

INGENIERIA CIVIL

**Tesis previa a la obtención de título de
Ingeniero Civil.**

AUTOR: Christian Fernando Achig Vela
Wladimir Orlando Quishpe Terán

TUTOR: Ing. Alberto David Icaza Verdesoto

Metodología para la transición de un sistema convencional de construcción a un
modelado de información (BIM) en galpones el Inga

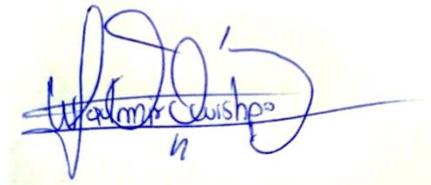
CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Christian Fernando Achig Vela y Wladimir Orlando Quishpe Terán**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, Reglamento y Leyes.



Christian Fernando Achig Vela



Wladimir Orlando Quishpe Terán

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **Alberto David Icaza Verdesoto**, certifico que conozco a los autores del presente trabajo de titulación denominado **“Metodología para la transición de un sistema convencional de construcción a un modelado de información (BIM) en galpones el Inga”**, Christian Fernando Achig Vela y Wladimir Orlando Quishpe Terán, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Alberto David Icaza Verdesoto

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DEDICATORIA

Para mi amada esposa e hijas, mis padres y a la memoria de mi hermano.

Mi amada esposa, que me ha apoyado a lo largo de esta larga travesía en la vida. Para mis queridas hijas, cuya luz y dulzura se despliegan ante mí cada día, mi hermano cuyo espíritu es mi estímulo para los logros. Para mis padres, que me han apoyado incondicionalmente y me enseñaron todo lo que sé, personal y profesionalmente. Y a la memoria de mi hermano, que me inspira a asumir desafíos y perseguir mis sueños.

A cada uno de ustedes, mi gratitud eterna por ser mi soporte y mi inspiración.

Christian

En la memoria de mi apreciado papá Olmedo, mi adorable madre, hermanas y mi linda sobrina.

A ustedes, con todo mi corazón les dedico esta tesis, Este trabajo no hubiese sido posible sin el amor y el apoyo incondicional que me dieron durante este proceso. A mi querido papá Olmedo, gracias por enseñarme la importancia de ser responsable y trabajador para alcázar mis metas, eso fue fundamental en este trabajo de investigación. A mi querida familia, no tengo las palabras suficientes para agradecerles por estar siempre a mi lado, ustedes fueron mi motivación para seguir adelante. Este logro es tan mío como suyo y refleja la paciencia que me tuvieron.

Con amor y gratitud.

Wladimir.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a mis amigos y familiares por su interminable estímulo, paciencia y apoyo a lo largo de este arduo camino. Su camaradería se convirtió en un factor decisivo en mi perseverancia ante cada obstáculo en el camino.

Un agradecimiento especial a los ingenieros que han compartido su vasto conocimiento y experiencia con nosotros durante este recorrido académico. Nos han brindado enseñanzas y orientaciones invaluable, tanto profesional como personalmente.

Finalmente, estamos muy agradecidos con la Universidad Internacional del Ecuador, que nos dio la oportunidad de llevar a cabo este proyecto para formarnos como ingenieros civiles, y por las facilidades otorgadas.

¡Gracias!

Índice de Figuras

Figura 1 Representación de los Niveles de Detalle BIM.....	20
Figura 2 <i>Esquema Geométrico de los Galpones</i>	30
Figura 3 <i>Implantación de los Galpones del Proyecto en 2D</i>	32
Figura 4 <i>Diseño en 2D Mediante AUTOCAD, Método Tradicional</i>	32
Figura 5 <i>Planos Arquitectónicos 2D</i>	34
Figura 6 <i>Plano de Estructura Metálica 2D</i>	35
Figura 7 <i>Distribución Hidrosanitaria 2D</i>	37
Figura 8 <i>Interconexión Eléctrica 2D</i>	38
Figura 9 <i>Modelo paramétrico del galpón 4</i>	40
Figura 10 <i>Modelado Arquitectónico con Revit en 3D</i>	42
Figura 11 <i>Modelado de la Estructura en 3D</i>	43
Figura 12 <i>Nivel de Detalle de la Estructura Hormigón Armado</i>	44
Figura 13 <i>Modelado de las Instalaciones Hidrosanitarias en 3D</i>	45
Figura 14 <i>Exportación de Datos al Navisworks</i>	46
Figura 15 <i>Informe de Navisworks de Conflictos Existentes</i>	47
Figura 16 <i>Conflicto entre la Cadena de Amare y el Recolector PVC 4"</i>	51
Figura 17 <i>Conflicto entre la Columna, Macizado y Tubería PVC 2"</i>	51
Figura 18 <i>Conflicto entre la Estructura y Tubería Contra Incendios</i>	53
Figura 19 <i>Resolución de conflictos al 100%</i>	54
Figura 20 <i>Modelo Paramétrico en Revit</i>	58
Figura 21 <i>Solución de Interferencia de la Estructura y el Sistema Hidrosanitario</i>	59
Figura 22 <i>Solución Interferencia, Lavamanos Columna</i>	60

Figura 23 <i>Solución Interferencia, Estructura y Tubería Contra Incendios.</i>	61
Figura 24 <i>Tabla de planificación cantidades de acero.</i>	66
Figura 25 <i>Tabla de planificación cantidades de hormigón.</i>	66

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Descripción de información obtenida</i>	27
Tabla 2 <i>Distribución de Áreas</i>	28
Tabla 3 <i>Resumen de los Conflictos e Interferencias Realizadas.</i>	50
Tabla 4 <i>Comparación de las Mejoras de la metodología tradicional a BIM.</i>	57
Tabla 5 <i>Presupuesto Referencial Método Tradicional.</i>	65
Tabla 6 <i>Presupuesto referencial del Modelado BIM.</i>	67
Tabla 7 <i>Comparación del Costo, Cadena de Amarre - Tubería de Desagüe.</i>	68
Tabla 8 <i>Comparación del Costo, Estructura - Sistema Contra Incendios.</i>	69

Índice de contenido

Capítulo I	1
Antecedentes y generalidades	1
Introducción	1
Descripción del Problema	4
Planteamiento del problema.....	4
Formulación del problema.	5
Sistematización del proyecto.	5
Justificación	5
Justificación teórica.	5
Justificación metodológica.....	6
Objetivos de la Investigación.....	7
Objetivo General.....	7
Objetivos Específicos.....	7
Alcance	7
Delimitación del contenido	9
Delimitación geográfica del Proyecto.....	9

Capítulo II.....	10
Marco Referencial y Conceptual	10
Metodología.....	12
Marco Teórico.....	13
Metodología BIM.....	13
BIM en la construcción.....	13
Metodología tradicional	15
Dibujo Asistido por Computador (CAD).....	15
Método Tradicional de Construcción.....	15
Modelo BIM.....	16
BIM en La Ingeniería Civil.....	17
Interoperabilidad en BIM.....	18
Nivel de detalle en BIM.....	19
Función del Revit.....	20
Función de Navisworks.....	21
Reglamento Legal	21
Normativa Europea para la Implementación de BIM.....	22
Adopción de BIM en Latinoamérica.....	22
Capítulo III.....	24
Formulación y desarrollo	24

Transición de la metodología tradicional a BIM	24
Como BIM mejora la coordinación entre los equipos de trabajo	26
Descripción del Proyecto (Caso de Estudio)	27
Información Técnica Preliminar	27
Áreas del Proyecto “Galpones Industriales el Inga”	28
Propiedades Geométricas y Características de la Edificación	30
Implantación del proyecto.....	31
Método tradicional diseño en 2D.....	32
Modelo Arquitectónico en 2D	33
Modelo Estructural en 2D.....	35
Modelo Hidrosanitario en 2D	36
Modelo Eléctrico en 2D	38
Modelo paramétrico	39
Creación del modelo BIM.....	40
Descripción de los modelos	42
Modelo Arquitectónico en Revit.....	42
Modelo Estructural en Revit	43
Descripción del LOD 350, en la estructura.....	43
Revit Ingeniería MEP	44
Modelo Hidrosanitario en Revit.....	44

Exportación de Modelos 3D en Revit a Navisworks	45
Detección de Conflictos en Navisworks	47
Coordinación de conflictos (Clash Detection)	48
Interferencias entre Estructura y el Sistema Hidrosanitario	51
Interferencias entre Estructura y Aparatos Sanitarios.....	52
Interferencias entre Estructura y el Sistema Contra Incendios	52
Resolución de Conflictos (Clash Detection).....	53
Capítulo IV.....	56
Resultados	56
Revit para la Resolución de Conflictos.....	58
Solución de interferencia entre Estructura y Sistema Hidrosanitario	58
Solución interferencia entre Estructura y el Sistema Contra Incendios.....	60
Comparación Económica entre la metodología Tradicional y Modelado BIM.....	61
Análisis del Costo del Modelado 3D en Revit.....	62
Costo por solución de interferencias.....	63
Comparación mediante cuadros de costo entre la metodología tradicional y el modelado BIM	64
Comparación general de costos, Método Tradicional - BIM.....	64
Tablas de Planificación del Modelo Paramétrico en Revit.....	65
Comparación de Costos entre la Cadena de Amarre - Tubería de Desagüe.	68

Comparación de Costos entre la Tubería de Contraincendios – Cadena de Amarre y Correa Tipo C de la Estructura.	69
Capítulo V.....	71
Conclusiones y recomendaciones	71
Conclusiones.....	71
Recomendaciones	73
Bibliografía.....	74
Anexos	77
Anexo Planos Arquitectónicos.....	77
Anexo Planos Estructurales	81
Anexo Planos Hidrosanitarios.....	108
Anexo Planos Electricos	114

Resumen

La necesidad de pasar de un sistema de construcción tradicional a un sistema basado en BIM es particularmente importante en la construcción de galpones industriales con alta eficiencia y necesidades precisas.

Tal transformación exige una visión integradora a través de múltiples etapas claves. Las necesidades educativas en la industria son conceptos llamados implementación BIM. Esto no solo implicará revisar investigaciones previas sobre implementaciones BIM en proyectos industriales similares, identificando los principales desafíos y beneficios, como la reducción de errores y optimización del tiempo y recursos, entre otros.

Finalmente, se debe realizar el análisis y selección de las metodologías más adecuadas para implementar BIM en la construcción de galpones industriales. A través de esta evaluación, será posible seleccionar el mejor camino según las particularidades del proyecto.

Es importante analizar los estudios de caso de proyectos exitosos de bodegas industriales que hayan adoptado BIM eficazmente. Estudios de caso que detallen el impacto positivo que BIM ha tenido en lo que respecta a la coordinación interdisciplinaria, la reducción de costos y el control de calidad, que han resultado valiosos en la construcción de este tipo de infraestructuras.

En general, enfatizan que la metodología desarrollada en la investigación, la selección de metodologías apropiadas y los análisis de estudios de caso juegan un papel fundamental en lograr una transición exitosa a BIM en la construcción de galpones industriales, contribuyendo a un proceso optimizado al superar varios desafíos enfrentados en la industria de la construcción.

Abstract

The implementation of Building Information Modeling (BIM) in the construction of industrial warehouses requires a comprehensive approach that involves reviewing previous research, selecting appropriate methodologies, and analyzing successful case studies. BIM offers multiple benefits in these types of projects, such as time optimization, error reduction, and better coordination between disciplines. By studying industrial projects that have adopted BIM, effective strategies can be identified to improve efficiency and quality control. This comprehensive approach facilitates a successful transition from a conventional construction system to one based on BIM, maximizing benefits and minimizing challenges.

Términos claves

Galpones industriales

Implementaciones de BIM

Diseño paramétrico

Capítulo I

Antecedentes y generalidades

Introducción

Las metodologías de construcción se han utilizado durante muchos años bajo el conocimiento de la metodología tradicional. La lógica detrás de esto es que los documentos y herramientas digitales se han utilizado hasta ahora con el propósito de validar que el trabajo físico que se está realizando esté alineado con los planos y especificaciones. Sin embargo, este enfoque es defectuoso y propenso a errores, errores que crean grandes problemas.

En un escenario de construcción normal, los resultados habrían sido empañados por varios problemas, como fallos en los cálculos o no proporcionar la información completa como es planos, detalles, presupuestos etc., lo que llevaría a exceder el presupuesto o retrasar el proyecto, lo cual a veces lleva a comprometer la calidad esperada de la construcción.

