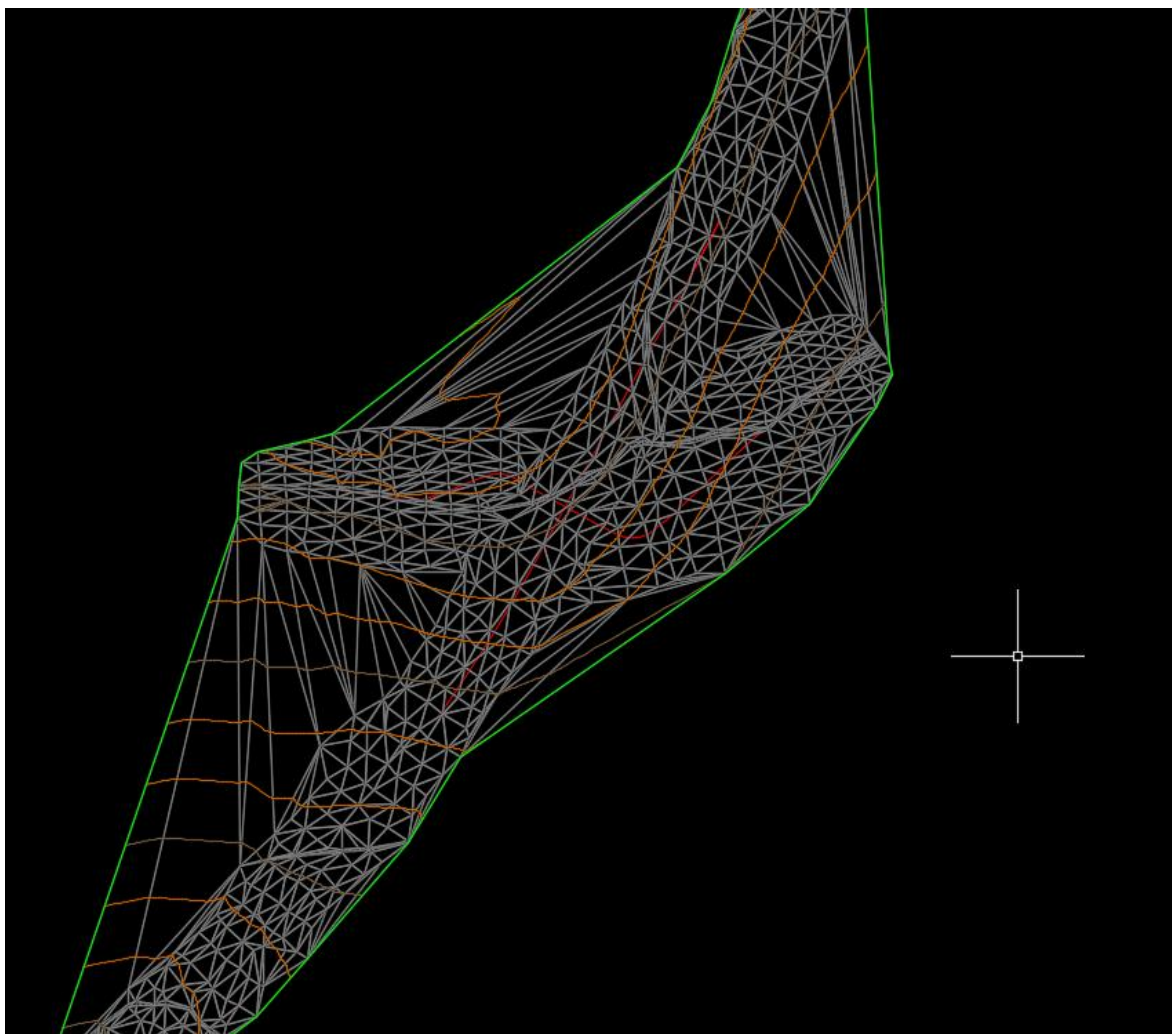


Figura 8

Visualización de la nueva triangulación en Civil 3D - Fuente: Elaboración Propia

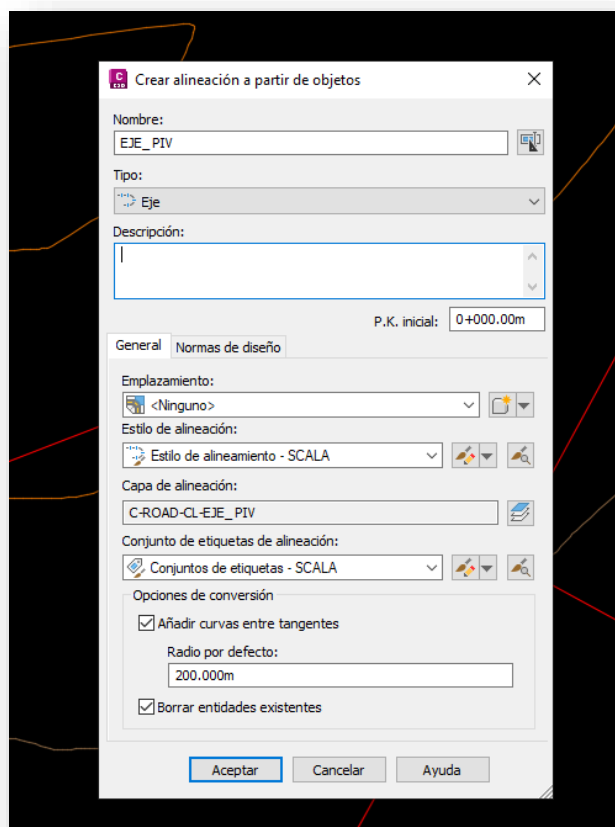


Una vez creada la triangulación en Civil 3D, esta se visualizará de la siguiente manera. Se desactivarán las capas que no sean útiles, como la correspondiente a la triangulación CVL_TRI, para facilitar el manejo y visualización del modelo.

Crear alineación a partir de objetos

Figura 9

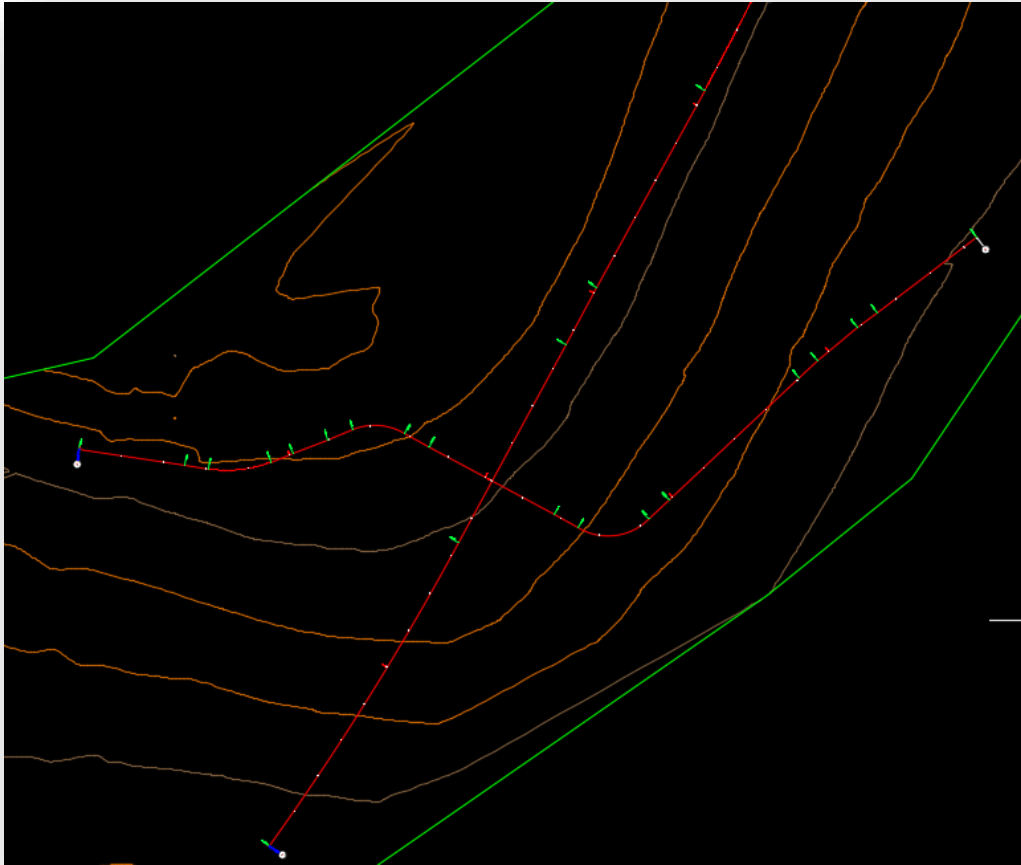
Creación de alineación a partir del Plano Original - Fuente: Elaboración Propia



La creación de líneas a partir de objetos se refiere al uso de los ejes del plano original que se pegaron en el nuevo archivo SCALATEC-GEO-001. Estos ejes se reutilizarán para evitar la necesidad de volver a trazarlos, garantizando que no se pierda el trazo original de los planos previamente validados.

Figura 10

Visualización de Ejes en Civil 3D - Fuente Elaboración Propia



De esta manera, los ejes definitivos se visualizarán en Civil 3D. Este punto presenta un estilo definido por el usuario, el cual puede ser modificado o ajustado para crear un nuevo estilo que se adapte a las necesidades del usuario o a los requisitos de la dependencia para la cual se está trabajando.

Figura 11

Crear perfil a partir de Superficie Fuente: Elaboración Propia

Alineación: EJE_PIV

Intervalo de P.K.

Alineación:

Inicio: 0+000.00m Fin: 0+487.26m

Para muestreo: 0+000.00m 0+487.26m

Seleccionar superficies:

TERRENO NATURAL

Desfases de muestreo:

Añadir >>

Lista de perfiles:

Modo de a...	Capa	Estilo	P.K. Inicio	P.K. Finalizar	Elevación Mínima	Elevación Máxima
Topográfico	Terreno na...	Terreno na...	0+000.00m	0+487.26m	1026.28m	1034.00m

Eliminar Dibujar en visualización del perfil Aceptar Cancelar Ayuda

Figura 12

Crear Visualización del Perfil - General - Fuente: Elaboración Propia

Crear visualización del perfil - General

General

Intervalo de P.K.

Altura de visualización del perfil

Opciones de visualización del perfil

Tubería/Red de tuberías en carga

Guitarras

Opciones de sombreado del perfil

Seleccionar una alineación: EJE_PIV

Nombre de visualización del perfil: Perfil longitudinal - TEC_PIV

Descripción:

Estilo de visualización del perfil: Esc: 1:100 VER - SCALA

Capa de visualización del perfil: C-ROAD-PROF-VIEW

Mostrar perfiles de desfase apilando verticalmente las visualizaciones del perfil

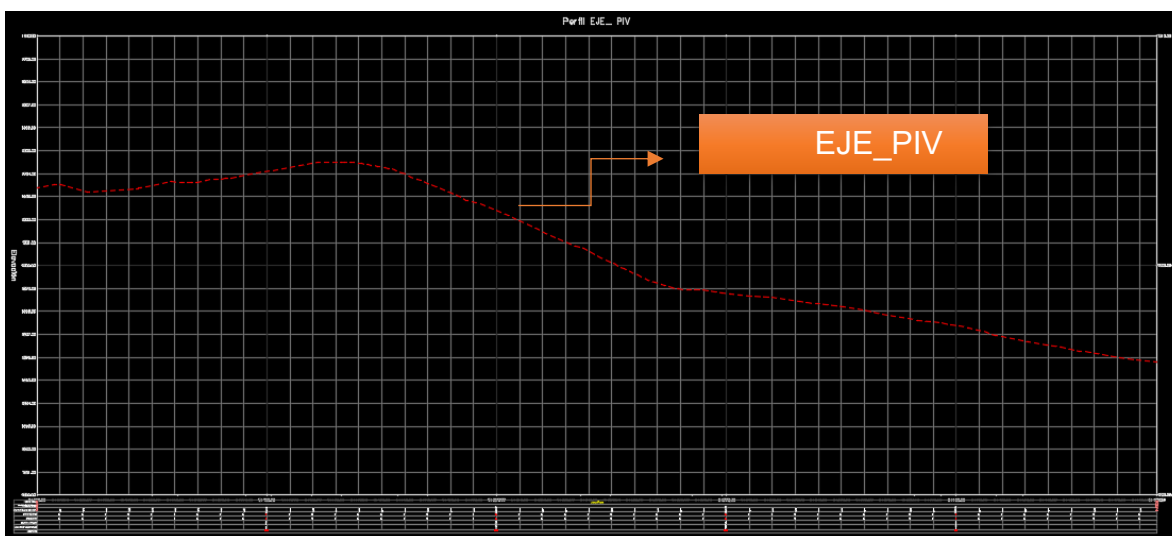
< Atrás Siguiente > Crear visualización del perfil Cancelar Ayuda

De esta manera se logran apreciar ambos perfiles en Civil 3D, uno que corresponde al **PIV**, y el otro que correspondiente a la **Ruta Alternativa de la Carretera Federal 57**

PIV (Paso Inferior Vehicular) localizado en la estación 49+900.00,

Figura 13

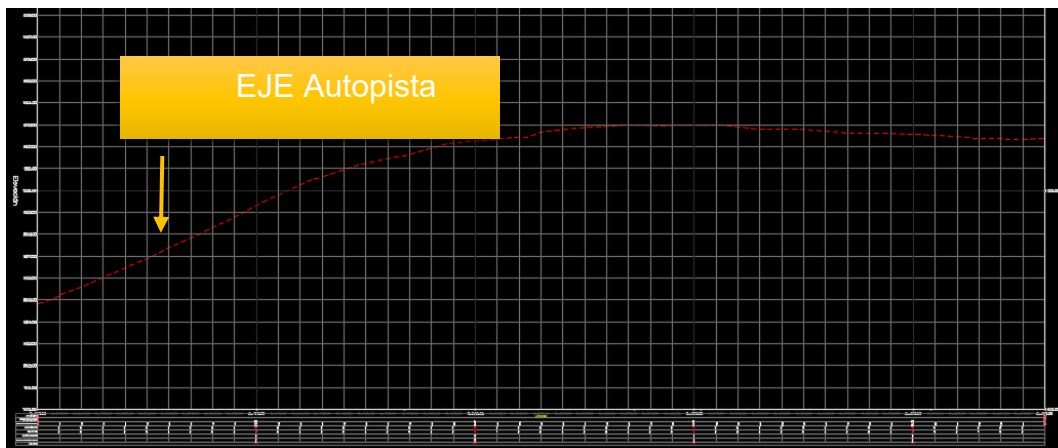
PIV (Paso Inferior Vehicular) localizado en la estación 49+900.00 - Fuente: Elaboración Propia



Ruta Alternativa de la Carretera Federal 57

Figura 14

correspondiente a la Ruta Alternativa de la Carretera Federal 57 - Fuente: Elaboracion Propia

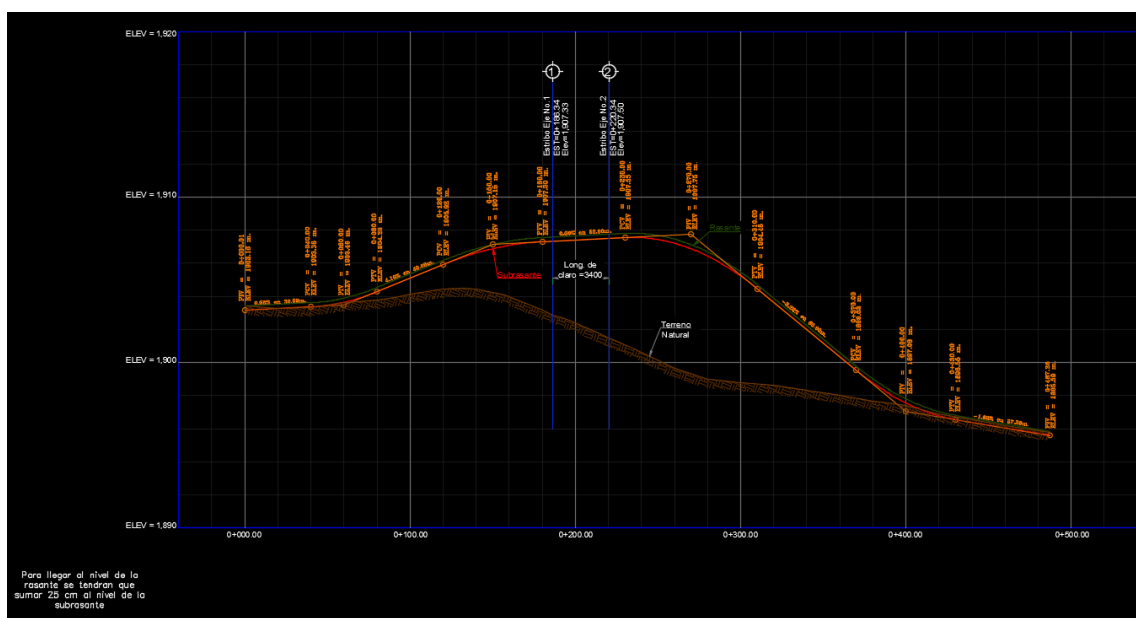


Trazado de la Subrasante

El siguiente paso consiste en trazar la subrasante. Para ello, utilizaremos la subrasante proveniente del plano original (**SICT-META-EST-PLA-P01**), la cual se muestra en la siguiente figura:

Figura 15

Subrasante del Plano SICT-META-EST-PLA-P01 - Fuente: EMPRESA SCALA, Supervisión, Consultoría, Asesoría y Laboratorio. S.A de C. V



Visualización de la Subrasante

Así se ve la subrasante correctamente ubicada en Civil 3D, respetando tanto el cadenamiento como las elevaciones definidas en la subrasante original del plano **SICT-META-EST-PLA-P01**.

Cálculo del Peralte

Antes de proceder con la creación de nuestra obra lineal y el subensamble correspondiente, es necesario calcular el peralte. Este cálculo es fundamental para garantizar que la inclinación transversal de la carretera cumpla con los requisitos de diseño, mejorando la seguridad y eficiencia del tránsito en curvas.

Figura 16

Visualización de la Subrasante en Civil 3D - Fuente: Elaboración Propia

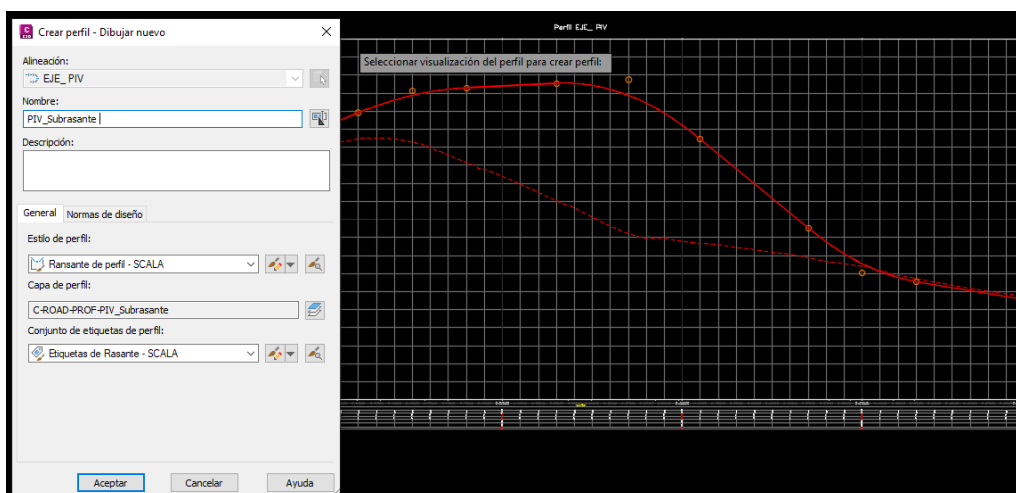


Figura 17

Cálculo de Peralte - Fuente: Elaboración Propia

Calcular peralte - Tipo de carretera

Tipo de carretera

[Carriles](#)

[Control de arcén](#)

[Definición de peraltes](#)

☒ Calzada única con bombeo

☐ Calzada única con pendiente transversal hacia un lado

Método de giro
Centrar línea base

☐ Separada, con bombeo y con mediana

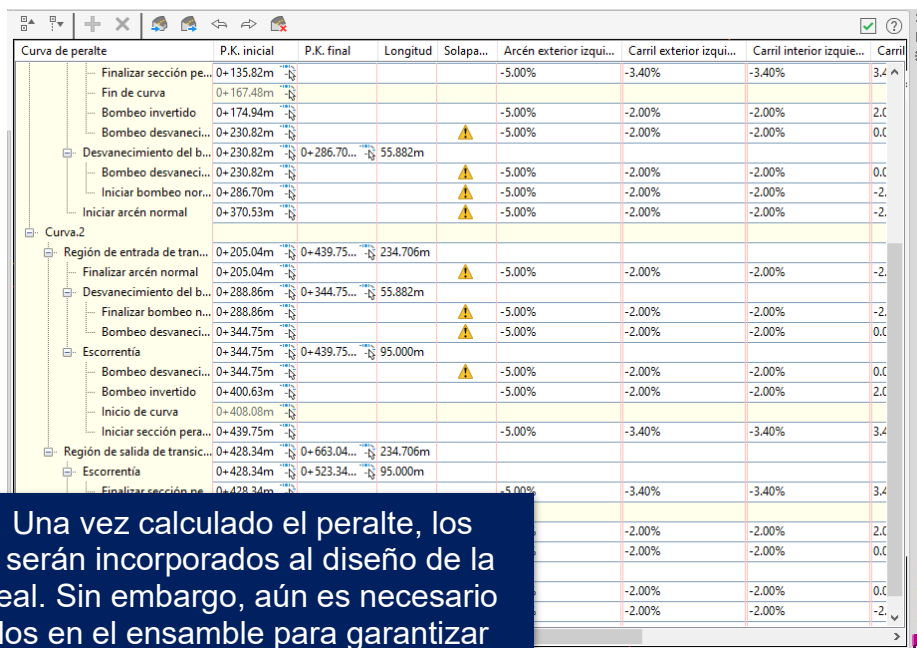
☐ Calzada única con pendiente transversal hacia un lado y con mediana

< Atrás **Siguiente >** Finalizar Cancelar Ayuda

El cálculo del peralte se genera automáticamente en Civil 3D, tomando como base las normas aplicables especificadas por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT).

Figura 18

Peraltes del tramo - Fuente: Elaboración Propia



Curva de peralte	P.K. inicial	P.K. final	Longitud	Solapa...	Arcén exterior izqui...	Carril exterior izqui...	Carril interior izque...	Carril
Finalizar sección pe...	0+135.82m				-5.00%	-3.40%	-3.40%	3.4
Fin de curva	0+167.48m							
Bombeo invertido	0+174.94m				-5.00%	-2.00%	-2.00%	2.0
Bombeo desvaneci...	0+230.82m				-5.00%	-2.00%	-2.00%	0.0
Desvanecimiento del b...	0+230.82m	0+286.70m	55.882m		-5.00%	-2.00%	-2.00%	0.0
Bombeo desvaneci...	0+230.82m				-5.00%	-2.00%	-2.00%	0.0
Iniciar bombeo nor...	0+286.70m				-5.00%	-2.00%	-2.00%	-2.0
Iniciar arcén normal	0+370.53m				-5.00%	-2.00%	-2.00%	-2.0
Curva.2								
Región de entrada de tran...	0+205.04m	0+439.75m	234.706m		-5.00%	-2.00%	-2.00%	-2.0
Finalizar arcén normal	0+205.04m				-5.00%	-2.00%	-2.00%	-2.0
Desvanecimiento del b...	0+288.86m	0+344.75m	55.882m		-5.00%	-2.00%	-2.00%	-2.0
Finalizar bombeo n...	0+288.86m				-5.00%	-2.00%	-2.00%	-2.0
Bombeo desvaneci...	0+344.75m				-5.00%	-2.00%	-2.00%	0.0
Escorrentía	0+344.75m	0+439.75m	95.000m		-5.00%	-2.00%	-2.00%	0.0
Bombeo desvaneci...	0+344.75m				-5.00%	-2.00%	-2.00%	0.0
Bombeo invertido	0+400.63m				-5.00%	-2.00%	-2.00%	2.0
Inicio de curva	0+408.08m							
Iniciar sección pera...	0+439.75m				-5.00%	-3.40%	-3.40%	3.4
Región de salida de transi...	0+428.34m	0+663.04m	234.706m					
Escorrentía	0+428.34m	0+523.34m	95.000m		-5.00%	-3.40%	-3.40%	3.4
Finalizar sección pe...	0+428.34m				-5.00%	-3.40%	-3.40%	3.4
						-2.00%	-2.00%	2.0
						-2.00%	-2.00%	0.0
						-2.00%	-2.00%	0.0
						-2.00%	-2.00%	-2.0

Una vez calculado el peralte, los valores serán incorporados al diseño de la obra lineal. Sin embargo, aún es necesario reflejarlos en el ensamble para garantizar que el modelo tridimensional sea preciso y funcional.

Subassembly o subensamble

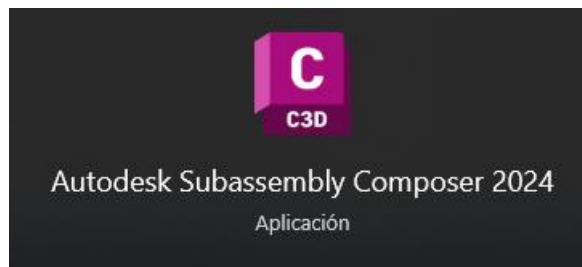
El **subassembly** (subensamble) juega un papel clave en la representación de los elementos que componen una carpeta asfáltica y funcional del puente dentro del modelo tridimensional.

Con él se diseñó principalmente:

- Capas que forman la carretera
- Barrera New Jersey

Imagen: 1

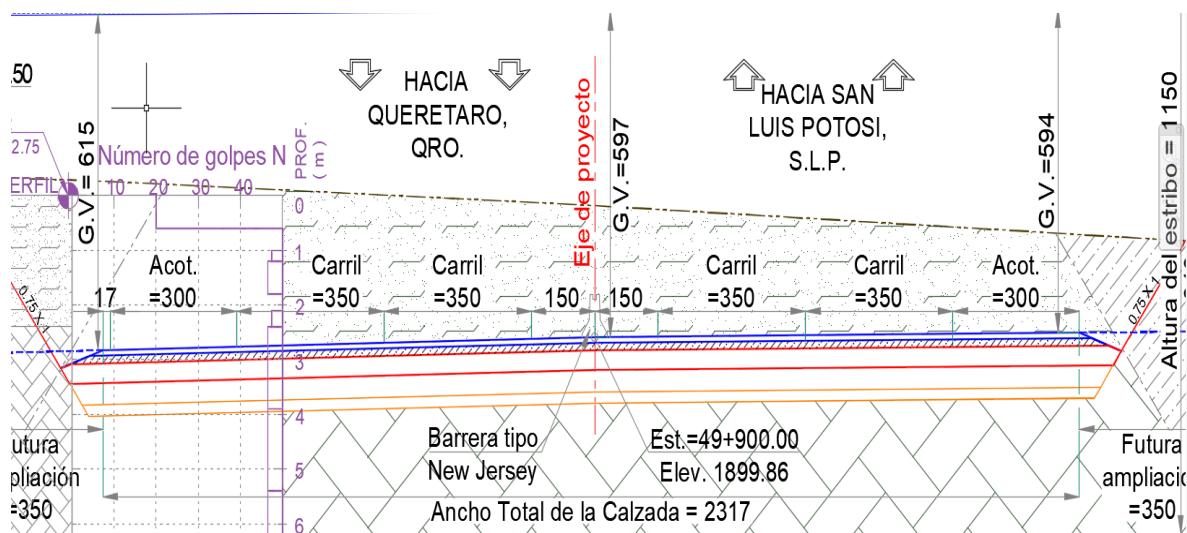
Aplicación Subassembly Composer 2024 – Fuente: Autodesk



El **subassembly** se modeló de acuerdo con las especificaciones establecidas en los planos originales, asegurando que no se omitiera ningún detalle relevante de la obra. Este incluye un ancho de carril de 23 metros, cortes de 0.75 x 1 metro, una barrera tipo New Jersey y para el camino del PIV un ancho de 6.30m.

Figura 19

Ancho Total de la Calzada - Fuente: SCALA, Supervisión Consultoría, Asesoría y Laboratorio. S.A de C.V.

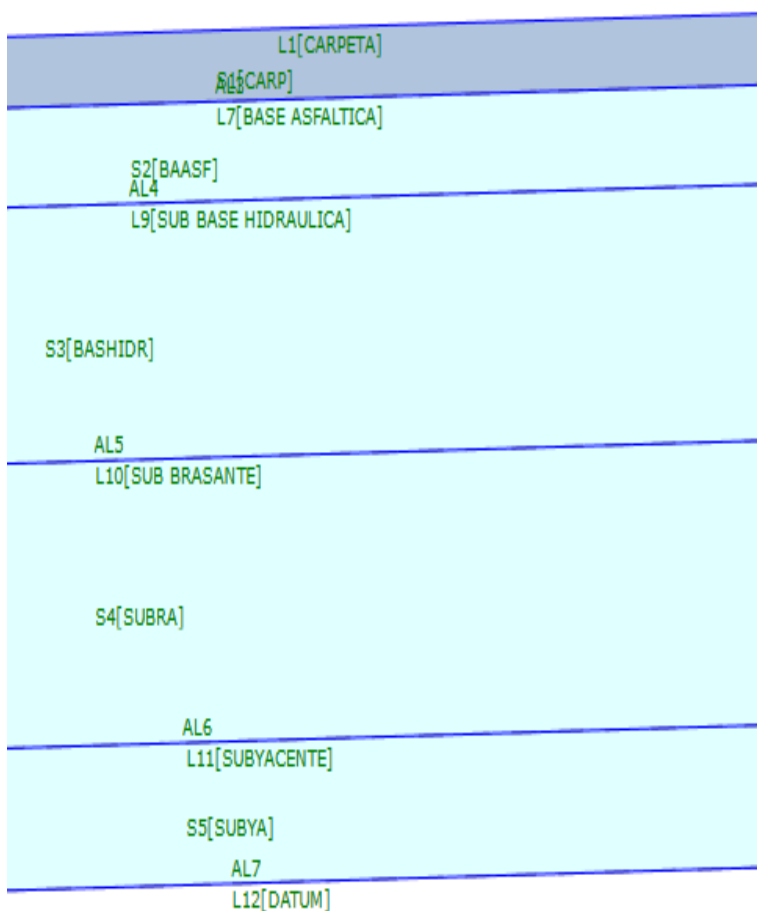


Subassembly Composer es una extensión de Civil 3D que permite la creación de familias personalizadas para modelar obras lineales. Este software utiliza una amplia variedad de parámetros y códigos definidos por el usuario para adaptar los diseños a las necesidades específicas de cada proyecto.

En este caso, el subensamble está compuesto por los siguientes elementos principales:

Figura 20

Códigos de Subassembly - Fuente: Elaboración Propia



- Carpeta Asfáltica
- Base Asfáltica
- Subbase Hidráulica
- Subrasante
- Subyacente

En la figura se pueden observar estos datos representados gráficamente, junto con sus respectivos códigos de reconocimiento, los cuales están indicados entre corchetes para facilitar su identificación y aplicación en el diseño.

Ya que se han asignado los parámetros y códigos correspondientes a nuestro subensamble, este se visualizará de la siguiente manera al estar completamente terminado:

Figura 21

Subensamble echo con subassembly composer - Fuente: Elaboración Propia

The screenshot displays the Subassembly Composer interface. On the left, a 'Flowchart' shows a sequence of steps starting from a 'Start' node, followed by points P1 through P12, and lines L7 through L11. The 'Properties' panel for the selected point P1 shows its coordinates and geometry type. On the right, a 3D preview shows the subassembly in 'Roadway mode', with various geometric elements labeled. Below the preview, a table lists the 'Input/Output Parameters' for the subassembly.

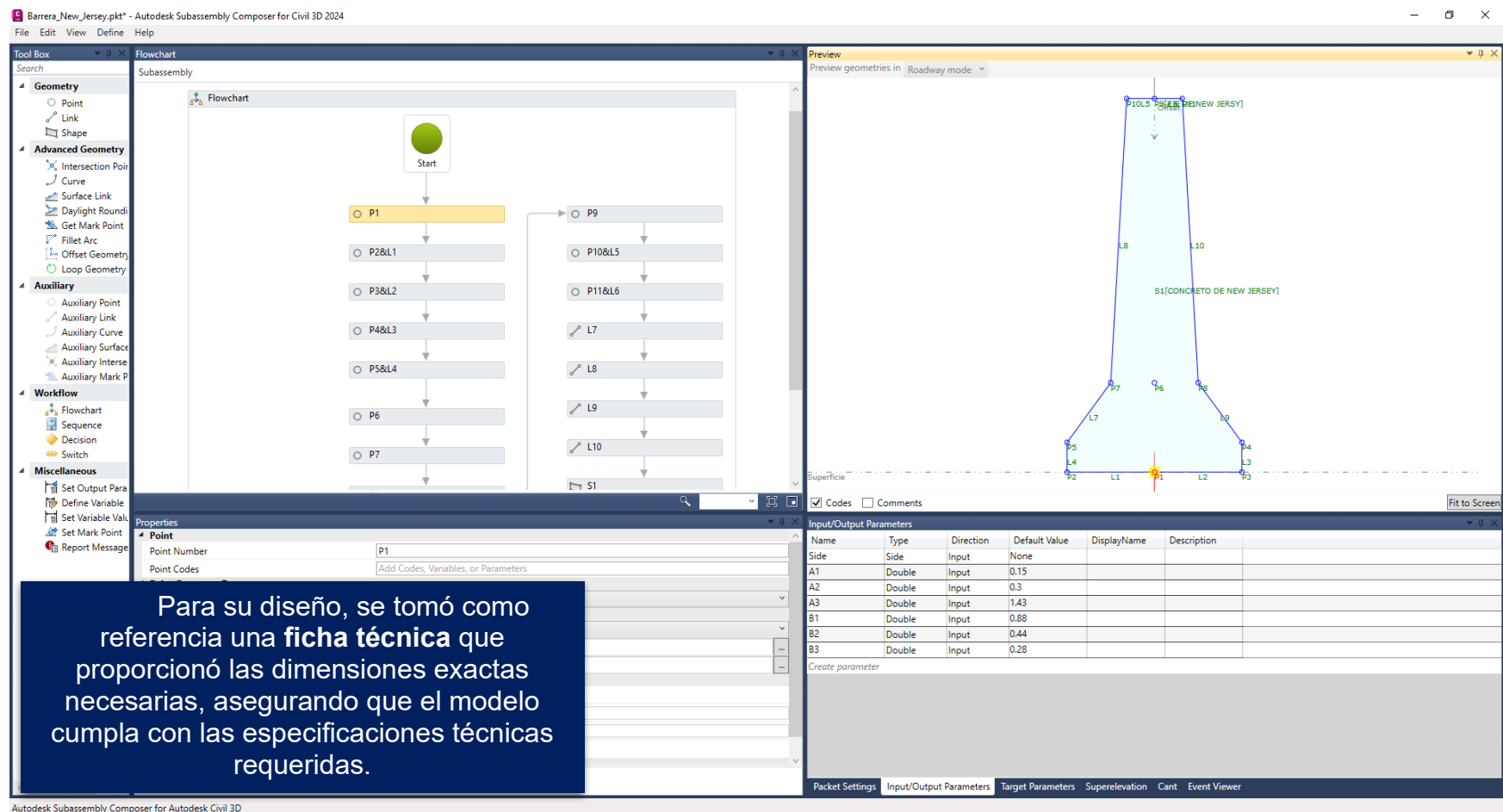
Name	Type	Direction	Default Value	DisplayName	Description
Side	Side	Input	Left		
A	Double	Input	11.5	Anchura	
B	Grade	Input	-2.00%	Talud por defecto	
CARP	Double	Input	0.1	Profundidad de pi	
BAASF	Double	Input	0.14	Profundidad de pi	
BASHIDR	Double	Input	0.36	MATERIAL BASE H	
SUBRA	Double	Input	0.4	MATERIAL BASE S	
SUBVA	Double	Input	0.2	MATERIAL BASE S	
UseSuperelevation	Superelevation	Input	LeftInsideLane	Superelevation	
SupportAOR	Superelevation	Input	Unsupported	Superelevation Ax	
PotentialPivot	Potential Pivot	Input	Yes	Potential Pivot	
S1	String	Input	CARP	PAV 01	
S2	String	Input	BAASF	PAV 02	
S3	String	Input	BASHIDR	MATERIAL BASE H	

En esta visualización, se pueden identificar los diferentes elementos del subensamble con sus respectivos códigos de reconocimiento, lo que asegura que el diseño cumple con las especificaciones requeridas y está listo para integrarse para la elaboración de la obra lineal.

De igual manera, se diseña la barrera de **New Jersey**. En este caso, su modelado resulta más sencillo, ya que únicamente requiere un código específico para su definición.

Figura 22

Subensamble de barrera New Jersey echo con subassembly composer - Fuente: Elaboración Propia



Para su diseño, se tomó como referencia una **ficha técnica** que proporcionó las dimensiones exactas necesarias, asegurando que el modelo cumpla con las especificaciones técnicas requeridas.

Name	Type	Direction	Default Value	DisplayName	Description
Side	Side	Input	None		
A1	Double	Input	0.15		
A2	Double	Input	0.3		
A3	Double	Input	1.43		
B1	Double	Input	0.88		
B2	Double	Input	0.44		
B3	Double	Input	0.28		

Figura 23

Creación de Ensamblaje para ambos Obras Lineales - Fuente: Elaboración Propia

Realizado los subensambles procederemos a realizar el ensamblaje definitivo para nuestras obras lineales.

Crear ensamblaje

Nombre:
PIV_SLP

Descripción:

Tipo de ensamblaje:
Otro

Estilo de ensamblaje:
Basic

Estilo de conjunto de códigos:
Codigos Ehyvar_SCALA

Capa de ensamblaje:
C-ROAD-SEC-TIPICA-TEMPLATE

Aceptar Cancelar Ayuda

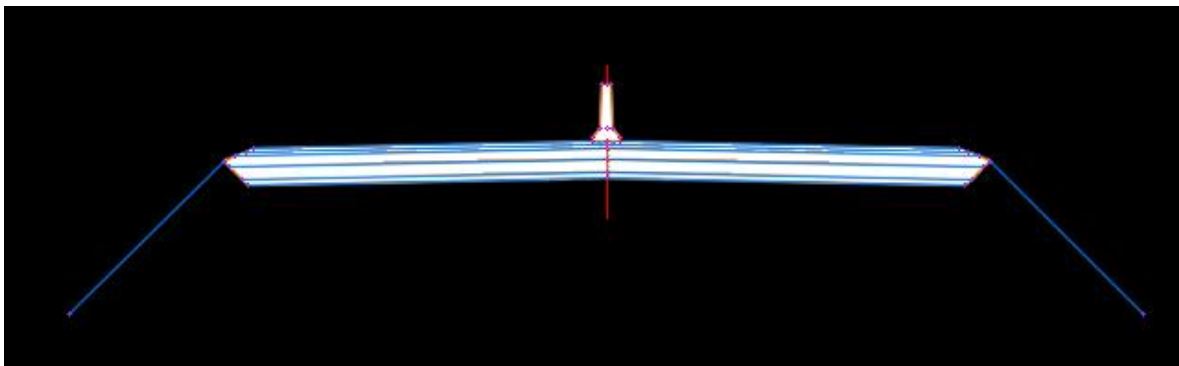
Se debe colocar un nombre a nuestro subensamblaje

Y asignar los estilos que ya hemos creado para visualizarlos correctamente

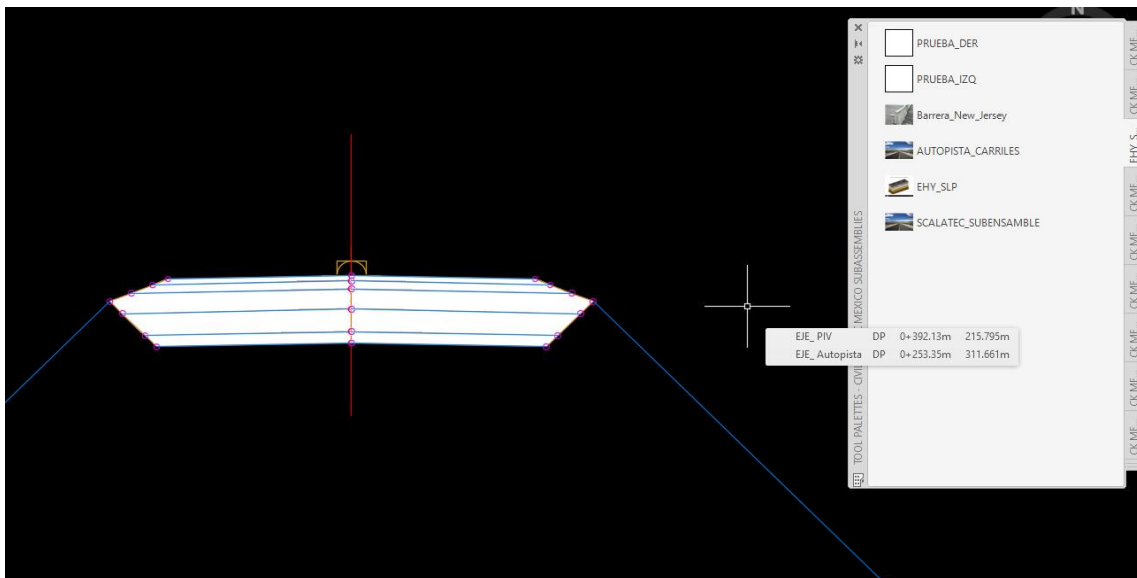
Una vez asignado a nuestro ensamblaje los subensambles se mostrarán de la siguiente manera

Figura 24

Visualización de Ensamblajes que se Utilizarán para el proyecto – Fuente Elaboración Propia



Visualización de Ensamblajes que se Utilizaran para el proyecto – Fuente Elaboración Propia



Una vez que nuestros **ensamblajes** están correctamente definidos, procedemos a elaborar las **obras lineales**. Este proceso implica integrar los elementos y subensamblajes previamente creados en un modelo continuo que represente la geometría de la infraestructura, asegurando que todos los componentes se ajusten adecuadamente a los parámetros de diseño establecidos.

Figura 26

Creación de Obra Lineal - Fuente: Elaboración Propia

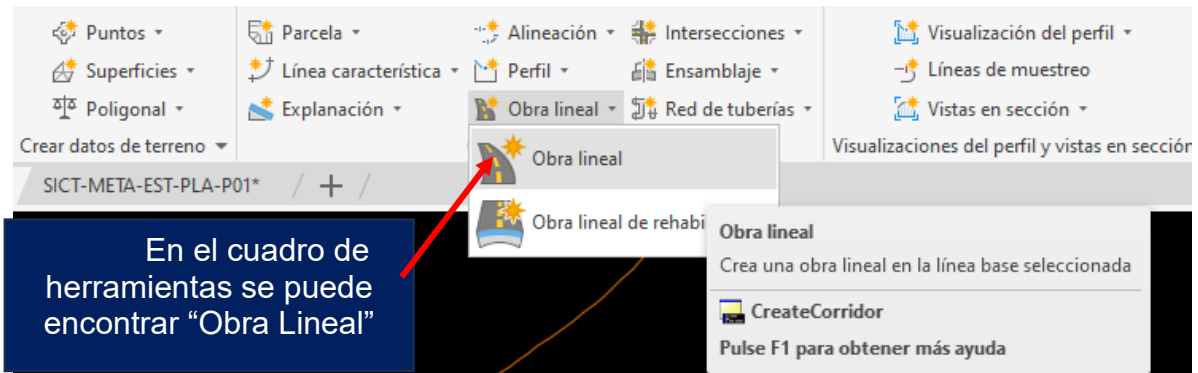
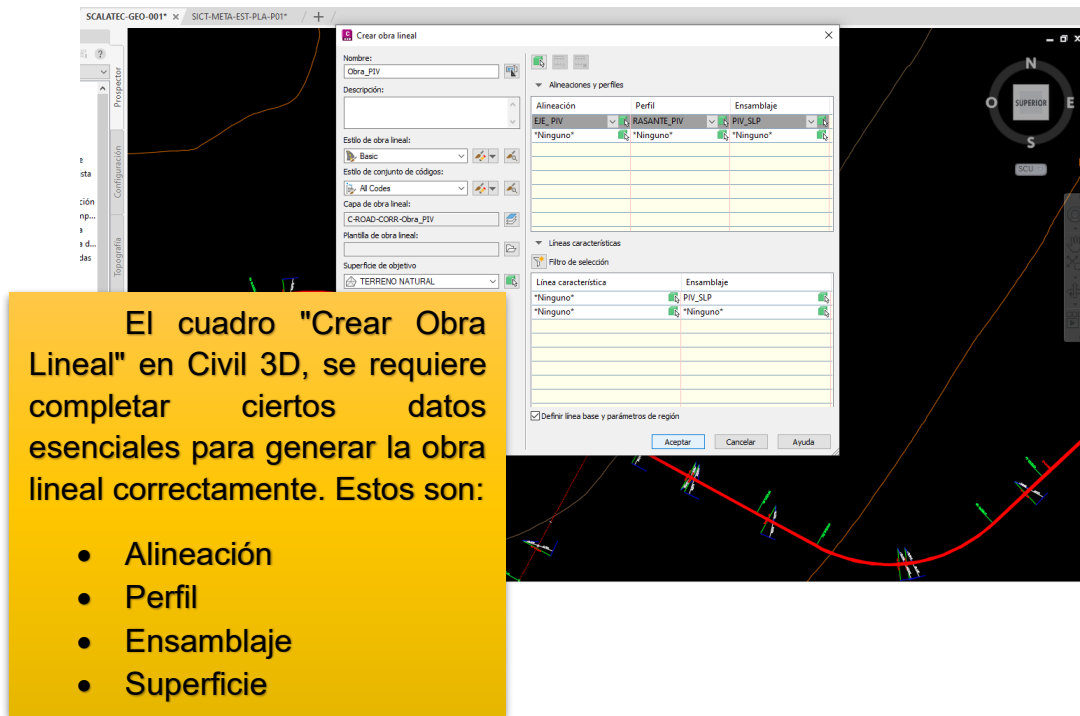


Figura 27

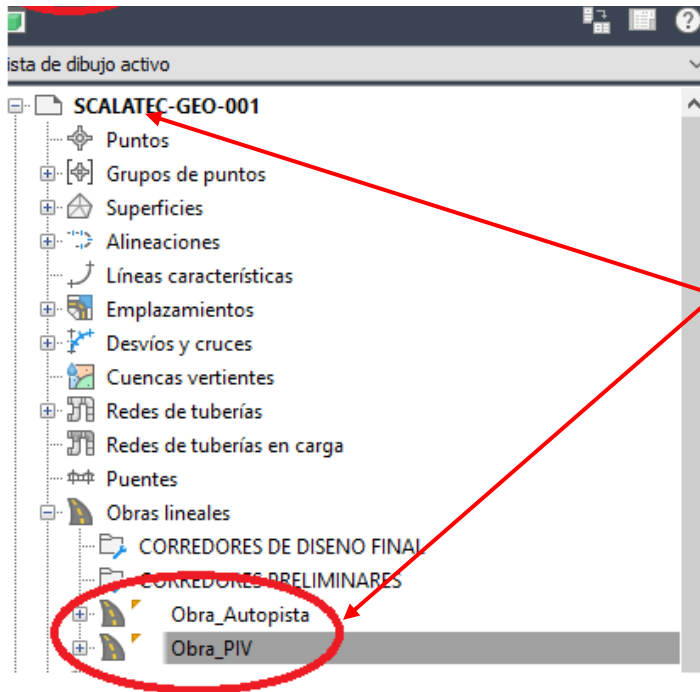
Cuadro Crear Obra Lineal - Fuente: Elaboración Propia



Una vez creadas ambas obras lineales, estas se visualizarán en el **Toolspace** de **Civil 3D**

Figura 1

ToolSpace "Obras Lineales" - Fuente: Elaboración Propia



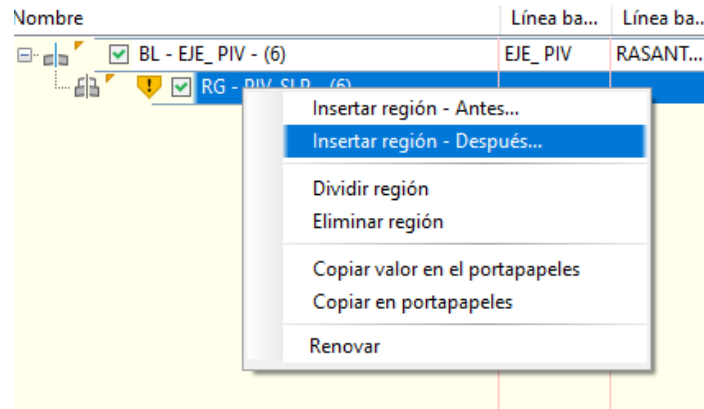
Dentro del apartado correspondiente a **"Obras Lineales"**. En esta sección, podrán identificarse las propiedades de cada obra, como:

- La alineación asociada.
- El perfil seleccionado.
- El ensamble utilizado.
- La superficie que representa el terreno natural o modificado

Actualmente, la obra lineal no reconoce la estructura del puente. Para solucionar esto, es necesario **modificar la obra lineal** dividiéndola en **tres tramos o regiones**, cada una con sus características específicas:

Figura 2

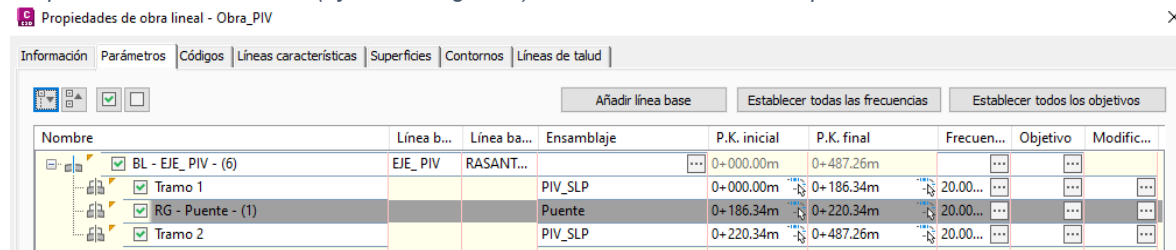
Propiedades de Obra Lineal - Fuente: Elaboración Propia



- **Tramo 1 de Aproximación Inicial:** Representa la sección previa al inicio del puente, ajustada según las especificaciones del terreno y la subrasante.
- **Tramo del Puente:** Corresponde a la estructura principal, donde el ensamble se ajustará para incluir únicamente las características del puente.
- **Tramo 2 de Aproximación Final:** Sección posterior al puente que conecta nuevamente con la obra lineal, considerando las transiciones adecuadas entre el puente y el terreno.

Figura 3

Propiedades de Obra Lineal (Ajuste de regiones) - Fuente: Elaboración Propia



Se ajustan nuevamente los kilómetros y los ensambles que van del:

Tramo 1 de Aproximación Inicial: 0+000m al 0+186.34m

Tramo del Puente: 0+186.34m al 0+220.34m

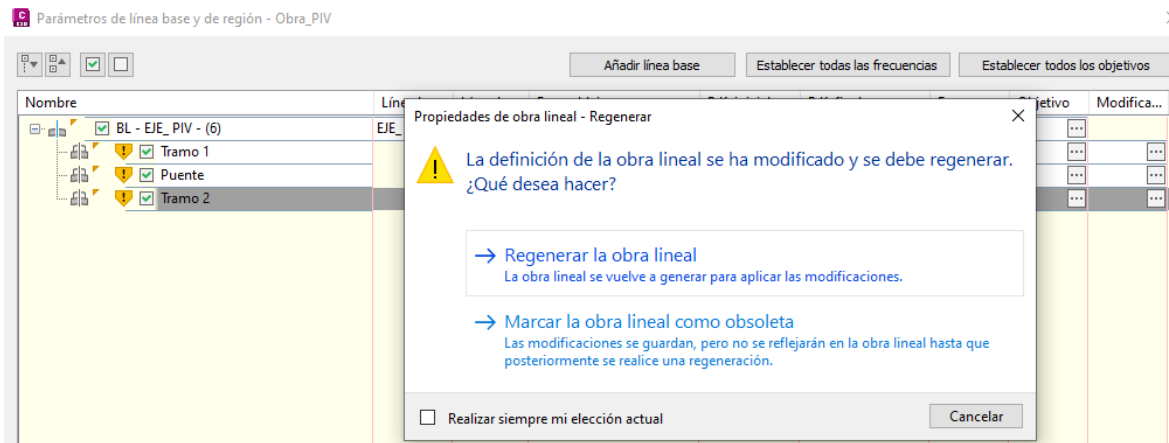
Tramo 2 de Aproximación Final: 0+220.34 al 0+487.26m

Cada tramo se configura mediante **regiones dentro de la obra lineal** en Civil 3D, ajustando el ensamble y los parámetros asociados a cada una para garantizar que el modelo tridimensional sea preciso y funcional.

Después de completar los pasos anteriores, como la división en regiones y la configuración de los tramos, se puede regenerar **la obra lineal** para reflejar los cambios realizados.

Figura 4

Regenerar la obra Lineal - Fuente: Elaboración Propia



Primera Visualización de las Obras Lineales

Figura 5

Visualización de la obras lineales - Fuente Elaboración Propia

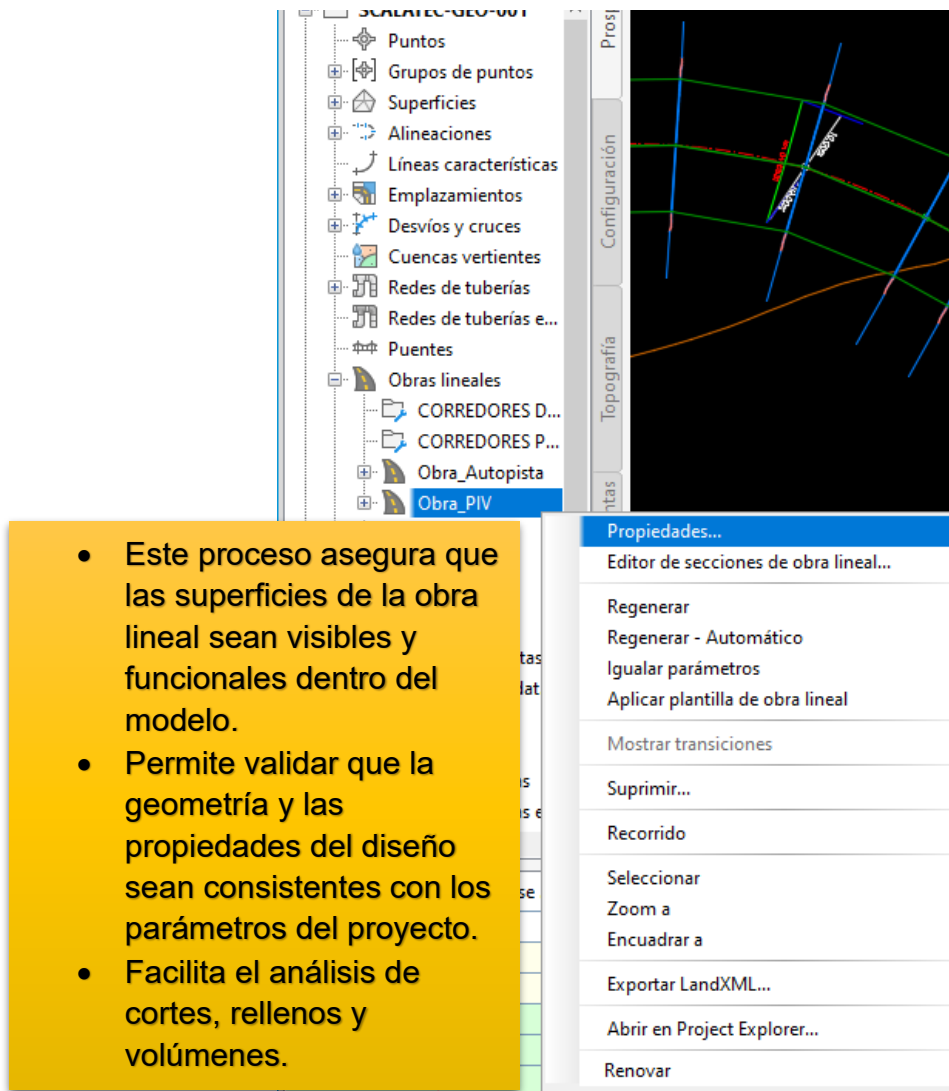


Creación de Superficie para Obra Lineal

Ya elaboradas nuestras obras lineales, estas se visualizarán en el modelo, pero inicialmente no incluirán cortes, rellenos y pendientes del terreno. Para reflejar correctamente estas características, es necesario crear una superficie de terreno específica para la obra lineal.

Figura 6

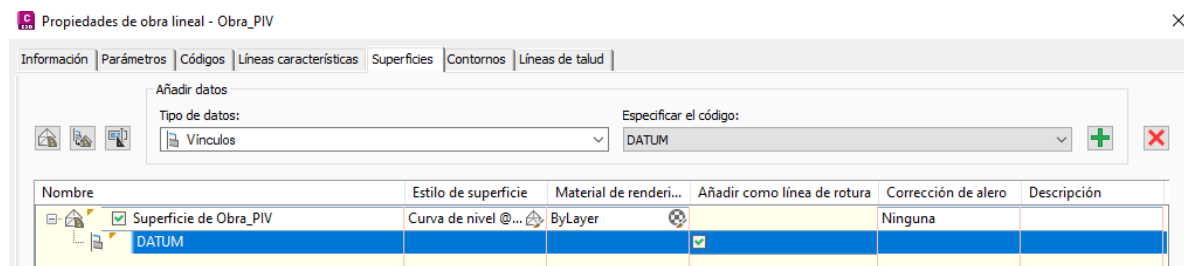
Propiedades de Obra Lineal – Fuente Elaboración Propia



En las propiedades de la obra lineal, dentro de la pestaña de superficie, se seleccionará el código que representará la nueva superficie; en este caso, se utilizará el código Datum, que corresponde al nivel inferior del subensamble o subrasante. Si se requiere otra capa, como la sub-base, se deberá seleccionar el código correspondiente. Esto garantiza que la superficie creada refleje con precisión los niveles definidos en el diseño.

Figura 7

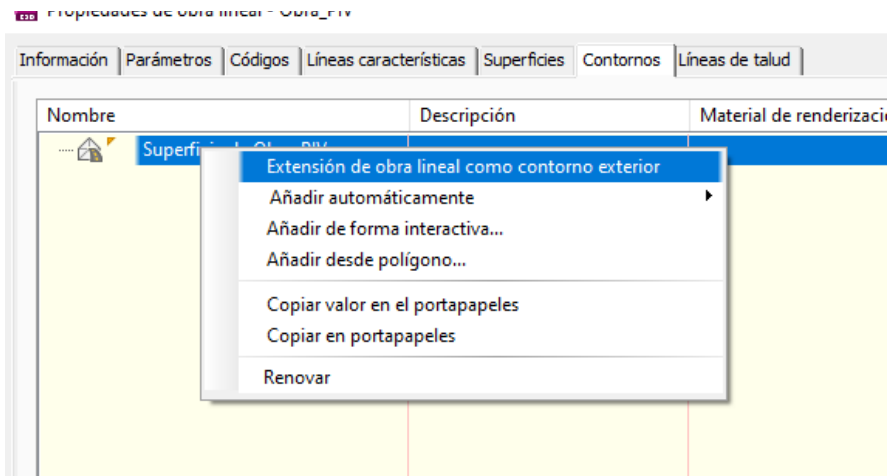
Creación de Superficie de Obra Lineal - Fuente: Elaboración Propia



En la pestaña de contornos se configurará la extensión de la obra lineal, asignando un contorno exterior para delimitar correctamente la superficie de la obra lineal. Esto permitirá que la superficie refleje únicamente el área diseñada, evitando incluir elementos fuera del alcance del proyecto

Figura 8

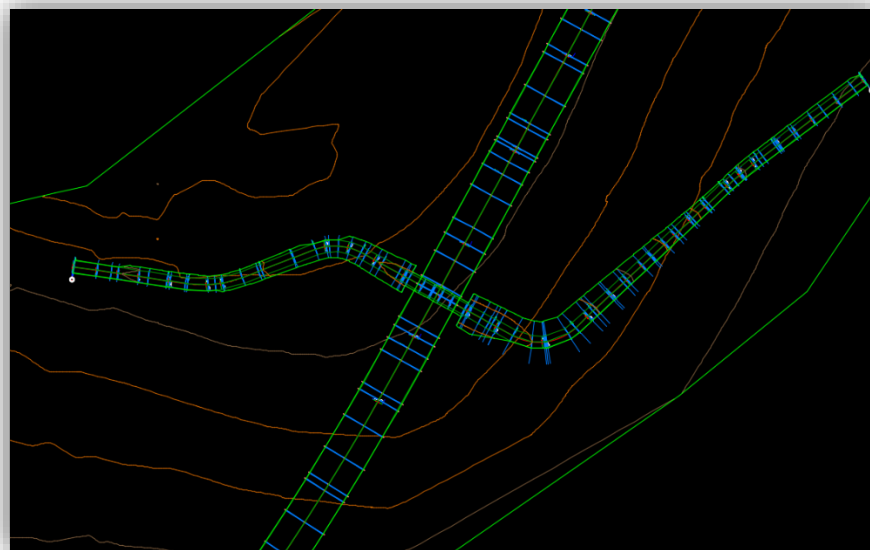
Extensión de obra lineal como contorno exterior - Fuente Elaboración Propia



Configurados los contornos, se regenerará nuevamente la obra lineal para actualizar la superficie con las modificaciones realizadas. El resultado será una representación más precisa y ajustada a los parámetros establecidos en el diseño.

Figura 36

Visualizaciones de Superficies de Obras Lineales - Fuente: Elaboración Propia

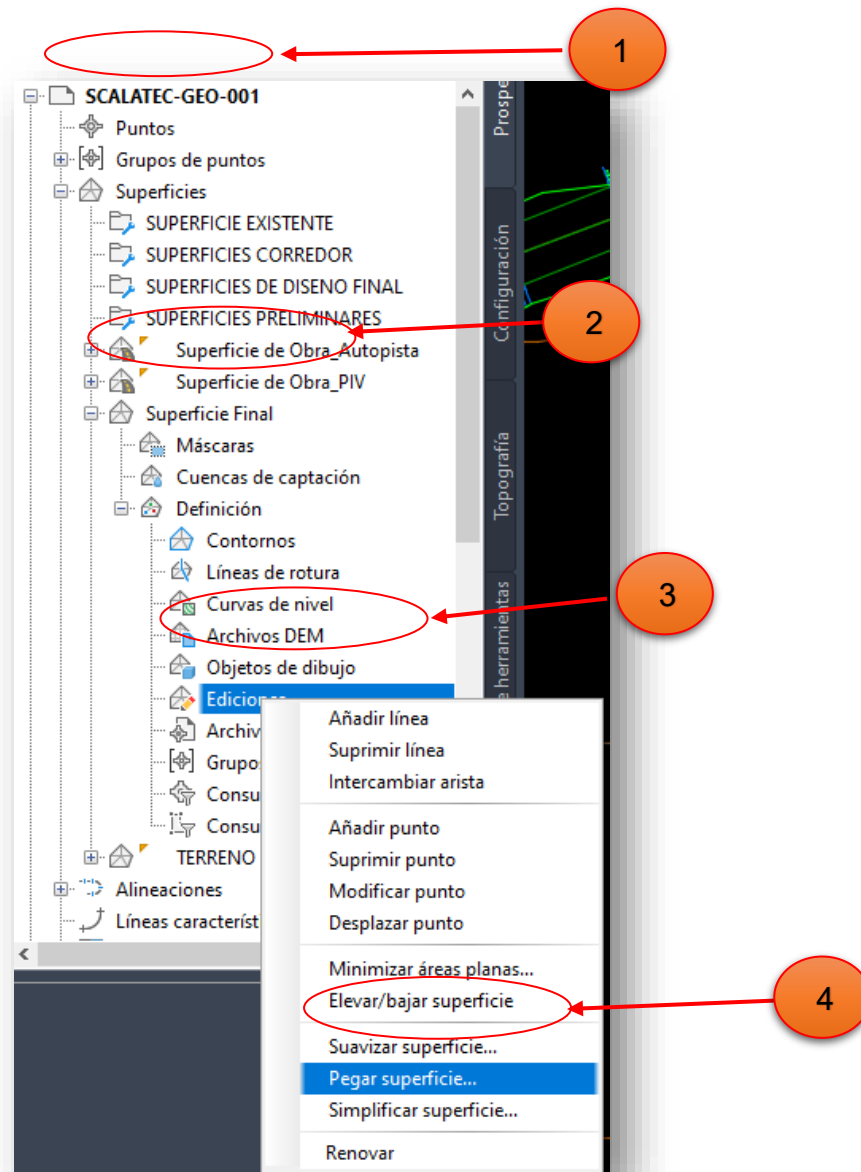


Como último paso, se creará una nueva superficie que representará las condiciones finales del proyecto. Esta superficie permitirá visualizar de manera completa y precisa las obras lineales, integrando todas las modificaciones y configuraciones realizadas previamente

Superficie Final

Figura 9

Creación de Superficie Final - Fuente: Elaboración Propia



En la pestaña “**Toolspace**”, dentro del apartado de **Superficie**, crearemos una nueva superficie llamada “**Superficie Final**”. Posteriormente, accederemos al apartado de “**Ediciones**” y seleccionaremos la opción “**Pegar Superficie**”, que nos permitirá combinar las superficies creadas previamente. En este caso, se incluirán:

- **Superficie del Terreno Natural**
- **Superficie de Obra_Autopista**
- **Superficie de Obra_PIV**

Este proceso asegura que la superficie final integre de manera coherente todos los elementos del diseño.

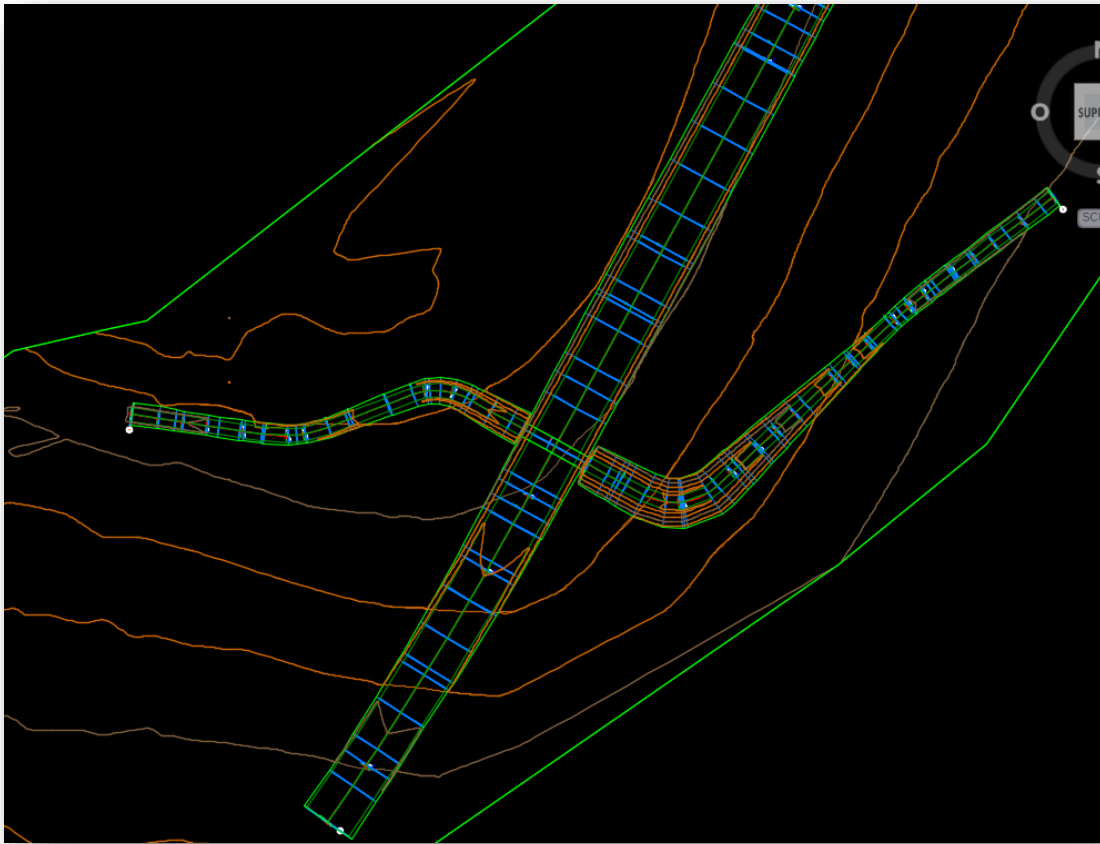
Figura 10

Superficies creadas con anterioridad - Fuente: Elaboración Propia

Ediciones	Descripción
 Pegar	Añadir superficie TERRENO NATURAL
 Pegar	Añadir superficie Superficie de Obra_PIV
 Pegar	Añadir superficie Superficie de Obra_Autopista

Figura 11

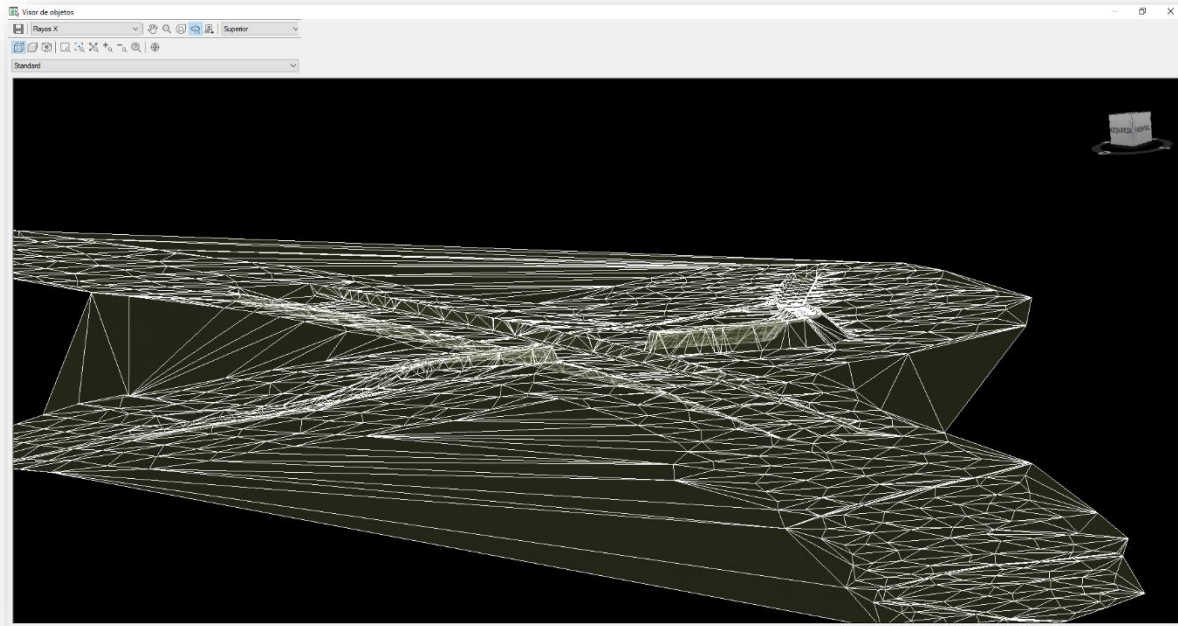
Obras Lineales Correctamente - Fuente: Elaboración Propia



De esta manera, nuestra obra lineal se visualizará correctamente integrada, mostrando tanto las elevaciones como la triangulación en 3D de forma precisa. Esto garantizará que todos los elementos del diseño estén adecuadamente alineados y listos para su análisis y validación final

Figura 12

Triangulación 3D con Obras Lineales - Fuente: Elaboración Propia

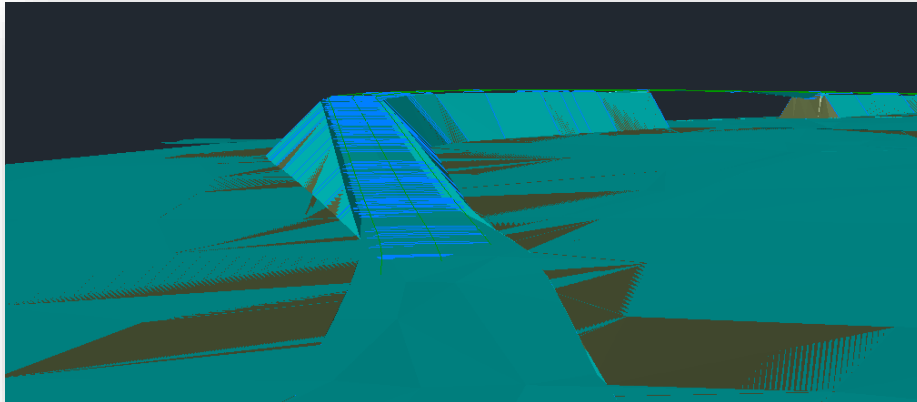


Si en el modelo se realizan modificaciones, como cambios en el eje o en las elevaciones, los modelos vinculados a través de otros softwares se actualizarán automáticamente. Esto permite mantener la coherencia del proyecto y evitar pérdidas de información, optimizando la coordinación. Este proceso se explicará con más detalle en etapas posteriores del desarrollo.

Visualización de modelo en 3D

Figura 13

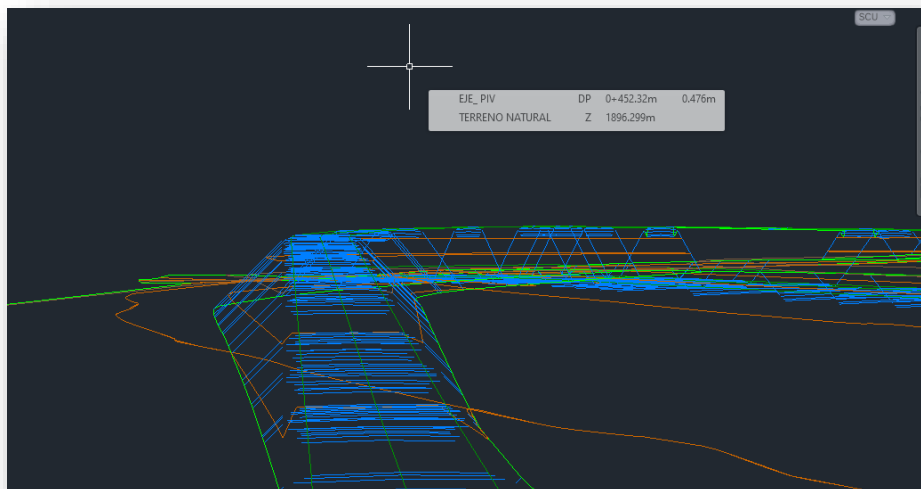
Recorrido en solido 3D - Fuente Elaboración Propia



Estos modelos son preliminares, ya que aún falta integrar la estructura específica del puente. Para ello, utilizaremos **InfraWorks** para generar un modelo inicial e **Inventor** para personalizar y detallar los componentes de la estructura según los planos proporcionados y los requisitos específicos del proyecto.

Figura 14

Recorrido en 3D - Fuente Elaboración Propia

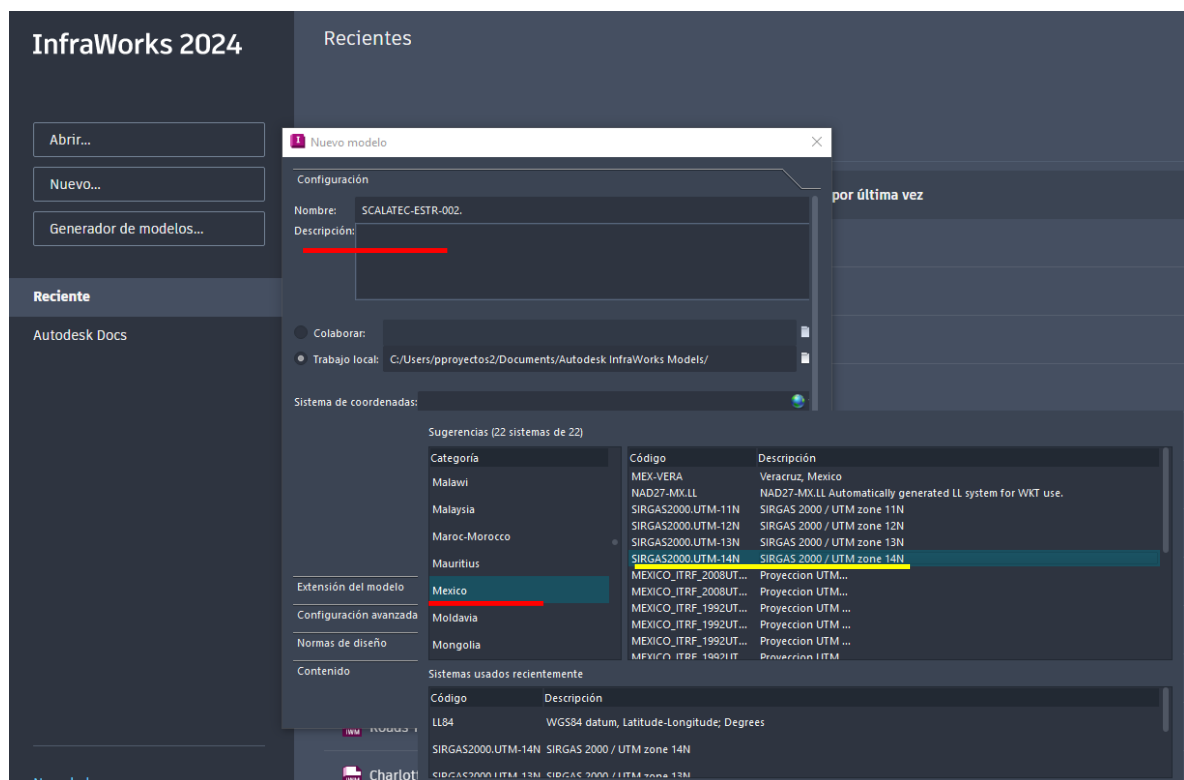


2.10. Modelado Estructural

El modelado estructural es una pieza clave en el desarrollo de nuestro modelo final. Como primer paso, es necesario configurar la plantilla de trabajo. Esta configuración incluye asignarle un nombre acorde a nuestro Plan BIM, que en este caso será **SCALATEC-ESTR-002**, y establecer las coordenadas **UTM** correctamente. Esta base asegura la alineación y compatibilidad del modelo con los demás elementos del proyecto, además de facilitar la colaboración y precisión en las fases posteriores.

Figura 15

Configuración del Nuevo Modelo - SCALATEC-ESTR-002 - Fuente: Elaboración Propia



Dentro de nuestro archivo de trabajo, procederemos a importar el archivo **SCALATEC-GEO-001** en formato **DWG**, que previamente desarrollamos en Civil

3D para el diseño geométrico. Este archivo servirá como base para alinear correctamente los elementos estructurales con la geometría del proyecto y garantizar la precisión en la integración del modelo.