Los proyectos requieren un control medible, la coordinación deseada y los recursos deben usarse con precisión para cumplir con los objetivos de un proyecto. La industria de la construcción a nivel nacional está en gran medida plagada de problemas relacionados con la mejora de la productividad y la calidad. El mercado de infraestructura está explotando, especialmente en el ámbito industrial. Sin embargo, gran parte del entorno construido se basa en prácticas tradicionales incapaces de satisfacer los requisitos multidimensionales de los proyectos modernos.

Estos métodos conducen a problemas de coordinación entre las muchas disciplinas involucradas y todavía se basan en planos 2D, con errores de diseño y ejecución en consecuencia, este doble impacto negativo tiene un efecto en la eficiencia del proyecto, mientras que cuesta dinero y tiempo en la entrega, afecta negativamente las finanzas de los proyectos y la reputación del sector de la construcción en Ecuador.

En la edificación de bodegas industriales, los retos son particularmente pronunciados. Estas instalaciones están diseñadas para almacenar materiales, maquinaria o productos, lo que requiere una planificación y ejecución precisas para asegurar su eficacia y confiabilidad. Frecuentemente, la falta de precisión en la planificación resulta en soluciones improvisadas, lo que conlleva un aumento de costos y una disminución de la calidad del producto final.

El uso de la metodología BIM está en aumento en el sector de la construcción, aunque enfrenta obstáculos económicos y regulatorios, especialmente en proyectos de menor envergadura. Aunque BIM puede ofrecer mejoras significativas en la planificación y ejecución de proyectos, su adopción requiere inversiones iniciales considerables, particularmente en estudios preliminares y en la adquisición de licencias de softwares específicos. Estos gastos adicionales hacen que su aplicación sea poco viable para proyectos más pequeños. Además, la falta de regulaciones en países como Ecuador limita su estandarización y uso efectividad. Es crucial establecer regulaciones adecuadas para que el sector aproveche los beneficios de precisión y eficiencia que ofrece la colaboración a través de BIM.

La implementación de BIM en bodegas industriales facilita la visualización del proyecto en 3D desde el inicio, promoviendo una mejor coordinación entre arquitectos, ingenieros y contratistas, lo que reduce la probabilidad de errores y conflictos durante la construcción. Esto es esencial en la edificación de bodegas industriales, ya que los errores en el diseño o la ejecución pueden afectar el propósito original del edificio. Además, BIM permite realizar simulaciones y análisis en la fase de pre-construcción, como la optimización de la eficiencia energética y el análisis de la circulación y la iluminación, asegurando que la bodega cumpla con los requisitos técnicos y operativos.

Una de las ventajas más destacadas de BIM es su capacidad para gestionar grandes volúmenes de datos, lo que permite una planificación más minuciosa. En proyectos industriales como bodegas industriales, BIM puede proporcionar información crucial para la toma de decisiones, incluyendo materiales, procesos de construcción y características estructurales en cada etapa del proyecto. Por ejemplo, cada componente del modelo puede incluir información detallada, como la cantidad de paneles de yeso o especificaciones de sistemas mecánicos, eléctricos y de fontanería. Esto contribuye a la planificación logística y a la gestión de recursos, reduciendo el riesgo de sobrecostos y retrasos.

No obstante, los beneficios de BIM han sido limitados por barreras culturales y organizativas, lo que retrasa el proceso de adopción. La transición hacia tecnologías digitales ha sido lenta, en gran parte debido a la persistencia de métodos tradicionales como los planos en papel, diseño y prototipos. En comparación con las prácticas convencionales, la implementación de BIM mejora la visualización y la anticipación de problemas mediante la integración de hasta siete dimensiones digitales, lo que resulta en una asignación más eficiente de recursos y en la minimización de errores y costos asociados (Junqui et al., 2022). La resistencia para cambiar y la falta de conocimiento sobre los beneficios de BIM han obstaculizado su adopción en muchos proyectos, limitando la competitividad de la industria de la construcción en Ecuador en comparación con otros países. Sin embargo, adoptar BIM no solo implica integrar una nueva tecnología, sino que también requiere una transformación en la cultura organizacional y profesional del sector. Esto implica que los profesionales de la construcción deben adoptar nuevas formas de colaboración y comunicación, lo que puede ser un proceso complejo y desafiante.

Descripción del Problema

Planteamiento del problema

La transición de un método convencional de construcción a un modelado de información BIM en Ecuador, particularmente en la construcción de galpones industriales, enfrenta varios desafíos que condicionan su implementación efectiva. Uno de los principales problemas se ubica en la falta de capacitación técnica en herramientas y procesos BIM, lo que crea una brecha de conocimiento entre los profesionales del sector constructivo. A esto se adiciona la limitada infraestructura tecnológica disponible, que dificulta el manejo de modelos complejos y la interoperabilidad entre equipos de trabajo. Además, la falta de una normativa nacional que regule y promueva el uso de BIM genera inconsistencias en la aplicación y dificulta su aceptación como práctica común. Tradicionalmente, el sector de la construcción muestra oposición al cambio, especialmente en proyectos como los galpones industriales, donde BIM es apreciado de una forma más compleja.

Otro aspecto decisivo es la resistencia de las empresas, que ven en los costos iniciales de adopción un obstáculo significativo. La inversión en software, hardware y formación especializada representa una barrera particularmente para pequeñas y medianas empresas que operan en un entorno sin incentivos gubernamentales ni obligatoriedad normativa. Asimismo, la falta de preparación para integrarse en flujos de trabajo BIM limita la colaboración, afecta la eficiencia del proceso y crea inconsistencias en las etapas preliminares del diseño en la administración y planificación de la construcción. Estos factores combinados con normativas locales que no están alineadas con las exigencias del modelado de información. Dificultan la integración del flujo de trabajo convencional con los procesos digitales de BIM.

Formulación del problema.

El resto del mundo está avanzando hacia un modelado BIM y son los altos costos de la implementación inicial, la curva de aprendizaje y la falta de normativas los que crean oposición en la transición de métodos de construcción tradicionales a un modelado BIM en Ecuador, cuestionando su viabilidad, especialmente en proyectos pequeños y medianos.

Sistematización del proyecto.

¿Cuáles serían las principales fuentes de resistencia a la adopción de BIM en Ecuador?

¿Cómo impacta la falta de normativas claras en la percepción de viabilidad de BIM?

¿Cuántos galpones industriales que comparten algunas de las características del sector el Inga son potencialmente aplicables a esta metodología de transición?

¿Cuáles son las principales limitaciones en la planificación con el método convencional que podrían prevenirse a través del modelado BIM?

¿Cómo difiere el presupuesto de un proyecto de almacenamiento industrial entre la metodología de construcción tradicional y el modelado BIM?

Justificación

Justificación teórica.

La implementación de un modelo de información de construcción BIM es clave para que la industria de la ingeniería y la construcción supere los desafíos tradicionales, es un atajo hacia el crecimiento y desarrollo sostenible de la industria. Diversos estudios y teorías respaldan la producción e implementación de este enfoque, aunque deben abordarse diferencias en la construcción de galpones industriales en Ecuador antes de la implementación.

Además, BIM se ha convertido en un método revolucionario para superar estos desafíos al integrar toda la información relacionada con un proyecto en un formato digital único. BIM facilita

el trabajo conjunto en tiempo real de manera eficiente y mejora la precisión y productividad en todas las etapas del proyecto (Maia, Meda, & Freitas, 2015).

La investigación puede justificarse teóricamente porque aborda la necesidad de cambiar de métodos tradicionales de construcción a un modelado BIM especialmente en proyectos industriales como galpones. Finalmente, este documento proporcionará valiosos conocimientos al destacar prácticas y estrategias exitosas para una transición fluida hacia BIM, abordando una brecha sustancial en la literatura actual sobre la transición a BIM.

Sin embargo, el miedo al cambio ocurre en arquitectura e ingeniería, por lo que muchos profesionales en Ecuador aún están en un nivel de comodidad y utilizan métodos convencionales, a pesar de integrar nuevas alternativas como softwares colaborativos (Revit, Navisworks, Sketchup). El uso de un modelo paramétrico en 3D permite obtener volúmenes de obra con mayor precisión, optimizando la gestión de presupuestos y la organización del proyecto. Este enfoque impulsa una transición hacia prácticas más eficientes y colaborativas, transformando la ejecución de proyectos industriales en el país.

Justificación metodológica

Considerando que existen trabajos técnicos previos en los cuales se comparan estas dos metodologías, se ve necesario realizar una recolección y análisis de dicha información a fin de que sirva como base de la presente tesis.

Dado que este trabajo trata sobre la transición del método convencional hacia un modelado BIM, se procederá a hacer un análisis comparativo entre ambas metodologías, tanto cuantitativa como cualitativamente y así identificar sus diferencias.

En vista de que el presente estudio versará sobre la aplicación de estos dos métodos constructivos en galpones industriales, se procederá a comparar sus resultados en términos de tiempo y costos.

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Desarrollar una metodología que facilite la transición del sistema convencional de construcción al modelado de información BIM: caso de estudio “Galpones del Inga” Quito-Ecuador.

Objetivos Específicos

Desarrollar una metodología de transición del método convencional de construcción a un modelado de información BIM en el proceso constructivo de galpones industriales.

Analizar de qué manera BIM mejora la coordinación entre los equipos de trabajo en proyectos industriales.

Validar la efectividad del modelado BIM en galpones industriales, que incluya la elaboración de un modelo paramétrico en Autodesk Revit a partir de planos 2D y la simulación del proceso constructivo para optimizar la planificación y gestión de recursos.

Evaluar las mejoras en eficiencia, reducción de errores y costos al adoptar el modelo BIM a un método de construcción convencional, utilizando gráficos comparativos para facilitar el análisis de resultados.

Alcance

La presente investigación abarca los siguientes puntos:

Se evaluará el proceso inicial de la metodología tradicional hasta la implementación y validación de la metodología BIM, en uno de los siete galpones que contiene el complejo industrial “Galpones el Inga”.

Se evaluará los problemas actuales de la metodología tradicional hasta la identificación de beneficios utilizando el modelado BIM.

Se realizará la conversión de los planos 2D a un modelo paramétrico del galpón No 4 en Autodesk Revit utilizando LOD 300 para instalaciones hidrosanitarias y LOD 350 para arquitectura y estructura, hasta la simulación y validación del proceso constructivo a través de tablas y cuadros de comparación BIM.

A partir de la recreación de nuestro modelo paramétrico en un entorno BIM se utilizará las herramientas de Navisworks para identificar los conflictos del modelo hasta realizar una comparación de costos de la resolución de conflictos.

Es importante señalar que para el presente caso de estudio las licencias de los softwares utilizados (Revit y Navisworks) corresponden a las licencias educativas proporcionadas por Autodesk, obtenidas a través de su programa de gestión universitaria con la UIDE.

Delimitación del contenido

Con este fin, la investigación actual tiene como objetivo garantizar la transición de un método de construcción tradicional a un sistema de modelado BIM mediante la implementación del proyecto "Galpones El Inga". El análisis cubrirá la metodología BIM desplegado en sus dimensiones 3D y 4D, modelando un Nivel de Desarrollo LOD 300 para instalaciones sanitarias y un LOD 350 para el modelado arquitectónico y estructural.

Los niveles de desarrollo LOD pueden ser muy útiles en BIM. LOD 300 se utilizará aquí para representar las instalaciones sanitarias, y LOD 350 proporcionará modelado arquitectónico y estructural adicional para apoyar la construcción.

Delimitación geográfica del Proyecto

La investigación se llevará a cabo en la provincia de Pichincha, en el cantón Quito, parroquia Pifo, en el sector Itulcachi, a la altura del kilómetro 12 de la Perimetral Regional E35. Esto implica que se enfocará exclusivamente en la construcción de los Galpones Industriales en el sector del Inga utilizando la metodología BIM, tomando en cuenta las condiciones geográficas, normativas locales y características particulares del entorno que puedan influir en el desarrollo del proyecto.

Capítulo II

Marco Referencial y Conceptual

La industria de la construcción siempre necesita optimizar procesos, reducir costos y aumentar la productividad. Cambiar de un método BIM a uno tradicional supone un cambio importante en cómo se diseñan, construyen y mantienen los proyectos. Este marco conceptual describe los términos claves, las referencias y las relaciones necesarias para comprender esta transición.

CAD (Computer Aided Design). Es un software asistido por computadora para desarrollar diversos proyectos en las diferentes ingenierías.