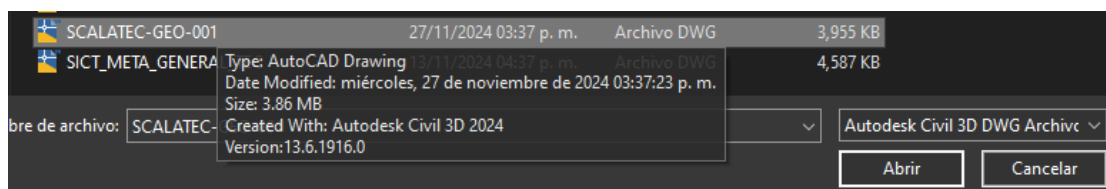
Figura 16

Importar Objetos de Civil 3D - Fuente: Elaboración Propia



Figura 17

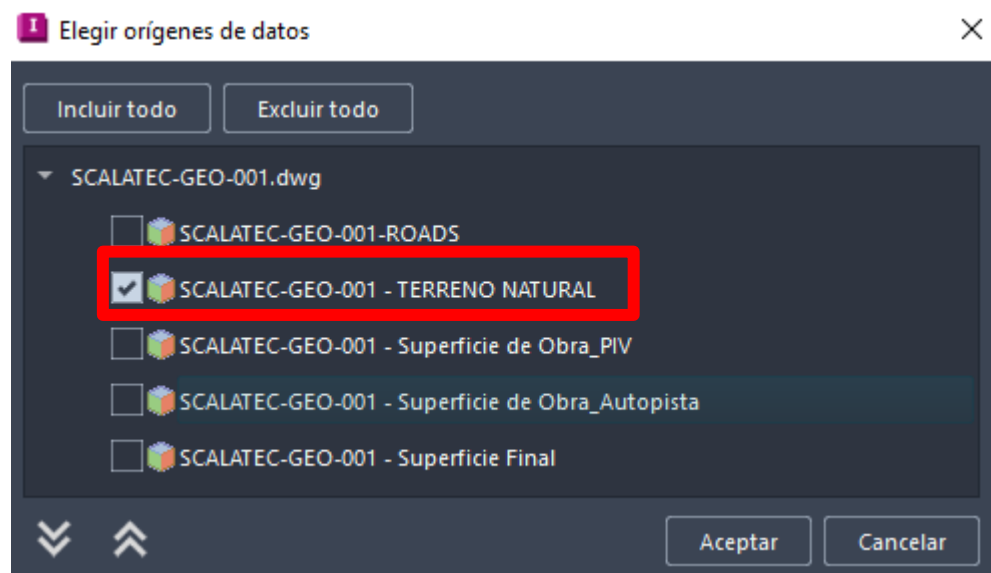
Importación de archivo SCALATEC-GEO-001 - Fuente: Elaboración Propia



Importada nuestra obra lineal, el sistema solicitará seleccionar las capas que deseamos visualizar en el plano. No es necesario importar todas las capas, únicamente seleccionaremos las esenciales para nuestro proyecto: primero la capa **Terreno Natural** y, posteriormente, la capa **ROADS**. Esto permitirá mantener un entorno de trabajo limpio y enfocado.

Figura 18

Elegir Orígenes de datos - Fuente: Elaboración Propia



Una vez que las capas seleccionadas hayan cargado, procederemos a actualizar el origen de los datos. Para ello, daremos clic en el icono con un círculo y flechas verdes. Esto asegurará que los datos importados estén sincronizados correctamente y reflejen cualquier cambio realizado en el modelo original.

Figura 19

Actualizar orígenes de datos - Fuente: Elaboración Propia

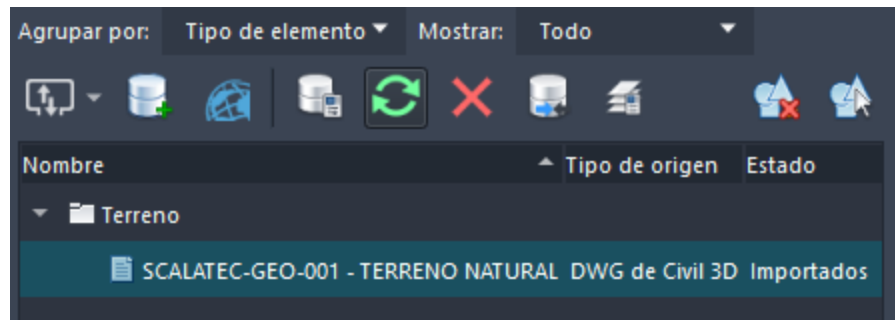


Figura 20 - Modelo en InRoads - Fuente: Elaboración Propia



Figura 21

Modelo en InRoads sin detalles estéticos - Fuente: Elaboración Propia

En InRoads, es posible agregar detalles estéticos para mejorar la visualización del modelo y hacerlo más representativo. Esto incluye personalizar el

terreno natural con texturas realistas, ajustar el entorno con un cielo dinámico y agregar elementos de presentación, como vegetación, estos detalles no solo hacen que el modelo sea más atractivo, sino que también facilitan su interpretación

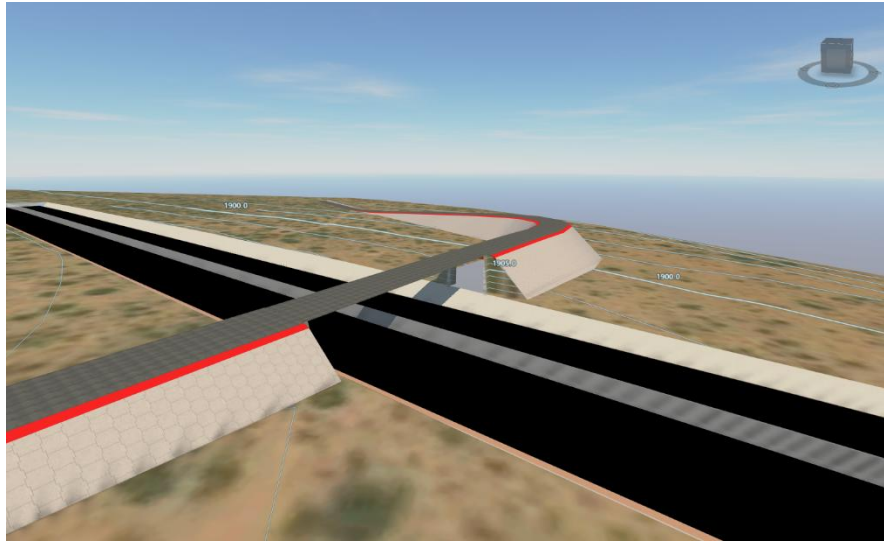
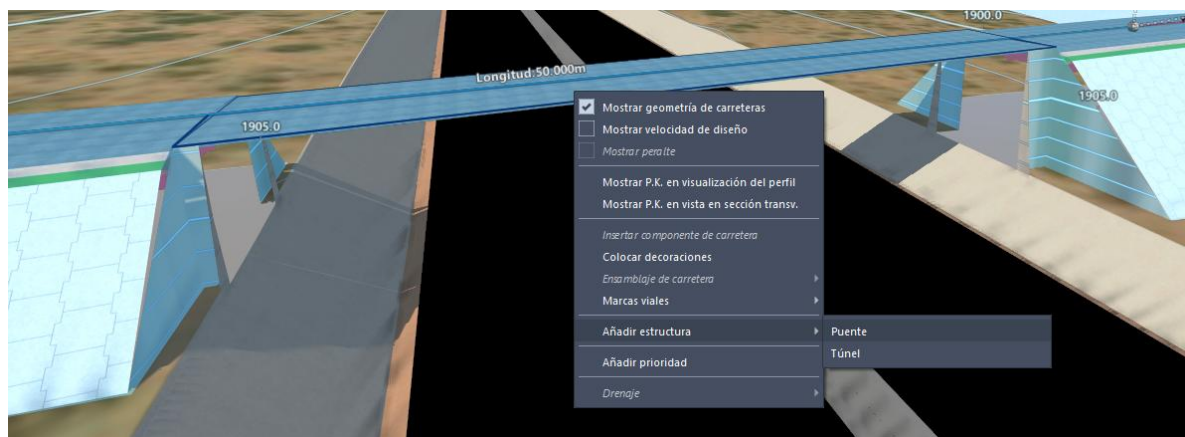


Figura 22

Creación de Puente Paramétrico - Fuente Elaboración Propia



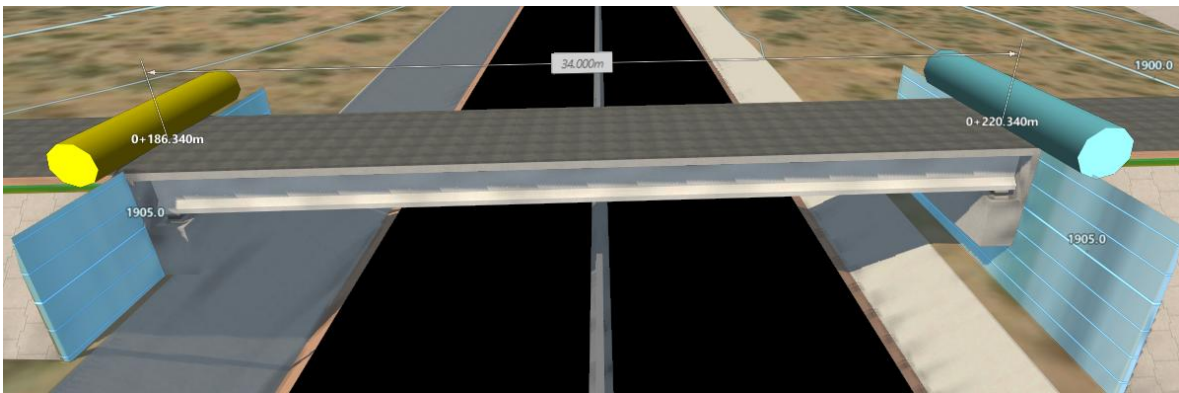
Estructura del puente

Para añadir la estructura del puente, se hará clic derecho sobre el eje correspondiente dentro del modelo (véase Figura 50). Esto permitirá seleccionar una opción que mostrará un modelo recomendado por Infracworks.

Como se observa en la figura, el puente abarca del kilómetro 0+186.34 al 0+220.34. Aunque Infracworks genera automáticamente un modelo preliminar utilizando configuraciones predeterminadas, este no corresponde exactamente con el diseño de los planos originales proporcionados por SCALA.

Figura 23

Puente Paramétrico de Infracworks - Fuente: Elaboración Propia



Esto plantea una cuestión clave: **¿Cómo podemos personalizar el modelo generado por el software para que coincida con las especificaciones y detalles de los planos originales?**

Para lograr que el modelo del puente generado en Infracworks coincida con los planos originales proporcionados por SCALA, será necesario utilizar el software Autodesk Inventor.

Figura 24

Autodesk Inventor Professional 2024 - español (Spanihs) - Fuente: Autodesk



Este programa permite la edición avanzada de componentes estructurales, facilitando la personalización del diseño del puente en base a las especificaciones originales.

En Inventor, se podrán ajustar parámetros como dimensiones, materiales, conexiones y detalles constructivos, asegurando que el modelo final cumpla con los requisitos técnicos y estéticos definidos en los planos. Una vez editado, el modelo puede exportarse nuevamente a InfraWorks o Civil 3D para integrarlo al proyecto general. Este flujo de trabajo garantiza precisión y coherencia en el diseño del puente dentro del entorno BIM.

Análisis de Componentes del Puente

Evaluaremos los elementos útiles del modelo generado en Infracworks y compararemos sus características con los requisitos establecidos en los planos originales para desarrollar un modelo ajustado.

Al crear un puente en Infracore, el software basa su diseño en parámetros clave como:

- **Distancia** entre apoyos.
- **Altura** del puente.
- **Normas aplicables** en el modelo.

Sin embargo, Infracore utiliza un número limitado de configuraciones estándar para los componentes del puente, tales como:

- **Contrafuertes:** Solo ofrece tres modelos predeterminados.
- **Vigas:** Modelos limitados por defecto.
- **Losas:** Tipos básicos según el estándar del software.

En este caso, los contrafuertes recomendados para utilizar no serán seleccionados debido a su incompatibilidad con los planos proporcionados.

Figura 25

Familias de Contrafuertes en Infraworks - Fuente: Autodesk Infraworks



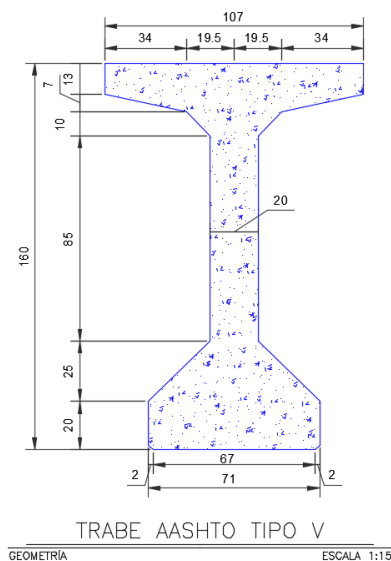
No solo existe una incompatibilidad, sino que estas estructuras carecen de un marco normativo conocido y no cumplen con los diseños estructurales propuestos por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT).

Los planos originales detallan que el puente está compuesto principalmente por los siguientes elementos estructurales:

Trabes AASHTO Tipo V, que soportan la estructura principal

Figura 26

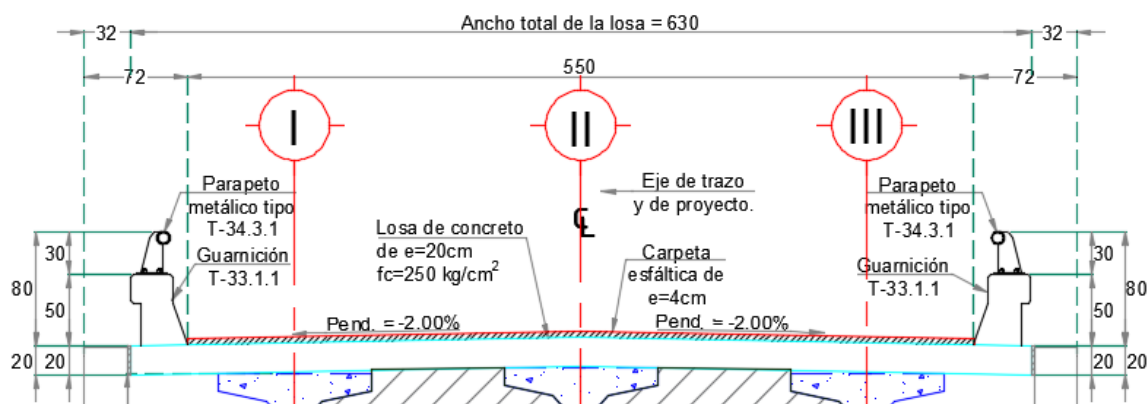
TRABE AASHTO TIPO V - Fuente: SCALA, Supervisión, Consultoría, Asesoría y Laboratorio, Clave - SICT-META-EST-PLA-P05 - Descripción -Trabes AASHTO Tipo V_Geometría y refuerzo_PIV 49+900.00



Losa de Rodamiento, que proporciona una superficie transitable

Figura 27

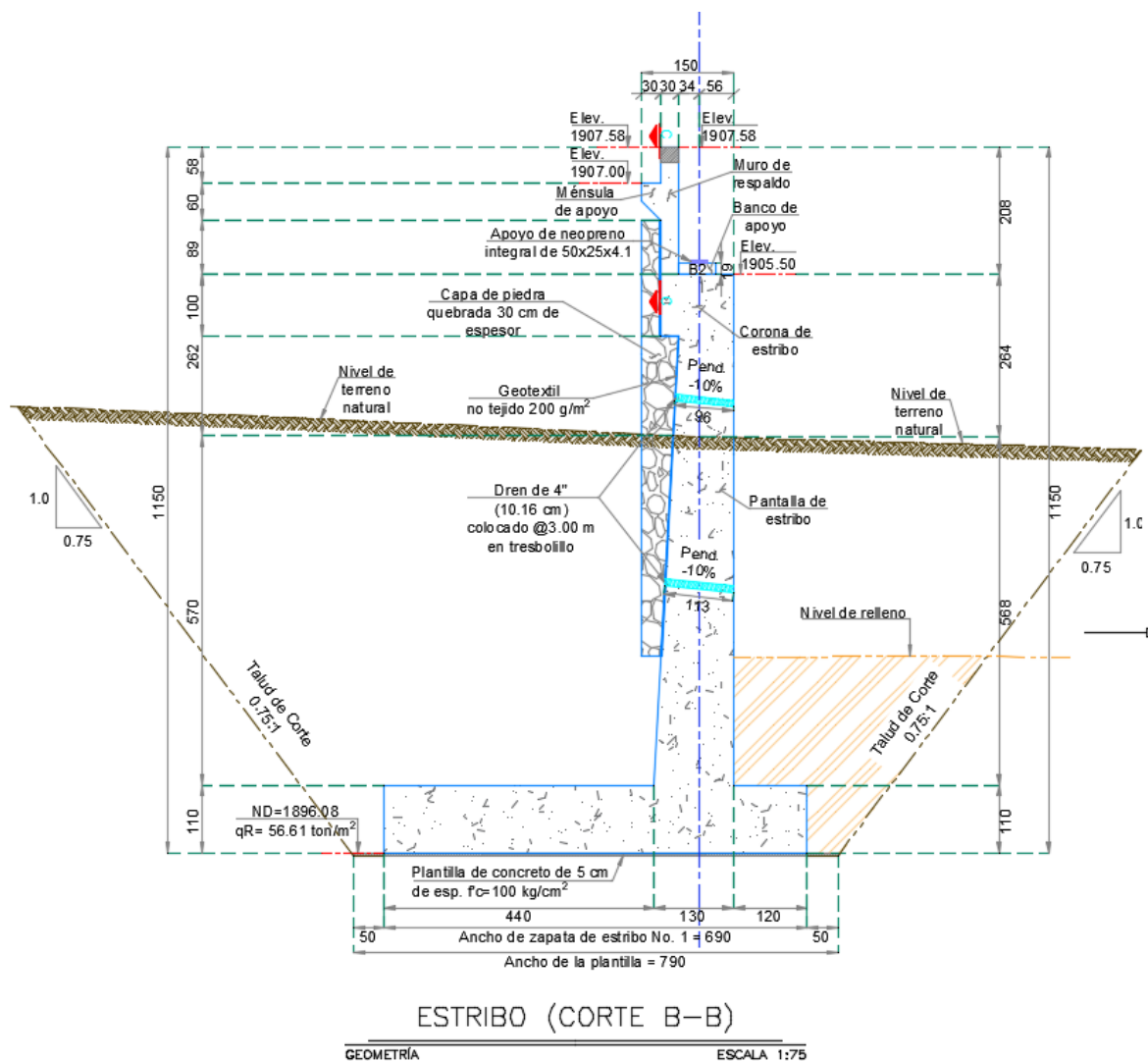
Losa de Rodamiento - Fuente: SCALA, Supervisión, Consultoría, Asesoría y Laboratorio, Clave - SICT-META-EST-PLA-P03 - Descripción - Losa de Rodamiento_Geometría y refuerzo_PIV 49+900.00



Estribos, que sirven como apoyo en los extremos del puente

Figura 28

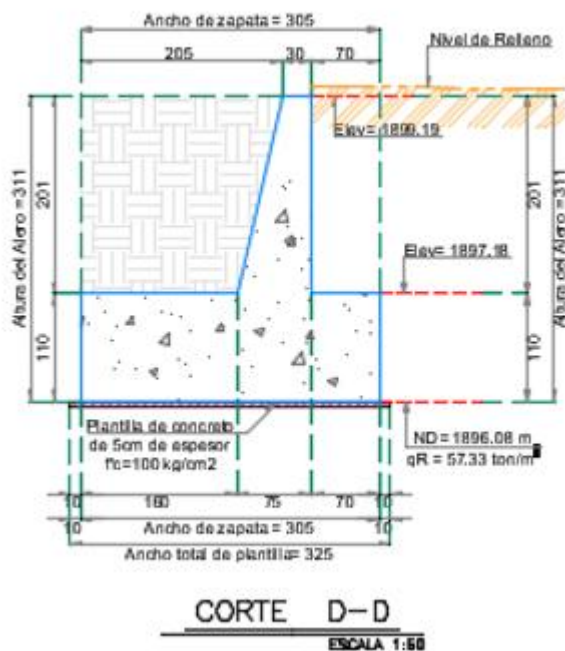
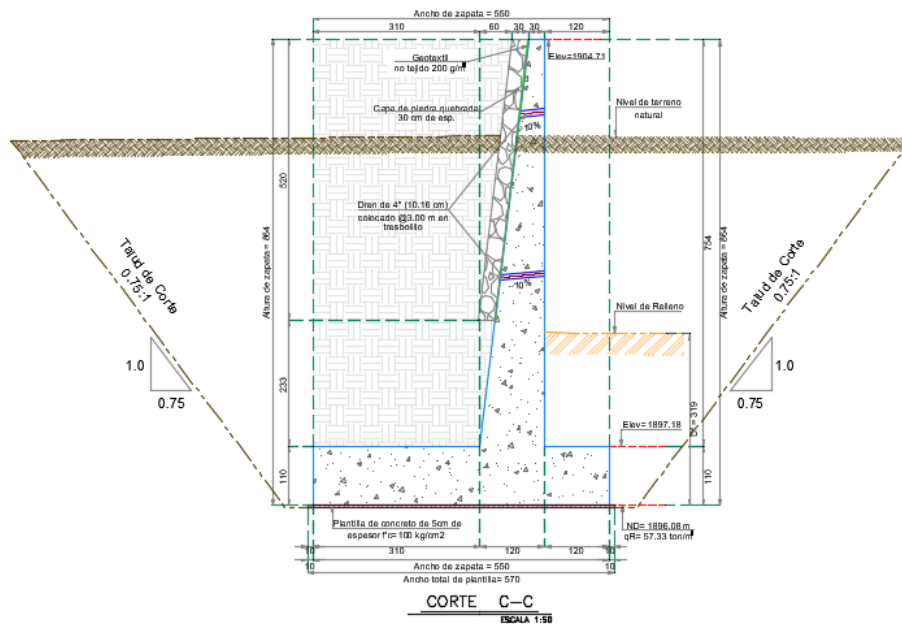
Estribos - Fuente: SCALA, Supervisión, Consultoría, Asesoría y Laboratorio, Clave - SICT-META-EST-PLA-P06
- Descripción - Estribo 1 - Geometría 1 de 2_PIV 49+900.00



Alero, que protege contra la intemperie

Figura 29

Aleros - Fuente: SCALA, Supervisión, Consultoría, Asesoría y Laboratorio, Clave - SICT-META-EST-PLA-P07
- Descripción - Estribo 1 - Geometría 2 de 2_PIV 49+900.00



Muro Pantalla, que brinda estabilidad lateral

Refuerzos de Banco, para la distribución uniforme de cargas; y Topes

Antisísmicos, diseñados para mitigar los efectos de movimientos sísmicos.

Figura 58

Refuerzos de Banco y Topes Antisísmicos - Fuente: SCALA, Supervisión, Consultoría, Asesoría y Laboratorio, Clave - SICT-META-EST-PLA-P09 - Descripción Estribo 1 - Refuerzo 2 de 4_PIV 49+900.00

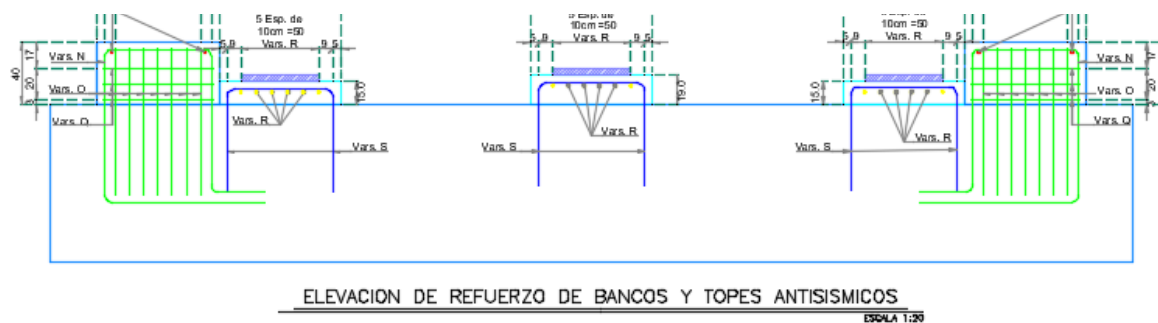
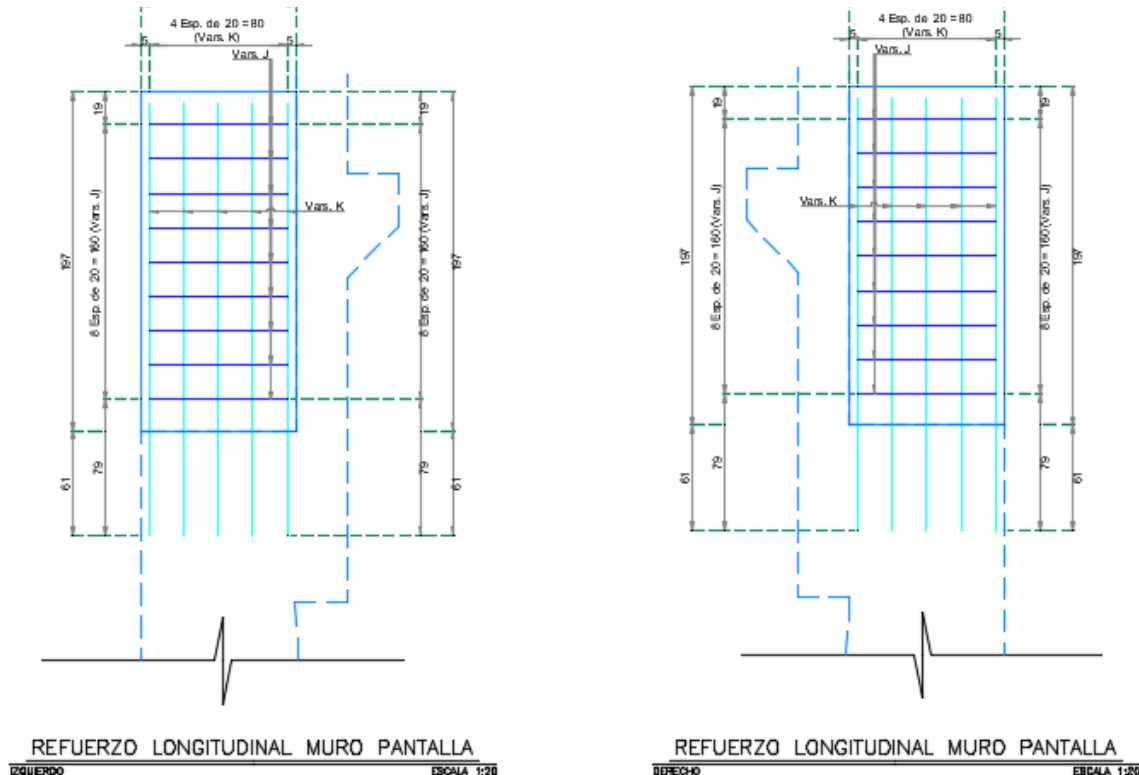


Figura 59

Muro Pantalla - Fuente: SCALA, Supervisión, Consultoría, Asesoría y Laboratorio, Clave - SICT-META-EST-PLA-P09 - Descripción Estribo 1 - Refuerzo 2 de 4_PIV 49+900.00



Estos componentes son esenciales para garantizar tanto la estabilidad estructural como la funcionalidad operativa del puente, cumpliendo con las especificaciones técnicas establecidas en los planos originales.

Regresando a nuestro modelo en Infracore, identificamos que uno de los componentes que probablemente requerirá modificaciones será el contrafuerte. Esto se debe a que el programa no incluye el modelo específico que necesitamos y, aunque se editen sus parámetros, no es posible ajustarlo exactamente a las especificaciones de los planos originales.

Sin embargo, los elementos que podemos conservar y adaptar del modelo predefinido son:

- **Trabes AASHTO Tipo V**
- **Losa de Rodamiento**
- **Refuerzos de Banco**

Estos componentes cumplen con los requerimientos iniciales del diseño y pueden ser integrados directamente al modelo estructural, asegurando un avance significativo en la configuración del puente. Para el contrafuerte (Estribo), será necesario desarrollarlo en un software complementario como **Inventor**, que permita personalizarlo de acuerdo con las especificaciones exactas del proyecto.

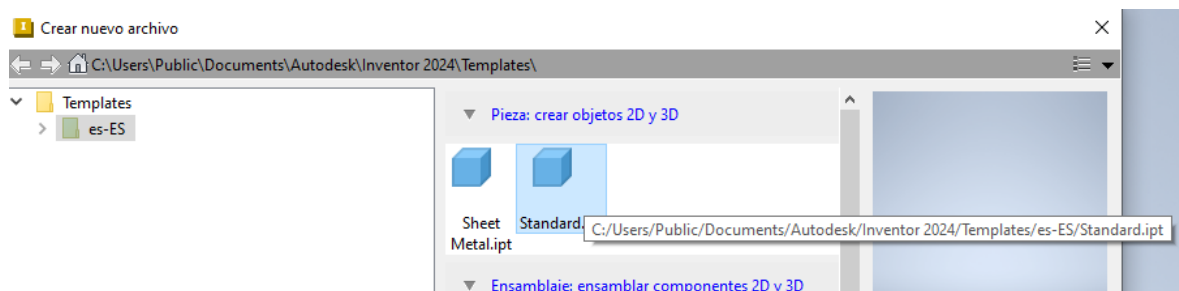
Estribo

Crear un Nuevo Proyecto en Inventor

Abrimos Autodesk Inventor y procedemos a crear un modelo nuevo. El proyecto llevará por nombre conforme nuestro Plan BIM “**SCALATEC-MEC-003**”, siguiendo los lineamientos establecidos. Antes de iniciar, se ajustarán las configuraciones iniciales necesarias, asegurando que las unidades de medida estén configuradas en el sistema métrico para garantizar la precisión y uniformidad en el diseño.

Figura 60

Crear un Nuevo Proyecto en Inventor - Fuente: Elaboración Propia



Importancia de los Parámetros en el Modelo

Un aspecto crucial en la creación del modelo es que debe diseñarse con base en parámetros bien definidos. **¿Qué son estos parámetros?** Son valores que permiten que, al importar el modelo a Infracore, este sea reconocido correctamente y funcione según lo esperado.

Por ello, es fundamental definir estos parámetros desde el inicio. En la página principal de ayuda de Infracore, específicamente en el apartado **"Diseño de estructuras civiles"**, se encuentra una amplia variedad de recursos que pueden ser consultados. Sin embargo, el segmento que nos interesa es **"Referencia de parámetros de contrafuerte"**. Dentro de este apartado, se debe acceder a la sección titulada **"Referencia de parámetros de contrafuerte basados en desfase"**, donde se detallan las especificaciones clave que se deben considerar para garantizar la compatibilidad del modelo con Infracore.

Figura 30

Página Principal de Ayuda de Autodesk InRoads - Fuente: Autodesk

- Diseño de estructuras civiles
 - + Bridge Design (Diseño de puentes)
 - + Diseño de túneles
 - Modelos de estructuras civiles paramétricas
 - Acerca de los componentes de puente y túnel paramétricos
 - Para añadir componentes de puente o túnel paramétricos a la Paleta de estilos
 - Para modificar componentes de puente y túnel paramétricos
 - Buscar actualizaciones
 - Modelos de estructuras civiles paramétricas: referencia de la ficha Detalles del modelo
 - Referencia de parámetro de contrafuerte
 - Parámetros de contrafuertes universales
 - Parámetros de contrafuerte basados en talud
 - Parámetros de contrafuerte basados en desfase

Parámetros de contra fuerte basados en desfase

Figura 31

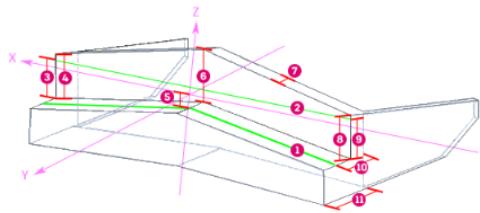
Parámetros de contrafuerte en desfase - Fuente: Autodesk

Parámetros de contrafuerte basados en desfase

COMPARTIR

Los parámetros basados en desfase permiten que los taludes laterales de la pared de balasto y el asiento se establezcan mediante varias alturas de muro de balasto y desfases de asiento.

Descripción de parámetros	Parámetro de contenido	Valor paramétrico	Conjunto/lectura de InfraWorks	Inventor	Revit
Altura de muro de balasto	BallastWallHeight	Distancia vertical de la parte superior del muro de balasto sobre la parte superior del asiento, en la intersección de la parte frontal del muro de balasto y la alineación. (Un parámetro común para las piezas basadas en talud y en desfase de asiento).	No/Si	No	No
Altura izquierda de muro de balasto	BallastWallLeftHeight	Distancia vertical de la parte superior del muro de balasto sobre la parte superior del asiento, en la arista frontal izquierda del muro de balasto.	No/Si	No	No
Altura derecha de muro de balasto	BallastWallRightHeight	Distancia vertical de la parte superior del muro de balasto sobre la parte superior del asiento, en la arista frontal derecha del muro de balasto.	No/Si	No	No
Desfase de asiento	SeatOffset	Distancia vertical de la parte superior del asiento por debajo de la elevación del origen en la alineación.	No/Si	No	No
Desfase de asiento izquierdo	SeatOffsetLeft	Distancia vertical de la parte superior del asiento por debajo de la elevación del origen en la arista izquierda del contrafuerte.	No/Si	No	No
Desfase de asiento derecho	SeatOffsetRight	Distancia vertical de la parte superior del asiento por debajo de la elevación del origen en la arista derecha del contrafuerte.	No/Si	No	No



SeatOffsetLeft

1 Eje de rodamiento	7 BallastWallThickness
2 Referencia de desfase	8 BallastWallLeftHeight
3 SeatOffsetRight	9 SeatOffsetLeft
4 BallastWallRightHeight	10 CLBearingToBBW
5 SeatOffset	11 SeatWidth
6 BallastWallHeight	

Notas estándar: Referencia de asientos de contrafuerte

Definición de Parámetros en Inventor

Una vez que conocemos los parámetros necesarios, procedemos a insertarlos en el apartado de **Parámetros del Usuario** dentro de Inventor. Este paso es esencial, ya que nos permitirá identificar claramente a qué parte del modelo corresponde cada parámetro.

Estos parámetros no solo facilitan la organización y modificación del diseño, sino que también aseguran que el modelo sea compatible al exportarlo a Infraworks.

Figura 32

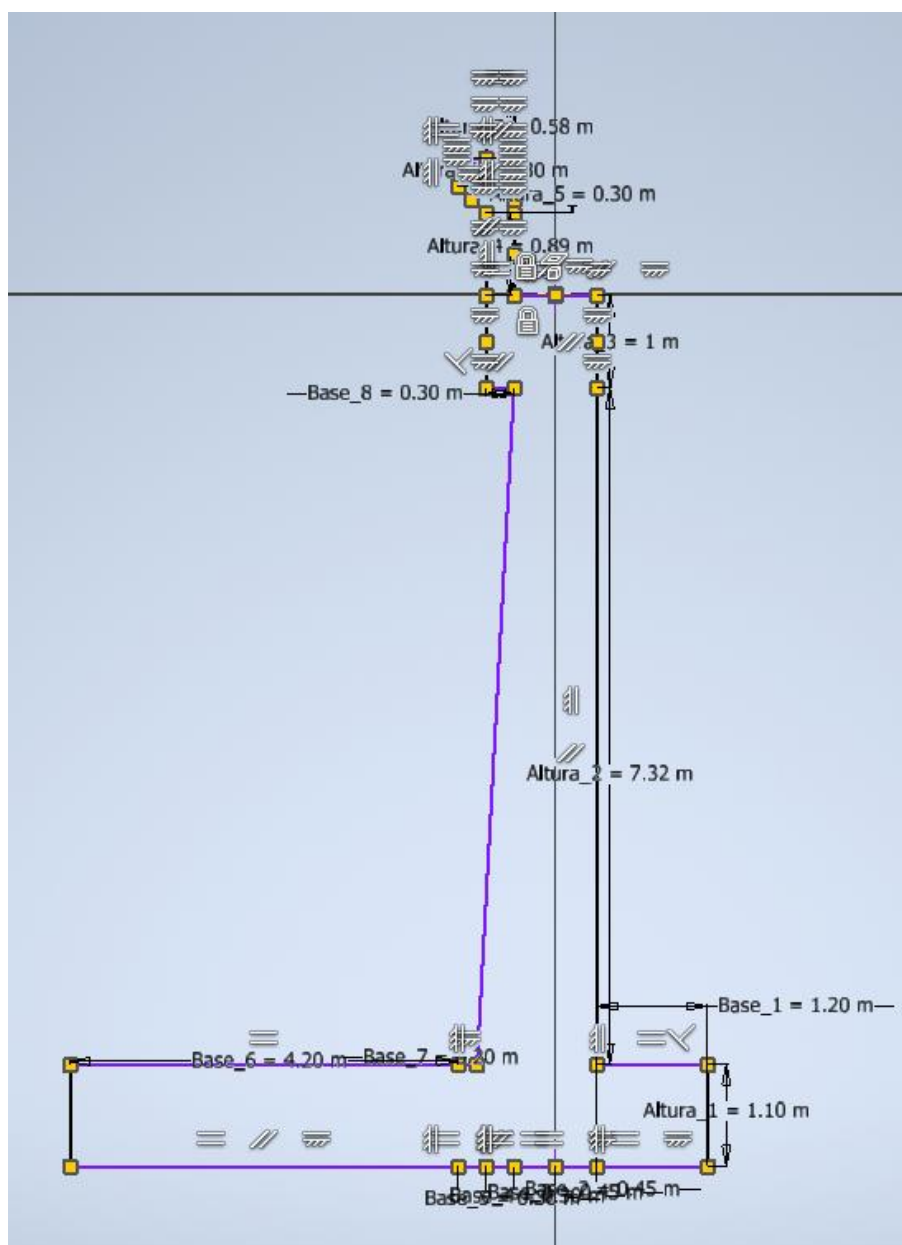
Parámetros del Usuario en Inventor- Fuente: Elaboración Propia

	☐	☐	
Plano_Derecho	☐	☐	
Plano_Izquierdo	☒	☒	
LeftWidth	☒	☒	
RightWidth	☒	☒	
BallastWallHeight	☒	☒	Altura de muro de balasto
a	☐	☐	
SeatOffset	☒	☒	Desfase de asiento
CLBearingToBBW	☒	☒	Eje de orientación hacia la parte posterior del muro de balasto
BallastWallThickness	☒	☒	Espesor de muro de balasto
Ejederodamiento	☒	☒	
Referenciadedesfase	☒	☒	
SeatOffsetRight	☒	☒	Desfase de asiento derecho
BallastWallRightHeight	☒	☒	Altura derecha de muro de balasto
BallastWallLeftHeight	☒	☒	Altura izquierda de muro de balasto
SeatOffsetLeft	☒	☒	Desfase de asiento izquierdo
Plano_centro	☐	☐	

El siguiente paso es dibujar nuestro primer boceto en Inventor, que en este caso corresponde al **Estribo**.

Figura 33

Boceto de creación - Fuente: Elaboración Propia



Para asegurarnos de que nuestro primer boceto, en este caso el estribo, no se vea afectado de manera abrupta cuando realicemos cambios posteriores en el modelo, debemos aplicar restricciones y parámetros adecuados. Estos parámetros deben dividirse en **parámetros del modelo** y **parámetros del usuario**.

Figura 34

Parámetros del modelo y parámetros del usuario - Fuente: Elaboración Propia

Parámetros del Modelo:

Son creados automáticamente cuando se está creando el boceto en Inventor. Estos parámetros son esenciales para la definición y control de las dimensiones del modelo, como la longitud, el ancho o la altura del estribo. Los parámetros del modelo ayudan a mantener la integridad del diseño mientras se ajustan las dimensiones o se realizan modificaciones.

Parámetros del Usuario:

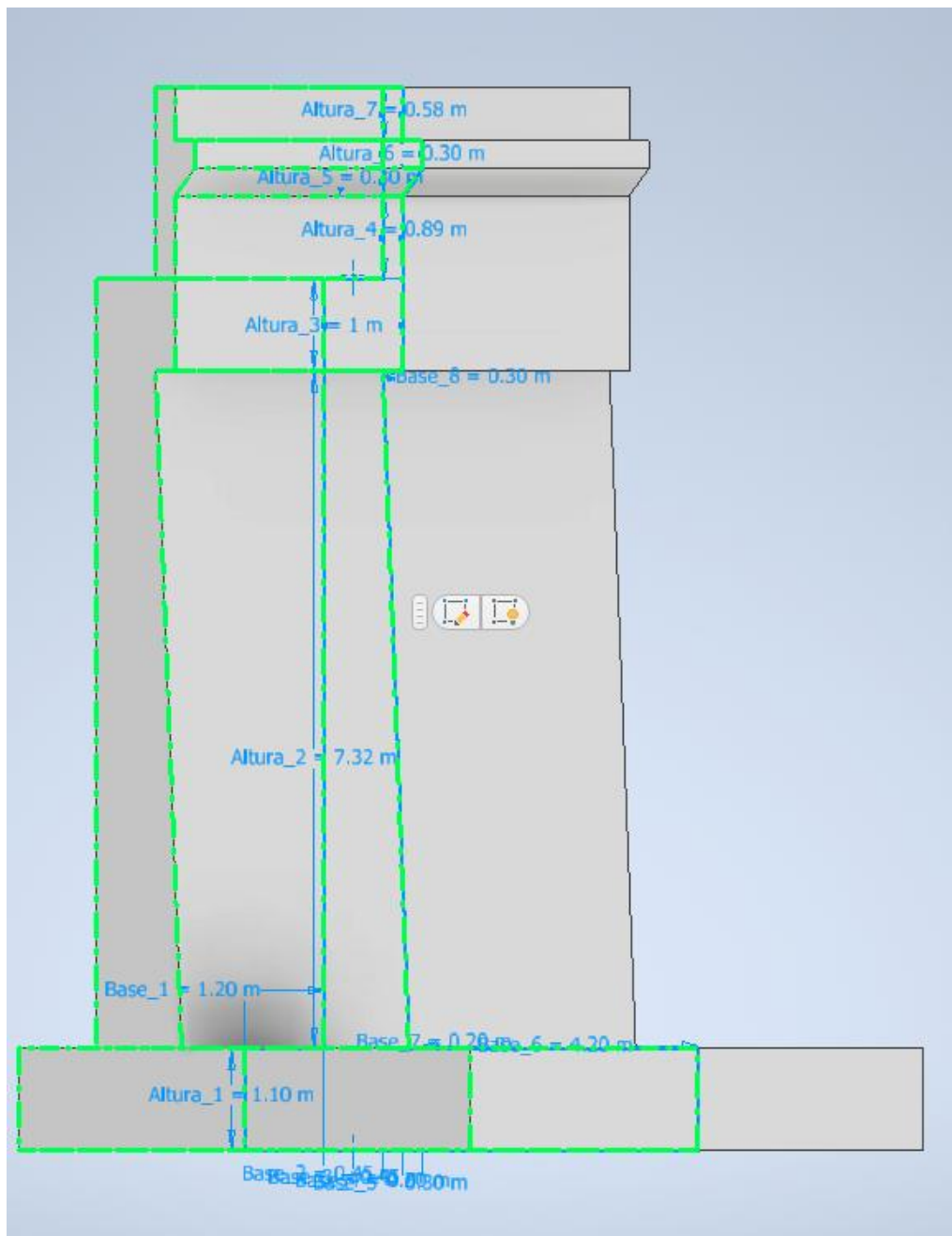
Los parámetros del usuario son definidos manualmente y permiten personalizar el diseño según las necesidades del proyecto. Estos parámetros tienen la ventaja de evitar la duplicación de valores en los parámetros del modelo. Al establecer valores únicos en los parámetros del usuario, se asegura que no haya conflicto ni repetición en los valores de las dimensiones, lo que facilita futuras modificaciones sin afectar otras partes del modelo.

Escribir palabra clave...									
Nombre de parámetro	Consumido por	Unidad	Ecuación	Valor nomina	Tolera	Valor cota de	Clavi		Comentario
Parámetros del modelo									
Base_1	SeatWidth, Boceto2	m	1.20 m	1.200000	<P	1.200000	✓	✓	
Base_2	SeatWidth, Boceto2	m	0.45 m	0.450000	<P	0.450000	✓	✓	
Base_3	CLBearingToBBW, SeatWidth, Boc...	m	0.45 m	0.450000	<P	0.450000	✓	✓	
Base_4	BallastWallThickness, CLBearingTo...	m	0.30 m	0.300000	<P	0.300000	✓	✓	
Base_8	Boceto2	m	0.30 m	0.300000	<P	0.300000	✓	✓	
Altura_1	Boceto2	m	1.10 m	1.100000	<P	1.100000	✓	✓	
Altura_2	Boceto2	m	7.32 m	7.320000	<P	7.320000	✓	✓	
Altura_3	Boceto2	m	1 m	1.000000	<P	1.000000	✓	✓	
Altura_4	BallastWallHeight, SeatOffset, Boc...	m	0.89 m	0.890000	<P	0.890000	✓	✓	
Altura_5	BallastWallHeight, Boceto2	m	0.30 m	0.300000	<P	0.300000	✓	✓	
Altura_6	BallastWallHeight, Boceto2	m	0.30 m	0.300000	<P	0.300000	✓	✓	
Altura_7	BallastWallHeight, Boceto2	m	0.58 m	0.580000	<P	0.580000	✓	✓	
Base_5	Boceto2, SeatWidth	m	0.30 m	0.300000	<P	0.300000	✓	✓	
Base_6	Boceto2, SeatWidth	m	4.20 m	4.200000	<P	4.200000	✓	✓	
Base_7	Boceto2, SeatWidth	m	0.20 m	0.200000	<P	0.200000	✓	✓	
d34	Extrusión3	m	RightWidth	3.470000	<P	3.470000	✓	✓	
d35	Extrusión3	gr	0 gr	0.000000	<P	0.000000	✓	✓	
d36	Extrusión4	m	LeftWidth	3.470000	<P	3.470000	✓	✓	
d37	Extrusión4	gr	0 gr	0.000000	<P	0.000000	✓	✓	
Parámetros del usuario									
Ejederodamiento		m	1.0 mm	0.001000		0.001000	✓	✓	
Referenciadesfase		m	1.0 mm	0.001000		0.001000	✓	✓	
SeatOffsetRight		m	1.0 mm	0.001000		0.001000	✓	✓	Desfase de asiento derecho
BallastWallRightHeight		m	1.0 mm	0.001000		0.001000	✓	✓	Altura derecha de muro de balasto
SeatOffset		m	Altura_4	0.890000		0.890000	✓	✓	Desfase de asiento
BallastWallHeight		m	Altura_4 + Altura_5 + Altura_6 + Altura_7	2.070000		2.070000	✓	✓	Altura de muro de balasto
BallastWallThickness		m	Base_4	0.300000		0.300000	✓	✓	Espesor de muro de balasto
BallastWallLeftHeight		m	1.0 mm	0.001000		0.001000	✓	✓	Altura izquierda de muro de balasto

Una vez creado nuestro boceto en Inventor, el siguiente paso es **extruirlo**. La extrusión es una operación clave en el modelado 3D, ya que nos permite darle **profundidad** al modelo y transformarlo de un plano 2D a un objeto 3D.

Figura 35

Extrusión del Boceto - Fuente. Elaboración Propia

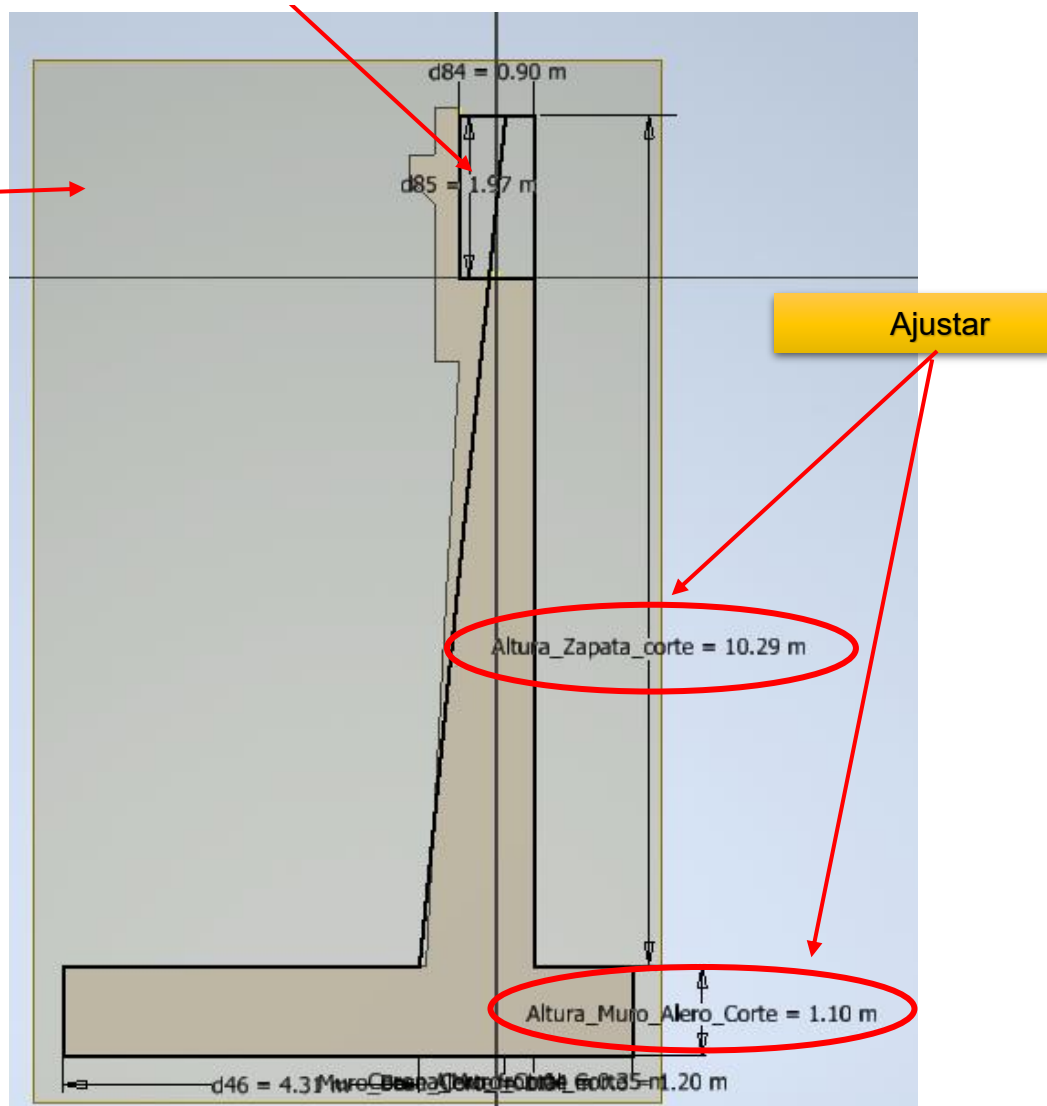


Con el **estribo** finalizado, el siguiente paso es construir los **aleros**, que son elementos importantes para complementar la estructura. Para ello, procedemos de la siguiente manera:

- Crear un Nuevo Boceto
- Dibujar la Primera Cara del Alero

Figura 36

Creación de Boceto de Alero - Fuente: Elaboración Propia



De acuerdo con los planos originales validados por la SICT, los **aleros** presentan un diseño sin continuidad, terminando en desnivel. Este detalle hace que su modelado sea más complejo y específico.

Figura 37

Elevación Longitudinal de Aleros- Izquierdo - Derecho - Fuente: SCALA, Supervisión, Consultoría, Asesoría y Laboratorio, Clave - SICT-META-EST-PLA-P07 - Descripción - Estribo 1 - Geometría 2 de 2_PIV 49+900.00

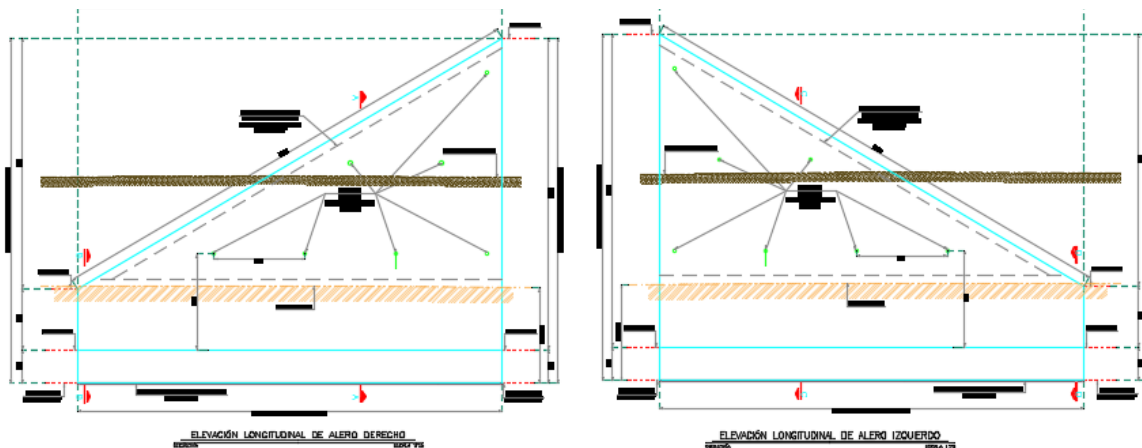
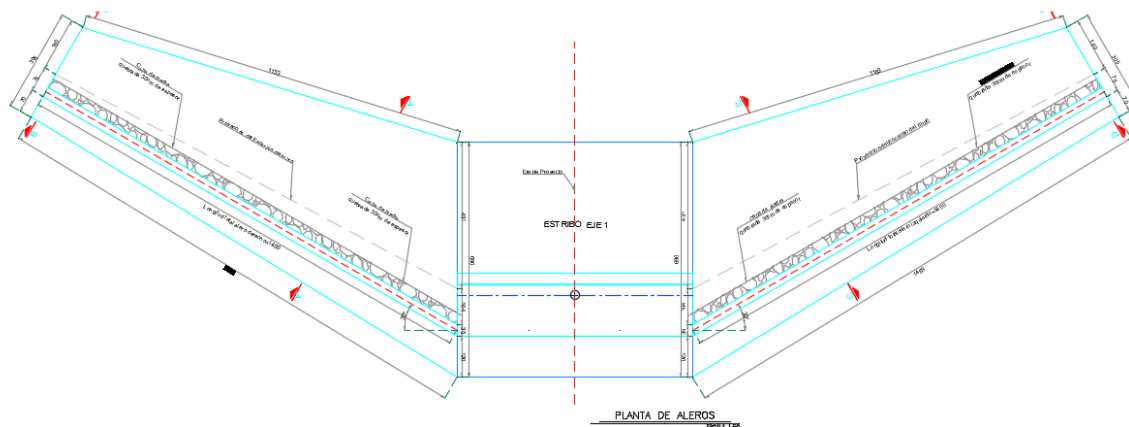


Figura 38

Planta de Aleros - Fuente: SCALA, Supervisión, Consultoría, Asesoría y Laboratorio, Clave - SICT-META-EST-PLA-P07 - Descripción - Estribo 1 - Geometría 2 de 2_PIV 49+900.00



Para replicar este diseño en **Inventor**, se deben seguir los siguientes pasos:

- Dibujar la segunda cara del alero una vez que se haya realizado el desfase correctamente

Figura 39

Creación de segundo Boceto de Alero - Fuente: Elaboración Propia

- Definición precisa de dimensiones y parámetros.

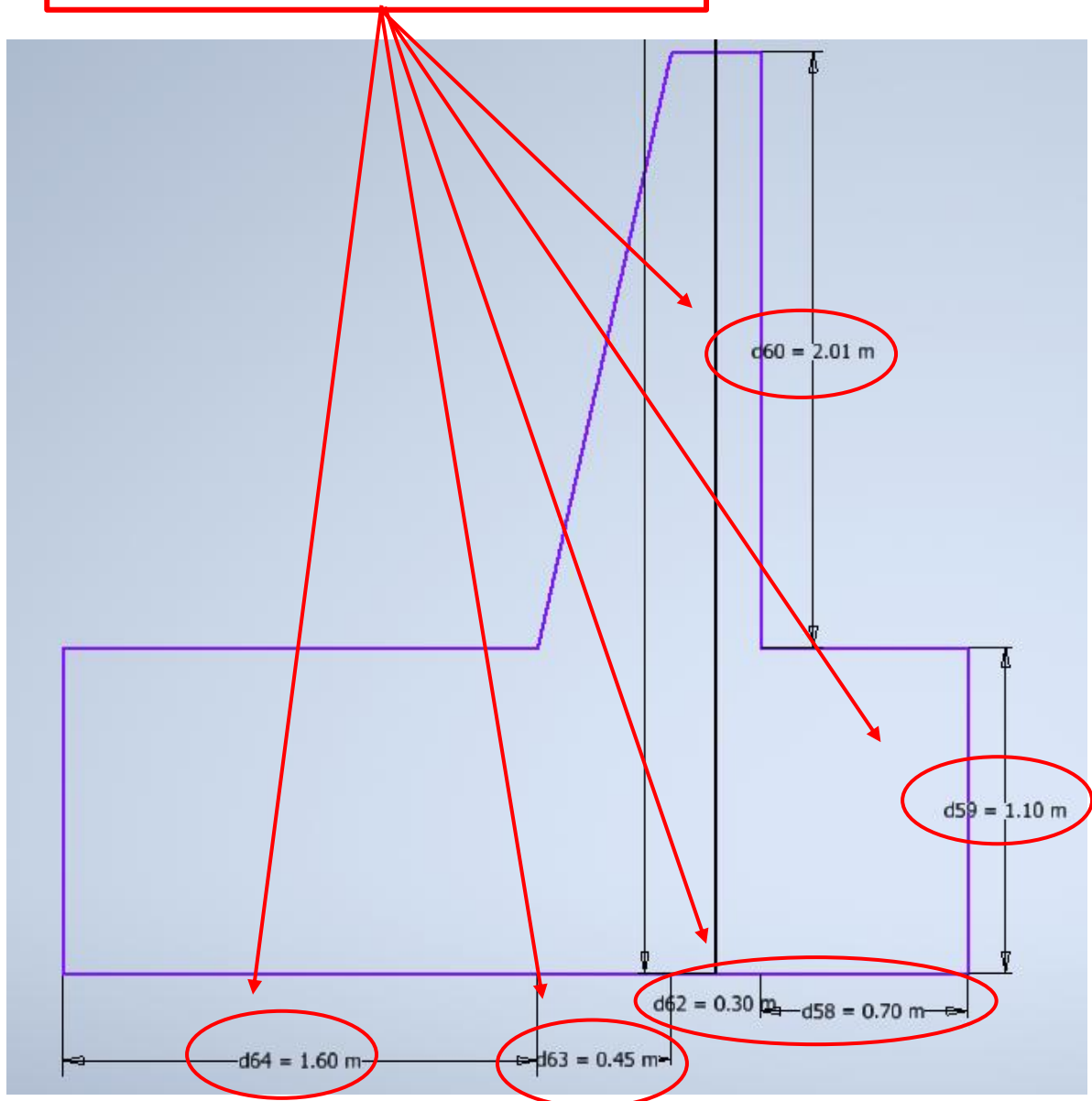
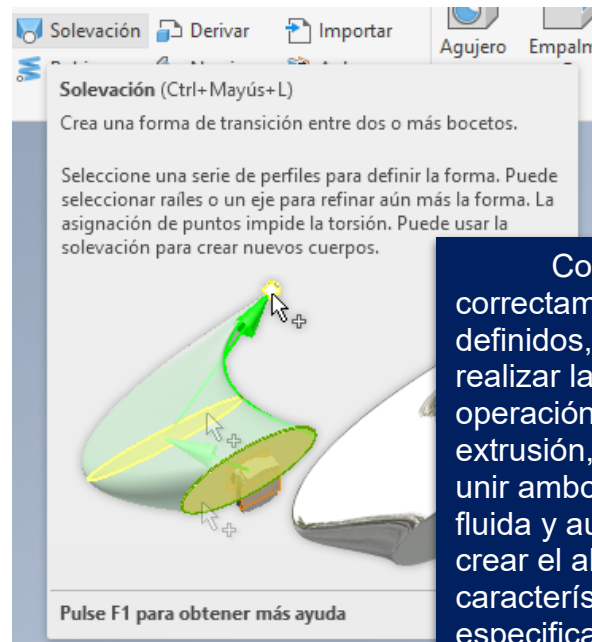


Figura 40

Comando S elevación para el Alero - Fuente: Elaboración Propia



Con ambos bocetos correctamente trazados y definidos, procedemos a realizar la **solevación**, una operación similar a la extrusión, pero que permite unir ambos perfiles de forma fluida y automática para crear el alero con las características especificadas en los planos originales

Figura 41

S elevación de Alero - Fuente: Elaboración Propia

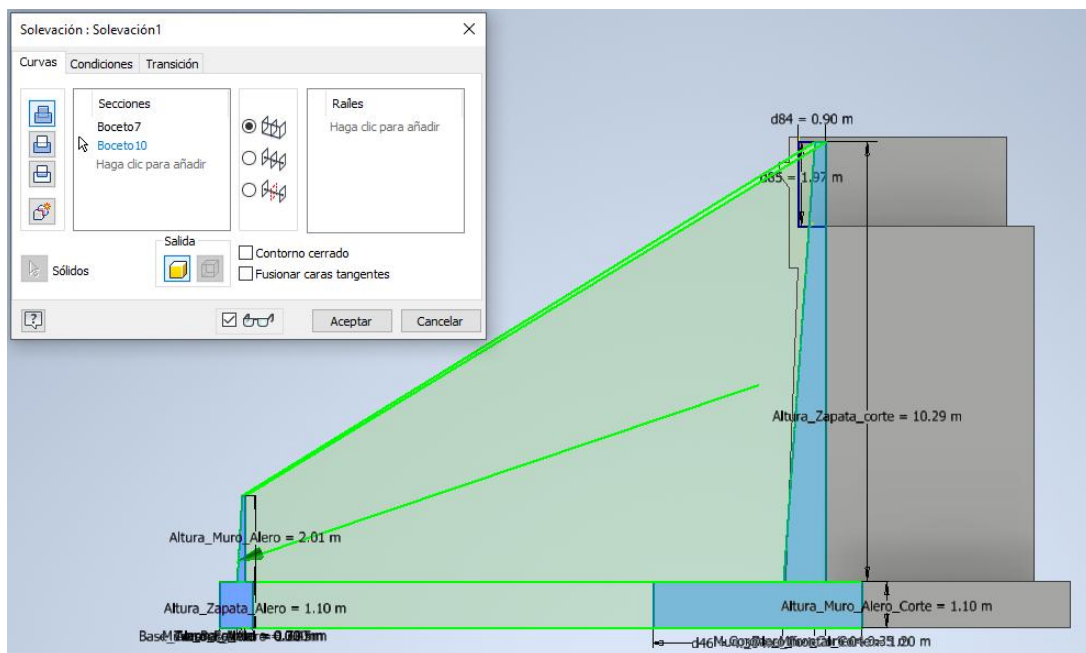


Figura 42

Alero derecho – Elevación Longitudinal – Fuente: Elaboración Propia

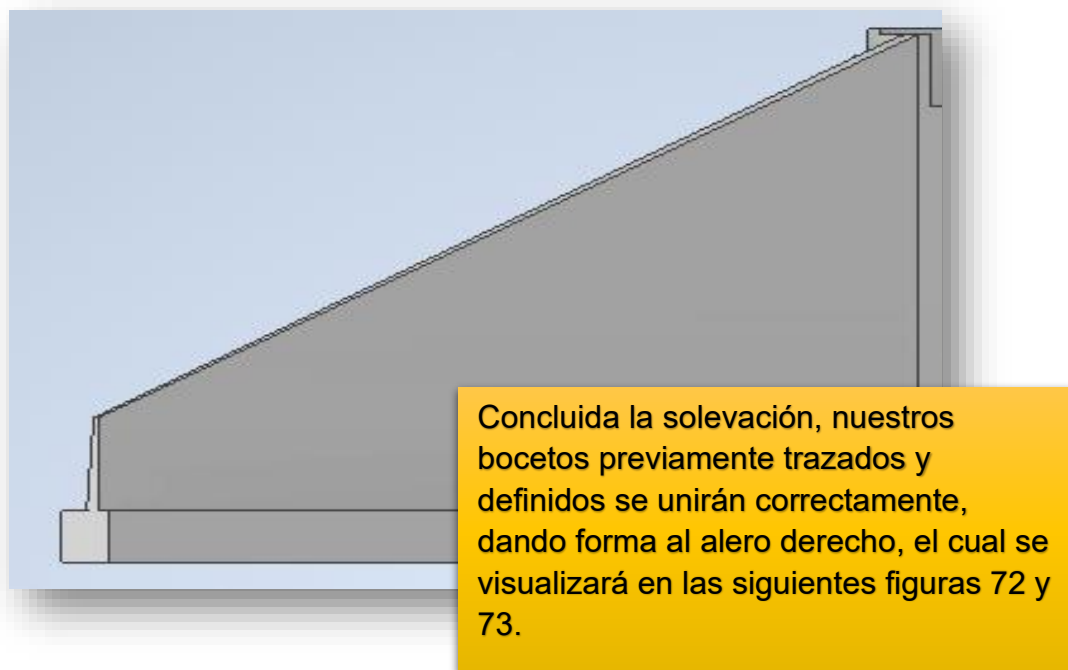
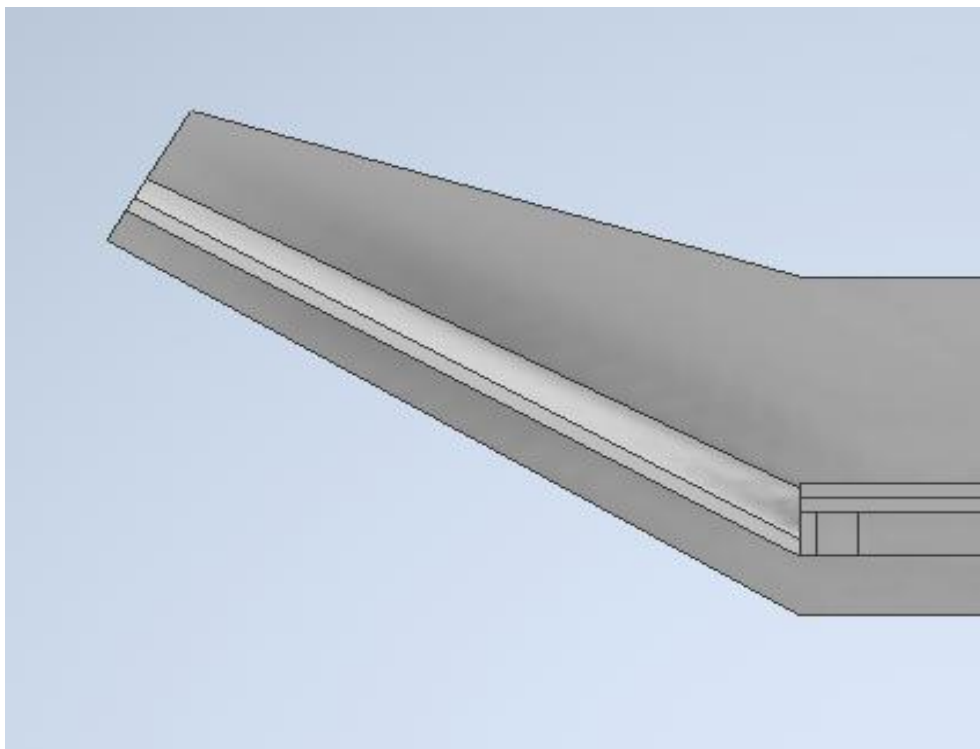


Figura 43

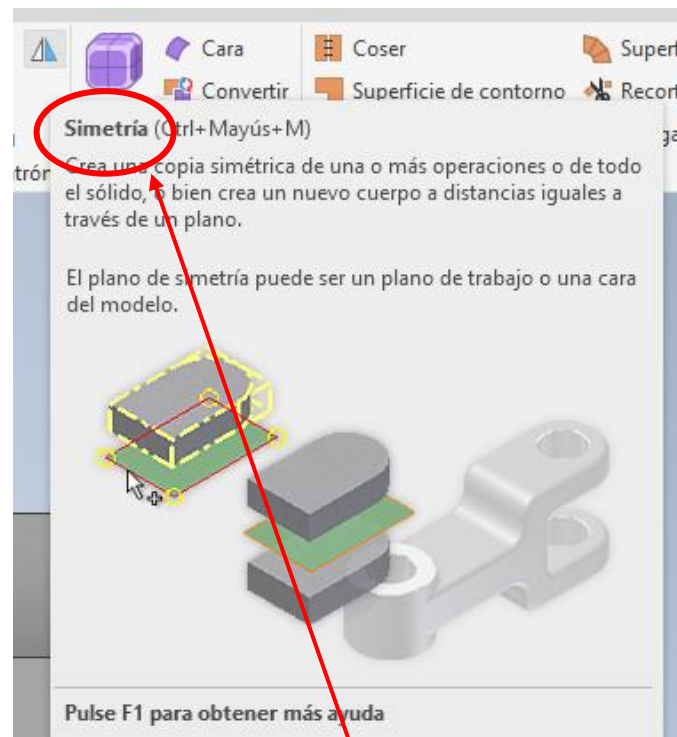
Planta de Alero derecho - Fuente: Elaboración Propia



Para la creación del alero izquierdo, el proceso resulta más sencillo debido a que se utiliza la herramienta de simetría, que permite reflejar el diseño del alero derecho en dirección opuesta.

Figura 74

Comando Simetría - Inventor Autodesk - Fuente: Autodesk Inventor

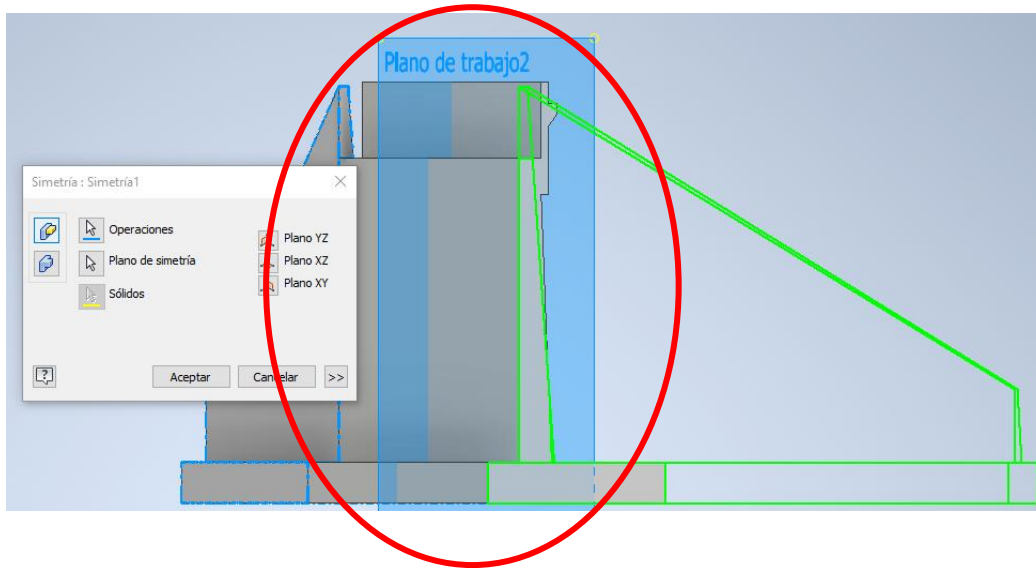


Seleccionar la Herramienta de Simetría

Este procedimiento se basa en aprovechar el modelo previamente generado, evitando así la necesidad de rediseñarlo desde cero

Figura 75

Simetría Aplicada a modelo SCALATEC - MEC - 003 - Fuente: Elaboración Propia



La simetría se aplica tomando como referencia el plano medio del estribo, lo que garantiza una alineación perfecta y una réplica exacta pero inversa del alero derecho.

Este enfoque asegura que el alero izquierdo conserve las mismas dimensiones, características y especificaciones que el derecho, cumpliendo de manera precisa con los requerimientos establecidos en los planos originales validados por la SICT. Gracias a esta técnica, el modelo final mantiene la uniformidad y simetría necesarias para la correcta representación estructural del puente, además de optimizar el tiempo y minimizar posibles errores durante el diseño.

Visualización Completa con ambos aleros

Figura 44

Visualización Completa con ambos aleros - Planta - Fuente: Elaboración Propia

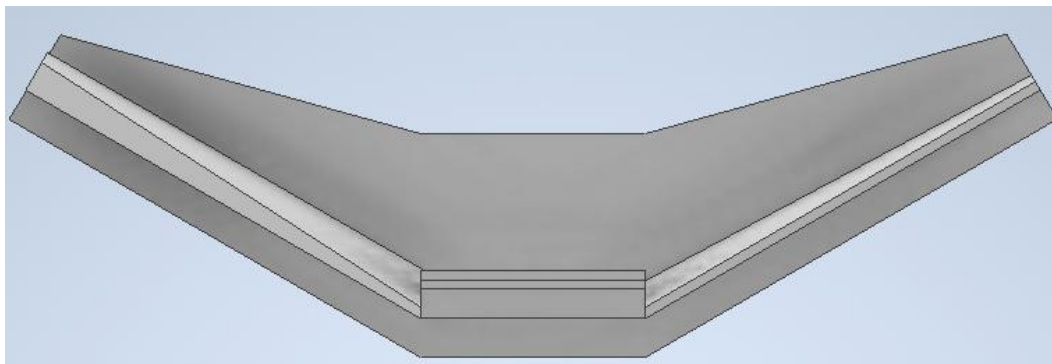
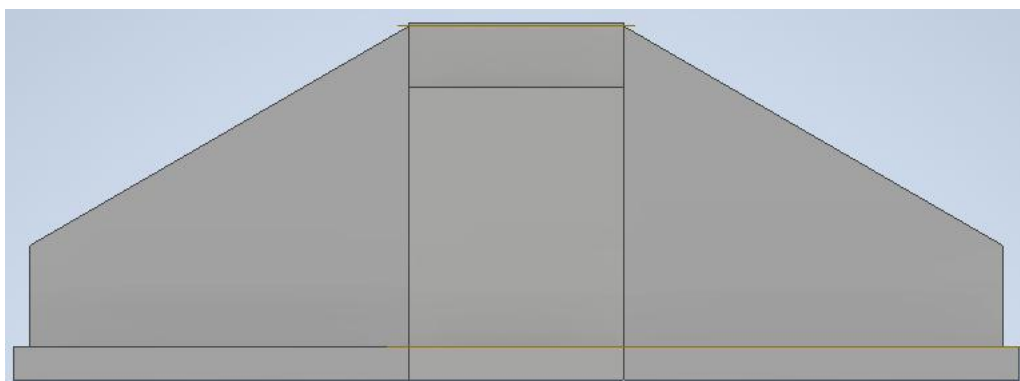


Figura 45

Visualización Completa con ambos aleros - Vista Longitudinal - Fuente: Elaboración Propia

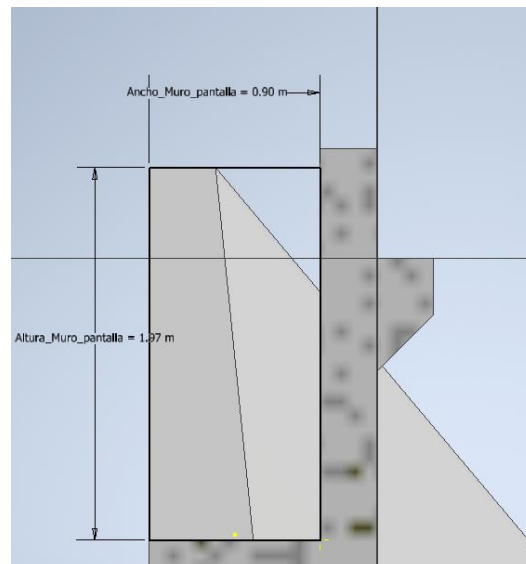


Muro Pantalla

Para completar la estructura de nuestro estribo, se agregarán muros pantalla, los cuales desempeñan un papel crucial al proporcionar estabilidad lateral al puente. Estos elementos estructurales son esenciales para resistir las fuerzas laterales generadas por el terreno y las cargas dinámicas, asegurando la funcionalidad y durabilidad de la infraestructura.

Figura 78

Boceto Muro Pantalla - Fuente: Elaboración Propia

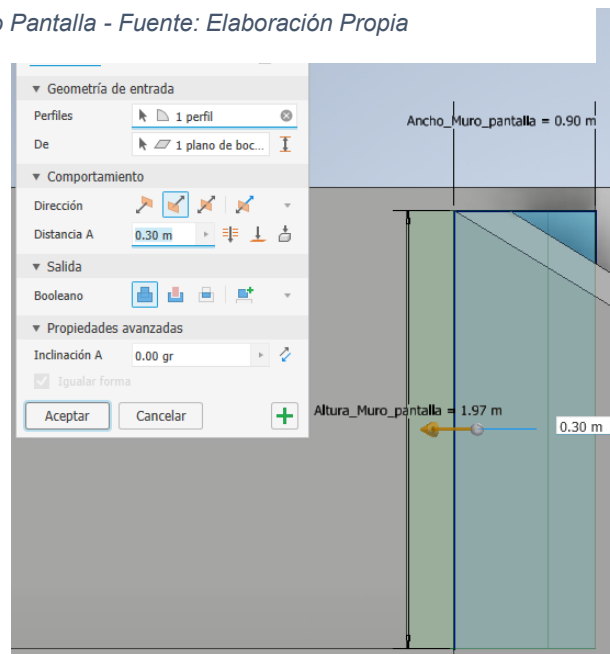


El primer paso para incorporar el muro pantalla al estribo consiste en desarrollar un boceto en 2D que sirva como base para su modelado en 3D.

Es fundamental que el boceto sea completamente restringido para evitar errores y garantizar que cualquier modificación futura se realice de manera controlada y sin afectar otros elementos del modelo.

Figura 79

Extrusión de Boceto Muro Pantalla - Fuente: Elaboración Propia



Una vez definido el boceto en 2D del muro pantalla, se procederá a realizar su extrusión, transformando el diseño plano en un elemento tridimensional que se integrará al modelo estructural.

El grosor del muro pantalla será configurado mediante un parámetro predefinido en el software, lo que permitirá una mayor flexibilidad en el diseño.

Topes antisísmicos

Como paso final en la creación de la estructura, se procederá a modelar los topes antisísmicos dentro del estribo, siguiendo el mismo procedimiento utilizado para los muros pantalla. Primero, se crea el boceto en 2D de acuerdo con las dimensiones y especificaciones de los planos. Luego, se asignan parámetros al boceto para definir su grosor y otros detalles técnicos.