BIM. (Building Information Modeling). Según se define aquí, este es un proceso interdisciplinario que involucra la creación y el uso de un gemelo digital de las características físicas y funcionales de un lugar. El punto clave del BIM es habilitar el intercambio de datos e información desde el principio (etapa de diseño) hasta el final (etapa de demolición) del proyecto.

BDS. (Building Description System), Sistema de descripción de edificios.

LOD. (Level of Development), Nivel de desarrollo del modelo BIM.

Clash Detection. Identificación de conflictos/interferencias entre muchas disciplinas en el modelo BIM.

Familia BIM. Colección de componentes predefinidos en BIM, con propiedades paramétricas, que pueden utilizarse en múltiples proyectos. (McGraw-Hill, Construction, 2012)

Interoperabilidad. La capacidad de exportar/importar datos de sistemas BIM en diferentes plataformas/disciplinas.

IFC. (Industry Foundation Classes). Es un formato estándar abierto utilizado para compartir modelos BIM en diferentes plataformas y software.

CDE. Entorno común de datos, es un espacio digital centralizado donde se almacena, organiza y comparte toda la información relacionada con un proyecto BIM. (ISO, 2018).

Revit. Revit es un software de modelado de información de construcción BIM desarrollado por Autodesk, utilizado para el diseño, la planificación y la gestión de proyectos arquitectónicos, de ingeniería y construcción, facilitando la colaboración entre equipos de trabajo mediante un modelo digital integrado. (Autodesk, 2022)

HVAC. (calefacción, ventilación, y aire acondicionado) se refiere a los sistemas encargados de regular la temperatura, la calidad del aire y la humedad dentro de un espacio cerrado, con el fin de proporcionar un ambiente confortable y saludable. (Kharouf, M, Salih, S, & Kharouf, M 2016).

Navisworks. Es el software de Autodesk para revisar y coordinar modelos 3D en proyectos de construcción; se utiliza para detectar y resolver interferencias. (Autodesk, 2022)

3D. Información geométrica y gráfica.

4D. Información relacionada con el tiempo secuenciación de la construcción mediante diagramas de Gantt y cronogramas.

5D. Análisis de costos gestión de costos, estimación de costos de construcción, etc.

6D. Sostenibilidad estudios de impacto ambiental, económico y social.

7D. Ciclo de vida y mantenimiento: planificación y gestión de las operaciones de mantenimiento a lo largo del ciclo de vida del edificio. (Guarín, C. A., & Poveda, P. J. 2019)

Metodología. Son los métodos y procesos organizados utilizados para ejecutar una investigación o estudio particular. Incluye las estrategias seleccionadas por un analista para recopilar, preparar y analizar información sobre un tema dado (Hernández R., Fernández C., & Baptista del P. M., 2014).

En el contexto de la investigación, la metodología BIM establece un enfoque metódico a través de un examen estructurado, desde la generación de hipótesis y la recopilación de datos hasta la interpretación de resultados. Se asegura de que el proceso sea consistente, reproducible y científico durante todo el curso del estudio, manteniendo la calidad y fiabilidad de los resultados producidos.

Teoría de la innovación tecnológica. La adopción de BIM se considera un proceso de innovación que sigue etapas definidas: conocimiento, persuasión, decisión, implementación y confirmación. (Rogers, 2003).

Modelo de madurez BIM. Plantea que el uso de BIM avanza desde niveles básicos, donde se emplean herramientas BIM de forma aislada, hasta niveles avanzados con integración completa en los procesos (Succar, 2009).

Teoría del cambio organizacional. Los avances de BIM necesita un cambio profundo en las ingenierías, afectando su cultura y estructura. Esto incluye la capacitación de profesionales y la incorporación de tecnologías. (Bigurra-Alzati, CA, & Llerena Padilla, Y, 2019)

Interferencia. Se refiere a la superposición o colisión física de elementos dentro del modelo BIM. Es un término técnico que describe cuando dos o más componentes del modelo ocupan el mismo espacio o tienen una relación espacial inapropiada (Eastman et al. 2011).

Conflicto. Es un término más amplio que no solo incluye interferencias físicas, sino también cualquier tipo de desacuerdo o problema que surja entre las disciplinas involucradas en el proyecto. (Hardin y McCool 2015).

Marco Teórico

Metodología BIM

BIM no es un software, un modelo 3D ni un producto. Es un proceso, una metodología, una manera de trabajar que se fundamenta en dos características principales, la información y la colaboración. Con respecto a la información, partimos de un modelo 3D, como se mencionó anteriormente no es BIM, es nuestra base de datos del cual podemos obtener información gráfica que corresponde a todos los dibujos del proyecto, como planos arquitectónicos, estructurales, instalaciones, cortes, fachadas e isométricos, entre otros.

Además, donde se organiza la información del modelo para obtener cantidades de materiales, elementos constructivos, acabados y análisis del modelo para su diseño, es decir, cálculo de instalaciones, análisis estructural, energético, entre otros. Es importante destacar que esta base de datos. Cuenta con una característica llamada asociatividad bidireccional, en donde cualquier cambio en el proyecto afecta de manera instantánea a todas sus vistas asociadas.

Este modelo permite la creación de uno o varios modelos virtuales detallados de una obra, ya sea un edificio u otra infraestructura. Estos modelos son cruciales en las fases iniciales del proyecto, ya que permiten un análisis más exacto y una gestión eficiente al pasar de métodos tradicionales de construcción al modelado BIM (Maia, Meda, & Freitas, 2015).

BIM en la construcción

En el proceso actual uno de los principales problemas era el diseño, la construcción y operación de los diferentes proyectos de ingeniería, es decir que una empresa lo diseñaba, otra

empresa lo construye y otra empresa lo operaba. Cuando esto ocurría la empresa diseñadora la realizaba con un enfoque de estudio mas no de un punto de vista constructivo, por tanto, se dice que los proyectos salen a nivel geométrico correctos, pero desde un criterio constructivos son ineficientes. (Smith, J, & Brown, L 2020).

Al emplear BIM en la construcción, se empieza a crear las bases del diseño arquitectónico de los galpones industriales a partir de los planos 2D obtenidos del diseño inicial tradicional, posteriormente cada profesional de las diferentes ingenierías tiene acceso a la información, para el diseño de cada disciplina y cargarla al modelo. De esta manera se garantiza una única base de datos actualizada. (Maia, F, Meda, P, & Freitas, R 2015).

Entre sus principales características, el modelo digital posibilita construir virtualmente antes de la ejecución física del proyecto, identificando problemas y optimizando soluciones sin incurrir en altos costos relacionados con recursos como mano de obra o maquinaria. (Eastman, C, Teicholz, P, Sacks, R, & Liston, K 2018).

La metodología BIM ha revolucionado la forma en que se gestiona los proyectos de construcción, al permitir la creación y representaciones digitales tridimensionales las mismas que integran información detallada sobre todas las fases del ciclo de vida de un proyecto. BIM en la construcción no solo impacta la gestión y ejecución de proyectos, sino que influye en el cambio organizacional de cualquier empresa de construcción ya que implica la adaptación de nuevas tecnologías facilitando una cultura de trabajo más colaborativa y eficiente. (Eastman, C, Teicholz, P, Sacks, R, y Liston, K, 2011)

En galpones industriales, la implementación de BIM permite que la estructura y sus componentes sean analizados con mucho más detalle. Estos modelos digitales incluyen no solo la

geometría y los datos de materiales, sino también información sobre costos, cronograma y rendimiento del edificio. (Maia, Meda, y Freitas, 2015).

La revolución causada por el BIM está transformando considerablemente la forma en que se planifican, diseñan y gestionan los proyectos de construcción, es una herramienta importante en el proceso evolutivo de la industria para mejorar la eficiencia y precisión del proyecto (Gámez, Severino y Márquez, 2019).

Metodología tradicional

Dibujo Asistido por Computador (CAD)

Una visión general del CAD. Desde la década de 1950, el Diseño Asistido por Computadora (CAD) reemplazó el dibujo manual en la década de 1960 y digitalizó el diseño de capas de campos de estructuras y mecánica. A pesar de que el CAD tiene desventajas, como la falta de conexión entre diferentes partes del proyecto y que la información no se actualiza automáticamente, lo que lo hace ineficiente y derrochador, el CAD es una herramienta vital hoy en día para los proyectos de construcción.

Método Tradicional de Construcción

El método tradicional de construcción es el sistema mas utilizado en la industria de la construcción, este sistema se basa en un proceso lineal y secuencial que sigue las etapas clásicas de diseño, planificación, construcción y operación. Generalmente cada etapa es gestionada de forma independiente, lo que implica que diferentes profesionales o empresas suelen estar a cargo de diferentes fases de diseño del proyecto, limitando la integración y comunicación entre ellos. (Eastman et al, 2018).

En los periodos de diseño los arquitectos y diseñadores generan planos bidimensionales en 2D representando las características geométricas y funcionales del proyecto, estos planos son la

base inicial para las etapas posteriores de diseño de las diferentes disciplinas, sin embargo, su representación es limitada y puede dificultar la comprensión integral del proyecto en la coordinación de las diferentes ingenierías. Una vez terminados los diseños, los planos son entregados al contratista quien se encarga de planificar y ejecutar la construcción. Durante esta etapa, los contratistas y subcontratistas interpretan los planos en 2D para llevar a cabo su ejecución de forma física, finalmente, una vez terminada la construcción el proyecto es entregado al contratante quien gestiona su funcionamiento y mantenimiento. (Maia et al, 2015).

El aplicar un sistema tradicional de construcción, conlleva a una clara separación de responsabilidades entre las diferentes disciplinas involucradas. Cada empresa diseñadora o profesional trabajan de una manera relativamente aislada lo que genera problemas de coordinación, al realizar un diseño arquitectónico el cual puede ser geoméricamente correcto, pero al no considerar las necesidades específicas de cada ingeniería pueden surgir conflictos o interferencias durante la construcción del proyecto. (Sacks et al, 2018).

La falta de integración y colaboración en el método tradicional conlleva a errores que generan costos adicionales por la necesidad de realizar modificaciones durante la ejecución del proyecto, estos problemas suelen generar retrasos y desperdicios de recursos. A demás de la dependencia de planos 2D que dificulta la visualización del proyecto en una forma tridimensional lo que ocasiona malos entendidos entre los equipos de trabajo. (Eastman et al, 2018).

Modelo BIM

BIM no es una tecnología aplicada nueva, es una herramienta metodológica y tecnológica inicial del sector de la construcción. El trabajo requiere un esfuerzo en equipo que facilita la gestión, el diseño, la construcción y/o la operación de un proyecto a partir de modelos

tridimensionales ricos en datos, que sirven como una única fuente de verdad para todos los datos del proyecto.

Se podría desarrollar un modelo paramétrico y utilizarlo para medir mejoras, eficiencia y coordinación en el proyecto con esta transición del método tradicional a BIM en la construcción de galpones industriales, ya que el proyecto contiene datos multidisciplinarios y actualizados automáticamente, permitiendo que todas las disciplinas de ingeniería estén interconectadas, de modo que un cambio en un elemento del proyecto se refleja en todos los demás.

Esto no solo aumenta la precisión, sino que también permite simular posibles incidentes y anticipar problemas, lo que conlleva a una reducción a largo plazo en los costos operativos y el mantenimiento preventivo gracias al registro de información obtenido a partir de los planos de ingeniería de detalle y los planos as-built generados en el modelado BIM

Mediante el uso de BIM en la construcción de galpones industriales, podemos optimizar su diseño ya desde la fase de planificación y reducir los costos operativos a lo largo de su ciclo de vida, ya que esta metodología incluye simulaciones para prever fallos y prevenir el mantenimiento.

BIM en La Ingeniería Civil

BIM actúa como una plataforma colaborativa donde los ingenieros pueden coordinar aspectos como el diseño estructural, el trazado de redes hidráulicas, eléctricas, mecánicas y el análisis de sistemas viales y ferroviarios. Este modelo centralizado permite realizar simulaciones y análisis de cargas, resistencias y comportamientos estructurales en diferentes condiciones.

BIM se utiliza para gestionar aspectos como programación de obra, estimación de costos y recursos, así como para facilitar la inspección y monitoreo de proyectos en tiempo real. Con herramientas de simulación y análisis, como Autodesk Civil 3D que optimiza el diseño de la

infraestructura, desde carretas hasta sistemas de drenaje permitiendo evaluar alternativas y predecir el comportamiento del proyecto en distintas condiciones.