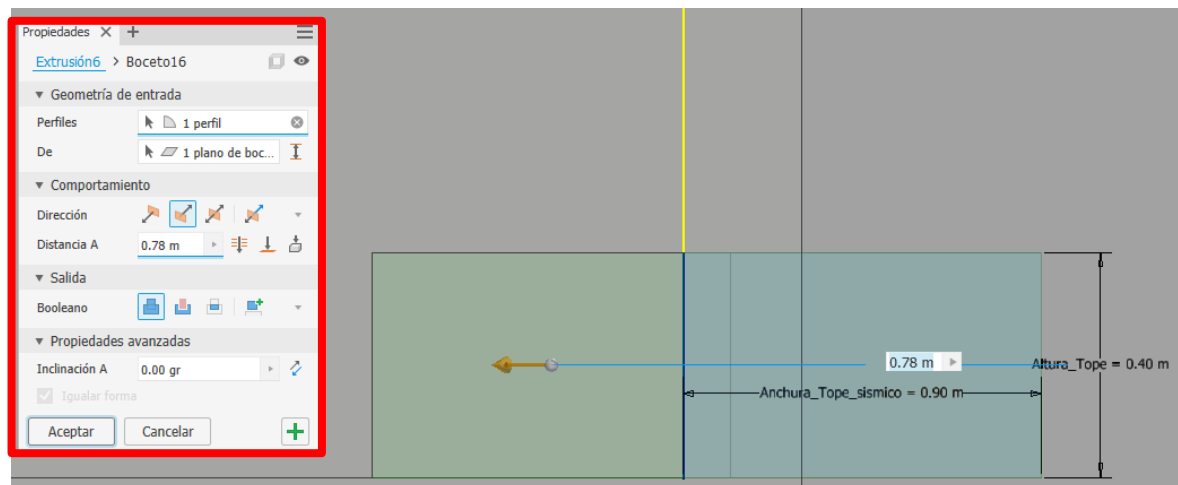
Figura 46

Boceto de Tope Antisísmicos - Fuente: Elaboración Propia



Figura 47

Extrusión de Boceto de Tope Antisísmico - Fuente: Elaboración Propia



Modelo Terminado

Una vez completados todos los componentes y elementos del modelo, el proceso del modelo 3D del puente estará finalizado. Este incluye el estribo, los aleros, los muros pantalla y los topes antisísmicos, asegurando que se cumplan las especificaciones del diseño original.

Figura 48

Modelo Terminado Estribo 1 - Fuente: Elaboración Propia

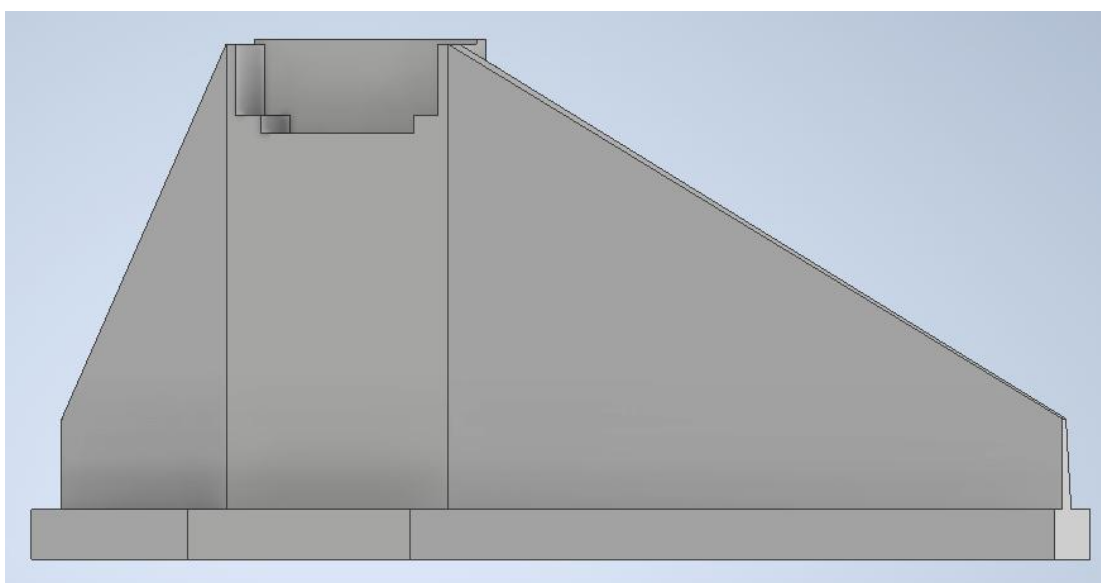
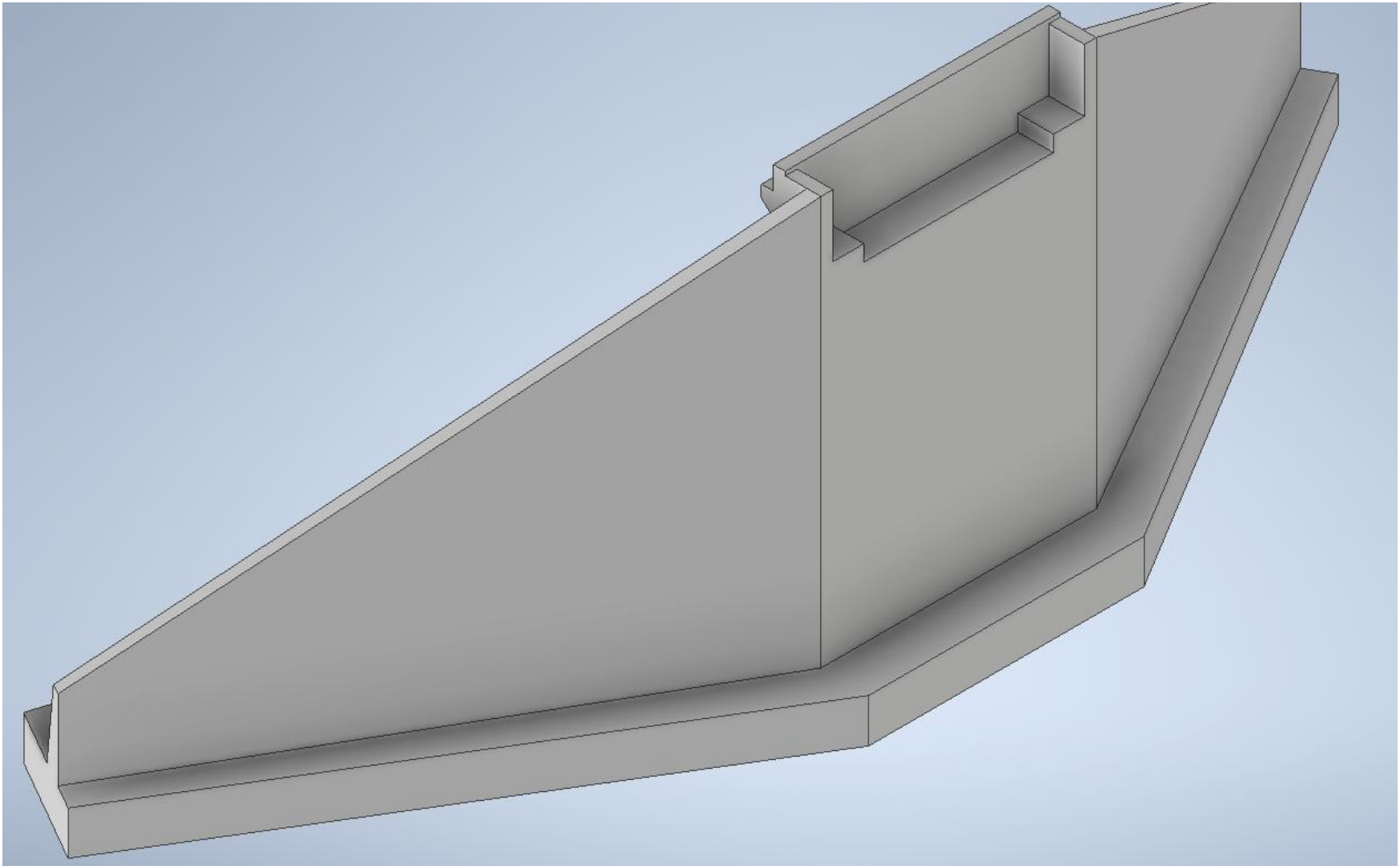


Figura 83

Estribo 1 con Aleros, Muros Pantalla y Topes Antisísmicos - Fuente: Elaboración Propia



Con el modelo completamente terminado en Inventor, regresamos al programa Infraworks para integrarlo en el proyecto general. En la **paleta de estilos**, seleccionamos la opción **Edición de catálogos** y hacemos clic en el signo "+" para añadir un nuevo modelo. Desde aquí, buscamos e importamos el archivo del modelo terminado en Inventor.

Figura 84

Importar Modelo de Inventor en Infraworks - Fuente: Elaboración Propia

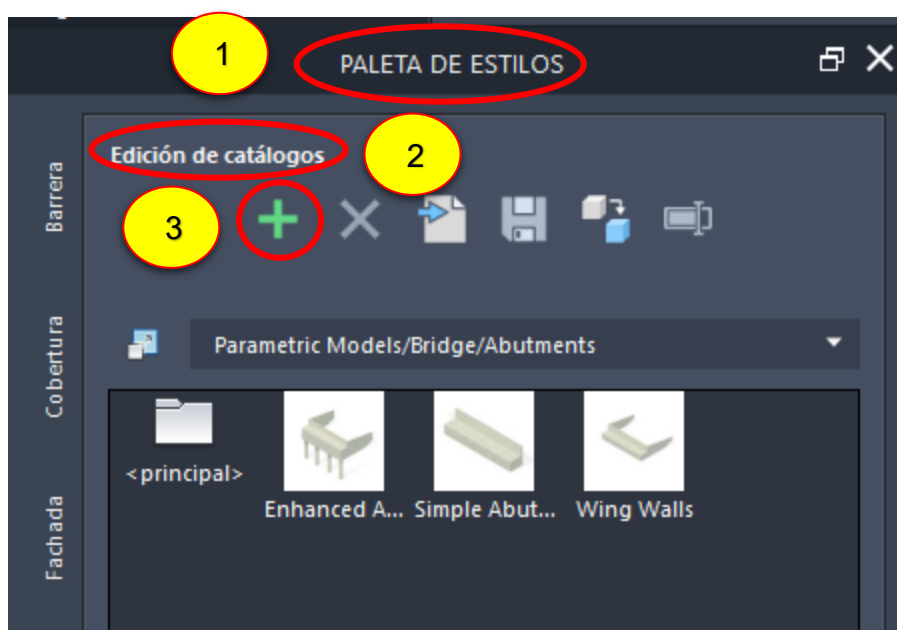
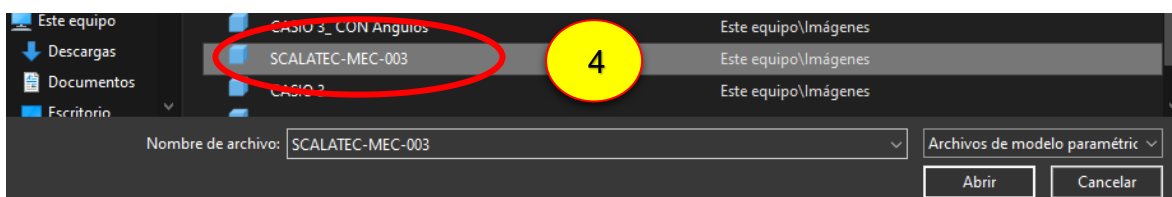


Figura 85

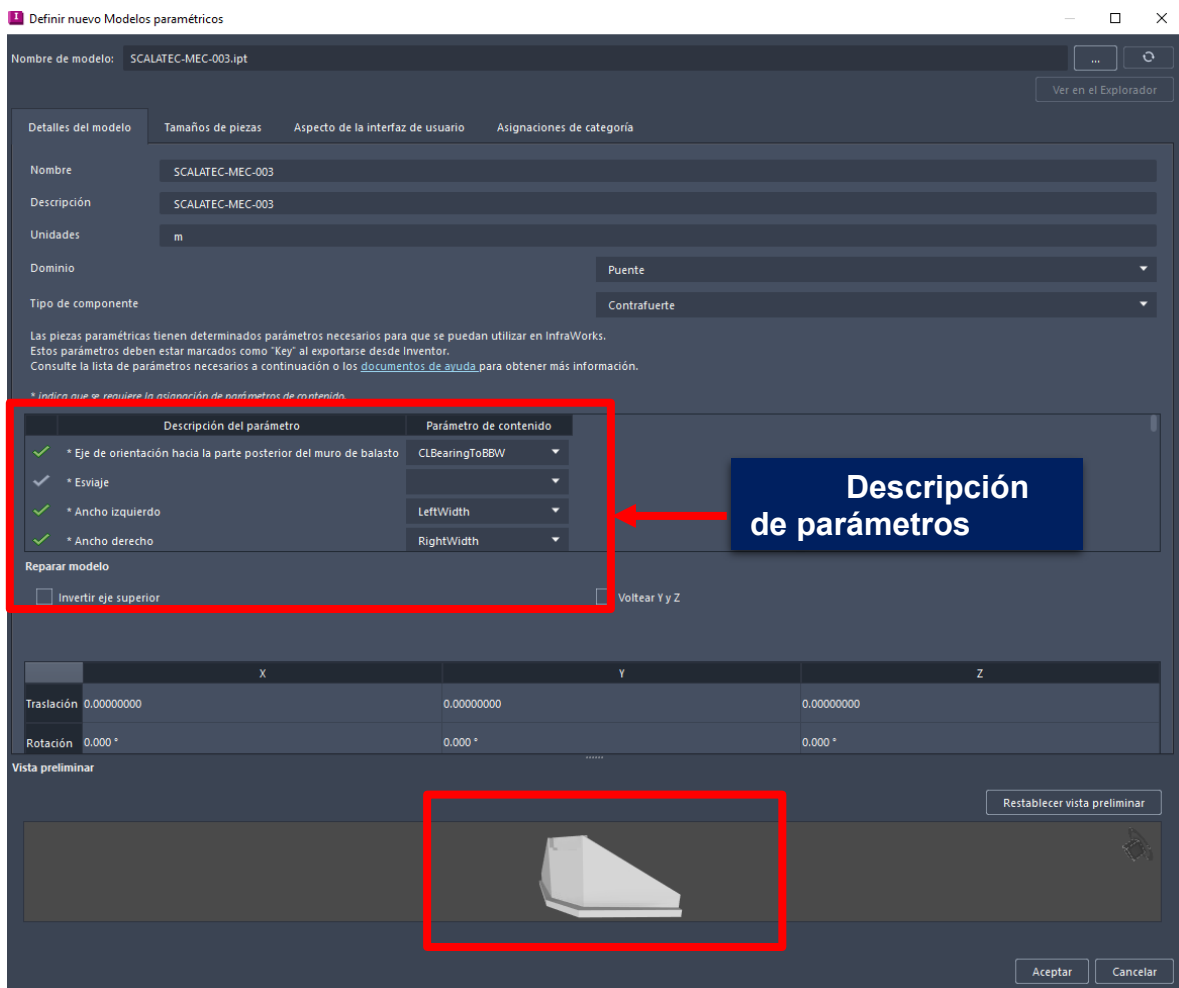
Abrir el Archivo SCALATEC - MEC – 003 – Fuente: Elaboración Propia



Aseguramos de que los parámetros definidos previamente sean compatibles con las configuraciones de Infracworks. Este paso permite integrar el diseño personalizado del puente al entorno del proyecto, respetando las especificaciones establecidas en los planos originales.

Figura 86

Definir Nuevo Modelo Paramétrico - Fuente: Elaboración Propia



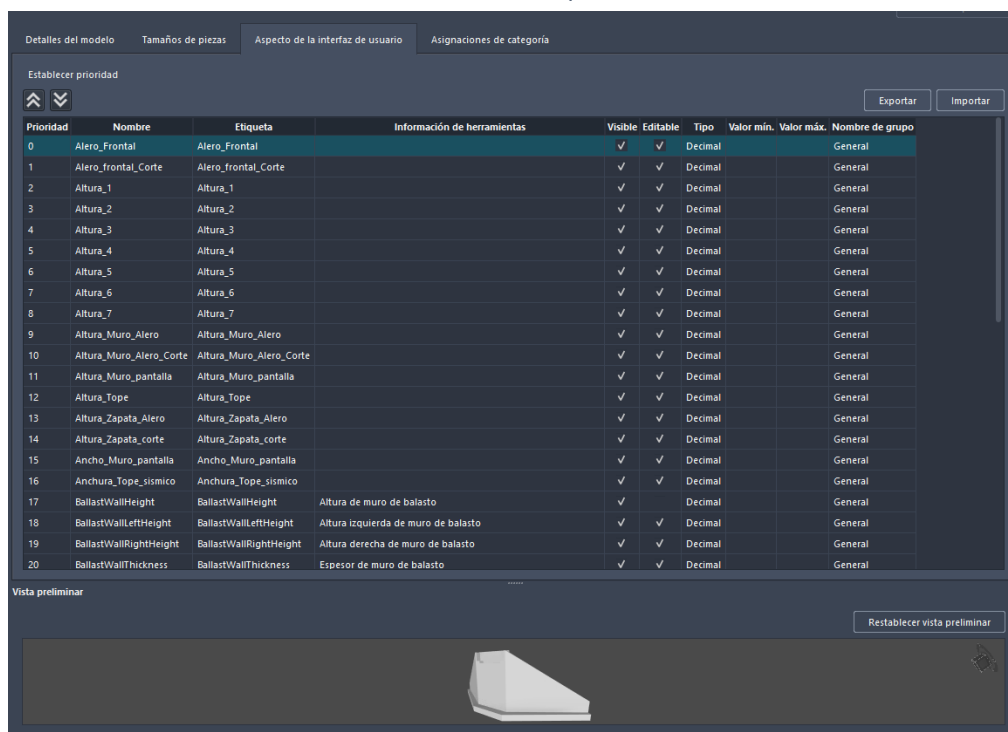
Al observar la **Figura 86**, podemos confirmar que nuestro modelo importado desde **Inventor** es reconocido de manera adecuada por el software **Infracworks**.

Esto se evidencia en la sección de “**Descripción de parámetros**”, donde cada parámetro está marcado con una palomita verde. Esto indica que los parámetros definidos previamente en **Inventor** han sido correctamente interpretados y validados por **Infraworks**, asegurando que el modelo cumple con las especificaciones necesarias y se integra sin inconvenientes en el entorno del proyecto.

Otro aspecto relevante para considerar es la capacidad de modificar los parámetros previamente definidos en **Inventor**, como los anchos, alturas u otras dimensiones del modelo. Esta funcionalidad resulta clave, ya que permite realizar

Figura 87

Aspecto de la interfaz del Usuario - Fuente: Elaboración Propia

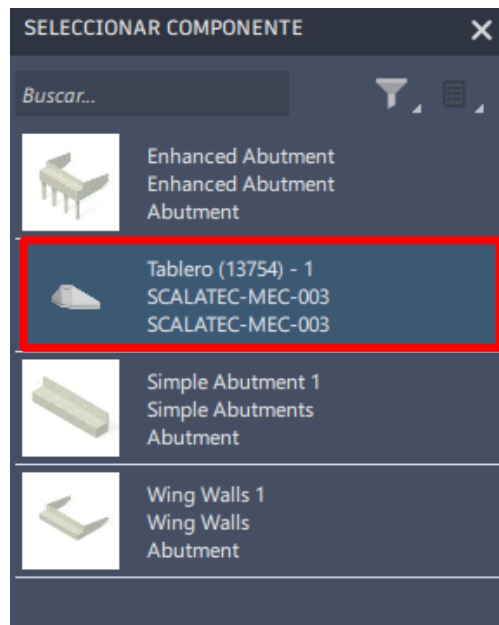


ajustes directamente en **Infraworks**, adaptando el modelo a los requerimientos específicos del proyecto sin necesidad de regresar al software original. Este nivel

de flexibilidad no solo optimiza los tiempos de diseño, sino que también garantiza una mayor precisión en la integración del modelo dentro del entorno del proyecto.

Figura 88

Paleta de Modelos Paramétricos - Fuente: Elaboración Propia



En la **paleta de modelos paramétricos**, nuestro modelo ahora se visualiza como parte del conjunto de contrafuertes disponibles.

Inicialmente, este catálogo contaba con tres modelos predeterminados, pero con la integración del nuevo diseño, ahora se dispone de un total de cuatro modelos.

Esta ampliación del catálogo no solo facilita la selección del modelo adecuado, sino que también refuerza la personalización y adaptabilidad de los diseños a las especificaciones únicas del proyecto.

Figura 89

Visualización de Componente - Fuente: Elaboración Propia

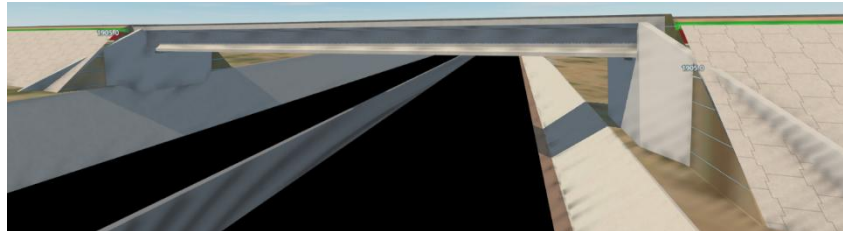


Insertamos nuestro modelo en el proyecto, y este es reconocido de manera correcta por InRoads. En este punto, se experimenta una gran satisfacción al ver reflejado el trabajo realizado en Inventor dentro del entorno de InRoads. Más aún, sabiendo que el modelo cumple con las especificaciones exactas de los planos originales validados, garantizando tanto la precisión técnica como la alineación con los requisitos del proyecto. Este paso marca un logro importante en la integración y aplicación de las herramientas de diseño en el flujo de trabajo

Con nuestro modelo insertado en Infraworks, procedemos a colocar ambos estribos en sus respectivas ubicaciones dentro del diseño del puente.

Figura 90

Modelo Estructural Infraworks - Fuente: Elaboración Propia

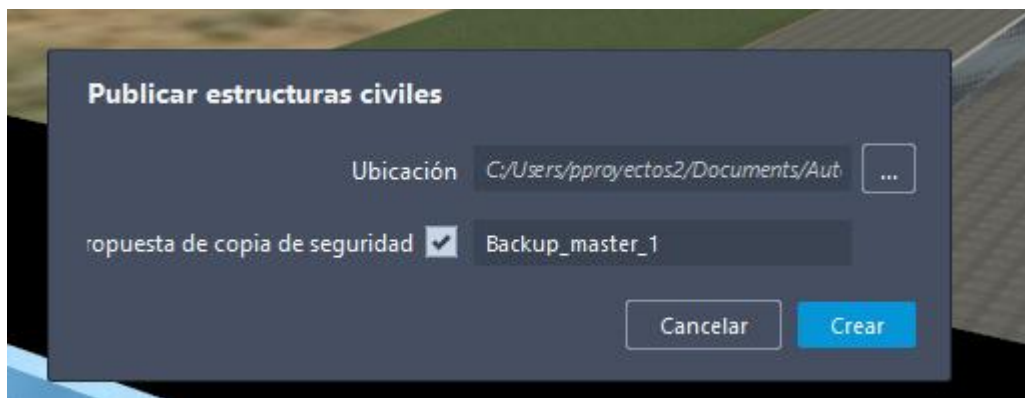


Publicar obras civiles

Creado nuestro modelo estructural procedemos a importarlo a civil 3D y a Revit siguiendo el flujo de trabajo que se propuso en nuestro plan BIM

Figura 91

Publicar Obras Civiles - Fuente: Elaboración Propia



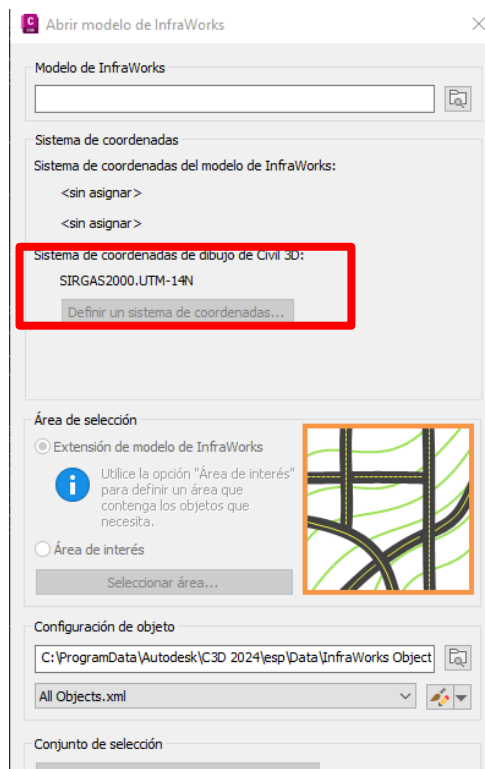
La funcionalidad de **Publicar estructuras civiles** en Infraworks nos permite exportar nuestro modelo en formato **IMX**, facilitando su integración con otras plataformas como Civil 3D. Al realizar esta exportación, configuramos

cuidadosamente el nombre y la ubicación del nuevo archivo para mantener el orden y la trazabilidad del proyecto.

Con el archivo exportado listo, abrimos Civil 3D para continuar con el desarrollo y análisis del modelo.

Figura 92

Abrir Modelo de Infracworks - Fuente: Elaboración Propia

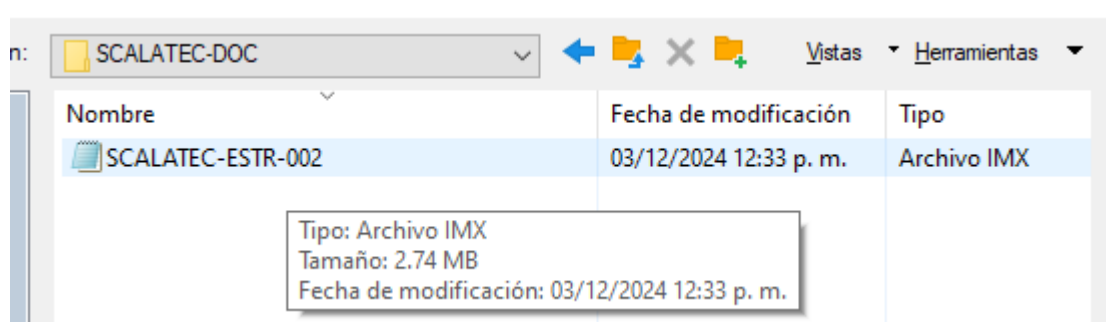


En el apartado **Modelo de Infracworks**, localizaremos nuestra obra civil publicada. Antes de abrir el modelo en Civil 3D, es crucial realizar algunos ajustes. Esto se debe a que el programa tiende a importar nuevamente elementos como los ejes y una nueva superficie, los cuales ya están disponibles y trabajados en Civil 3D.

Dado que estos elementos duplicados no son necesarios, debemos asegurarnos de excluirlos en el proceso de importación. Nuestro objetivo es trabajar únicamente con la obra civil del puente publicada, optimizando así el flujo de trabajo y evitando redundancias que puedan generar confusión o aumentar el tamaño del archivo innecesariamente.

Figura 93

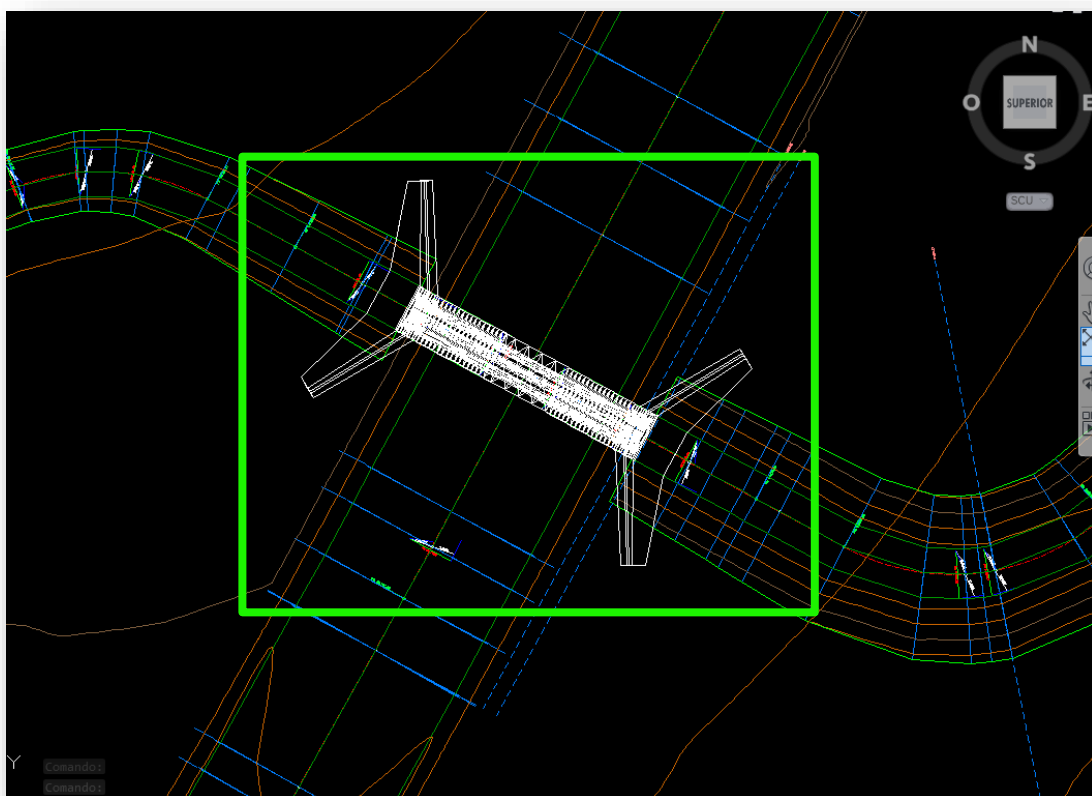
Abrir Archivo IMX - SCALATEC - ESTR - 002 - Fuente: Elaboración Propia



Una vez exportado y reconocido nuestro modelo en Civil 3D, se visualizará de la siguiente manera: el puente y sus componentes, como los estribos, aleros,

Figura 94

Modelo de Infracworks en Civil 3D - Fuente: Elaboración Propia



muros pantalla y topes antisísmicos, El modelo se mostrará con las capas adecuadas, y los elementos estructurales se identificarán y diferenciarán según el tipo de componente, permitiendo una visualización clara y precisa de todo el proyecto de infraestructura en su contexto real.

Visualización de perfil

aun nuestro modelo recién exportado no se visualiza en el perfil, para ello tendremos que **seleccionar el modelo > Proyectar objetos en visualización de perfil**

Figura 95

Selección de Objetos que se Añadirán a la Visualización del Perfil - Fuente: Elaboración Propia

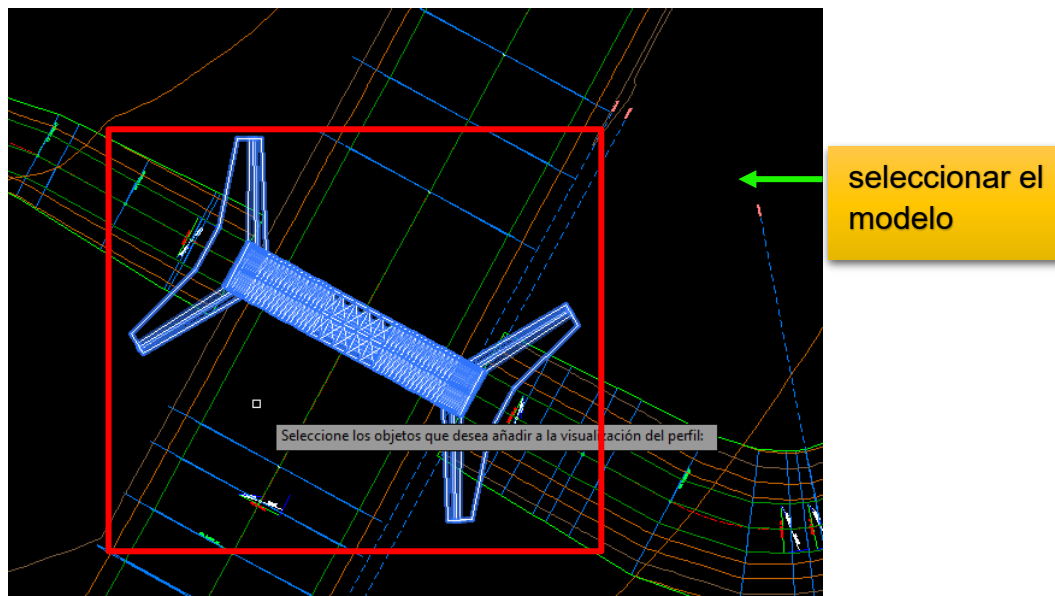
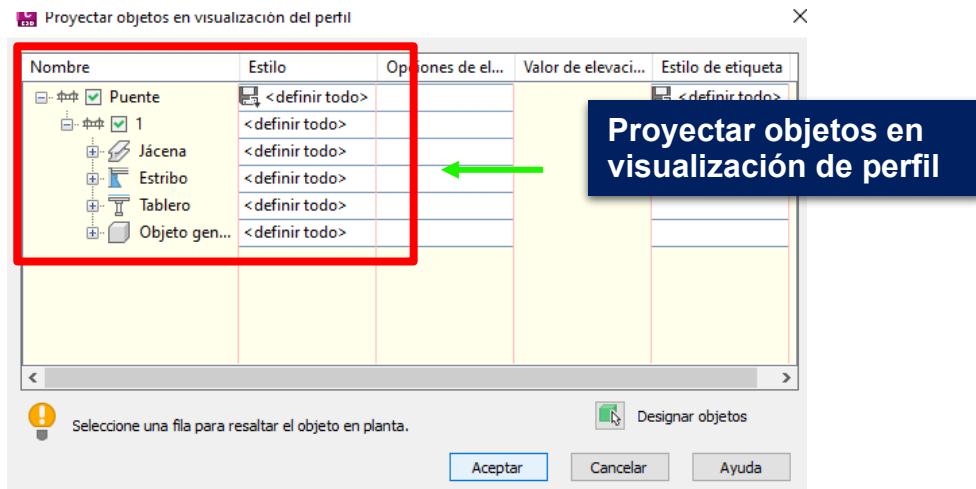


Figura 96

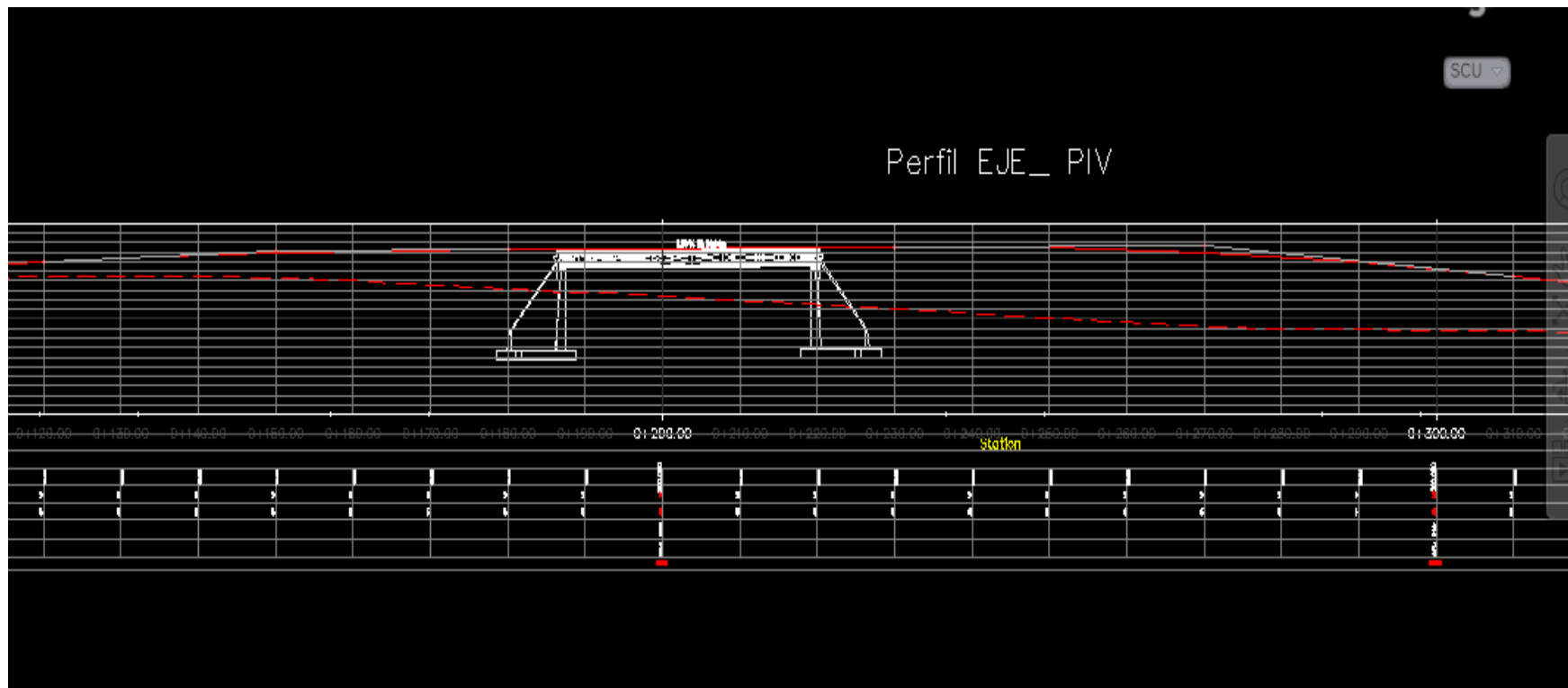
Proyectar Objetos en Visualización del Perfil - Fuente: Elaboración Propia



Una vez actualizado el perfil y proyectados los objetos en la visualización, nuestro modelo se mostrará correctamente alineado con los detalles y características del terreno.

Figura 97

Perfil EJE_PIV - Fuente: Elaboración Propia



2.11. Modelo de Armado Estructural

Como último paso dentro de nuestro flujo de trabajo, y con el modelo estructural completamente creado y configurado conforme a las especificaciones de los planos originales, procederemos a desarrollar el modelo de armado estructural utilizando Revit.

Este proceso permitirá detallar los refuerzos del puente, tales como barras de acero, mallas, estribos y otros elementos necesarios para garantizar la resistencia estructural y el cumplimiento de las normativas. Revit ofrece herramientas avanzadas para modelar y coordinar el armado, lo que nos permite integrar parámetros específicos y crear representaciones precisas de las configuraciones de refuerzo.

Figura 98

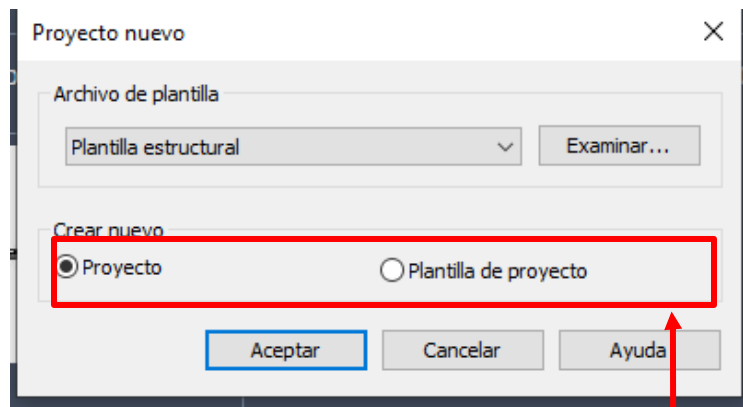
Revit 2024 - Fuente: AUTODESK



Ahora abriremos nuestro mismo archivo
IMX de Infracore en Revit

Figura 99

Proyecto Nuevo - Fuente: Elaboración Propia

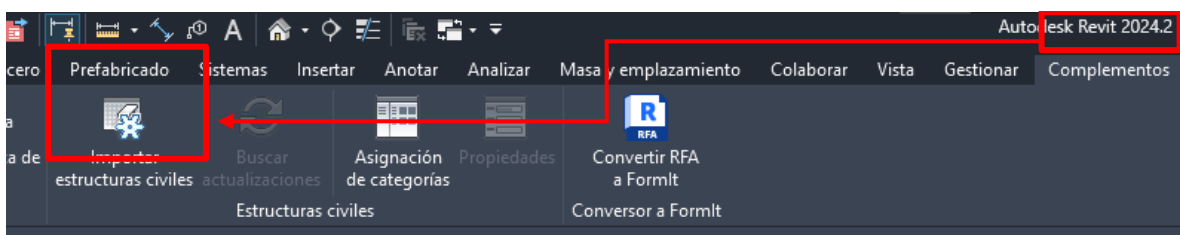


Es fundamental configurar nuestra plantilla en Revit como una plantilla estructural antes de comenzar a modelar el armado. Este paso inicial asegura que el entorno de trabajo esté optimizado para elementos y herramientas específicas de diseño estructural.