Interoperabilidad en BIM

La interoperabilidad del esquema es esencial para el éxito del modelado de información de la construcción BIM ya que permite que diversas plataformas de software y tecnologías trabajen juntas de manera perfecta para permitir el intercambio de datos y la colaboración entre múltiples partes interesadas en un proyecto de construcción.

Esta característica es vital en proyectos complejos donde múltiples disciplinas construyen accidentalmente en el mismo espacio, como galpones industriales en Ecuador, o utilizando diferentes herramientas de software.

Dentro de BIM, la interoperabilidad asegura la transferencia y comprensión de la información a través de diversas plataformas, como REVIT, ARCHICAD y otros sistemas relevantes para el diseño y la gestión de proyectos. Una mala interoperabilidad puede resultar en errores de integración, duplicación de esfuerzos y pérdida de datos, lo cual afecta negativamente el resultado final.

El uso de tecnologías y herramientas en el Modelado de Información para Construcción (BIM) fomenta una mayor colaboración durante el proceso de diseño y construcción, y puede integrarse en el sistema de gestión de bodegas a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.

Esto permite que el mantenimiento y las operaciones se realicen de una manera que maximice la funcionalidad del edificio por un período de tiempo más prolongado.

Estándares como IFC ayudan a enfrentar problemas de interoperabilidad al proporcionar un formato abierto para el intercambio de información. Es esencial estandarizar cómo se transmite la información, asegurando así un flujo multiplicativo de información entre las diversas unidades

con mayor eficiencia y minimización de costos derivados de la rectificación de errores y duplicación de esfuerzos.

Nivel de detalle en BIM

Aunque existen diferentes definiciones, un aspecto específico ampliamente empleado en la industria son los Niveles de Detalle LOD para el Modelado de Información para Construcción BIM, que son críticos para garantizar la precisión del modelo y el contenido adecuado a lo largo de las diversas etapas del proyecto. Esto permite una gestión más efectiva, ya que cada LOD proporciona un nivel de información.

LOD 100. Se trata de conceptualización; proporciona una representación amplia del proyecto en el período inicial de detallado del proyecto.

LOD 200. Modelos Esquemáticos: tamaño, forma, ubicación aproximada de elementos que apoyan los análisis de cantidades y estudios indicativos de costos.

LOD 300. Es crítico para la documentación, sirviendo para proporcionar la información exacta necesaria para ser empleado en construcción, como los materiales, calidad, etc.

LOD 400. Incluye todos los detalles necesarios para la fabricación y montaje de los componentes, garantizando que los componentes encajen correctamente cuando se construyen.

LOD 500. Contiene la construcción real tal y como se ha construido y las modificaciones, si las hubiera, y se requiere para la gestión y mantenimiento durante el ciclo de vida total del edificio.

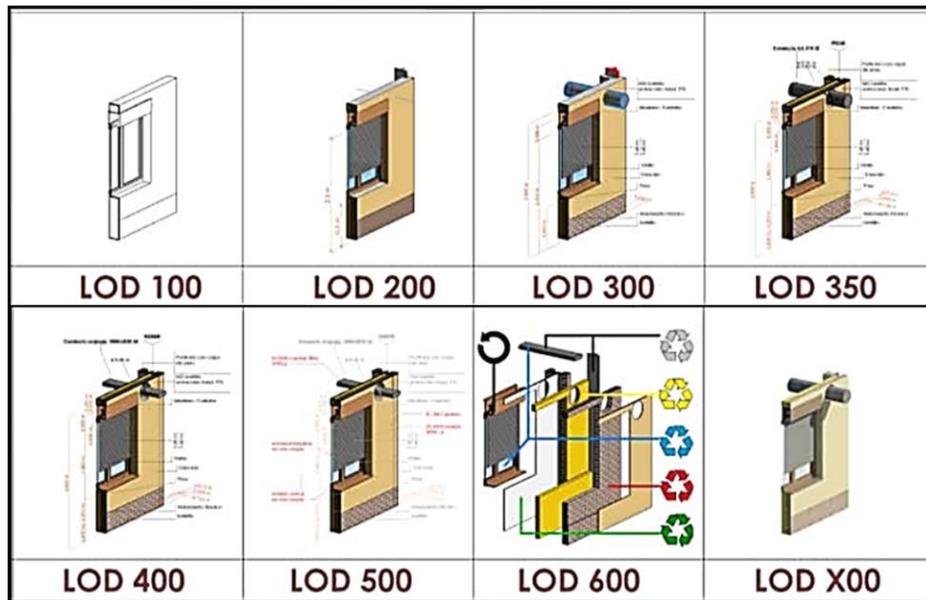
LOD 600. Desarrolla esto proporcionando información sobre el reciclaje y los materiales que ayudan en la gestión de la sostenibilidad del edificio. (Gámez, Severino y Márquez, 2019).

Para nuestro caso de estudio, se utilizará LOD 300 para la instalación de tuberías sanitarias y LOD 350 para la estructura. Esto mejora la eficiencia del proceso de construcción al aclarar su inicio y fin en cada etapa de un proyecto.

Representación gráfica de todos estos niveles en la siguiente figura;

Figura 1

Representación de los Niveles de Detalle BIM.



Nota. (Basado de Editeca¹, Nivel de desarrollo, BIM).

Función del Revit

Revit es un software colaborativo que contiene herramientas de diseño para los profesionales de la industria de la construcción. Las principales funciones del Revit destacan en el diseño del modelo en 3D, genera automáticamente archivos como tablas de planificación, cantidades de obra, cronogramas, colaboración en tiempo real entre las diferentes ingenierías, análisis de rendimientos y la visualización del proyecto mediante un modelo paramétrico en 3D.

¹ Tomado de; <https://editeca.com/lod-nivel-de-desarrollo/>, 2017.

Revit al combinarse con BIM 360 permite a los profesionales de diseño y construcción que puedan trabajar de forma simultánea en cualquier momento y lugar.

Función de Navisworks

Navisworks es un software básico para la coordinación y gestión de proyectos de construcción. Completar la detección de colisiones a través de la plataforma permite que los equipos de trabajo reconozcan conflictos en los modelos 3D, resuelvan problemas y los gestionen.

Interactúa con Autodesk Construction Cloud y otras disciplinas permitiendo la revisión y generación de informes sobre los problemas detectados. Admitiendo más de 60 formatos de archivo, esta herramienta primero opera con al menos algunas aplicaciones CAD y BIM como AutoCAD y Revit, para enfrentar menos problemas de conflicto entre modelos.

Además, la característica Navisworks + Point Layout asegura la organización inteligente de la línea de diseño permitiendo la adición automatizada de puntos de diseño a los modelos coordinados. Tal proceso ayudará en una mayor precisión y eficiencia con la que se llevará a cabo el proyecto.

Reglamento Legal

No existe una disposición legal o regulatoria específica, ley positiva, ordenanza que mande o gobierne el uso de BIM por parte de profesionales en proyectos de construcción arquitectónica o estructural en Ecuador. A diferencia de países como el Reino Unido, España o Chile, donde BIM es obligatorio en determinados proyectos, su adopción en Ecuador es voluntaria y promovida por algunas empresas privadas, firmas de arquitectura y universidades. Este proceso enfrenta desafíos como la falta de conocimientos técnicos, los costos de implementación y la resistencia al cambio por parte de empresas que aún emplean métodos tradicionales. Además, las entidades colaboradoras no están obligadas a integrar BIM en sus procesos. Sin embargo, la modernización

y globalización podrían impulsar la creación de políticas que promuevan o requieran su uso, especialmente en proyectos industriales.

Por lo tanto, para la realización de este proyecto se tomará como referencia la normativa europea. La implementación del estándar europeo BIM UNE-EN ISO 19650 en Ecuador tiene como objetivo transformar la industria de la construcción al mejorar la gestión de proyectos mediante su incorporación. Utilizar este estándar como referencia nacional crearía un marco de colaboración estructurada entre los distintos actores del sector.

Por lo tanto, es importante elevar las calificaciones de los especialistas en instituciones educativas y formación especializada, así como ayudar a adaptar la ley a las condiciones locales mediante proyectos piloto.

Normativa Europea para la Implementación de BIM

La norma ISO 19650 es la regulación de facto que establece el BIM para Europa, especificando cómo se debe gestionar la información durante el ciclo de vida de cualquier proyecto de construcción. Esta norma no sería una exageración, es una regulación de vanguardia en la industria de la construcción que convierte prácticas antiguas en métodos modernos y eficientes. Permite que los equipos trabajen juntos de una manera más efectiva y compartan datos coherentes, lo que ayuda a contextualizar y reducir errores.

Adopción de BIM en Latinoamérica

En América Latina, varios países ya han formulado políticas públicas para la aplicación de BIM en proyectos de infraestructura, utilizando estándares internacionales como guía. Chile ha establecido el "Plan BIM Chile", alineado con la ISO 19650, para estandarizar la aplicación de BIM en proyectos públicos. En Colombia, la "Guía BIM Colombia" se centra en mejorar la interoperabilidad y la gestión de información entre las diversas partes del proyecto. Brasil, a través

de su "Estrategia Nacional BIM", establece que, a partir de 2021, el uso de BIM será obligatorio en proyectos públicos. México, por su parte, ha integrado BIM en su Plan Nacional de Infraestructura para grandes proyectos, promoviendo una mejor gestión de recursos y tiempos. (Bsi, 2019)

Capítulo III

Formulación y desarrollo

Transición de la metodología tradicional a BIM

Para lograr una transición efectiva de un sistema convencional de construcción a un modelo de información BIM, es imprescindible implementar estrategias que transformen las prácticas de trabajo, promoviendo la adopción de herramientas tecnológicas avanzadas y fomentando un enfoque colaborativo entre todos los profesionales involucrados en el diseño y ejecución de proyectos industriales. Este cambio requiere un análisis detallado de las condiciones actuales, así como la definición de procesos y estándares que permitan una integración eficiente del modelo BIM.

Es necesario realizar una evaluación exhaustiva de la situación actual. Es fundamental revisar toda la documentación disponible, incluyendo planos arquitectónicos y de las diferentes ingenierías en formato 2D, especificaciones técnicas y cronogramas de obra. Este análisis inicial permite identificar las necesidades del proyecto, establecer plazos claros y asignar responsabilidades específicas para la implementación de la metodología BIM.

Posteriormente, se procede a seleccionar el software más adecuado para el proyecto. Revit y Navisworks suelen ser herramientas clave, ya que permiten tanto la creación de modelos tridimensionales paramétricos como la detección y resolución de conflictos. Es fundamental garantizar que todas las herramientas seleccionadas sean compatibles y estén integradas para facilitar la interoperabilidad y la colaboración entre disciplinas.

La selección del personal capacitado es otro aspecto crítico. Es esencial identificar profesionales de cada disciplina con experiencia en el uso de las herramientas seleccionadas y con un conocimiento sólido de los principios de modelado BIM. Este equipo será responsable de

desarrollar el modelo de manera efectiva y asegurar la calidad del trabajo en todas las etapas del proyecto.

Para asegurar una comunicación fluida y una coordinación efectiva entre los diferentes equipos, se debe establecer un lenguaje técnico común. Esto incluye la definición de estándares y protocolos que regulen el trabajo, como nomenclaturas de archivos, formatos de intercambio de datos, IFC para garantizar la interoperabilidad y normas de calidad para el modelado.

Un componente clave de la metodología BIM es la creación de una biblioteca de familias paramétricas en Revit. Estas familias permiten reutilizar componentes previamente diseñados, lo que reduce el tiempo de trabajo, mejora la eficiencia y asegura un proceso más dinámico y estructurado. Con esta base, se puede proceder a la construcción del modelo tridimensional, que incluye todos los elementos arquitectónicos, estructurales y MEP del proyecto.

El desarrollo del modelo 3D implica no solo la representación geométrica de los elementos, sino también la integración de información relevante, como especificaciones de materiales, costos y cronogramas de ejecución. Es crucial mantener el modelo actualizado en todo momento, reflejando cualquier cambio o modificación en el diseño para garantizar su precisión y utilidad como herramienta de gestión.

La coordinación entre equipos es un aspecto esencial durante esta transición. Todos los profesionales deben tener acceso al modelo y trabajar de manera colaborativa para evitar errores y conflictos en el diseño. El uso de herramientas como Navisworks permite realizar análisis de conflictos e interferencias mediante la función Clash Detection. Este proceso identifica problemas potenciales, como colisiones entre elementos de diferentes disciplinas, que deben ser resueltos antes de avanzar a la etapa de construcción.