Dentro de nuestra plantilla de trabajo configurada en Revit, nos dirigiremos al apartado de **“Complementos”**, e **“importaremos estructuras civiles”** donde comenzaremos con nuestro proyecto.

Figura 100

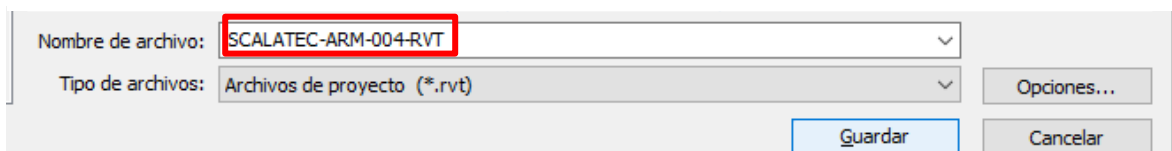
Complementos + Importar Estructuras Civiles - Fuente Elaboración Propia



Asignaremos un nombre como lo establecimos en nuestro **Plan BIM**, como **SCALATEC-ARM-004-RVT**, que representará nuestro modelo de armado estructural.

Figura 101

Asignar nombre a nuestra Plantilla de Trabajo SCALATEC - ARM - 004 - RVT - Fuente: Elaboración Propia



Una vez nombrada y preparada nuestra plantilla de trabajo, procederemos a abrir el archivo **SCALATEC-ESTR-002 (IMX)** previamente exportado desde Infraworks, el cual contiene nuestra obra civil.

En Revit, la obra civil se mostrará con los elementos reconocidos y ajustados según las especificaciones originales de los planos y los datos exportados. Esto asegura una correcta representación y proporciona la base para comenzar con el modelado detallado del armado estructural.

Figura 102

Archivo Exportado SCALATEC - ESTR - 002 - Fuente: Elaboración Propia

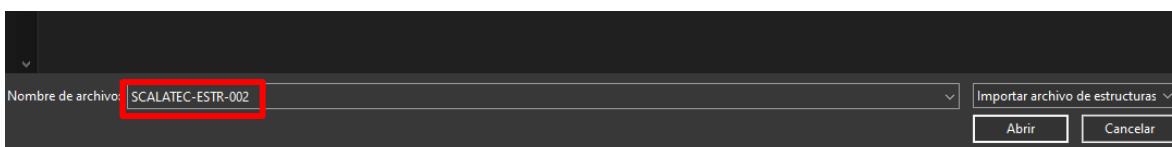
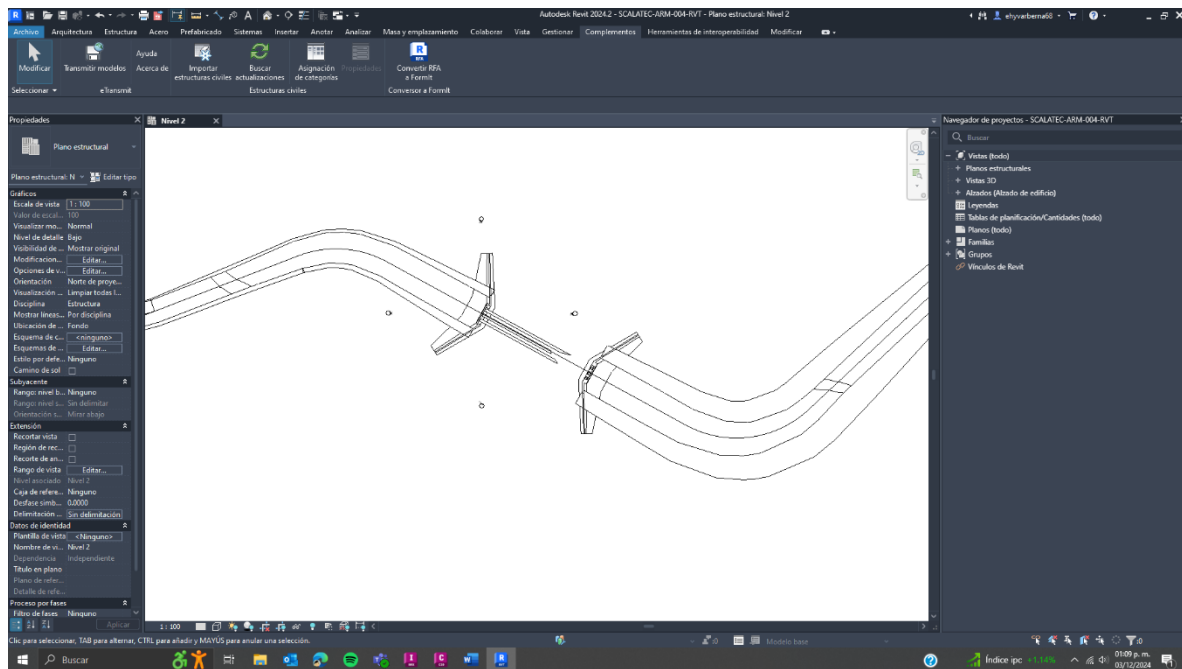


Figura 103

Modelo en Revit visto en planta - Fuente Elaboración Propia



Un aspecto clave del flujo de trabajo es la sincronización dinámica entre los diferentes softwares. Cada vez que se realice una configuración o actualización en InfraWorks o Civil 3D, el sistema notificará automáticamente los cambios realizados. Estos ajustes se reflejarán en tiempo real en nuestros modelos, asegurando que la información esté siempre actualizada y alineada con las últimas modificaciones.

Este proceso de notificación y actualización garantiza una continuidad y precisión en el modelado, minimizando errores y reduciendo tiempos de retrabajo.

Además, permite que las revisiones y ajustes se integren de forma fluida, manteniendo la consistencia del proyecto en todas las plataformas utilizadas.

Figura 104

Actualización de Proyecto constantemente - Fuente: Elaboración Propia

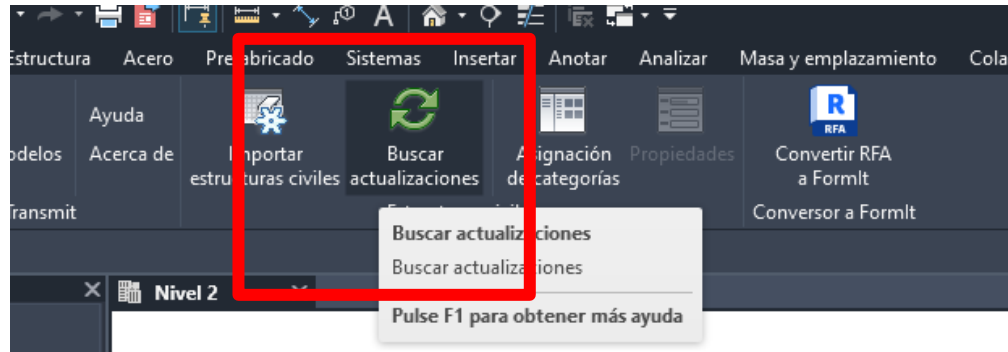
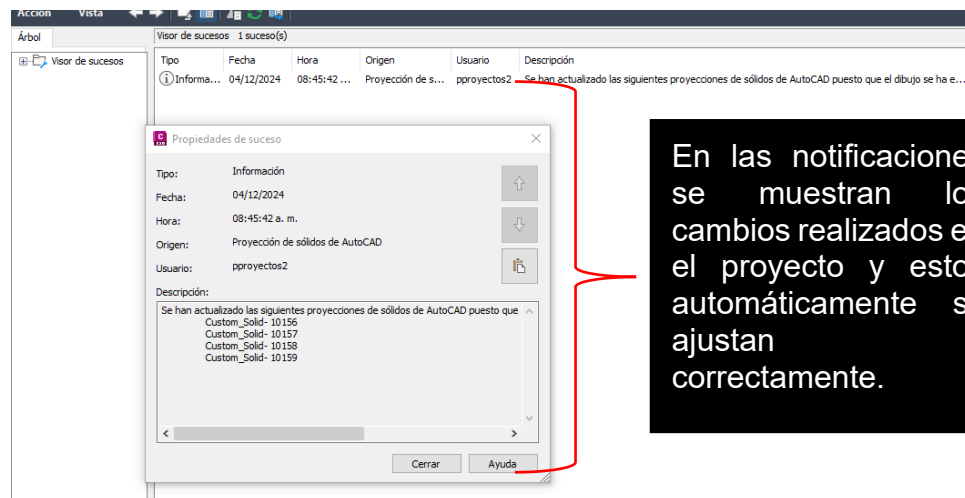


Figura 105

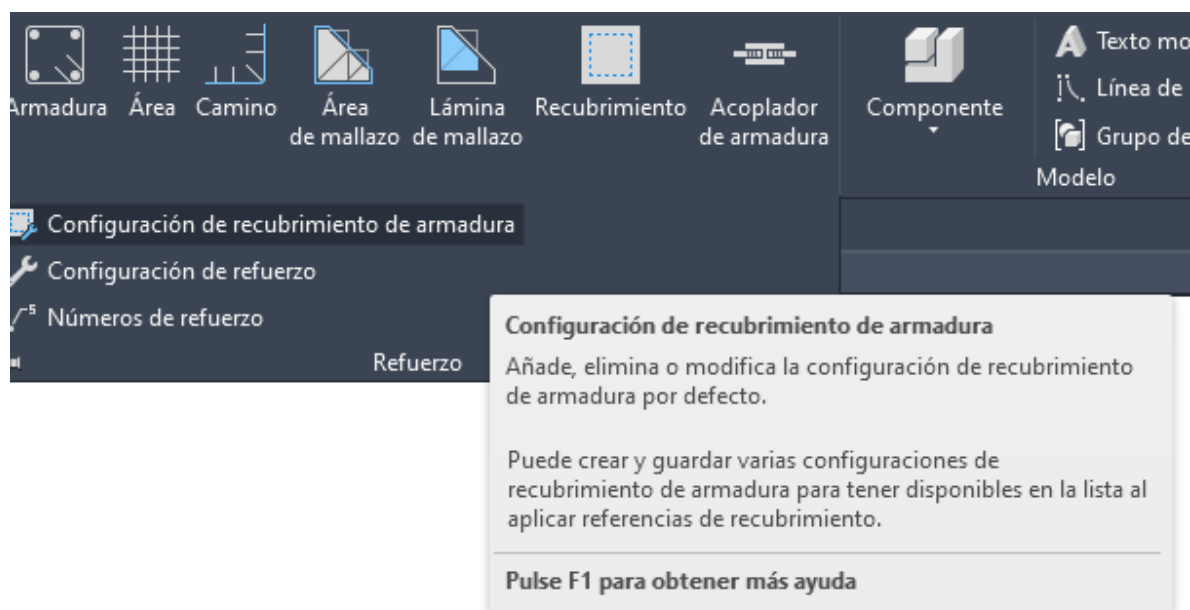
Notificación de cambios en el proyecto - Fuente: Elaboración Propia



Se configuran ciertos aspectos claves del proyecto como el tipo de recubrimiento para diferentes partes del modelo, esto respetando los planos originales

Figura 106

Configuración de Recubrimiento de armadura - Fuente Elaboración Propia



En los planos originales se especifican diferentes tipos de varillas, las cuales deben ajustarse al nuevo modelo en Revit. Se utilizarán varillas del número 4 y del número 6, por lo que también será necesario ajustar sus respectivos recubrimientos según las partes del puente donde serán colocadas.

Figura 107

Recubrimiento de Armadura - Fuente: Elaboracion Propia

Configuración de recubrimiento de armadura

Añadir, eliminar y modificar configuración de recubrimiento de armadura.

Descripción	Parámetro
Recubrimiento de Alero	2.50 cm
Recubrimiento de Bancos de apoyo	2.50 cm
Recubrimiento de Mensula de Apoyo	2.50 cm
Recubrimiento de Muro de Respaldo	2.50 cm
Recubrimiento de Muro pantalla	2.50 cm
Recubrimiento de Muro Pantalla de estribo	2.50 cm
Recubrimiento de Topes sismicos	2.50 cm
Recubrimiento de Zapata de Estribo Vars. D	15.00 cm

Duplicar

Añadir

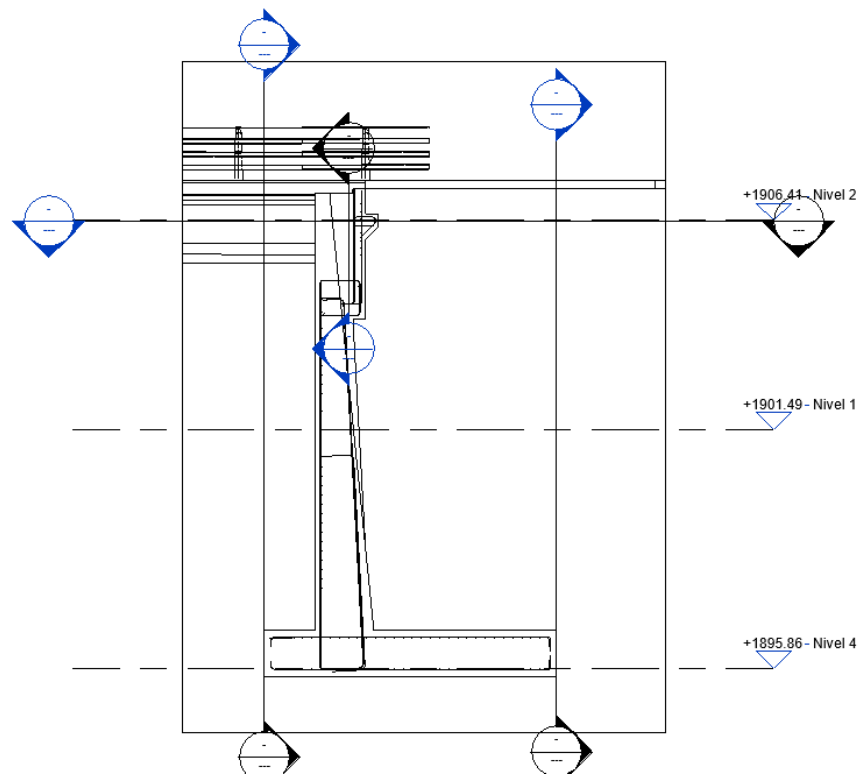
Suprimir

Aceptar Cancelar Ayuda

En la siguiente tabla se presentan los espesores de recubrimiento correspondientes a cada una de las partes que conforman el estribo, los cuales varían entre 2.5 cm y 15 cm. Estos valores se basan únicamente en los planos validados para nuestro proyecto, ya que en otros proyectos similares los recubrimientos, el tipo de varilla e incluso los detalles constructivos pueden variar.

Figura 108

Corte Longitudinal - Fuente: Elaboración Propia



Una de las principales ventajas de trabajar en Revit es la facilidad para visualizar los planos, permitiendo pasar rápidamente de una vista en 2D a un modelo tridimensional. Además, es posible generar cortes longitudinales y transversales de manera ágil, lo que facilita la revisión de detalles específicos, como los del estribo. En este caso, se realizó un corte longitudinal con el propósito de colocar el acero de refuerzo en la zapata, el muro de contención y otros elementos estructurales.

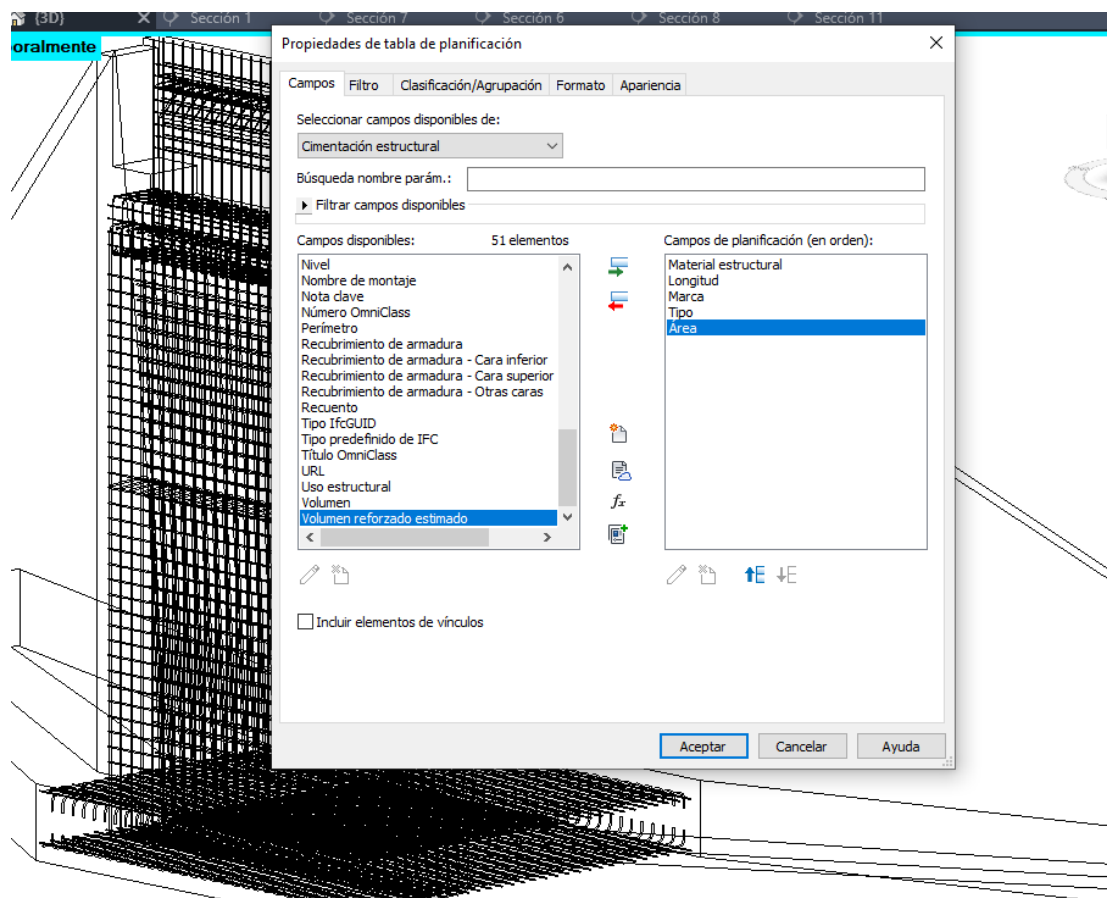
Esto permite una visualización precisa y un ajuste exacto en la colocación de las varillas.

En Revit contamos con la opción de crear tablas de planificación personalizadas, las cuales pueden generarse desde cero para obtener información específica según

nuestras necesidades. Estas tablas permiten visualizar y organizar los datos de los elementos pertenecientes a una o varias categorías dentro del modelo

Figura 109

Corte Longitudinal - Fuente: Elaboración Propia



CAPITULO III:

RESULTADOS

3.1 Comparación del Flujo de Trabajo Tradicional Vs. Optimizado con BIM

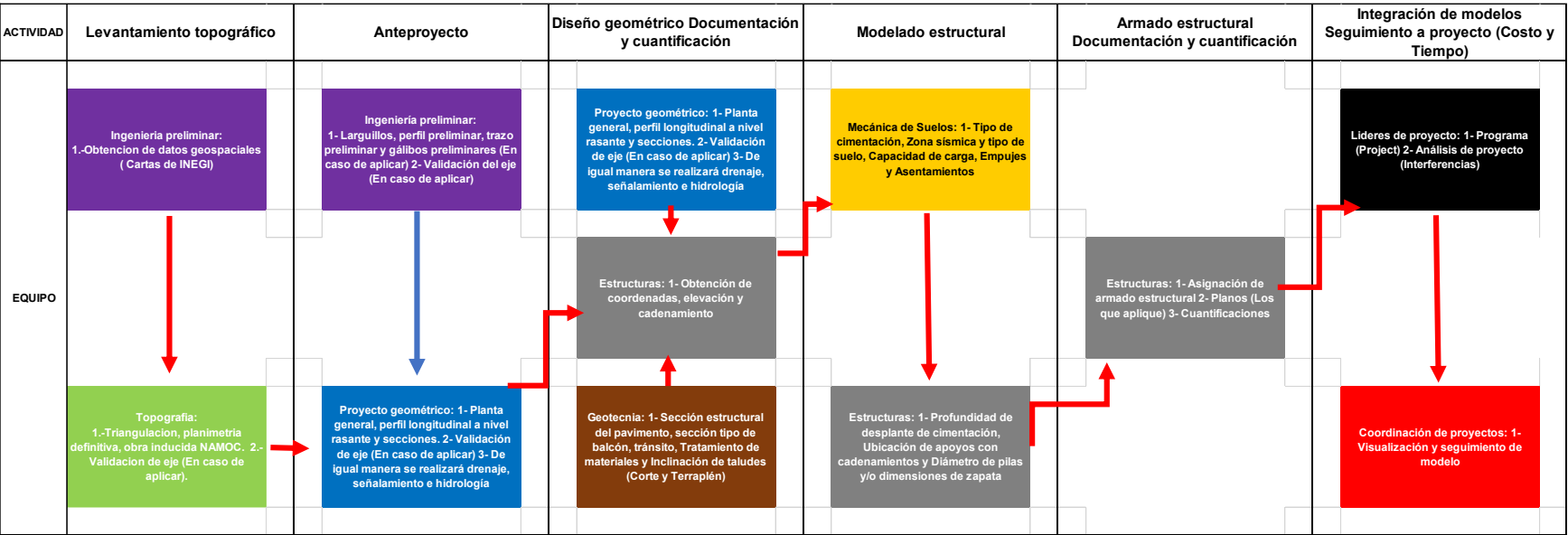
En SCALA, el flujo de trabajo tradicional en el diseño de puentes se caracteriza por una secuencia lineal, con escasa interacción entre disciplinas, apoyado en documentos físicos y digitales en 2D. Este enfoque, aunque funcional, limita la eficiencia, la colaboración y el control de calidad.

Por el contrario, la metodología BIM (Building Information Modeling) transforma el flujo de trabajo mediante la integración de modelos 3D inteligentes que centralizan la información del proyecto, facilitan la coordinación interdisciplinaria y permiten realizar simulaciones y análisis integrados. BIM promueve un entorno colaborativo y reduce la incertidumbre en el diseño, aportando mejoras sustanciales en tiempo, costo y calidad.

Flujo de trabajo actual para modelado de puentes

Tabla 3

Flujo de Trabajo Actual para el Modelado de Puentes - Fuente SCALA, Supervisión Consultoría, Asesoría y Laboratorio.



Flujo de Trabajo en base a la metodología BIM

Tabla 4
Flujo de trabajo - Fuente: Elaboración Propia

HERRAMIENTAS				
INTERACCION DE SOTFWARES				
PROCESO	ANTEPROYECTO, ANÁLISIS DE INFORMACIÓN TÉCNICA Y TRANSICIÓN (PLANOS)	MODELODO GEOMETRICO	MODELADO ESTRUCTURAL Y MECANICO	MODELO DE ARMADO ESTRUCTURAL
EJECUCIÓN	Transición de datos importantes de los planos originales a Civil 3D	Realización de superficie del terreno, Perfiles Longitudinales, secciones transversales, obra lineal, Bandas y guitarras, superficie de obra lineal, subassemblies,	Se recibe información de Civil 3D, y se modela el puente en infraworks con inventor se puede modelar ciertas familias que no se encuentren en infraworks	Cuando se tiene el modelo definitivo en infraworks, este se compartirá a Revit donde se trabajará el armado estructural
RESULTADO	En esta parte ambos programas empiezan a intercambiar información en tiempo real y se pueden hacer cambios y notificarse de estos simultáneamente			Revit se suma al intercambio de información con infraworks y la comunicación en tiempo real

3.2 Las Diferencias Clave Entre los Flujos de Trabajo

Comunicación y colaboración: En el flujo de trabajo tradicional, la comunicación es limitada y principalmente secuencial, mientras que en el flujo de trabajo BIM la comunicación es fluida y colaborativa, con intercambio de información en tiempo real.

Gestión de la información: En el flujo de trabajo tradicional, la gestión de la información es descentralizada y basada en documentos digitales y físicos, mientras que en el flujo de trabajo BIM la gestión de la información es centralizada en modelos 3D inteligentes y compartidos en tiempo real si surgen cambios.

Modelado y diseño: En el flujo de trabajo tradicional, el modelado es 2D, lo que dificulta la visualización y comprensión del diseño, mientras que en el flujo de trabajo BIM se utiliza modelado 3D paramétrico, lo que permite crear modelos inteligentes y detallados.

Análisis y simulación: En el flujo de trabajo tradicional, el análisis y la simulación son limitados y basados en cálculos manuales, y apoyados con softwares o tablas de Excel, mientras que en el flujo de trabajo BIM se realizan análisis y simulaciones integrados en el modelo 3D.

En general, el flujo de trabajo BIM ofrece una serie de ventajas significativas en comparación con el flujo de trabajo tradicional, como una mayor eficiencia, calidad, productividad y sostenibilidad.

Por otro lado, los métodos tradicionales de modelado de estructuras basados en planos 2D, han sido utilizados durante décadas.

Tabla 3

Comparación entre métodos tradicionales y BIM en el modelado de estructuras. - Fuente: Elaboración Propia

Característica	Métodos tradicionales (2D)	BIM (3D)
<i>Flujo de trabajo</i>	<i>Lineal y secuencial</i>	<i>Colaborativo e integrado</i>
<i>Documentación</i>	<i>Planos 2D (limitados y propensos a errores)</i>	<i>Modelos 3D (detallados y precisos)</i>
<i>Coordinación</i>	<i>Limitada y propensa a errores</i>	<i>Mejorada y eficiente</i>
<i>Detección de errores</i>	<i>Tardía y costosa</i>	<i>Temprana y eficiente</i>
<i>Simulación</i>	<i>Limitada</i>	<i>Avanzada</i>
<i>Optimización</i>	<i>Limitada</i>	<i>Potencialmente alta</i>
<i>Comunicación</i>	<i>Limitada</i>	<i>Mejorada</i>
<i>Gestión de la información</i>	<i>Descentralizada y difícil</i>	<i>Centralizada y eficiente</i>

Tabla 4

Herramientas y software utilizados en BIM - Fuente Elaboración Propia

Herramienta	Descripción Breve	Aplicación en Puentes	Ventaja Principal
Autodesk Revit	Software BIM líder para diseño arquitectónico, estructural y MEP.	Modelado de pilares, vigas y losas.	Amplia biblioteca de familias paramétricas.
Bentley AECOsim Building Designer	Herramienta BIM para infraestructura y obra civil.	Integración del diseño del puente con el entorno vial y geotécnico.	Herramientas específicas para infraestructura civil.
Nemetschek Allplan	Software BIM para arquitectura, ingeniería estructural e instalaciones.	Proyectos que requieren integración de múltiples disciplinas.	Flexibilidad en el diseño y coordinación de proyectos.
Trimble Tekla Structures	Software BIM especializado en estructuras de acero y concreto.	Diseño de elementos estructurales complejos, como vigas y pilares.	Precisión en el modelado y capacidad para grandes proyectos.
Civil 3D (Autodesk)	Herramienta BIM para diseño de infraestructura civil.	Integración del diseño del puente con el entorno vial y geotécnico.	Herramientas específicas para alineaciones y perfiles.
Infraworks (Autodesk)	Software para planificación y diseño conceptual de infraestructuras a gran escala.	Visualización y análisis del impacto ambiental de proyectos de infraestructura.	Integración con datos GIS y simulación de escenarios.

Inventor (Autodesk)	<i>Software para diseño mecánico y fabricación.</i>	<i>Diseño de componentes mecánicos y estructurales complejos.</i>	<i>Integración con otros softwares de Autodesk.</i>
Navisworks (Autodesk)	<i>Herramienta para revisión y coordinación de modelos BIM en 3D.</i>	<i>Detección de conflictos y simulación de la construcción (4D).</i>	<i>Compatibilidad con múltiples formatos de archivo.</i>
Formato IFC	<i>Estándar abierto para intercambio de información entre software BIM.</i>	<i>Facilita la colaboración entre disciplinas y la integración de modelos.</i>	<i>Compatibilidad con la mayoría de las herramientas BIM.</i>

3.3 Impacto de BIM en la Reducción de Errores y Retrabajo en el Diseño Estructural

Cabe mencionar que los errores y retrabajos en el diseño estructural pueden generar sobrecostos y retrasos en los proyectos de construcción. La metodología BIM, gracias a sus herramientas y funcionalidades, permite reducir significativamente estos problemas.

- BIM ha demostrado reducir significativamente los errores y retrabajos en el diseño estructural gracias a:
 - Detección temprana de conflictos
 - Visualización detallada
 - Simulación del comportamiento estructural
 - Coordinación entre disciplinas

Estas capacidades disminuyen sustancialmente la probabilidad de errores de diseño y la necesidad de retrabajos.

3.4 Evaluación de la Eficiencia en el Flujo de Trabajo con BIM

La implementación de BIM en proyectos ejecutivos requiere una evaluación cuidadosa de la eficiencia del flujo de trabajo. Esto permite identificar áreas de mejora y asegurar que se están obteniendo los beneficios esperados.

- La eficiencia del flujo de trabajo con BIM se puede evaluar mediante indicadores como:
 - Tiempo de diseño
 - Costos

- Número de errores
- Número de retrabajos
- Satisfacción del cliente

Estas métricas permiten comprobar que la adopción de BIM no solo mejora la calidad del diseño, sino que también aporta beneficios tangibles a nivel operativo.

CONCLUSIÓN

La elaboración de este proyecto me brindó una perspectiva renovada sobre lo que implica trabajar en una empresa, permitiéndome adquirir conocimientos prácticos y valiosos que fortalecen significativamente mi formación profesional.

Durante este proceso, enfrenté momentos de desafío, en los cuales la cantidad de información y la complejidad del aprendizaje me llevaron a cuestionar aspectos fundamentales: *¿Qué es realmente la metodología BIM y para qué sirve?* Estas preguntas, comparadas con los métodos tradicionales de trabajo, me permitieron entender el impacto actual y futuro de esta metodología en la industria.

A través de la metodología BIM, aprendí la importancia del **trabajo en equipo**, la optimización de **flujos de trabajo**, la **detección temprana de interferencias** y la mejora en el **control y la planificación** de los proyectos. Estos elementos no solo agilizan los procesos constructivos, sino que también elevan la calidad y precisión del trabajo.

La empresa **SCALA**, con su visión de crecimiento constante, se está preparando para posicionarse como una de las mejores empresas a nivel internacional. Actualmente reconocida por su excelencia a nivel nacional, la adopción de la metodología BIM es un paso estratégico que le permitirá competir en un entorno global. Ser parte de este gran proyecto, con un impacto directo en el desarrollo de México, es una experiencia sumamente gratificante y motivadora.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS

Durante el desarrollo de este proyecto, adquirí y fortalecí diversas competencias clave que contribuyen a mi formación profesional en ingeniería civil y al manejo de herramientas tecnológicas avanzadas. Estas competencias incluyen:

Conocimiento técnico de la metodología BIM:

- Comprensión de los principios fundamentales de la metodología BIM y su aplicación en proyectos de vías terrestres.
- Capacidad para integrar flujos de trabajo digitales en la planificación y modelado de puentes.

Dominio de herramientas tecnológicas:

- Manejo de software especializado como Autodesk Civil 3D, Infraworks, Inventor y Revit para el modelado de infraestructuras y estructuras.
- Aplicación práctica de tecnologías para la detección de interferencias y optimización de procesos.

Planificación y diseño estructural:

- Análisis y representación de los componentes de un puente, como estribos, aleros y muros pantalla, en conformidad con los planos validados por la SICT.

- Generación de modelos estructurales precisos que cumplan con los estándares normativos y las especificaciones técnicas requeridas.

Gestión de proyectos:

- Organización y coordinación de tareas dentro de un marco de trabajo colaborativo.

Comunicación efectiva y trabajo en equipo:

- Interacción con equipos multidisciplinarios para la resolución de problemas técnicos.
- Presentación clara y precisa de propuestas y avances ante supervisores y colaboradores.

Innovación y mejora continua:

- Aplicación de soluciones innovadoras en el diseño y modelado de puentes, aprovechando el potencial de las nuevas tecnologías.
- Adopción de una mentalidad de aprendizaje constante para mantenerse al día con las tendencias del sector.

Estas competencias no solo representan un avance en mi desarrollo profesional, sino también un aporte significativo a la calidad y eficiencia de los proyectos en los que participé.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Banco Interamericano de Desarrollo. (2020). *Banco Interamericano de Desarrollo*.

Obtenido de Clasificaciones JEL: N66, O14, O33:
<https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Encuesta-BIM-America-Latina-y-el-Caribe-2020.pdf>

Allplan Anemetschek Company. (15 de JUNIO de 2022). *Allplan Blog*. Obtenido de

Metodología BIM para el diseño de puentes:
<https://www.allplan.com/es/blog/metodologia-bim-para-el-diseno-de-puentes/>

Autodesk. (2025). *LOD (Niveles de Desarrollo)*. Obtenido de Niveles de desarrollo

en BIM: facilitando la coordinación y la colaboración:
<https://www.autodesk.com/solutions/bim-levels-of-development>

Autodesk. (2025). *Modelado de puentes: un lienzo digital para el diseño*

colaborativo. Obtenido de Modelado de Puentes 3D:
<https://www.autodesk.com/solutions/bridge-modeling>

Autodesk Infraworks . (2025). *Flujos de trabajo de estructuras civiles*. Obtenido de

Publicar estructuras civiles:
https://help.autodesk.com/view/INFMDR/ESP/?guid=InfraWorks_DataExchange_InTheCollection_CivilStructuresWorkflows_html

Bimtool. (28 de 10 de 2019). *Las 7 dimensiones BIM: 1D, 2D, 3D, 4D, 5D, 6D y 7D*.

Obtenido de ©Todos los derechos reservados: Bimtool 2024. Prohibida su

reproducción total o parcial. Versión 4.4.0:
<https://www.bimtool.com/Article/12468893/Las-7-dimensiones-BIM-1D-2D-3D-4D-5D-6D-y-7D>

Diario Oficial de la Federación. (15 de Diciembre de 2023). *Diario Oficial de la Federación*. (C. y. Nuño Lara Jorge - Secretario de Infraestructura, Editor)
 Obtenido de Norma Técnica que regula el Modelado de Información de la Construcción en proyectos de obra pública de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes.:
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5716954&fecha=15/02/2024#gsc.tab=0

Eadic. - Engineering, Training & Development Solutions. (17 de MARZO de 2020).
EADIC. Obtenido de escuela Abierta de Desarrollo en Ingeniería y Construcción. SL. (EADIC) : <https://eadic.com/blog/entrada/beneficios-de-bim-en-los-proyectos-de-estructuras-metalicas/>

Encuesta BIM: América Latina y el Caribe 2020. (Enero de 2021). *BID*. Obtenido de Transformación Digital; Tecnología Digital; Innovación Tecnológica; Revolución Digital; Industria de la Construcción:
<https://publications.iadb.org/es/encuesta-bim-america-latina-y-el-caribe-2020>

EspacioBIM @ 2015-22. (2015). *EspacioBIM*. Obtenido de EspacioBIM @ 2015-22
 - Aviso legal | Política de cookies: <https://www.espaciobim.com/bim>

Fernando Castillo, M. (06 de OCTUBRE de 2020). *MARQ*. Obtenido de BIM vs Metodologías Tradicionales: <https://marq.mx/es/bim-vs-metodologias-tradicionales/#:~:text=La%20mayor%20ventaja%20que%20nos,una%20mayor%20cantidad%20de%20tiempo>

Garza., A. R. (04 de 2020). *Qué es el Level of Development (LOD) y Cómo se Interpreta*. Obtenido de BIM en México: <https://bimenmexico.blogspot.com/2020/04/que-es-el-level-of-development-lod-y.html>

Kinenergy Consultoria - Ingenieria. (04 de JUNIO de 2021). *Kinenergy*. Obtenido de Las etapas de madurez BIM: <https://www.kin.energy/blogs/post/las-etapas-de-madurez-bim>

Norma Mexicana NMX-C-527-1-ONNCCE. (28 de Abril de 2017). *Secretaría de Gobernación*. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5489920&fecha=12/07/2017#gsc.tab=0

Seys Consultora especializada en implementación, desarrollo y distribución de software para CAD-BIM-GIS-Industria 4.0. (01 de MARZO de 2018). *¿Qué es BIM y cuál es la historia del Building Information Modelling?* Obtenido de seys: <https://seystic.com/bim-la-historia-del-building-information-modelling/>

Valdivieso, A. (01 de Abril de 2023). *LinkedIn Corporation* © 2024. Obtenido de ¿COMO A EVOLUCIONADO EL BIM? DESDE SUS INICIOS HASTA SU

IMPLEMENTACIÓN GLOBAL.: <https://www.linkedin.com/pulse/como-evolucionado-el-bim-desde-sus-inicios-hasta-su-alirio-valdivieso/>

Zigurat Institute of Technology. (14 de Diciembre de 2023). *Zigurat*. Obtenido de Estrategias para optimizar diseños y costes con BIM: <https://www.e-zigurat.com/es/blog/bim-en-la-planificacion-de-proyectos/#:~:text=Optimizaci%C3%B3n%20de%20recursos%20con%20BIM,causados%20por%20conflictos%20de%20programaci%C3%B3n.>

ANEXO (A) DOCUMENTOS



Supervisión, Consultoría, Asesoría y
Laboratorio, S.A. de C.V.
Priv. 6 B Sur 2902-D
Col. Ladrillera de Benítez C.P. 72530
Puebla, Pue.
T. 01 222
4 03 35 76, 76 y 77/ 4 09 74 78
www.scalapc.com

Puebla, Puebla. a los 11 días de enero de 2025

Asunto: **CARTA DE NO INCONVENIENCIA**

Dra. Yesica Imelda Saavedra Benítez
Directora
Instituto Tecnológico de Apizaco
P R E S E N T E:

Por medio de la presente hago de su conocimiento que el **C. EHYVAR BERNABÉ VILORIA** con número de matrícula **19370212**, alumno de la carrera de **LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL**, terminó satisfactoriamente el proyecto denominado **"USO DE LA METODOLOGÍA BIM PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL MODELADO DE PUENTES EN LA EMPRESA SCALA, SUPERVISIÓN, CONSULTORÍA, ASESORÍA Y LABORATORIO S.A DE C.V."** en el periodo comprendido del **01 de AGOSTO de 2024 al 10 de DICIEMBRE de 2024** y tiene autorizado presentarlo para su titulación por la opción **"TITULACION INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL"** confiando que la presentación de la información del proyecto se realizará de manera responsable.

A petición del interesado y para los fines legales que a él convengan, se extiende la presente.



Lic. Víctor Manuel Hernández Navarro
Encargado de Capital Humano

Anexo A1: Norma Mexicana NMX-C-527-1-ONNCCE-2017.

12/25, 12:18

DOF - Diario Oficial de la Federación

DOF: 12/07/2017

DECLARATORIA de vigencia de la Norma Mexicana NMX-C-527-1-ONNCCE-2017.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Economía.- Subsecretaría de Competitividad y Normatividad.- Dirección General de Normas.

DECLARATORIA DE VIGENCIA DE LA NORMA MEXICANA NMX-C-527-1-ONNCCE-2017, INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-MODELADO DE INFORMACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN-ESPECIFICACIONES-PARTE 1: PLAN DE EJECUCIÓN PARA PROYECTOS.

La Secretaría de Economía, por conducto de la Dirección General de Normas, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 34 fracciones II, XIII y XXXIII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 3 fracción X, 51-A, 54 y 66 fracción V de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 45 y 46 de su Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; y 22 fracciones I, IX, XII y XXV del Reglamento Interior de la Secretaría de Economía y habiéndose satisfecho el procedimiento previsto por la Ley de la materia para estos efectos, expide la Declaratoria de Vigencia de la Norma Mexicana que se enlista a continuación, misma que ha sido elaborada, como Proyecto de Norma Mexicana bajo la responsabilidad del Organismo Nacional de Normalización denominado "Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. (ONNCCE)" y aprobada por el "Comité Técnico de Normalización de Productos, Sistemas y Servicios para la Construcción", lo que se hace del conocimiento de los productores, distribuidores, consumidores y del público en general. El texto completo de la norma que se indica puede ser adquirido en la sede de dicho Organismo ubicado en la calle Ceres número 7, colonia Crédito Constructor, Delegación Benito Juárez, código postal 03940, Ciudad de México, teléfono: 5663 2950 ext. 102 y/o al correo electrónico: normas@onncce.org.mx, o consultarlo gratuitamente en la Dirección General de Normas de esta Secretaría, ubicada en Puente de Tecamachalco número 6, colonia Lomas de Tecamachalco, Sección Fuentes, Naucalpan de Juárez, código postal 53950, Estado de México.

La presente Norma Mexicana NMX-C-527-1-ONNCCE-2017 entrará en vigor a los 60 días naturales contados a partir del día natural inmediato siguiente de la publicación de esta declaratoria de vigencia en el Diario Oficial de la Federación. SINEC-20170306174310000.

CLAVE O CÓDIGO	TÍTULO DE LA NORMA MEXICANA
NMX-C-527-1-ONNCCE-2017	Industria de la Construcción-Modelado de Información de la Construcción-Especificaciones-Parte 1: Plan de Ejecución para Proyectos.
Objetivo y campo de aplicación Esta Norma Mexicana establece las especificaciones para implementar el modelado de información en proyectos a través de la elaboración y seguimiento de un plan de ejecución. Esta Norma Mexicana es aplicable a proyectos que implementen el modelado de información, ya sean de edificación o infraestructura, públicos o privados, y en cualquier etapa de su ciclo de vida.	
Concordancia con normas internacionales Esta Norma Mexicana no es equivalente (NEQ) con ninguna Norma Internacional por no existir esta última al momento de elaborar la Norma.	
Bibliografía • INDIANA UNIVERSITY. BIM. Guidelines & Standards for Architects, Engineers, and Contractors (Revised). 2015. • ISO/TS 12911:2012. Framework for Building Information Modelling (BIM) Guidance. • ISO 15686-4:2014. Building Construction-Service Life Planning-Part 4: Service Life Planning using Building Information Modeling. • ISO 29481-1:2010. Building Information Modelling-Information Delivery Manual-Part 1: Methodology and format. • ISO 29481-2:2012. Building Information Modelling-Information Delivery Manual-Part 2: Interaction framework. • ISO/IEC Guide 77-2:2008. Guide for Specification of Product Properties and Classes-Part 2: Technical Principles and Guidance. • THE PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY. BIM Project Execution Planning Guide Version 2.1. 2011.	

Atentamente

Ciudad de México, a 28 de abril de 2017.- El Director General de Normas y Secretariado Técnico de la Comisión Nacional de Normalización, Alberto Ulises Esteban Marina.- Rúbrica.

Anexo A2: Modelado de Información de la Construcción

12/2/25, 12:51

DOF - Diario Oficial de la Federación

DOF: 15/02/2024

NORMA Técnica que regula el Modelado de Información de la Construcción en proyectos de obra pública de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- COMUNICACIONES.- Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes.

JORGE NUÑO LARA, Secretario de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, con fundamento en los artículos 38, fracciones VII, XXI, XXII y XXIV de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1o., 2o. y 5o., párrafo segundo, fracciones I, II y V de la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal; 6o., fracción I de la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario; 4, fracción IX y 31, fracción XXXIII de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas; 22 del Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas; 2o., fracción I, 4o. primer párrafo y 5o., fracción I del Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, y

CONSIDERANDO

Que la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece que los recursos de que disponga el Gobierno Federal se administrarán con eficiencia, eficacia, economía, transparencia y honradez para satisfacer los objetivos a los que estén destinados.

Que la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria establece que los sujetos obligados a cumplir las disposiciones de ese ordenamiento deberán observar que la administración de recursos públicos federales se realice con base en criterios de legalidad, honestidad, eficiencia, eficacia, economía, racionalidad, austeridad, transparencia, control, rendición de cuentas y equidad de género;

Que la eficiencia en el ejercicio del gasto público consiste en el ejercicio del Presupuesto de Egresos de la Federación en tiempo y forma, en los términos de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria y demás disposiciones aplicables;

Que la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal otorga facultades a la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes para regular las actividades vinculadas a la construcción de infraestructura carretera;

Que la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario otorga facultades a la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes en materia de planeación y regulación del desarrollo del sistema ferroviario;

Que la metodología denominada Modelado de Información de la Construcción (BIM, Building Information Modelling por sus siglas en inglés) hace uso de sistemas de diseño y modelado asistido e incorpora procesos que permiten obtener una mayor eficiencia, eficacia, economía y transparencia en el ejercicio de los recursos públicos y privados destinados a la inversión de proyectos de infraestructura y demás activos productivos, en cada fase del ciclo de inversión, desde la planeación hasta la formulación, diseño, construcción, ampliación y modificación, así como la operación y mantenimiento de inmuebles e infraestructura, incluyendo su equipamiento;

Que la aplicación del Modelado de Información de la Construcción contribuye a mejorar la rendición de cuentas en el ejercicio de los recursos y la transparencia en la toma de decisiones; el control de la calidad de las inversiones, la transformación digital en el sector mediante el intercambio de información digital en tiempo real; el rendimiento de los activos; y permite reducir los costos y los riesgos de retrasos a través de la integración de la información y el impacto ambiental mediante la reducción de residuos de construcción;

Que la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas establece disposiciones que incluyen como servicios relacionados con obra pública los trabajos relativos a organización, informática, comunicaciones, cibernética y sistemas aplicados a las materias que regula dicha ley, así como los estudios de apoyo tecnológico, incluyendo los de desarrollo y transferencia de tecnología entre otros; por lo que he tenido a bien expedir la siguiente:

NORMA TÉCNICA QUE REGULA EL MODELADO DE INFORMACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN EN PROYECTOS DE OBRA PÚBLICA DE LA SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Sección I. Disposiciones generales

1. La presente Norma Técnica tiene por objeto regular las actividades que realicen las Unidades Administrativas adscritas a la Subsecretaría de Infraestructura relativas a la presentación de los informes de avances físicos y financieros a la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT) vinculados a programas y proyectos de inversión de infraestructura carretera y ferroviaria mediante el uso de la metodología MIC.

La metodología deberá ser aplicable a todas las etapas de la vida útil de una Obra Pública hasta su terminación. Las Obras Públicas, cuya planeación se realice usando la Metodología MIC, deberán continuar usando ésta en todas las etapas de la vida útil de la Obra Pública. De manera enunciativa más no limitativa, entre las actividades vinculadas a las diversas etapas de la vida de una Obra Pública se enumeran las siguientes: planeación, diseño, (incluyendo fase de pre-construcción), construcción, operación, conservación y mantenimiento.

2. Para efectos de la presente Norma Técnica, se entenderá por:

Anexo A3

PLAN DE EJECUCIÓN BIM

En base a la norma **NMX-C-527-1-ONNCCE-2017**

Para el proyecto:

Uso de la Metodología BIM para la Optimización del Modelado de Puentes en la empresa SCALA, Supervisión, Consultoría, Asesoría Y Laboratorio S.A De C.V.

Desarrollado por:

Ehyvar Bernabe Vilorio Estudiante de ingeniería civil del Instituto Tecnológico de Apizaco y Practicante de coordinación de proyectos en la empresa SCALA Supervisión, Consultoría, Asesoría Y Laboratorio S.A De C.V.

1. Visión general del plan BIM

Resumen ejecutivo

El presente proyecto, titulado **"Uso de la Metodología BIM para la Optimización del Modelado de Puentes en la empresa SCALA, Supervisión, Consultoría, Asesoría y Laboratorio S.A. de C.V."**, tiene como objetivo mejorar la precisión, eficiencia y colaboración en el modelado de puentes mediante la implementación de la metodología BIM.

A través de la estandarización de procedimientos para la creación, gestión e intercambio de modelos BIM, se busca optimizar los procesos de diseño y construcción, fomentando una mejor integración entre las distintas disciplinas involucradas. Además, la automatización de ciertos procesos clave contribuirá a reducir errores y tiempos de ejecución.

El proyecto se centra en aprovechar las capacidades de BIM para facilitar una gestión de la información más efectiva, mejorando la calidad y precisión del diseño estructural. Los beneficios esperados incluyen una mayor eficiencia operativa, una mejor coordinación entre los equipos y una reducción significativa en costos y retrabajos.

Declaración de la misión

La misión es optimizar el modelado del puente para la autopista La Pitahaya - Libramiento Oriente San Luis Potosí en la empresa SCALA, Supervisión, Consultoría, Asesoría y Laboratorio S.A. de C.V., a través de la implementación de la metodología BIM. Utilizando planos estructurales validados por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT), nuestra meta es mejorar el flujo de trabajo, reducir errores de interpretación y fortalecer la coordinación entre los equipos de diseño

A través de esta iniciativa, esperamos mejorar la precisión y eficiencia en los procesos de diseño y simulación, promoviendo así un trabajo más efectivo y competitivo en el sector.

2. Información del proyecto

Datos del propietario:

Tabla 5

Datos del Propietario - Fuente-Elaboración Propia - En base a la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017

DATOS DEL PROPIETARIO	
INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
Propietario del proyecto	Ehyvar Bernabe Vilorio
DIRECCIÓN	
Nombre de Calle,	Camino Real Xicoténcatl,
Número:	#26
Ciudad:	Ixtacuixtla, Tlaxcala.
Tipo de contrato	Residencias Profesionales

Numero de contrato	01/07/2024
Numero de Proyecto	01/07/2024

Nombre del proyecto

Tabla 6

Nombre del Proyecto - Fuente-Elaboración Propia - En base a la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017

NOMBRE DEL PROYECTO	
Nombre del Proyecto	Uso de la Metodología BIM para la Optimización del Modelado de Puentes en la empresa SCALA, Supervisión, Consultoría, Asesoría y Laboratorio S.A. de C.V."

Ubicación del Proyecto

Tabla 7

Ubicación del Proyecto - Fuente-Elaboración Propia - En base a la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017

UBICACIÓN DEL PROYECTO	
Calle y Numero	Priv. 6B Sur 2902-D
Ciudad	Puebla
Municipio o Alcaldía	Col. Ladrillera de Benítez
Estado y Código Postal	Puebla, 72530

Descripción Breve del Proyecto

Tabla 8

Descripción Breve del Proyecto - Fuente-Elaboración Propia - En base a la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017

DESCRIPCIÓN BREVE DEL PROYECTO	
DATOS	CONTENIDO

Breve descripción del proyecto	El proyecto se basa en la optimización del modelado del puente para la autopista La Pitahaya - Libramiento Oriente San Luis Potosí, a partir de planos estructurales validados por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT). La creación de este modelo permitirá no solo visualizar el proyecto de manera integral, sino también proporcionar retroalimentación.
Carretera	RUTA ALTERNA CARR. FEDERAL 57
Tramo	Autopista La Pitahaya - Libramiento Oriente San Luis Potosí
Sub Tramo	DEL KM 45+000.00 AL KM 50+000.00
Base de Datos del Proyecto	Planos estructurales en 2D validados por la SICT para el modelado y simulación del puente en BIM.
Elevación	1899.86
Angulo al Norte verdadero	No aplica
Latitud	312872.74
Longitud	2426793.91

Programa de Proyecto

Tabla 9

Programa de Proyecto - Fuente-Elaboración Propia - En base a la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017

REQUERIMIENTO DE PROYECTO	ESPECIFICACIÓN O CERTIFICACIÓN OBJETIVO	EQUIPO (A) ESPECIALISTA (S) A CARGO
<i>Definición de objetivos</i>	Optimizar el modelado de puentes mediante BIM para mejorar precisión y eficiencia	Ehyvar Bernabe Viloría, con supervisión de Ing. Fernando Ismael Dávila Álvarez Ing. Aurelio Rodríguez García
<i>Alcance del proyecto</i>	Modelado BIM del puente basado en planos 2D validados por la SICT	Ehyvar Bernabe Viloría
<i>Gestión de recursos</i>	Uso de software BIM (Auto CAD, Civil 3D, Infracore, Inventor, Revit) y equipo de cómputo	Ehyvar Bernabe Viloría
<i>Plan de comunicación</i>	Estrategia de comunicación con asesores y supervisores	Ehyvar Bernabe Viloría
<i>Monitoreo y control del proyecto</i>	Informes de progreso	Ehyvar Bernabe Viloría, supervisado por asesores
<i>Integración de tecnología</i>	Implementación de software BIM y herramientas necesarias	Ehyvar Bernabe Viloría
<i>Capacitación y Auto aprendizaje</i>	Formación en metodología BIM y herramientas asociadas	Ehyvar Bernabe Viloría
<i>Documentación del proyecto</i>	Documentación completa del proceso BIM	Ehyvar Bernabe Viloría
<i>Cierre del proyecto</i>	Informe final, lecciones aprendidas, entrega de modelo BIM	Ehyvar Bernabe Viloría, con revisión final del Ing. Miguel Ángel Daza Merino

Calendario de Proyecto

Tabla 10

Calendario de Proyecto Fuente-Elaboración Propia - En base a la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017

FASE DE PROYECTO	FECHA ESTIMADA DE INICIO	FECHA ESTIMADA DE FINALIZACIÓN	EQUIPO (S) ESPECIALISTA (S) INVOLUCRADOS
Planeación	1 de agosto de 2024	14 de septiembre de 2024	Ehyvar Bernabe Vloria
<i>Recopilación de Información</i>	1 de agosto de 2024	17 de agosto de 2024	Ehyvar Bernabe Vloria
<i>Visualización de planos validados por SICT</i>	19 de agosto de 2024	14 de septiembre de 2024	Ehyvar Bernabe Vloria
<i>Anteproyecto</i>	26 de agosto de 2024	06 de septiembre de 2024	Ehyvar Bernabe Vloria
Plan BIM	17 de septiembre de 2024	02 de octubre de 2024	Ehyvar Bernabe Vloria, con asesoría del Ing. Miguel Ángel Daza Merino
<i>Vo. Bo. de Plan BIM</i>	17 de septiembre de 2024	29 de noviembre de 2024	Miguel Ángel Daza Merino
Modelado Geométrico	03 de octubre de 2024	12 de octubre de 2024	Ehyvar Bernabe Vloria, con supervisión de Ing. Fernando Ismael Dávila Álvarez e Ing. Aurelio Rodríguez García

<i>Importación, Transición de datos CAD a civil 3D, triangulación y ejes (CVL_TRI).</i>	03 de octubre de 2024	12 de octubre de 2024	Ehyvar Bernabe Viloria
<i>Modelado Estructural y Mecánico</i>	14 de octubre de 2024	04 de noviembre de 2024	Ehyvar Bernabe Viloria, con supervisión de Ing. Fernando Ismael Dávila Álvarez e Ing. Aurelio Rodríguez García
<i>Creación de modelo en InfraWorks</i>	14 de octubre de 2024	19 de octubre de 2024	Ehyvar Bernabe Viloria
<i>Creación de familias en Inventor</i>	21 de octubre de 2024	04 de noviembre de 2024	Ehyvar Bernabe Viloria
<i>Armado Estructural</i>	05 de noviembre de 2024	02 de diciembre de 2024	Ehyvar Bernabe Viloria, con supervisión de Ing. Fernando Ismael Dávila Álvarez e Ing. Aurelio Rodríguez García
<i>Exportación de modelo a Revit</i>	05 de noviembre de 2024	05 de noviembre de 2024	Ehyvar Bernabe Viloria
<i>Desarrollo del modelo estructural en Revit</i>	05 de noviembre de 2024	19 de noviembre de 2024	Ehyvar Bernabe Viloria
<i>Ajustes y correcciones del modelo</i>	19 de noviembre de 2024	23 de noviembre de 2024	Ehyvar Bernabe Viloria
<i>Documentación final</i>	25 de noviembre de 2024	02 de diciembre de 2024	Ehyvar Bernabe Viloria
<i>Visto bueno (validación final)</i>	03 de diciembre de 2024	10 de diciembre de 2024	Ehyvar Bernabe Viloria, con revisión de Ing. Fernando Ismael Dávila Álvarez e Ing. Miguel Ángel Daza Merino
<i>Vo. Bo. final del modelo</i>	03 de diciembre de 2024	10 de diciembre de 2024	Ing. Miguel Ángel Daza Merino

3. Personal Clave del Proyecto

Tabla 11 Personal Clave del Proyecto – Fuente Elaboración Propia – En Base a la norma NMX – ONNCCE - 2017

ROL	NOMBRE	EMPRESA	DIRECCIÓN	CORREO	TELÉFONO
<i>Responsable del Proyecto / Modelador BIM</i>	Ehyvar Bernabe Vilorio	SCALA, Supervisión, Consultoría, Asesoría y Laboratorio S.A. de C.V. / Instituto Tecnológico de Apizaco	Ixtacuixtla/ Tlaxcala	pproyectos2@scalapc.com / l19370212@apizaco.tecnm.mx	24810 52312
<i>Supervisor Interno</i>	Fernando Ismael Dávila Álvarez	SCALA, Supervisión, Consultoría, Asesoría y Laboratorio S.A. de C.V.	Puebla/ Puebla	fdavila@scalapc.com	22253 60118
<i>Supervisor Interno</i>	Aurelio Rodríguez García	SCALA, Supervisión, Consultoría, Asesoría y Laboratorio S.A. de C.V.	Puebla/ Puebla	atproyectos@scalapc.com	24112 21447

<i>Asesor Académico</i>	Miguel Ángel Daza Merino	SCALA, Supervisión, Consultoría, Asesoría y Laboratorio S.A. de C.V.	Apizaco / Tlaxcala	miguel.dm@a pizaco.tecnm.mx	1307 41 72010
<i>Auxiliar del Departame nto de Estructuras</i>	Fabio Francisco Escobar Flores	SCALA, Supervisión, Consultoría, Asesoría y Laboratorio S.A. de C.V.	Puebla/ Puebla	aestructuras @scalapc.com	22239 84302

4. Requerimientos del propietario para BIM

Tabla 11

Requerimientos del Propietario para BIM - Fuente-Elaboración Propia - En base a la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017

RE QUERIMIE NTO	DESCRIP CIÓN/OBJETIVO	INFORM ACIÓN TÉCNICA/ADMINISTRATIVA/COMERCIAL	NIVEL DE DESARROLLO (LOD)	MÉTODO DE INTEGRACIÓN	FECHA DE ENTREGA
Optimización del Modelado BIM del Puente	Utilizar la metodología BIM para optimizar el modelado estructural del puente, creando un modelo digital preciso para mejorar los procesos.	Técnica	LOD 200: Representación general del modelo estructural. LOD 200: Detalles precisos de las estructuras y componentes.	Se integrará mediante herramientas BIM como Revit para modelado, Civil 3D para planificación del terreno y Documentación centralizada en la plataforma BIM.	2 de noviembre de 2024
Coordinación entre softwares de Diseño y flujo de trabajo	Mejorar la colaboración entre los softwares de diseño para garantizar la integración eficiente de modelos.	Administrativa/ Técnica	LOD 200: Representación de las disciplinas involucradas.	La coordinación en tiempo real de los softwares de diseño, garantizando la integración de todas las disciplinas.	02 de diciembre de 2024
Validación final del modelo	Asegurar que el modelo cumpla con las especificaciones del proyecto de acuerdo con los planos originales validados por SICT.	Técnica	LOD 200 o 250: Precisión en detalles constructivos y estructurales.	Validación mediante revisión del modelo en Revit y comparaciones con los planos validados por la SICT.	10 de diciembre de 2024

5. Metas y Usos BIM

Metas BIM

Tabla 12

Metas BIM - Fuente-Elaboración Propia - En base a la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017

DESCRIPCIÓN DE LA META	PRIORIDAD	USOS BIM POTENCIALES
<i>Mejorar la precisión y calidad en el modelado estructural de puentes</i>	Alta	Optimización del Modelado BIM del Puente
<i>Facilitar la colaboración y coordinación entre las disciplinas involucradas</i>	Alta	Coordinación entre softwares de Diseño y flujo de trabajo
<i>Documentar un proceso estandarizado que sirva de base para futuros proyectos</i>	Media	Optimización del Modelado BIM del Puente
<i>Asegurar que el modelo final cumpla con los requisitos del proyecto</i>	Alta	Vo. Bo. final del modelo

Usos BIM

Ahora listar los potenciales usos del BIM que se aplicaran al proyecto

Tabla 13

Usos BIM - Fuente-Elaboración Propia - En base a la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017

FASE	USO BIM	BENEFICIO	COMPETENCIAS REQUERIDAS	INFORMACIÓN DE REFERENCIA
PLANIFICACIÓN	Optimización del Modelado BIM del Puente	Representar las características originales del sitio y asegurar precisión en la planificación inicial.	Captura de información, Modelado	Normas y estándares del sitio; Planos de SICT
DISEÑO	Coordinación entre softwares de Diseño y flujo de trabajo	Modelar tridimensionalmente la información del proyecto de manera detallada.	Modelado, Diseño estructural	Software Civil 3D, Infracore, Inventor y Revit.

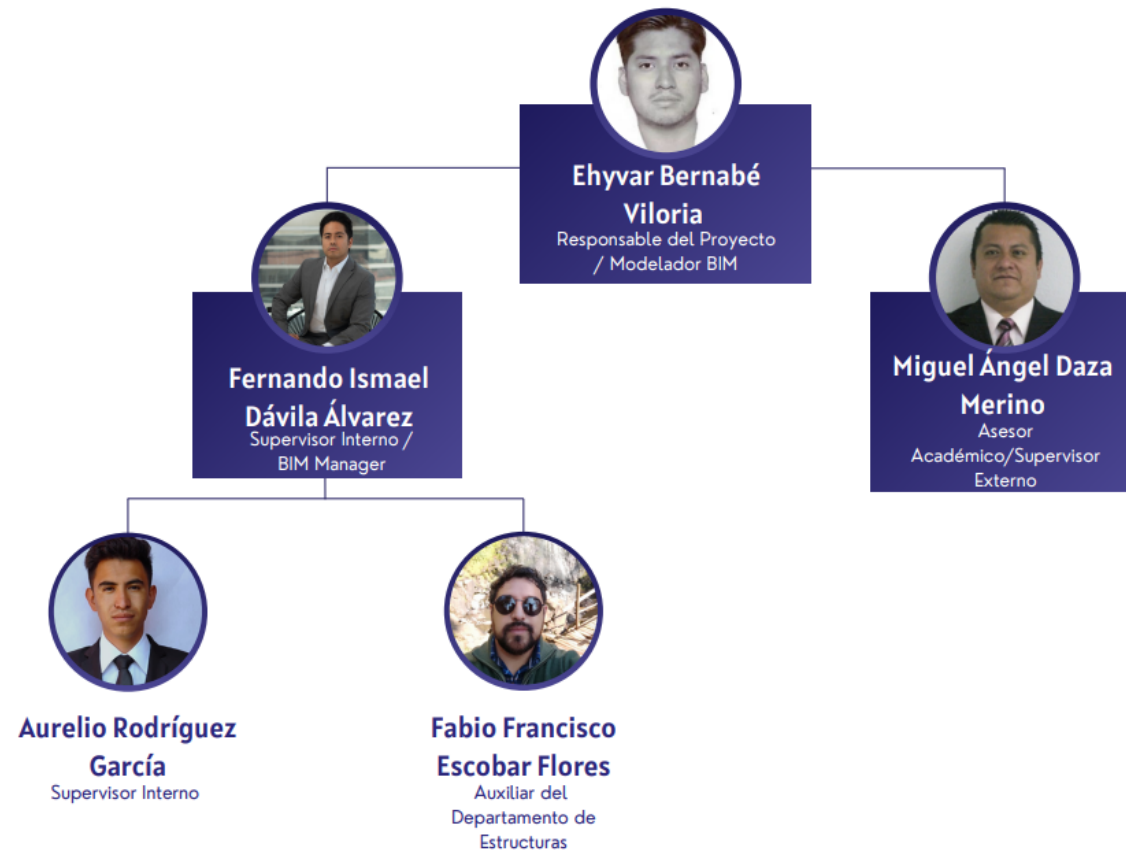
CONSTRUCCIÓN	Vo. Bo. final del modelo	Asegurar que el modelo final cumpla con los requisitos del proyecto	Análisis de interferencias	Software: Revit
	Planificac ión de Etapas	Controlar y simular la planificación de la construcción y secuencia de actividades.	Análisis, Planificación	Herramientas de simulación 4D en Navisworks
	OPERACIÓN	Gestión de Activos	Facilitar el mantenimiento y operación eficiente del puente mediante un modelo de gestión actualizado.	Mantenimiento preventivo, Gestión de activos

6. Roles y Responsabilidades

Tabla 14

Roles y Responsabilidades - Fuente-Elaboración Propia - En base a la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017

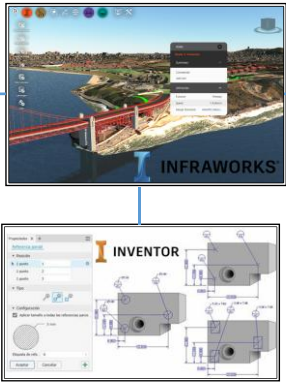
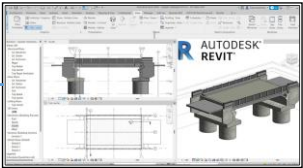
USO BIM	EMPRESA	PERSONA L NECESARIO	HORA S DE TRABAJO ESTIMADAS	UBICACIÓN(E S) DEL EQUIPO(S)	CONTACT O PRINCIPAL
Optimización del Modelado BIM del Puente	SCALA	Modelador BIM	240	Oficina central de SCALA	Ehyvar Bernabe Vloria, Ing. Fernando Dávila
Coordinación entre softwares de Diseño y flujo de trabajo	SCALA	Modelador BIM	250	Oficina central de SCALA	Ehyvar Bernabe Vloria
Vo. Bo. final del modelo	SCALA	Coordinador BIM, Modelador BIM	10	Oficina central de SCALA	Ehyvar Bernabe Vloria, Ing. Fernando Dávila



7. Diagrama BIM

Imagen: 2

Diagrama BIM - Fuente: Elaboración Propia

ACTIVIDAD	ANTEPROYECTO	DISEÑO GEOMETRICO	MODELADO ESTRUCTURAL	ARMADO ESTRUCTURAL
INTERFAZ DE SOFTWARES				
LOD	200	300	300	350
LOI	200	300	300	350
NIVEL DE MADUREZ BIM	1	1	1	1
	Segunda Dimensión	Segunda y Tercera Dimension	Tercera Dimensión	

8. Intercambios de Información

Tabla 15

Intercambios de Información - Fuente-Elaboración Propia - En base a la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017

FASE	NOMBRE DEL INTERCAMBIO	RESPONSABLE	EQUIPO(S) QUE RECIBIRÁN LA INFORMACIÓN	SOFTWARE Y VERSIÓN	NIVEL DE DESARROLLO (LOD)	ESPECIFICACIONES ADICIONALES
PLANEACIÓN	Optimización del Modelado BIM del Puente	Modelador BIM	Planificación y Modelado	AutoCAD Civil 3D 2024	LOD 200	Datos georreferenciados para el sitio
DISEÑO	Coordinación entre softwares de Diseño y flujo de trabajo	Modelador BIM	Diseño y Estructura	Infraworks, inventor y Revit 2024	LOD 300	Modelo 3D con coordinación de disciplinas
	Vo. Bo. final del modelo	Modelador BIM	Asesor Académico, Asesor Interno	PDF, DWG, IMX, RVT Y IPT	LOD 200 o 250	Modelo Final
CONSTRUCCIÓN	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica

9. Estrategia de Colaboración

Reuniones de colaboración

Tabla 16

Reuniones de Colaboración - Fuente-Elaboración Propia - En base a la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017

TIPO DE REUNIÓN	ETAPA DE PROYECTO	FRECUENCIA	PARTICIPANTES	UBICACIÓN
Revisión de Planificación	Planificación	Mensual	Ehyvar (desarrollador), Ing. Miguel Ángel Daza (asesor académico)	Virtual o presencial (videoconferencia, chats, o visitas al Instituto)
Revisión de Diseño	Diseño	Quincenal	Ehyvar (desarrollador), Ing. Fernando Dávila y Ing. Aurelio Rodríguez (supervisores internos)	Oficina SCALA
Retroalimentación Final	Cierre del Diseño	Al final de la fase de Diseño	Ehyvar (desarrollador), Ing. Miguel Ángel Daza, Ing. Fernando Dávila, Ing. Aurelio Rodríguez	Oficina SCALA

Revisión de Planificación: Se realiza en la fase de planificación para revisar el avance del desarrollo del modelo inicial y asegurar que se están cumpliendo los objetivos de la etapa.

Revisión de Diseño: Esta reunión es más para verificar la precisión de los modelos y coordinar cualquier cambio necesario.

Retroalimentación Final: Esta reunión marca el cierre del proyecto.

Calendarización de intercambios de información

Tabla 17

Calendarización de intercambios de información - Fuente-Elaboración Propia - En base a la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017

INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN	RESPONSABLE DE EMISIÓN	MODO DE ENTREGA / RECEPTOR DEL ARCHIVO	FRECUENCIA	FECHA	CONTENIDO DEL MODELO	SOFTWARE DE MODELADO	FORMATO DE ARCHIVO NATIVO	FORMATO DE ARCHIVO DE INTERCAMBIO
Revisión de Planificación	Ehyvar	Carpeta y canal privado en Teams / Ing. Miguel Ángel Daza	Mensual	Primera semana del mes	Modelo preliminar de condiciones existentes	Autodesk Revit	.rvt	.ifc
Revisión de Avance de Diseño	Ehyvar	Presencial (reunión) / Ing. Fernando Dávila y Ing. Aurelio Rodríguez	Mensual	Primera semana del mes	Modelo estructural y detalles de cimentación	Autodesk Revit	.rvt	.ifc
Retroalimentación Final de Diseño	Ehyvar	Carpeta y canal privado en Teams / Miguel Ángel Daza	Al final de la fase de Diseño	Última semana de Diseño	Modelo final optimizado para presentación y revisión	Autodesk Revit	.rvt	.ifc

Revisión de Planificación: Este intercambio se centra en los avances del modelo preliminar.

Revisión de Avance de Diseño: Durante la fase de diseño, se asegura la alineación con los requerimientos

Retroalimentación Final de Diseño: se entrega el modelo completo y optimizado para revisión final.

Espacio de trabajo

Ubicación:

Oficina central de SCALA, adecuadamente acondicionado para el uso de software de modelado y reuniones presenciales o virtuales.

Instalaciones y Equipamiento Requerido:

- Computadora de alto rendimiento:
- Procesador: Intel i7
- Memoria RAM: Mínimo 16 GB
- Tarjeta gráfica: Compatible con software BIM (Revit, Civil 3D, InfraWorks, Inventor)
- Espacio en disco: Al menos 1 TB, preferentemente SSD para un rendimiento óptimo

Software de Modelado BIM:

- Autodesk Revit, Civil 3D, InfraWorks, Inventor
- Licencias activas y acceso a actualizaciones.

Conexión a Internet de alta velocidad:

- Velocidad mínima de 50 Mbps para facilitar la transferencia de archivos y videoconferencias sin interrupciones.

Equipo para Videoconferencias:

- micrófono, y auriculares.
- Software de videoconferencia (Zoom, Microsoft Teams).

Mobiliario adecuado:

- Escritorio amplio y silla ergonómica para trabajo prolongado.
- Espacio para organizar materiales de referencia, documentos, y herramientas.

Acceso a Espacios Adicionales:

- Salas de reuniones virtuales: La colaboración con el asesor el Ing. Miguel Ángel Daza) se realizará principalmente en reuniones virtuales, para las cuales se designará un horario regular de videoconferencias.

Sistema de Comunicación y Gestión para el Proyecto BIM

Plataforma de Comunicación Principal:

- **Microsoft Teams** será utilizado para la comunicación con el asesor el Ing. Miguel Ángel Daza. Estas plataformas permiten realizar videollamadas, compartir pantalla y mensajes en tiempo real.
- **Accesos Necesarios:** El acceso estará limitado al (Ing. Miguel Ángel Daza y el Alumno Ehyvar Bernabe Viloría).

Funcionalidades: Revisión, comentarios y observaciones, seguimiento a las tareas asignadas, y la creación de un registro de todas las reuniones.

Guía para almacenamiento de la comunicación

Microsoft Teams se utilizará para almacenar y organizar todos los archivos BIM, documentos del proyecto y mensajes que requieran ser archivados.

Estructura de Carpetas:

- **Carpeta Principal:** **EHYVAR BERNABE VILORIA** - Proyecto BIM - Modelado de Puentes

Subcarpetas: Documentación del Proyecto (EHYVAR_BERNABE_VILORIA: para documentos de planificación, informes de avance.

- Modelos BIM: subdividido por fases de desarrollo y versiones.

Accesos Necesarios: Se me proporcione una carpeta individual con permisos de visualización y edición únicamente para al asesor y estudiante, quien podrán acceder a los documentos y realizar observaciones.

Comunicación Formal por Correo Electrónico:

- **Correo Institucional:** La comunicación oficial con la universidad y los asesores se realizará mediante el correo institucional o plataforma como Teams, con el objetivo de mantener un registro formal de las decisiones y entregas importantes.

Este sistema permite mantener un control integral de las comunicaciones y la gestión de archivos, asegurando que toda la información relevante.

Guía de administración de información

Tabla 18

Guía de administración de información - Fuente-Elaboración Propia - En base a la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017

UBICACIÓN DE PROYECTO	ESTRUCTURA DE ARCHIVOS/NOMBRE	TIPO DE ARCHIVO	PROTECCIÓN CON CONTRASEÑA	EQUIPO Y PERSONA A CARGO DEL MANTENIMIENTO	ACTUALIZACIÓN
Microsoft Teams	Proyecto BIM - Uso de la Metodología BIM para la Optimización del Modelado de Puentes	Carpeta	No	Usuario (Ehyvar)	Mensual
Microsoft Teams	Proyecto-BIM_Ehyvar_Bernabe_Vloria	PDF	No	Usuario (Ehyvar)	Al finalizar
Microsoft Teams	Proyecto BIM - Modelado de Puentes/01_Documentos	Subcarpeta	No	Usuario (Ehyvar)	Cada entrega de avance
Microsoft Teams	Proyecto BIM - Modelado de Puentes/01_Planificación/Planos_Modelo	PDF	No	Usuario (Ehyvar)	Al finalizar
Microsoft Teams	SCALATEC-GEO-001.PDF	PDF	No	Usuario (Ehyvar)	Al finalizar
Microsoft Teams	SCALATEC-ESTR-002.PDF	PDF	No	Usuario (Ehyvar)	Al finalizar
Microsoft Teams	SCALATEC-MEC-003.PDF	PDF	No	Usuario (Ehyvar)	Al finalizar

Microsoft Teams	SCALATEC-ARM-004.PDF	PDF	No	Usuario (Ehyvar)	Al finalizar
Microsoft Teams	Proyecto BIM - Modelado de Puentes/02_Diseño	Subcarpeta	No	Usuario (Ehyvar)	Al finalizar
Microsoft Teams	SCALATEC-GEO-001.DWG	DWG	No	Usuario (Ehyvar)	Al finalizar
Microsoft Teams	SCALATEC-ESTR-002.IMX	IMX	No	Usuario (Ehyvar)	Al finalizar
Microsoft Teams	SCALATEC-MEC-003.IPT	IPT	No	Usuario (Ehyvar)	Al finalizar
Microsoft Teams	SCALATEC-ARM-004-RVT	RVT	No	Usuario (Ehyvar)	Al finalizar
Servidor Local - Disco Duro	\\Proyectos\\BIM_Modelado_Puentes	Carpeta	No	Usuario (Ehyvar)	Mensual
Servidor Local - Disco Duro	\\Proyectos\\BIM_Modelado_Puentes\\Planificación	Subcarpeta	No	Usuario (Ehyvar)	Cada entrega de avance
Servidor Local - Disco Duro	\\Proyectos\\BIM_Modelado_Puentes\\Diseño \\Modelo_Estructural	RVT, DWG, IFC	Sí	Usuario (Ehyvar)	Al actualizar modelos

Notificación y Actualización de Contenidos:

- Se notificará cualquier actualización relevante en el contenido y estructura a través de correo electrónico a asesores y responsables cada vez que se realicen cambios significativos.

10. Procedimientos de Control de Calidad de los Modelos

Tabla 19

Procedimientos de control de calidad de los modelos - Fuente-Elaboración Propia - En base a la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017

CONT ROL	MOD ELO	RESPON SABLE	PROG RAMA DE SOFTWARE	FRECU ENCIA
Verificación de geometría y alineación	Transición de planos a Civil 3D	Ehyvar	Civil 3D	Al finalizar cada fase
Revisión de integridad y detalles	Modelo 3D de Diseño	Ehyvar	Infraworks	Mensual
Control de coherencia en propiedades	Modelos de Cimentación y Armado	Ehyvar	Autodesk Revit / Infraworks	Al completar los detalles
Validación de cumplimiento de LOD	Modelo Estructural	Ehyvar	Autodesk Revit	Cada actualización de modelo
Validación de compatibilidad y formatos	Todos los Modelos	Ehyvar	Autodesk Revit	Antes de cada intercambio

Controles de Calidad Específicos:

- **Geometría y Alineación:** Transición de planos a Civil 3D con precisión geométrica para asegurar que el modelo represente fielmente las dimensiones y alineaciones requeridas.
- **Integridad y Detalle:** Verificación de la integridad del modelo y de que todos los detalles estructurales están correctamente definidos.

- **Propiedades y Coherencia:** Asegurar que todas las propiedades y atributos del modelo estén alineados con las especificaciones técnicas
- **Cumplimiento de LOD:** Validación de los niveles de desarrollo especificados para garantizar el detalle y contenido adecuado en cada fase
- **Compatibilidad de Formatos:** Validación del formato de archivos para facilitar el intercambio y la interoperabilidad entre plataformas y colaboradores.

Este procedimiento de control de calidad asegura que el modelo esté optimizado y libre de errores antes de su uso o intercambio, contribuyendo a una comunicación clara y precisa entre todos los involucrados.

11. Infraestructura Informática

Software

Tabla 20

Infraestructura - Fuente-Elaboración Propia - En base a la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017

USO BIM	DISCI PLINA	SOFT WARE	VER SIÓN	PROCEDI MIENTO PARA ACTUALIZACIÓ N
Optimiz ación del Modelado BIM del Puente Coordi nación entre softwares de Diseño y flujo de trabajo	Ingeni ería Civil	Civil 3D	2024	Actualizaci ón trimestral mediante Autodesk Account.
	Ingeni ería Civil	InfraW orks	2024	Actualizaci ón automática mensual en servidor.
	Ingeni ería Mecánica	Invent or	2024	Actualizaci ón con revisión manual cada 6 meses.
	Estruct uras	Revit	2024	Verificaci ón de actualizaciones en Autodesk Account semestral.