Cuando se identifican conflictos, se realizan los ajustes necesarios en el modelo tridimensional. Esto puede incluir la corrección de niveles en tuberías, la redirección de muros, la modificación de alturas de cimentaciones o la resolución de interferencias entre la estructura y los sistemas MEP. Este proceso iterativo se repite hasta que el modelo esté completamente coordinado y libre de problemas, asegurando una transición fluida a la fase de ejecución.

Con el modelo depurado, se puede avanzar a la etapa de construcción. En esta fase, el modelo BIM se convierte en una herramienta central para gestionar recursos, planificar actividades y coordinar tareas en el sitio de obra

Al finalizar la construcción, se entrega al cliente o propietario un modelo BIM completo junto con toda la documentación asociada. Esto incluye planos as-built, planos de ingeniería de detalle, manuales de operación y mantenimiento, y cualquier otra información relevante. El modelo debe contener datos detallados sobre los materiales utilizados, los sistemas instalados y los procedimientos de mantenimiento recomendados.

Como BIM mejora la coordinación entre los equipos de trabajo

BIM transforma la coordinación en los diferentes proyectos constructivos, al centralizar toda la información en un modelo digital único, accesible y actualizado en tiempo real. Este enfoque elimina fragmentación de datos típica de los métodos tradicionales, donde cada disciplina opera con información independiente, generando inconsistencias y errores. Según (Eastman, et, al, 2011). BIM integra las diferentes ingenierías en un entorno colaborativo, asegurando que todos los equipos trabajen con datos coherentes y sincronizados.

Así mismo, BIM impulsa la colaboración mediante plataformas de datos comunes CDE, como Autodesk BIM 360, que permiten compartir y revisar información en tiempo real desde cualquier ubicación. Esto resulta especialmente útil en cualquier proyecto de construcción, donde los

equipos suelen estar geográficamente dispersos. Según (Hardin y McCool, 2015), el acceso a un modelo centralizado facilita la toma de decisiones al ofrecer a todos los participantes una visión clara y compartida del proyecto.

Finalmente, BIM fomenta una cultura de trabajo colaborativa al facilitar reuniones virtuales y revisiones conjuntas del modelo. Esto permite que los equipos identifiquen y resuelvan problemas en tiempo real, mejorando la coordinación, fortaleciendo la comunicación y construyendo confianza entre las partes, lo que contribuye significativamente al éxito del proyecto

Descripción del Proyecto (Caso de Estudio)

Para la ejecución del presente proyecto de titulación, se seleccionó como caso de estudio Galpones el Inga, propiedad de la empresa ALEXIS MEJÍA REPRESENTACIONES CIA. LTDA. Este proyecto se encuentra en su etapa inicial de construcción, con una superficie total de 9301.00 m². Los planos y documentación técnica fueron proporcionados por el gerente de la empresa, el señor Williams Giovanni Villacrés Chalen en representación de “ALEXIS MEJÍA REPRESENTACIONES CIA. LTDA”, quien nos autorizó hacer uso de toda la documentación técnica antes descrita para la realizar de nuestro trabajo de investigación.

Información Técnica Preliminar

La información utilizada para desarrollar este proyecto de titulación, especialmente en lo que respecta al modelo BIM del caso de estudio (Galpones el Inga), fue proporcionada por la empresa ALEXIS MEJÍA REPRESENTACIONES CIA. LTDA. Los documentos entregados se detallan a continuación en la tabla 1.

Tabla 1

Descripción de información obtenida

Descripción	Empresa	Responsable	N° Lámina
--------------------	----------------	--------------------	------------------

Planos Arquitectónicos			Arq. Isidro Pino	4
Planos Estructurales	APE - INGENIERÍA CIA. LTDA.		Ing. Nicolas Mora Bowen	22
Planos Hidrosanitarios	PROASIN - ARQUITECTOS PIM S.A.S		Ing. Diana Abata	6
Planos Eléctricos	VHP		Ing. Víctor Paucar	6
Cronograma de obra	ALEXIS REPRESENTACIONES LTDA	MEJÍA CIA.	Sr. Williams Villacrés	1
Presupuesto	ALEXIS REPRESENTACIONES LTDA	MEJÍA CIA.	Sr. Williams Villacrés	1

Áreas del Proyecto “Galpones Industriales el Inga”

Este proyecto está compuesto por cuatro galpones principales, diseñados para ofrecer flexibilidad y eficiencia operativa. Cada galpón cuenta con un mezanine incorporado, lo que maximiza el espacio vertical y facilita diversas actividades logísticas y operativas. La variación en la altura de los galpones permite adaptarse a distintas necesidades funcionales, como el almacenamiento de materiales de diferentes dimensiones y la instalación de equipos especializados, mejorando así la circulación y zonificación de las áreas de trabajo. La disposición de los mezanines añade un nivel adicional de espacio útil, incrementando la capacidad operativa sin expandir el área ocupada a nivel del suelo como se indica en la siguiente tabla 2.

Tabla 2

Distribución de Áreas

Área	Nivel	Usos	Unidades N°	Área Cons m²
AREA COMUNAL	N +- 0.00	CARGA Y DESCARGA	1	1855,95
	N - 6.30	CISTERNA AGUA P. E INCENDIOS	1	90,00
	N VARIOS	CIRCULACION PEATONAL	9	86,21

	N VARIOS	CIRCULACION VEHICULAR	1	340,02
	N.-3,30	ESTACIONAMIENTOS DEL 1 AL 26	26	509,56
	N.-11,20	ESTACIONAMIENTOS DEL 27 AL 43	17	207,50
	N.-3,30	ENFERMERIA	1	39,43
	N.-3,30	COMEDOR	1	60,47
	N.-3,30	CUARTO DE MAQUINAS	1	67,44
	N.-3,30	ALMACENAMIENTO	1	86,80
	N.-3,30	BOMBAS AGUA POTABLE E INCENDIOS	2	46,82
	N VARIOS	GAURDIANIA	2	10,00
	N +- 0.00	AFECTACION VIAL	1	953,39
	N VARIOS	AREA VERDE	3	800,91
	N VARIOS	TALUD	1	293,86
	N +- 0.00	PROTECCION DE QUEBRADA	1	9314,10
GALPON 1	N.-9,80	SUBSUELO GALPON 1	1	510,68
	N.-6,80	MEZZANINE G1	1	80,18
GALPON 2	N.-9,80	SUBSUELO GALPON 2	1	1514,80
	N.-6,80	MEZZANINE G2	1	80,16
GALPON 3	N.-9,80	SUBSUELO GALPON 3	1	983,05
	N.-6,80	MEZZANINE G3	1	80,36
GALPON 4	N.-9,80	SUBSUELO GALPON 4	1	343,20
GALPON 5	N.-3,80	PLANTA BAJA GALPON 5	1	1003,65
	N VARIOS	GRADAS EMERGENCIA GALPON 5	1	20,60
		MEZZANINE G5	1	74,77
GALPON 6	N.-1,90	PLANTA BAJA GALPON 6	1	1514,83
		MEZZANINE G6	1	72,57
GALPON 7	N.+0,20	PLANTA BAJA GALPON 7	1	1703,80
		MEZZANINE G7	1	72,58

Propiedades Geométricas y Características de la Edificación

La estructura del proyecto se basa en un sistema de pórticos a momento, que combina columnas y vigas de hormigón armado con una estructura metálica, formando un podio sobre el cual se coloca una cubierta liviana. Esta configuración estructural está diseñada para optimizar la resistencia y estabilidad del conjunto, permitiendo una eficiente transferencia de cargas verticales y horizontales, al tiempo que minimiza el peso total de la cubierta. El uso principal de esta edificación es el almacenamiento en bodegas, lo que requiere un diseño robusto y flexible, capaz de soportar cargas dinámicas y estáticas, características de instalaciones industriales, como se muestra en la figura 2.

Los elementos que componen la estructura son:

Zapatas aisladas y combinadas.

Cabezales y columnas de Hormigón armado $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

Vigas y cadenas de amarre en hormigón armado $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$.

Muros de sótano de Hormigón armado $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$.

Columnas acero A572 – Gr50.

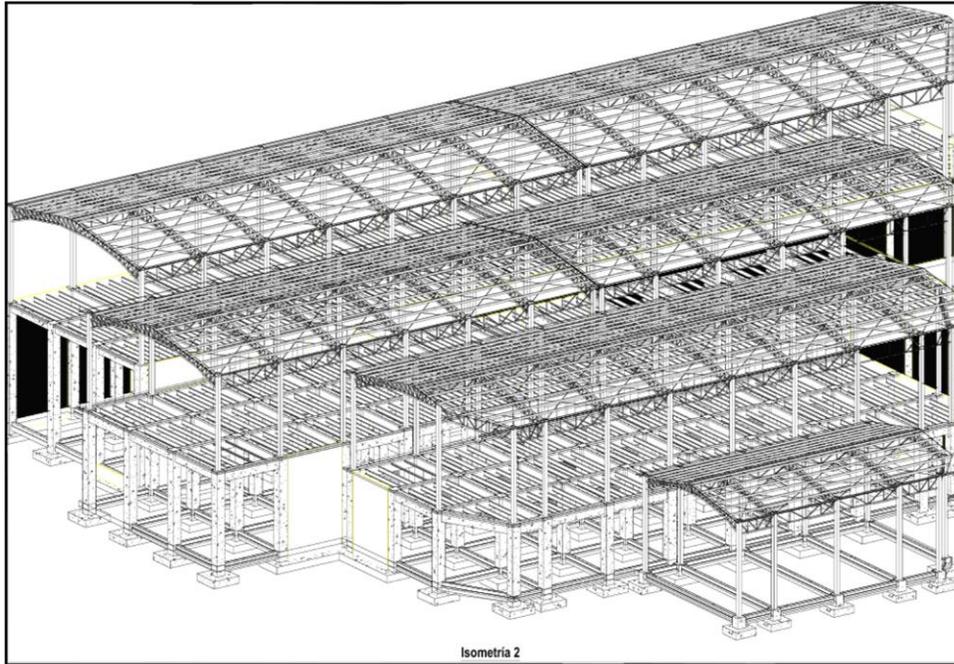
Cerchas conformadas por perfiles de acero laminado en frío A36.

Correas Tipo G acero laminado en frío.

Cubierta Tipo Kubimil o similar.

Figura 2

Esquema Geométrico de los Galpones.



Nota. Adaptado de la Memoria Técnica, *Esquema Geométrico de los Galpones el Inga*, Lámina E05-07 APE INGENIERÍA CIA LTDA, 2022.

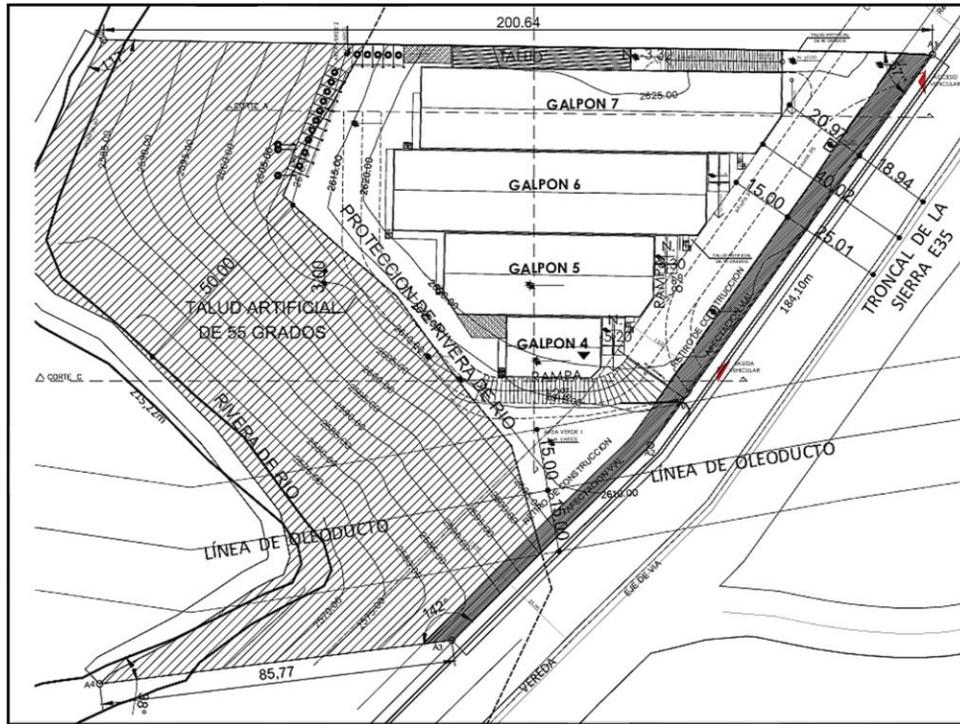
Implantación del proyecto

Este modelo arquitectónico se proyecta como una solución industrial que optimiza el aprovechamiento espacial y se adapta a los requerimientos operacionales actuales. Al favorecer una gestión eficiente de los recursos y un entorno de trabajo productivo.