Equipo Informático y captura de datos

Tabla 21

Equipo Informático y captura de datos -Fuente-Elaboración Propia - En base a la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017

USO BIM	HARDWARE	PROPIETARIO DEL HARDWARE	ESPECIFICACIONES
Optimización del Modelado BIM del Puente Coordinación entre softwares de Diseño y flujo de trabajo	Estación de Trabajo - PC0032	SCALA	13th Gen Intel(R) Core(TM) i7-13700 2.10 GHz - 16.0 GB (15.7 GB utilizable) - Sistema operativo de 64 bits, procesador x64
	Estación de Trabajo - PC0032	SCALA	13th Gen Intel(R) Core(TM) i7-13700 2.10 GHz - 16.0 GB (15.7 GB utilizable) - Sistema operativo de 64 bits, procesador x66
	Desktop personal	Ehyvar	10th Gen Intel(R) Core(TM) i5-10700 2.10 GHz - 8.0 GB (3.5 GB utilizable) - Sistema operativo de 64 bits, procesador x64

Contenido de modelado e información de referencia

Tabla 22

Contenido de modelado e información de referencia - Fuente-Elaboración Propia - En base a la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017

USO BIM	DISCIPLINA / EQUIPO	CONTENIDO DE MODELADO / INFORMACIÓN DE REFERENCIA	ESPECIFICACIONES
Optimización del Modelado BIM del Puente	Estructuras	Refinamiento del modelo para optimizar diseño y eficiencia estructural	Uso de Autodesk Civil 3D, Infraworks, Inventor y Revit
Coordinación entre softwares de Diseño y flujo de trabajo	Infraestructura y Estructuras	Integración y ajuste de modelos de diseño y construcción	Coordinación con Autodesk
Vo. Bo. final del modelo	Estructuras	Revisión del modelo estructural con simulaciones y verificaciones de diseño	Validación Autodesk Infraworks Revit con e

12. Estructura de los Modelos

Nomenclatura de archivos

Proyecto – Disciplina – Número de Puente

- Zona (opcional): Si es necesario, tres dígitos para la zona del puente.
- Nivel (opcional): Dos dígitos para el nivel o elevación.

Tabla 23

Estructura de los modelos - "Modelo y Disciplina" - Fuente-Elaboración Propia - En base a la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017

MODELO Y DISCIPLINA	NOMBRE DE ARCHIVO
<i>Modelo Geométrico</i>	SCALATEC-GEO-001.DWG
<i>Modelo Estructural</i>	SCALATEC-ESTR-002.IMX
<i>Modelo Mecánico</i>	SCALATEC-MEC-003.IPT
<i>Modelo de Armado Estructural</i>	SCALATEC-ARM-004.RVT
<i>Modelo Geométrico</i>	SCALATEC-GEO-001.PDF
<i>Modelo Estructural</i>	SCALATEC-ESTR-002.PDF
<i>Modelo Mecánico</i>	SCALATEC-MEC-003.PDF
<i>Modelo de Armado Estructural</i>	SCALATEC-ARM-004.PDF
<i>Proyecto Final</i>	PROYECTO-BIM_EHYVAR_BERNABE_VILORIA

Estructura de modelo

La organización y separación del modelo se describe a continuación:

1. Separación por Disciplinas

- Cada modelo corresponde a una disciplina específica y utiliza la nomenclatura descrita previamente.
- Las disciplinas principales incluyen: Civil, Arquitectónico, Mecánico, y Estructural.
- Los modelos se integran siguiendo un criterio de especialización, donde cada disciplina aporta información específica al modelo general de coordinación.

2. Coordinación por Secciones y Elementos Clave:

- El modelo estructural se organiza en secciones que representan las distintas partes del puente, como cimentaciones, y superestructura.
- El modelo civil define el trazado, pendientes y demás elementos geotécnicos del entorno.
- Los elementos mecánicos y arquitectónicos se incorporan para representar detalles específicos en el diseño y estética del puente.

3. Integración y Coordinación:

- La integración se verifica en etapas críticas de planificación y diseño, asegurando que todos los cambios se reflejen en cada disciplina antes del intercambio de información.

Sistema de medición y coordenadas

- **Sistema de medición**

Se utilizará el sistema métrico decimal, con unidades en metros (m) para distancias, metros cúbicos (m³) para volúmenes, y toneladas métricas (t) para peso.

Esta unidad estandarizada asegura la uniformidad de los modelos y facilita la interpretación de datos por todas las disciplinas involucrada

- **Sistema de coordenadas geo- referenciadas**

Se adoptará el sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM) en la zona correspondiente al proyecto. Este sistema permitirá posicionar el modelo en un contexto geográfico exacto, alineándose con otros datos cartográficos y de infraestructura que puedan emplearse durante la planificación y el diseño.

Tabla 24

Sistema de medición de coordenadas - Fuente-Elaboración Propia - En base a la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017

Elevación	1899.86
Angulo al Norte verdadero	No aplica
Latitud	312872.74
Longitud	2426793.91

Requerimiento BIM del propietario

Tabla 25

Requerimiento BIM del Propietario - Fuente-Elaboración Propia - En base a la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017

REQUERIMIENTO BIM	EQUIPO RESPONSABLE
--------------------------	---------------------------

<i>Integración de planos en el modelo BIM</i>	Ehyvar
<i>Alineación con normas NMX-C-527-1-ONNCCE-2017</i>	Ehyvar
<i>Optimización de modelado con estándares BIM</i>	Ehyvar
<i>Creación de maquetas virtuales</i>	Ehyvar
<i>Desarrollo del modelo estructural de puentes</i>	Ehyvar
<i>Coordinación de diseño y validación BIM</i>	Ehyvar

Estándares para el proyecto

Tabla 26

Estándares para el Proyecto - Fuente-Elaboración Propia - En base a la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017

ESTÁNDAR	VERSIÓN	USO BIM APLICABLE	EQUIPO RESPONSABLE
<i>PAS 1192-2:2013</i>	2013	Optimización del Modelado BIM del Puente	Ehyvar
<i>NMX-C-527-1-ONNCCE</i>	2017	Modelado BIM del Puente	Ehyvar
<i>ISO 19650-1</i>	2018	Coordinación de Diseño	Ehyvar
<i>BIM Project Execution Planning Guide</i>	3	Validación del Modelo Estructural	Ehyvar
<i>Manual de Usuario de Autodesk Revit</i>	Última disponible	Optimización del Modelado BIM	Ehyvar
<i>Manual de Usuario de Civil 3D</i>	Última disponible	Modelado Civil	Ehyvar
<i>Manual de Usuario de InfraWorks</i>	Última disponible	Modelado Civil	Ehyvar

13. Entregables BIM

Tabla 27

Entregables BIM - Fuente-Elaboración Propia - En base a la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017

Liste los entregables BIM que sean requeridos al cierre.

ENTREGABLE BIM	ETAPA	FECHA APROXIMADA	FORMATO	NOTAS
Modelo Civil en Civil 3D	Diseño	Oct-12	DWG	Modelo del terreno y topografía
Modelo Estructural en InfraWorks	Diseño	Oct-19	IMX	Incluye esquema preliminar de arquitectura
Modelo Mecánico en Inventor	Diseño	Nov-04	IPT	Incluye detalles mecánicos básicos
Modelo Estructural en Revit	Diseño	Dic-02	RVT	Modelo estructural completo con detalles
Informe de Cierre BIM	Cierre del Proyecto	dic-10	PDF	Resumen de entregables y logros del proyecto

14. Integración de BIM al Proceso de Modelado en General

La integración de BIM en las etapas de **Planificación y Diseño** resulta clave.

Aunque no hay una fase de construcción ni un financiamiento real.

Estrategias para Facilitar el Trabajo

Para lograr el éxito en la aplicación de BIM en el modelado y diseño de puentes, se implementarán las siguientes estrategias:

1. Simulación de un Método de Entrega Colaborativo:

Se organizará un flujo de trabajo que permita la interoperabilidad entre las herramientas BIM utilizadas:

- **Revit**
- **Civil 3D**
- **InfraWorks**
- **Inventor.**

Esto simula un entorno colaborativo, en el cual cada software representa una disciplina del modelo (estructural, civil, y diseño del puente) que deben integrarse en un modelo unificado y coherente.

2. Uso de un Contrato Simulado Basado en Resultados:

Aunque no existe un contrato formal, se sigue un esquema de **entregables definidos** al final de cada fase (como modelos preliminares, reportes y planos estructurales). Esto ayuda a establecer un orden de revisiones y evaluaciones progresivas, con un enfoque en resultados precisos y estandarizados que simulan un acuerdo de entregas intermedias.

3. Organización y Nomenclatura Estandarizada:

Se definirá una **estructura clara de archivos y subcarpetas** en un entorno de nube y un servidor local (simulado para el proyecto), con nomenclatura estandarizada para cada archivo de modelado, como los formatos:

- SCALATEC-GEO-001.DWG (Civil 3D)
- SCALATEC-ESTR-002.IMX (InfraWorks)
- SCALATEC-MEC-003.IPT (Inventor)
- SCALATEC-ARM-004-RVT (Revit).

Esta estructura facilitará la localización, el control de versiones y las revisiones, permitiendo el fácil acceso a los modelos en sus distintas etapas.

4. Revisión y Control de Calidad de Modelos:

Se implementarán controles de calidad (detección de errores, revisión de interferencias y validación de coherencia) antes de cada intercambio de información.

5. Estandarización en Modelado y Documentación:

Se definirá una guía de modelado para asegurar que los elementos, niveles de detalle y la información del modelo de puentes sean coherentes y precisos en cada etapa. cumpliendo con la **NMX-C-527-1-ONNCCE-2017**.

Criterio o procedimiento de selección personal

El proyecto en el que estaré trabajando como será de forma individual, no se requiere seleccionar un equipo adicional. Sin embargo, en caso de necesitar un equipo simulado o en futuros proyectos similares en un contexto profesional, los criterios de selección se adaptarían como sigue:

1. Conocimiento Avanzado en Software BIM Específico:

Los colaboradores ideales deberían demostrar dominio en el software Autodesk

- **Revit**
- **Civil 3D**
- **InfraWorks**
- **Inventor**

Esto está enfocado en la optimización de modelado y coordinación de puentes. Estos programas serán fundamentales para generar modelos precisos y coordinados en el proceso de diseño estructural.

2. Familiaridad con Normativas y Estándares Aplicables:

Experiencia o conocimiento sobre normas relevantes como la NMX-C-527-1-ONNCCE-2017, que es un estándar importante en la industria para asegurar que todos los modelos y entregables cumplan con los requerimientos de calidad necesarios.

3. Habilidad en Control de Calidad del Modelo:

Para proyectos que sigan este ejemplo, es fundamental contar con experiencia en la revisión de interferencias, verificación de modelos y control de calidad, asegurando que cada etapa de modelado esté alineada con los estándares BIM establecidos en el plan de ejecución.

4. Capacidades en Colaboración y Comunicación:

Aunque estaré trabajando solo en este proyecto, es clave desarrollar habilidades de comunicación efectiva y colaboración para la coordinación con asesores y revisores. Esto implica el manejo claro de los objetivos y expectativas, así como el intercambio de información de manera clara y organizada.

5. Competencia en Administración de Información:

Conocimiento de la estructura y convención de nombres de archivos que se aplicarán en este proyecto de titulación. La organización adecuada de archivos y carpetas facilitará la gestión de datos y el cumplimiento de entregables en las fechas establecidas.

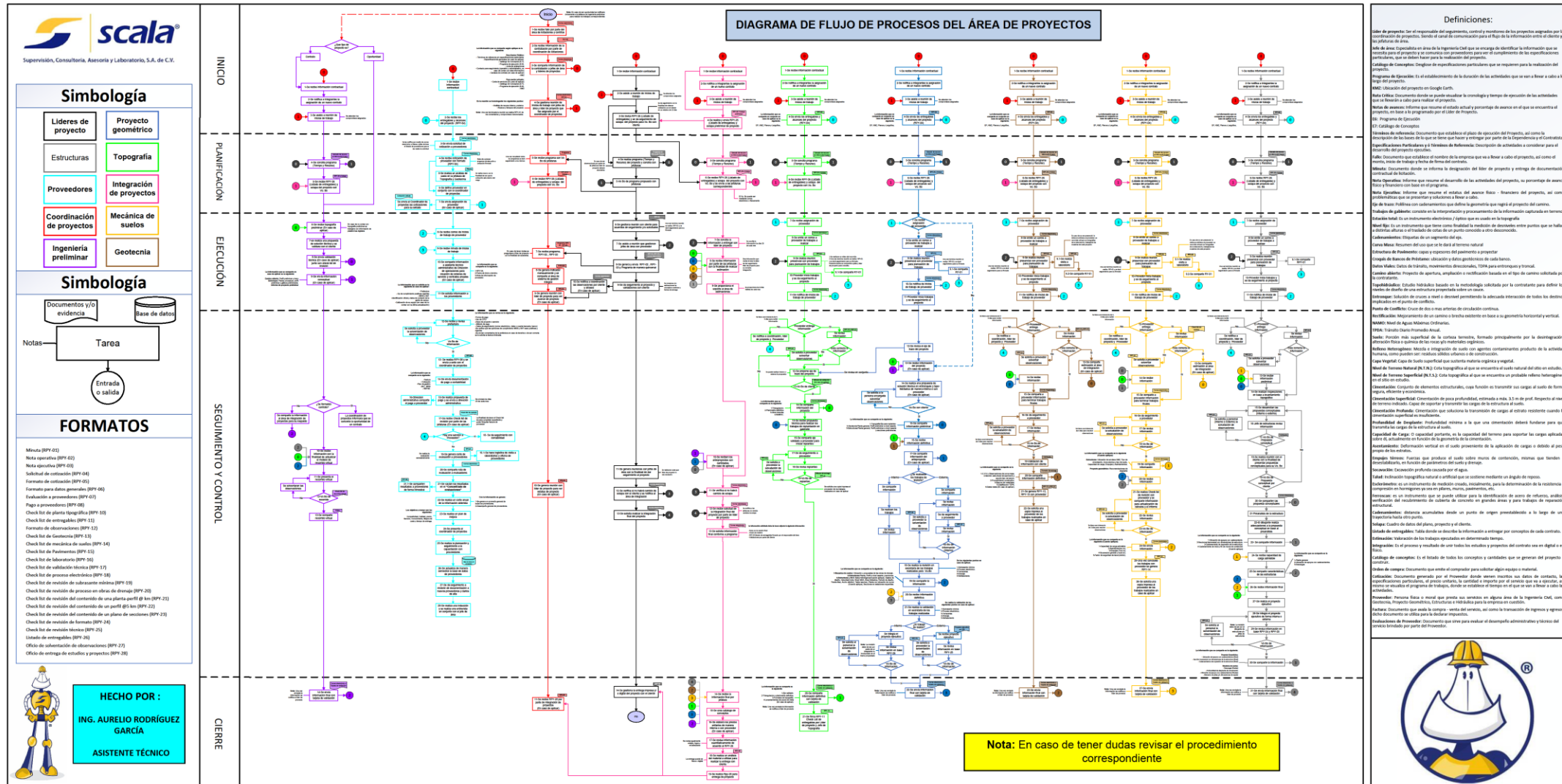
Documentación de control

Listar y registrar documentos que aseguren los siguientes puntos

Tabla 28
Documentación de control - Fuente-Elaboración Propia - En base a la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017

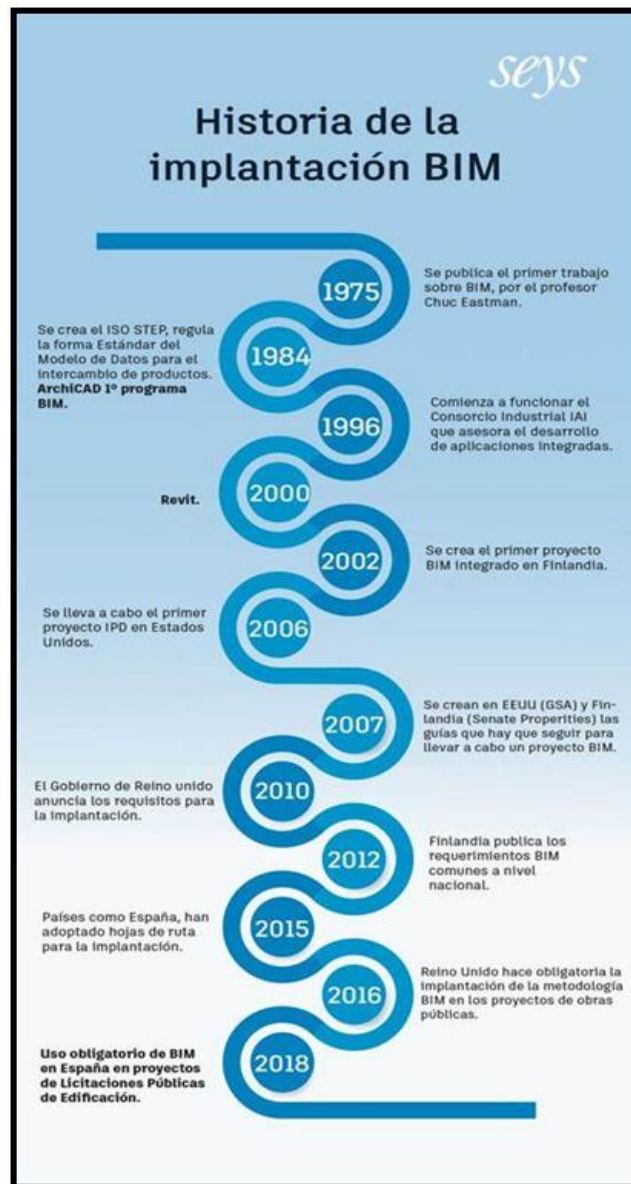
Equipo Especialista	Cumplimiento PEB	Cumplimiento o de Responsabilidades	Distribución y Calidad de los Modelos	Formatos de Interoperabilidad de los Archivos	Administración de los Modelos	Respeto a Derechos de Propiedad Intelectual	Participación en las Actividades de Planeación
Ehyvar Bernabé Vilorio	Supervisión de cumplimiento de PEB	Responsable de entrega de documentos BIM	Revisión y validación de modelos	Uso de formatos DWG, RVT, IPT para intercambio	Organización y control de versiones	Gestión de derechos de autor en modelos	Planificación en cada etapa del proyecto
Ingeniero Fernando Dávila	Asesor en cumplimiento	Asesor en revisión de entregables	Supervisión de la distribución y calidad	Revisión de formatos de interoperabilidad	Asesoramiento en administración de modelos	Asesoramiento en propiedad intelectual	Participación en las juntas de planeación
Ingeniero Aurelio Rodríguez	Verificación de estándares en PEB	Soporte en asignación de roles	Revisión de precisión del modelo	Revisión de interoperabilidad entre softwares	Apoyo en la gestión de modelos	Supervisión de derechos sobre contenido	Asistencia en sesiones de planeación del proyecto
Ingeniero Miguel Ángel Daza	Validación de procesos de acuerdo con el PEB	Asesoría en el cumplimiento de entregas	Evaluación de modelos estructurales	Verificación de formatos específicos de intercambio	Apoyo en la administración y orden de archivos	Supervisión del cumplimiento	Participación en la planificación y revisión

Anexo A4: Flujo de Trabajo en SCA

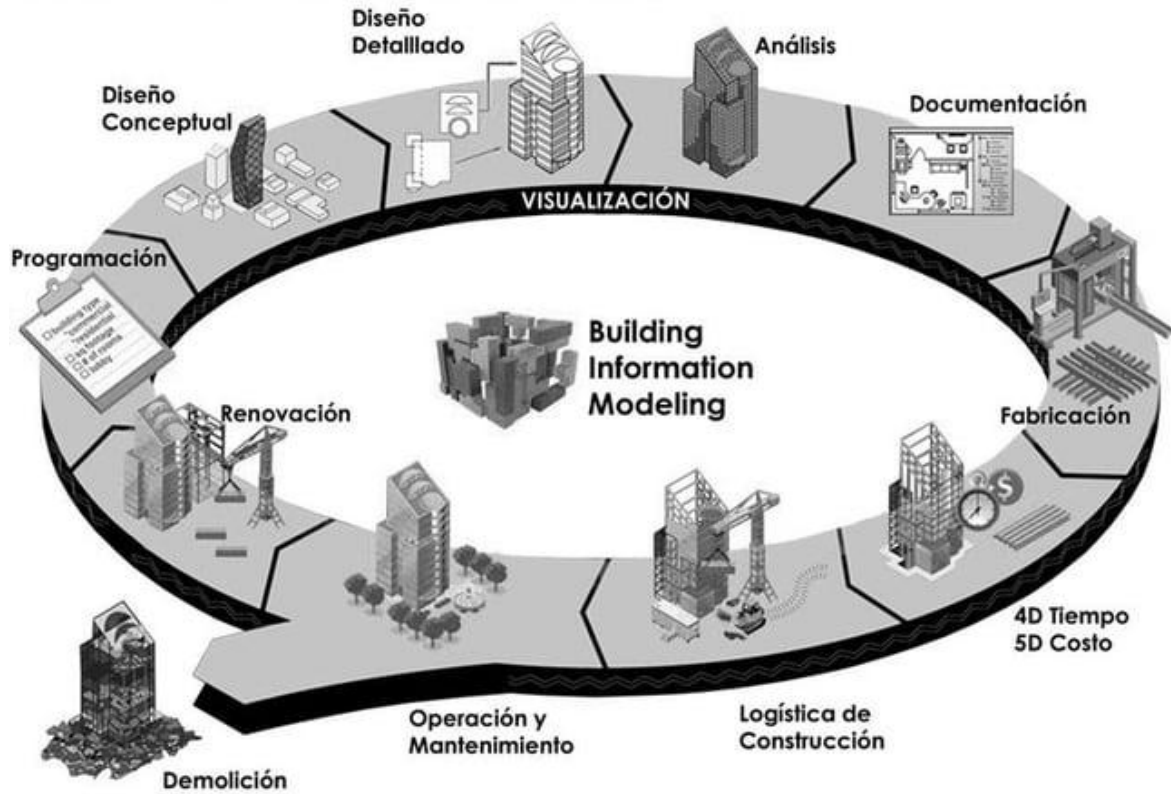


ANEXOS (B) IMÁGENES

Anexo B1: ¿Qué es BIM y cuál es la historia del Building Information Modelling?

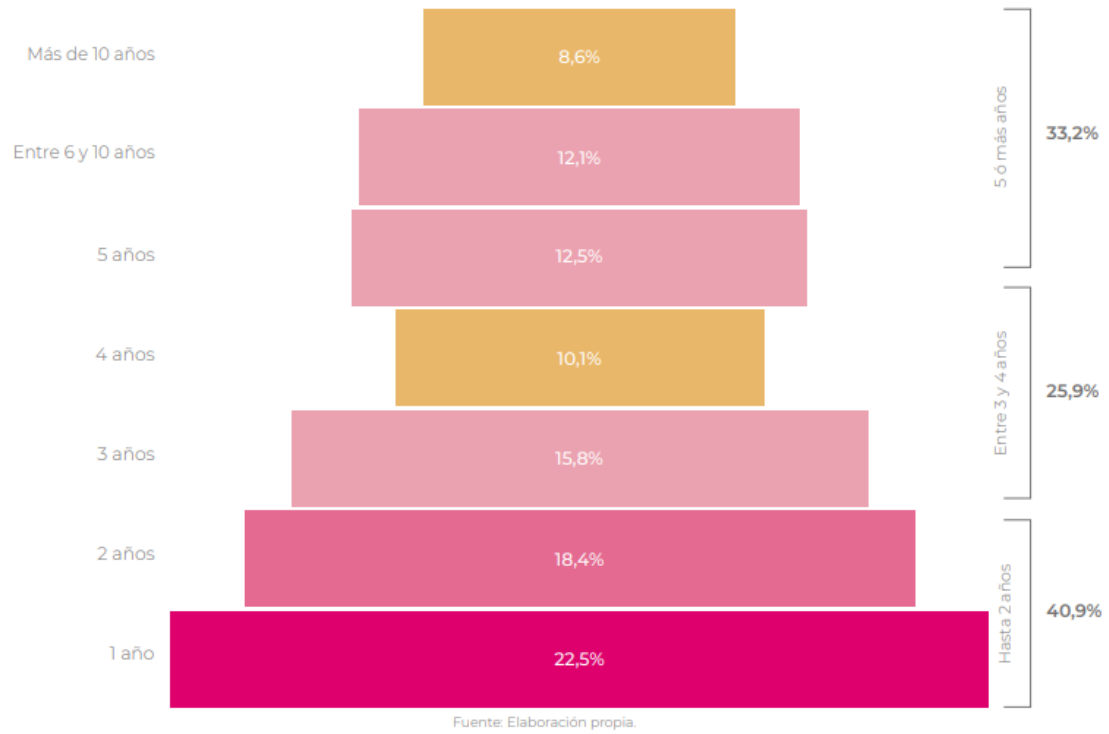


CICLO DE VIDA DE LA EDIFICACIÓN.



(Seys Consultora especializada en implementación, desarrollo y distribución de software para CAD-BIM-GIS-Industria 4.0, 2018)

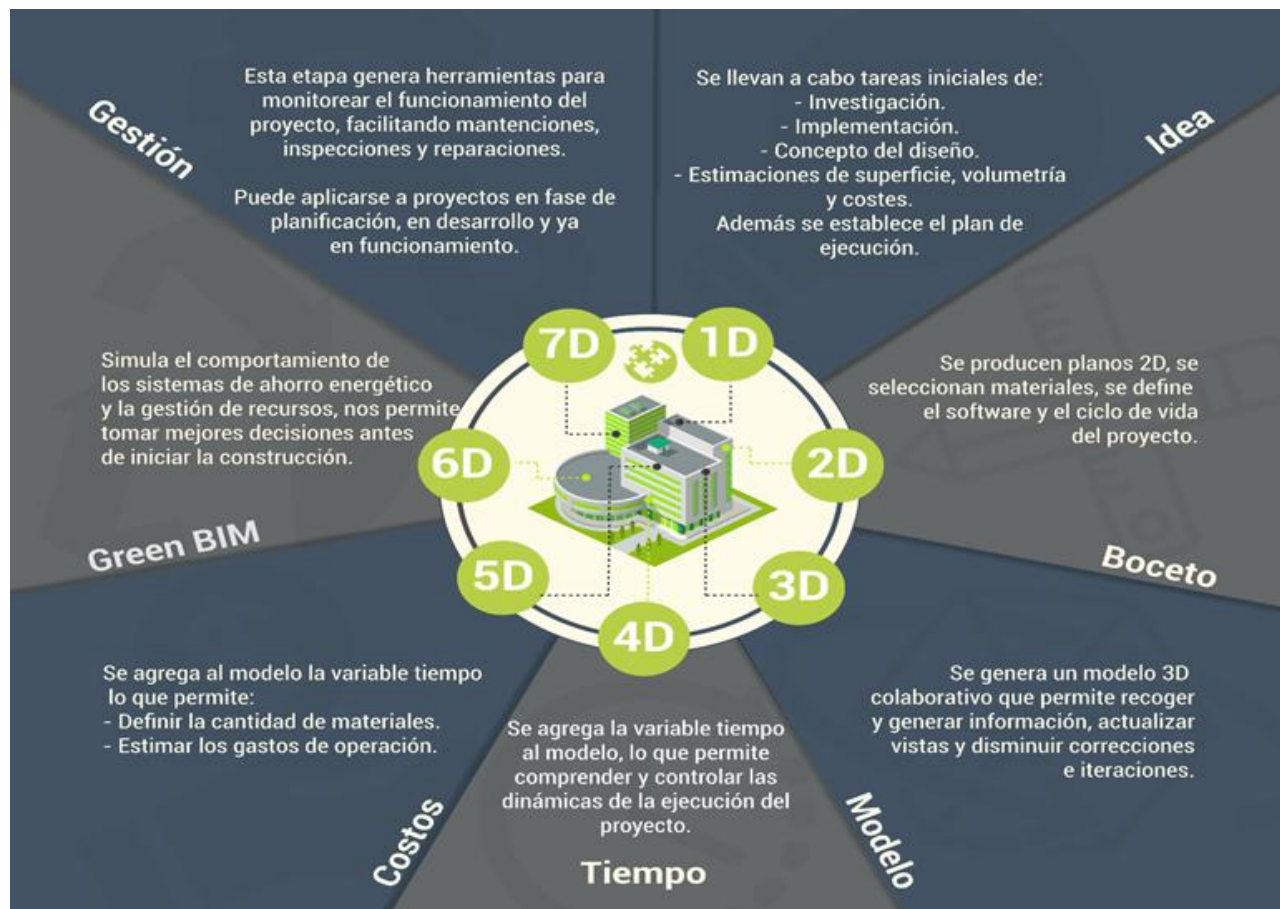
(EspacioBIM @ 2015-22, 2015)



(Banco Interamericano de Desarrollo, 2020)

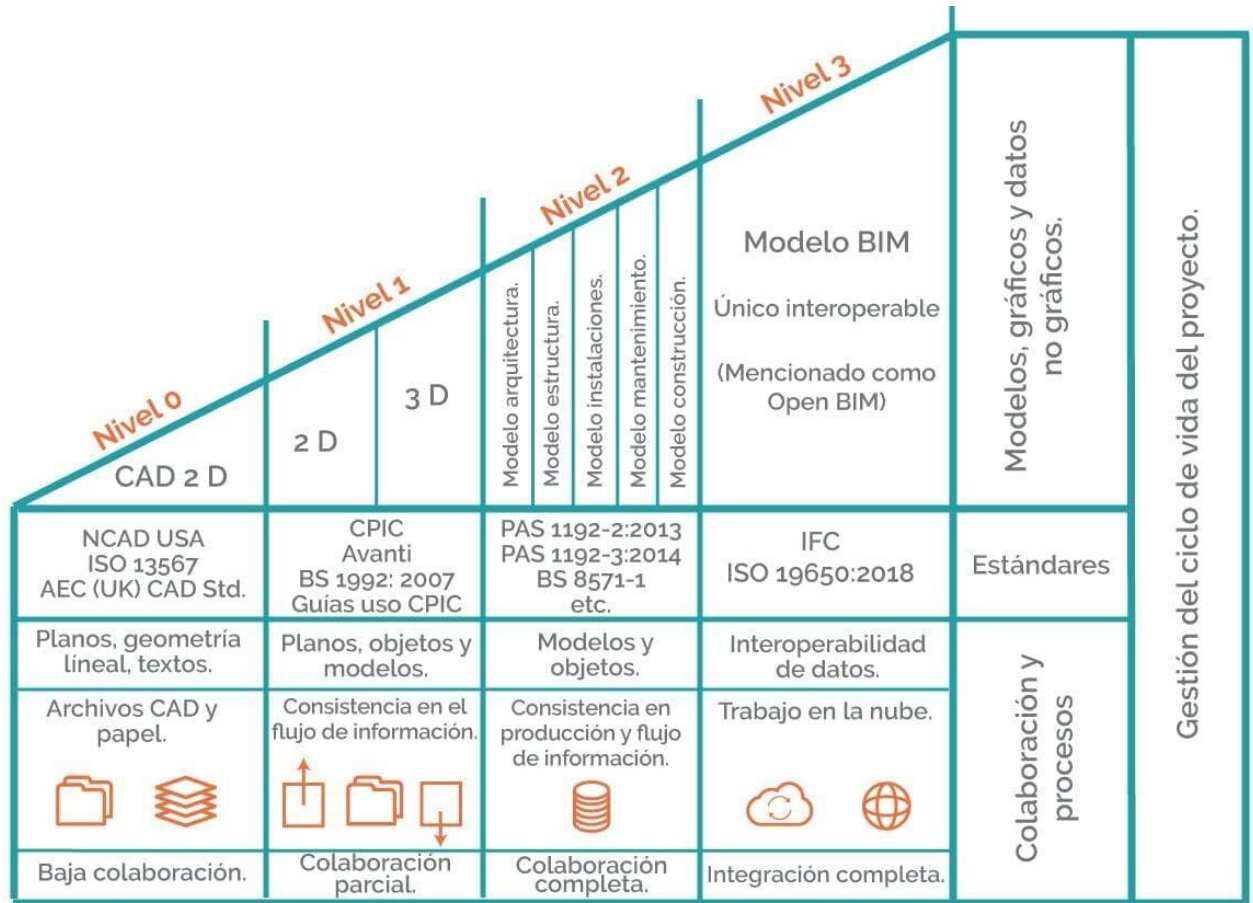
Anexo B2: Las 7 dimensiones BIM: 1D, 2D, 3D, 4D, 5D, 6D y

7D



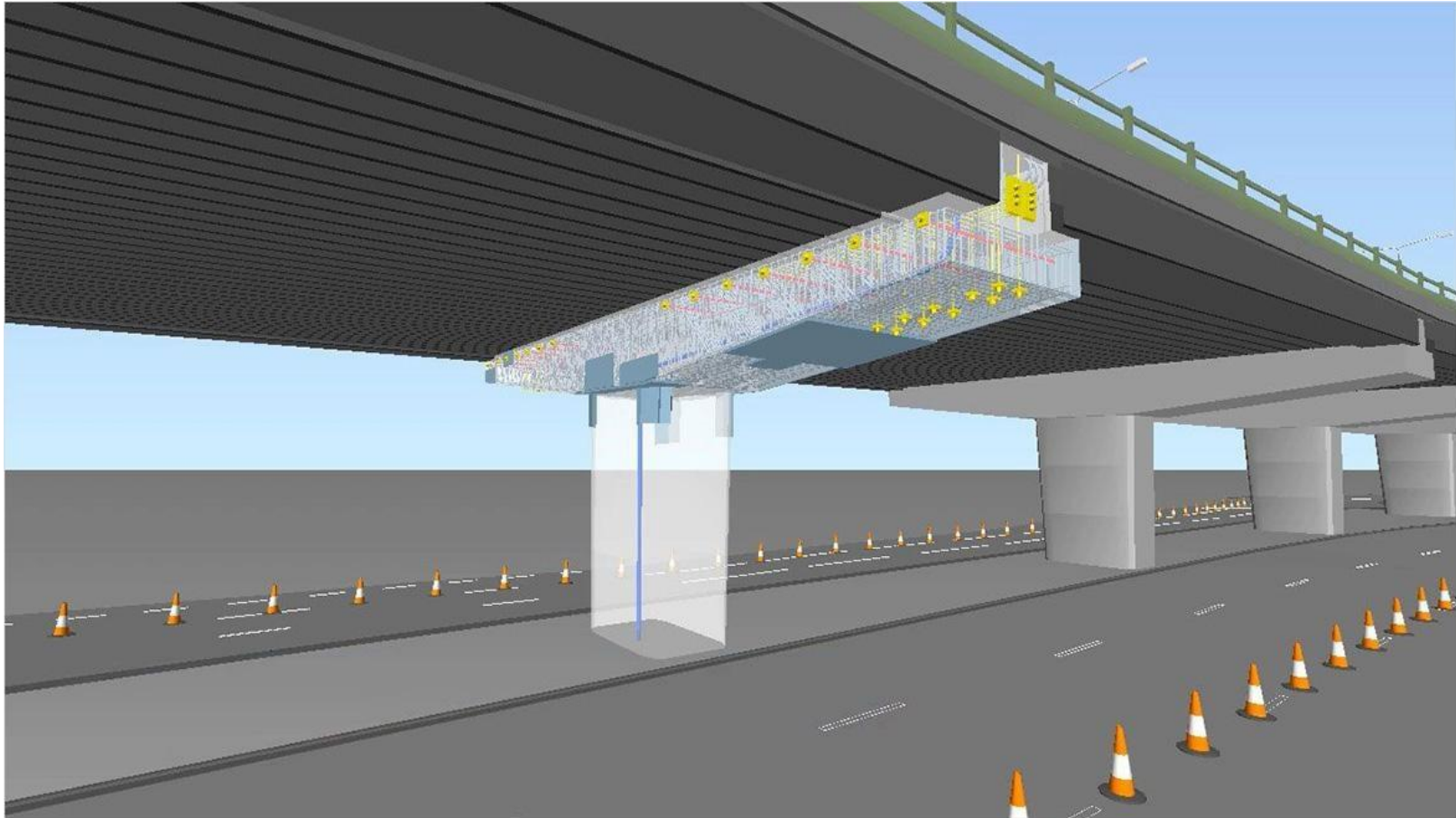
(Bimtool, 2019)

Anexo B3 Las etapas de madurez BIM



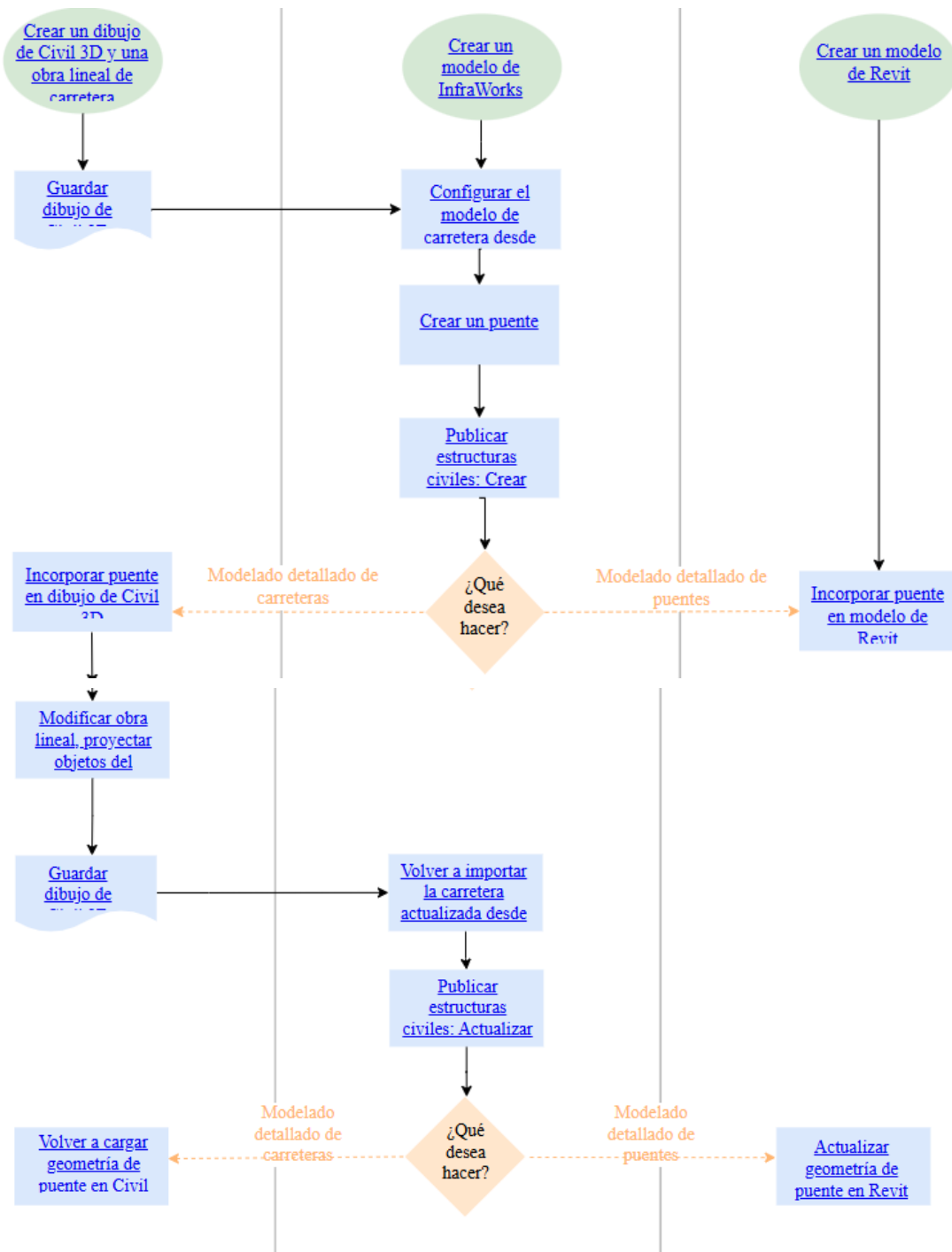
(Kinenergy Consultoria - Ingeniería, 2021)

Anexo B4 Representación de Navisworks de la autopista M4 en Londres cortesía de Atkins.



(Autodesk, 2025)

Anexo B5 Flujos de trabajo de estructuras civiles



(Autodesk Infraworks , 2025)