Dentro de las características del proyecto, y considerando la topografía y geometría del terreno, al noroeste se encuentra un talud artificial con una inclinación de 55 grados. En su lado norte, este talud colinda con la empresa Industria de Baterías Ecuador, donde presenta una inclinación cercana a los 90 grados. Para salvaguardar la seguridad del proyecto Galpones El Inga, se ha diseñado un sistema de muros de protección a lo largo de la ribera del río, así como un muro con sistema de anclajes en la zona norte del talud. En la siguiente figura se indica las líneas de protección proyectadas en 2D.

Figura 3

Implantación de los Galpones del Proyecto en 2D



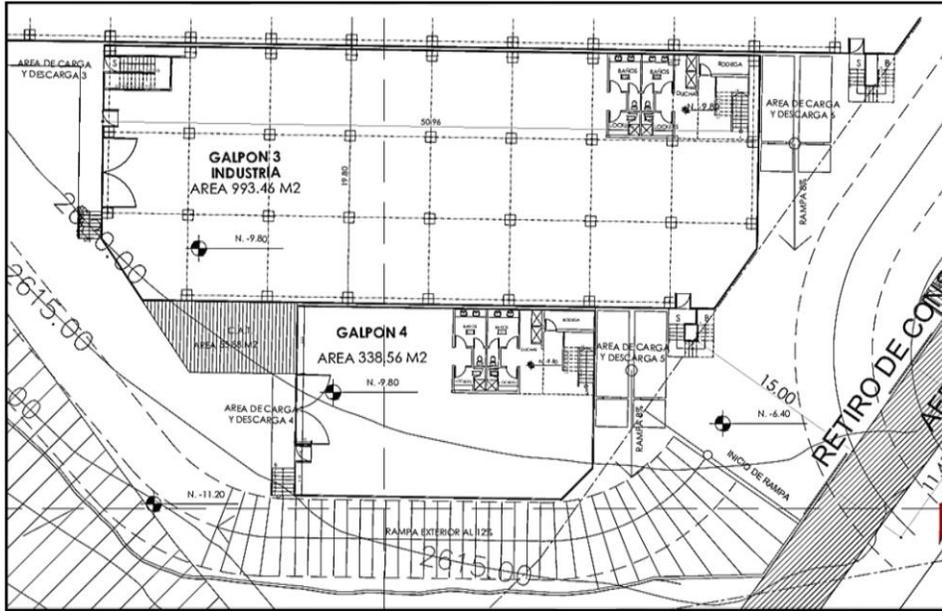
Nota. Se detalla los Planos Arquitectónicos, *Implantación Lamina 1*, Arq. Isidro Pino, 2017.

Método tradicional diseño en 2D

Por otro lado, el enfoque típico de utilizar planos en 2D es limitado respecto a una visualización integral del diseño. Esto puede generar una mala interpretación, donde los ajustes confunden durante la construcción. Aunque se utiliza comúnmente, este método es ineficiente para proyectos complejos como naves industriales, donde la colaboración entre diversas disciplinas es crucial para asegurar factores como la funcionalidad, seguridad y eficiencia. Este enfoque se ilustra en la Figura 4.

Figura 4

Diseño en 2D Mediante AUTOCAD, Método Tradicional.



Nota. Adaptado de los Planos Arquitectónicos, *Implantación de Lámina 2*, Arq. Isidro Pino, 2017.

Si consideramos naves industriales, se requiere coordinar entre varias disciplinas (estructural, arquitectónica, eléctrica, mecánica, etc.), y la aplicación de representaciones desvinculadas generaría varios problemas como se hace hoy en día. En caso de que cada parte del diseño, como el sistema estructural, el sistema HVAC o la distribución eléctrica se traten de forma independiente, los cambios deben realizarse en todos los modelos de manera independiente, lo que puede aumentar el riesgo de omisiones y errores. Lo que significa que, si no se detectan los problemas a tiempo, se generará más trabajo durante la fase de construcción. Para proyectos complejos, los métodos tradicionales no son suficientes, y es por eso que se adoptó BIM. Esta herramienta se basa en modelos digitales 3D de toda la información del proyecto, permitiendo la coordinación y control de todas las fases de las obras de construcción.

Modelo Arquitectónico en 2D

Los modelos arquitectónicos en 2D se los desarrolla siguiendo una secuencia estructurada que incluye la recolección de toda la información inicial del proyecto, como las necesidades del

cliente, normativas vigentes y datos del área donde se implantara el proyecto, los análisis preliminares son cruciales para establecer las bases del diseño y lograr definir los límites y objetivos del proyecto.

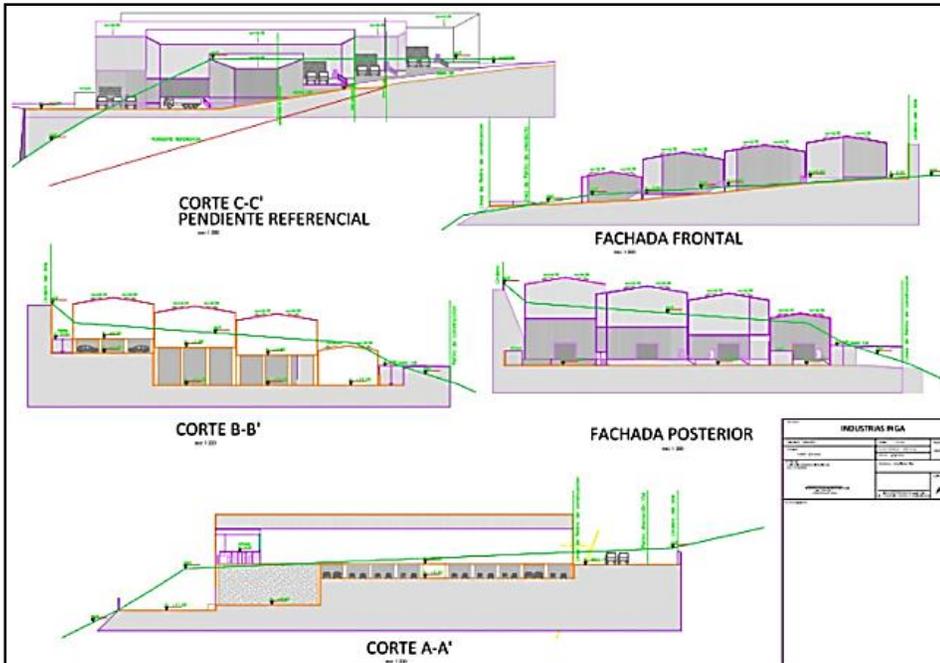
Con toda esta información se empieza a crear los bocetos conceptuales que son las representaciones iniciales del diseño en formato 2D. Los cuales permiten explorar ideas, estableciendo la organización general del proyecto. Posterior a esto se generan los planos técnicos de detalle utilizando softwares asistidos por computadora como CAD. Las herramientas CAD permiten generar dibujos bidimensionales con una gran precisión, ayudando a representar planos de planta, elevaciones, cortes, fachadas y detalles constructivos.

En la etapa de diseño es necesario establecer un sistema de capas y nomenclaturas estándar para poder organizar de mejor manera el diseño y garantizar la coherencia en la documentación. Esto se refiere a la diferenciación de elementos estructurales, arquitectónicos y de instalaciones. La falta de estandarizaciones en los dibujos puede crear interferencias durante las fases posteriores del proyecto.

Cuando estén los planos técnicos terminados, se realiza las revisiones y ajustes necesarios para asegurarse que cumplan con los requisitos del cliente y las normativas locales vigentes. La metodología concluye con la generación de los juegos completos de planos y documentación necesaria para la ejecución del proyecto. Estos documentos se entregan a los actores involucrados sirviendo como base para la construcción de los diseños tal como se muestra en la siguiente figura 5. (Eastman, C, Teicholz P, Sacks, R, & Liston, K 2011).

Figura 5

Planos Arquitectónicos 2D.

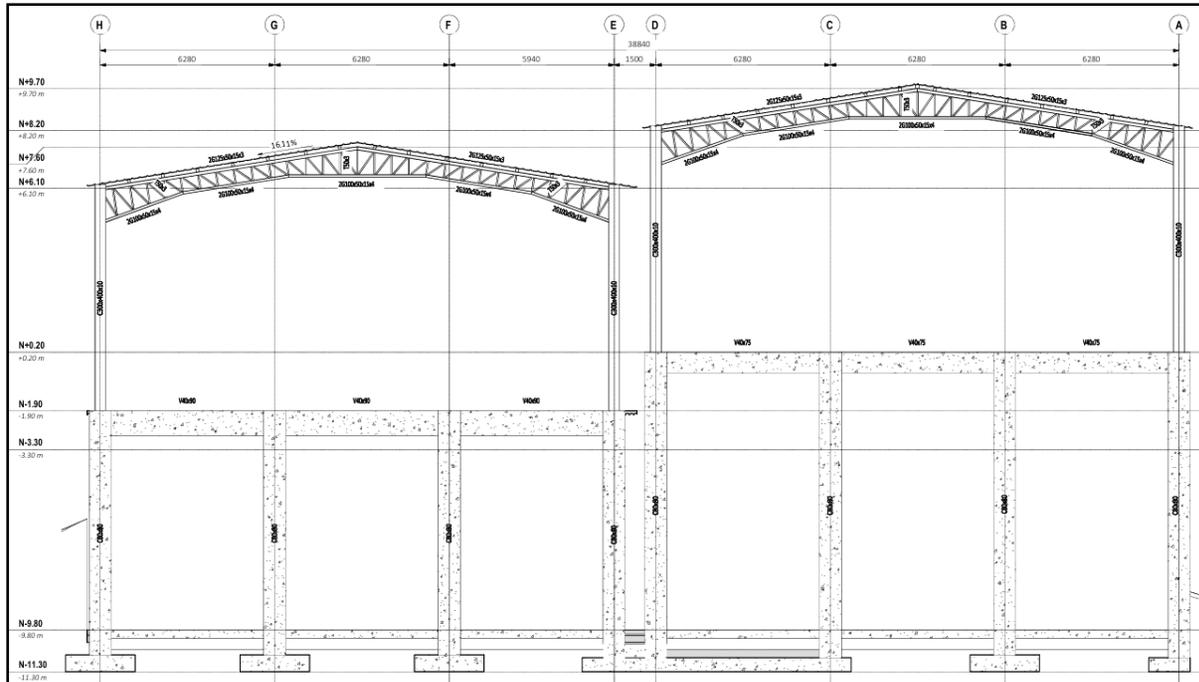


Modelo Estructural en 2D

Para desarrollar un modelo estructural en 2D se basa en la representación grafica de los elementos estructurales principales como son vigas, columnas, muros y losas en dos dimensiones con el objetivo de analizar y diseñar el comportamiento estructural del sistema tomando en cuenta las recomendaciones realizadas en los estudios de prefactibilidad de proyecto. Este enfoque facilita el análisis y la interpretación al emplear planos y diagramas detallados que muestran dimensiones, nomenclatura de materiales, especificaciones técnicas y cargas aplicadas de manera simplificada, como se muestra en la figura 6. Según (McCormick y Brown 2015).

Figura 6

Plano de Estructura Metálica 2D.



Nota. Adaptado de *Planos Estructurales*, APE - INGENIERÍA CIA. LTDA, Lámina 5-01, Ing. Nicolas Mora Bowen, 2017.

Modelo Hidrosanitario en 2D

Una vez revisados los documentos existentes se analiza los niveles y topografía del terreno, juntamente con las normativas locales, esta información es importante para determinar las dimensiones adecuadas del sistema de agua potable, drenaje y saneamiento, asegurando que se cumplan los requisitos mínimos de presione, caudal y evacuación de aguas residuales.

La red de tuberías de agua potable se debería diseñar con materiales de alto rendimiento y resistencia, manteniendo puntos estratégicamente distribuidos para garantizar el suministro en todas las áreas operativas del complejo industrial.

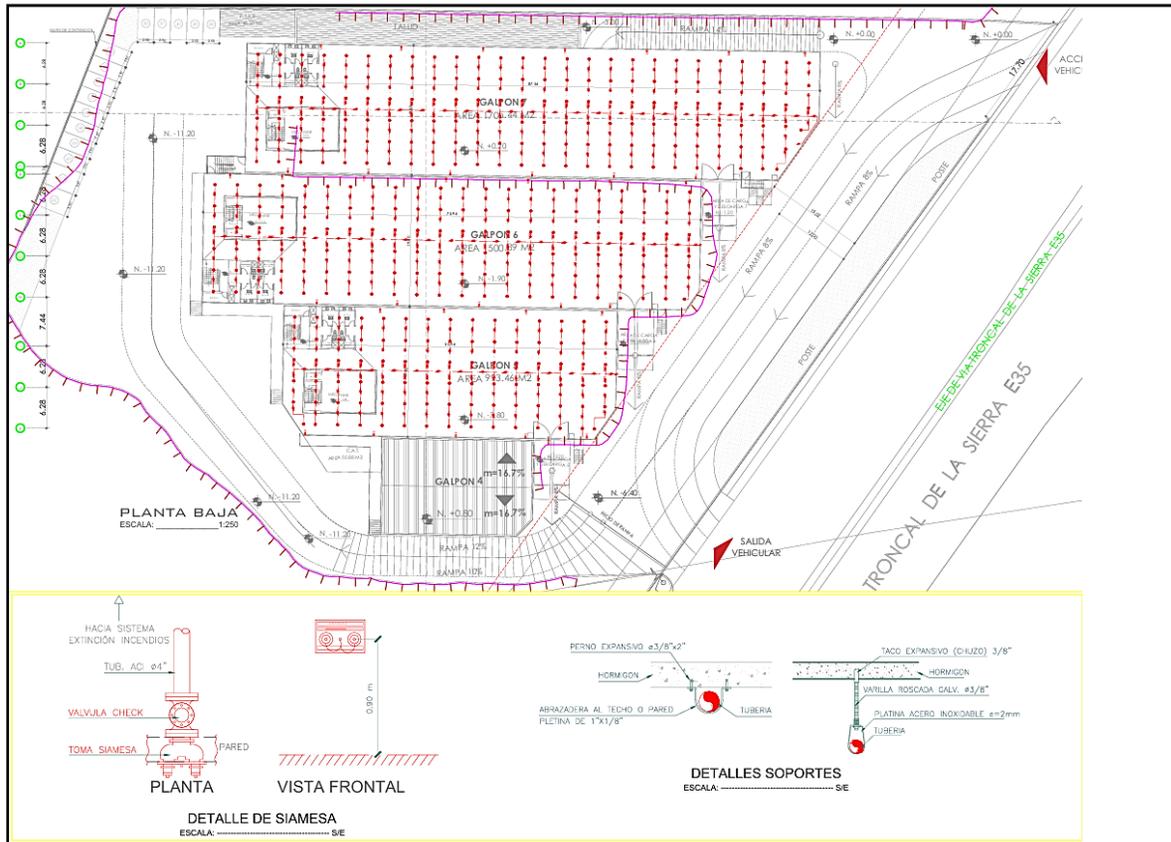
El saneamiento de aguas residuales está diseñado para garantizar una evacuación rápida y confiable según las regulaciones modernas de servicio sanitario y sostenibilidad. Los sistemas residuales de aguas lluvias y aguas negras son paralelos con el fin de ser reutilizados a través de

una plantade purificación. Esto significa que las aguas residuales pueden ser tratadas de manera segura y sostenible, sin comprometer la seguridad de los trabajadores y el medio ambiente.

La Figura 7 muestra la distribución de la red hidrosanitaria.

Figura 7

Distribución Hidrosanitaria 2D



Nota. Adaptado de *Planos Hidrosanitarios*, PROASIN - ARQUITECTOS PIM S.A.S, Lámina 3, Ing. Diana Abata,2017.

Por otro lado, el proyecto presenta un sistema contra incendios que ofrece una importante red de seguridad al galpón. Estos sistemas están compuestos por tuberías, bombas de presión y rociadores que se ubican en áreas estratégicas del edificio, brindando una respuesta rápida en caso de un accidente.

Modelo Eléctrico en 2D

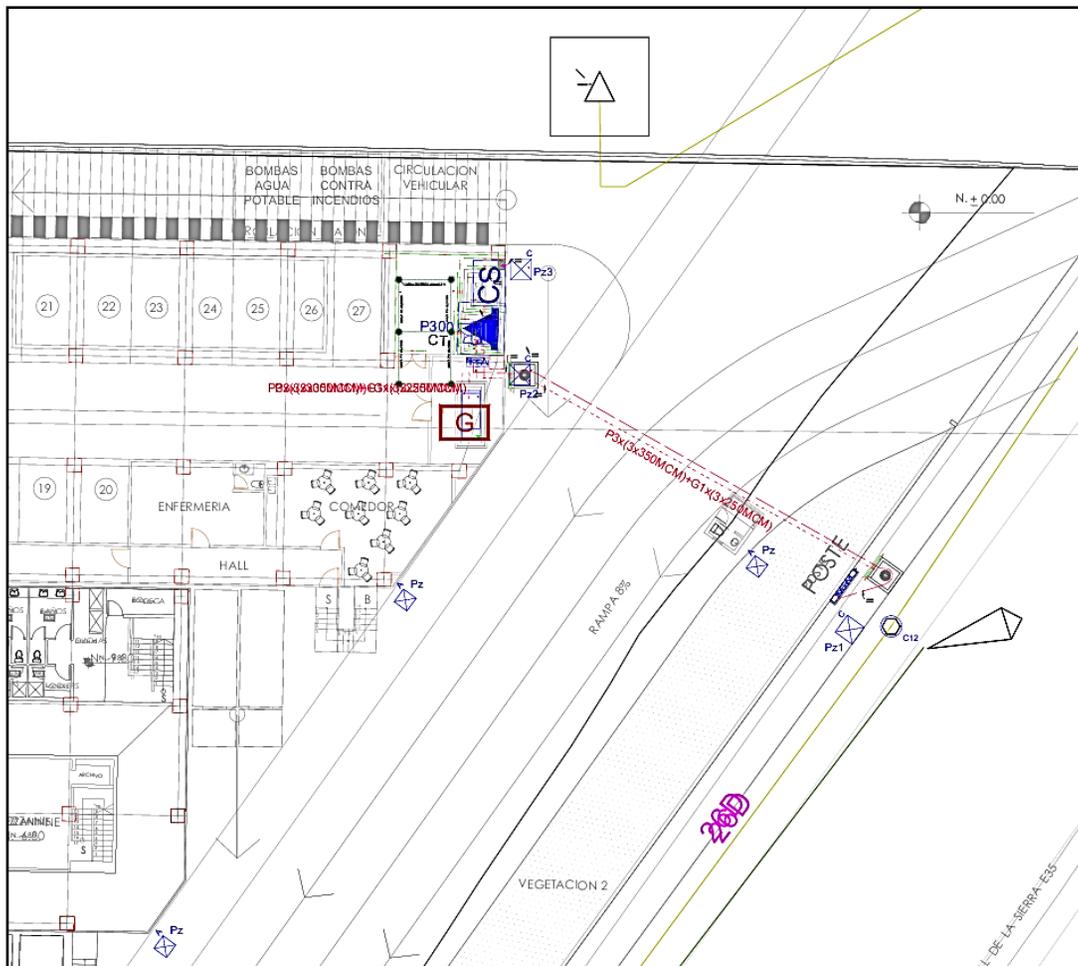
Se configura un suministro eléctrico confiable y estable para la instalación eléctrica de los galpones industriales conocidos como "El Inga" con requisitos de carga industrial. El servicio eléctrico central de energía que alimenta al galpón y áreas exteriores de todo el complejo. La iluminación pública proporciona una iluminación segura en los puntos de acceso y tránsito.

Así, cada nave industrial ha colocado una rejilla de luminarias que conforman la iluminación general del lugar, tomas de corriente convencionales para el trabajo diario de equipos eléctricos sencillos y tomas especiales para maquinaria y equipos industriales con alto consumo de energía. Este diseño permite flexibilidad y eficiencia en el uso de energía para operaciones industriales.

Además, el cuarto de máquinas alberga un generador de respaldo, junto con tableros de transferencia automática, asegurando la continuidad del suministro eléctrico en caso de interrupciones. Como se muestra en la figura 8. Este modelo eléctrico responde a las necesidades de un ambiente industrial moderno, garantizando tanto la seguridad como la funcionalidad operativa en todo momento.

Figura 8

Interconexión Eléctrica 2D.



Nota. Adaptado de los *Planos Eléctricos*, VHP, lámina 4, Ing. Víctor Paucar, 2017.

Modelo paramétrico

Es el proceso de crear una representación digital tridimensional de un proyecto a construirse utilizando herramientas paramétricas. Esto nos permite diseñar, visualizar y coordinar todos los elementos del proyecto en un entorno integrado, donde los cambios realizados en una parte del modelo se actualizan automáticamente en todas las vistas y documentos asociados.

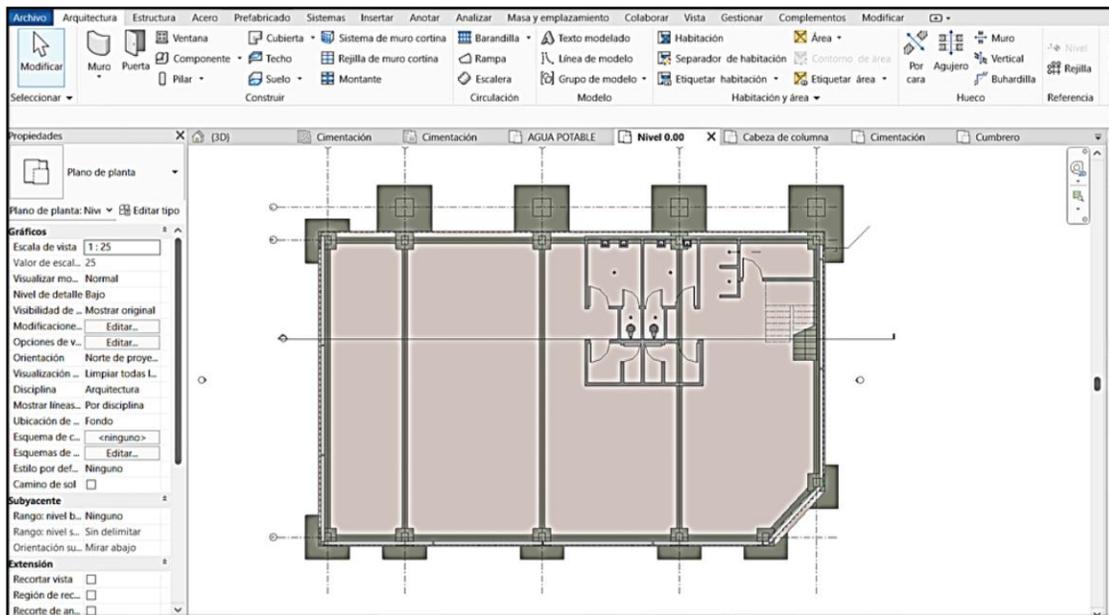
Cabe señalar que la metodología BIM no se limita solo a la representación tridimensional de un proyecto, es un repositorio de datos integrados que almacenan información detallada de cada elemento a diseñar, cada componente del modelo contiene atributos paramétricos que incluyen

propiedades físicas, funcionales y de gestión, lo que lo convierte en una herramienta clave para todas las etapas del proyecto, desde la planificación hasta la operación.

El modelo 3D contiene información geométrica, la cual define con precisión la forma el tamaño y ubicación de los elementos, permitiendo una visualización detallada. Además, cada componente tiene datos sobre los materiales como las resistencias y costos. También se incluyen datos funcionales, como las características específicas de los elementos.

Figura 9

Modelo paramétrico del galpón 4.



Creación del modelo BIM

El modelo BIM del proyecto fue estructurado a partir de diagramas en 2D de las diferentes disciplinas. Este proceso se aplicó de manera distinta a cada especialidad en archivos exclusivos de Revit 2024 para asegurar flexibilidad y precisión en el diseño sin alcanzar la máxima capacidad del archivo.

Un entorno común de datos (CDE) es un espacio digital centralizado que permite gestionar, almacenar y compartir información de manera eficiente en proyectos BIM. La gestión de un CDE implica estructurar la información de acuerdo con las fases del proyecto, estableciendo jerarquías claras y niveles de acceso según los roles de los usuarios. En Autodesk Docs, esto se logra mediante la creación de carpetas organizadas, donde los modelos paramétricos, planos, especificaciones y otros documentos se almacenan con control de versiones. Esto asegura que cada ingeniería pueda acceder a la información necesaria y que cualquier modificación en el modelo BIM sea rastreable y aprobada antes de ser implementada.

Un CDE facilita la interoperabilidad entre las diferentes herramientas de diseño y el análisis utilizadas en el proyecto. Al centralizar la información en una única plataforma, Autodesk Docs mejora la coordinación entre ingenierías, esto nos permite detectar de forma temprana conflictos. Esto no solo acelera los flujos de trabajo, sino que también refuerza la transparencia y el control en las diversas etapas del proyecto.

Autodesk Docs facilitó la colaboración entre equipos consolidando la comunicación y manteniendo un flujo de trabajo sincronizado. Luego, el modelo tridimensional de cada disciplina fue superpuesto en Navisworks para detectar interferencias. Esto aseguró que todos los diseños estuvieran alineados y libres de conflictos, lo que ayudó con la eficiencia y viabilidad del proyecto en sus ejecuciones.

En general, la metodología emplea un modelado colaborativo, objetivo y organizado, utilizando los beneficios de BIM para realizar un diseño completo y coordinado. Durante esta etapa, se generó un modelo tridimensional 3D del galpón industrial con las herramientas de Modelado de Información de Construcción BIM seleccionadas.

Descripción de los modelos

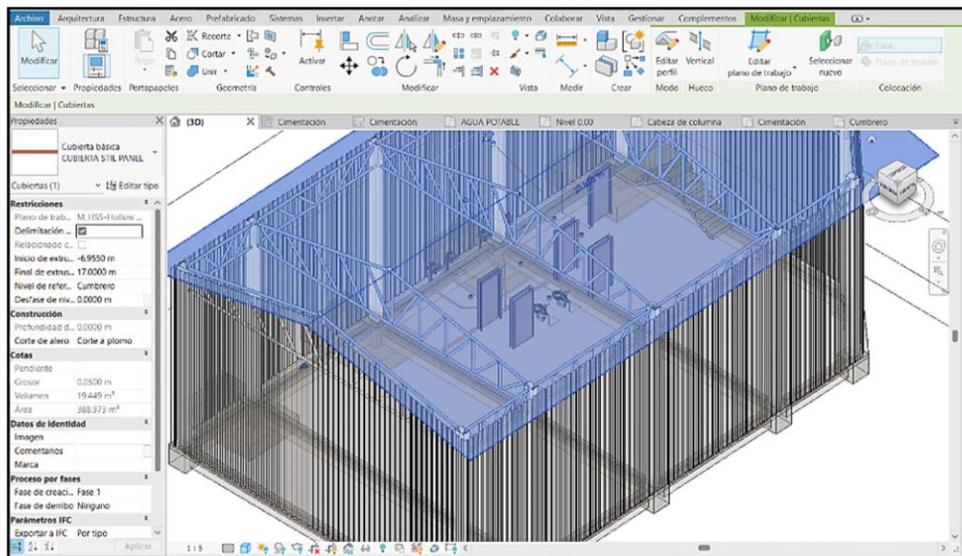
En Revit los distintos modelos que intervienen en un proyecto son arquitectónicos, estructurales, sanitarios y eléctricos se desarrollan como elementos integrados dentro de un entorno paramétrico que permite la interoperabilidad y la coordinación entre ingenierías. Cada uno de ellos se gestiona como un subsistema especializado dentro de un modelo maestro BIM

Modelo Arquitectónico en Revit

El modelo arquitectónico consiste en establecer las plantillas de trabajo a utilizar que respondan a los requerimientos específicos del proyecto, a través de las mismas se generan los elementos básicos utilizando las herramientas paramétricas del software, con toda esta información se llega a generar plantas, alzados, secciones, así como toda la documentación técnica. Todo esto vinculado directamente al modelado 3D. Modelado arquitectónico tal como se muestra en la siguiente figura 10.

Figura 10

Modelado Arquitectónico con Revit en 3D.

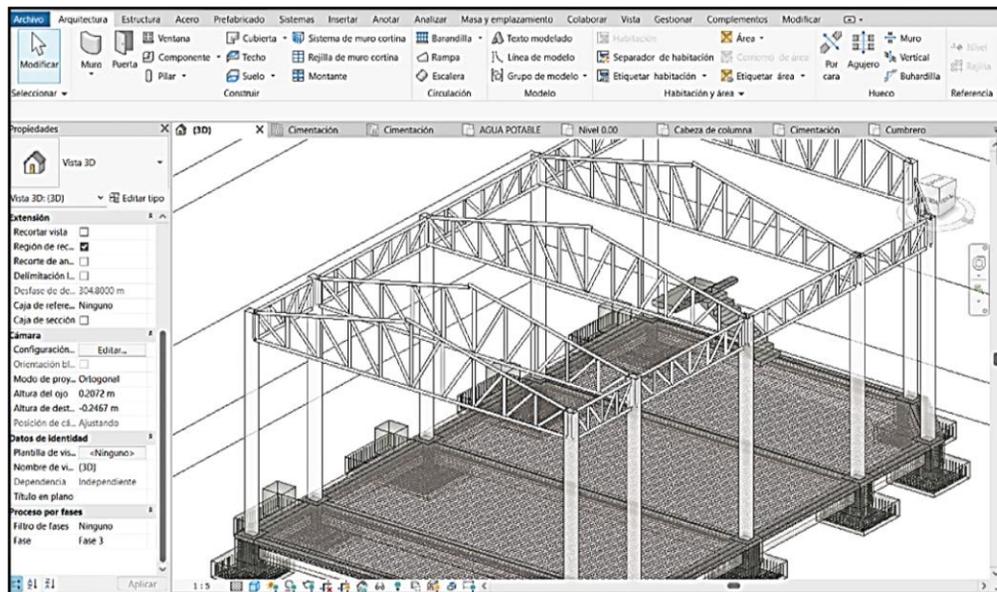


Modelo Estructural en Revit

Se centra en los elementos portantes del edificio como son las columnas, las vigas, losas y cimentaciones, los elementos estructurales se modelan utilizando familias paramétricas que consideran materiales, cargas y conexiones asegurando que el diseño cumpla con normativas y estándares de resistencia. Para el modelado estructural se aplicará un LOD 350. cómo se detalla en la figura 11.

Figura 11

Modelado de la Estructura en 3D.



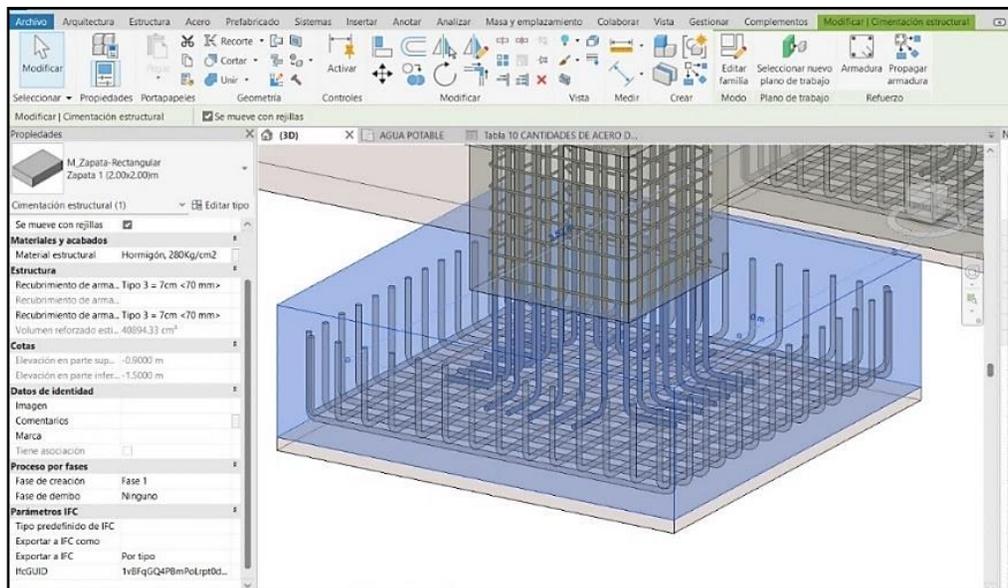
Descripción del LOD 350, en la estructura

Para determinar un LOD 350 en la estructura del hormigón armado entre una zapata de cimentación y la columna, tal como se ilustra en la figura 12, el modelado se caracteriza por una representación geométrica precisa que detalla las dimensiones exactas de cada elemento. Se incluyen los refuerzos de acero con especificación de sus propiedades como, grado, límite de fluencia, diámetros de las varillas y longitudes de corte. Además, se define la resistencia del

hormigón (F'c) de 280 kg/cm², junto con los recubrimientos mínimos requeridos, garantizando el cumplimiento de las normativas y estándares aplicables.

Figura 12

Nivel de Detalle de la Estructura Hormigón Armado.



Revit Ingeniería MEP

Revit ofrece herramientas especializadas para el diseño y modelado de sistemas mecánicos, eléctricos y de plomería (MEP), asegurando su correcta integración con el diseño del edificio. Facilita la coordinación y comunicación del diseño en un único modelo, posibilitando simulaciones y la detección de interferencias durante el proceso de diseño, y brindando una documentación completa de los sistemas.

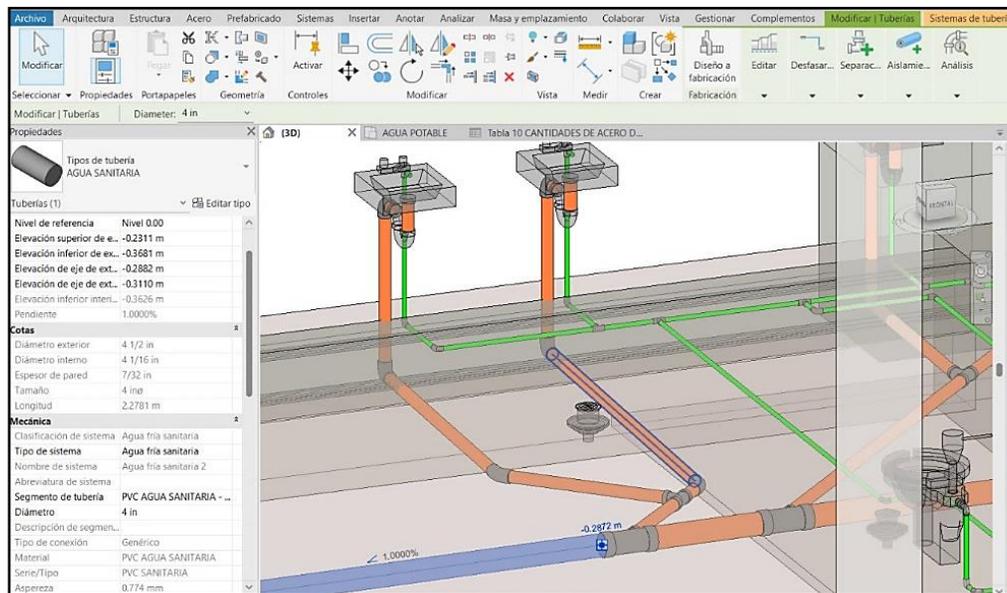
Modelo Hidrosanitario en Revit

Las tuberías de desagüe se instalan con pendientes adecuadas para asegurar un flujo eficiente de aguas residuales. En el diseño de la red hidrosanitaria se tienen en cuenta los niveles del terreno para una correcta gestión de aguas residuales y químicas. Para el modelado

hidrosanitario se aplicará un LOD 300. En la figura 13 se identifican las tuberías de sistema hidrosanitario.

Figura 13

Modelado de las Instalaciones Hidrosanitarias en 3D.



Al identificar las tuberías de desagüe, se determina que son de diferentes diámetros (4", 3" y 2") pulgadas fabricadas en PVC.

Exportación de Modelos 3D en Revit a Navisworks

Una vez realizado los modelos 3D en REVID de las diferentes ingenierías que intervienen en este proyecto, donde coexisten múltiples instalaciones estructurales y de servicios como sistemas de ventilación, electricidad, tuberías, y elementos estructurales, en cuanto a la exportación a Navisworks, este software permite visualizar no solo el modelo 3D, sino también las propiedades asociadas a cada elemento. Es fundamental que los datos del modelo se integren correctamente para asegurar una visualización precisa y efectiva en Navisworks.

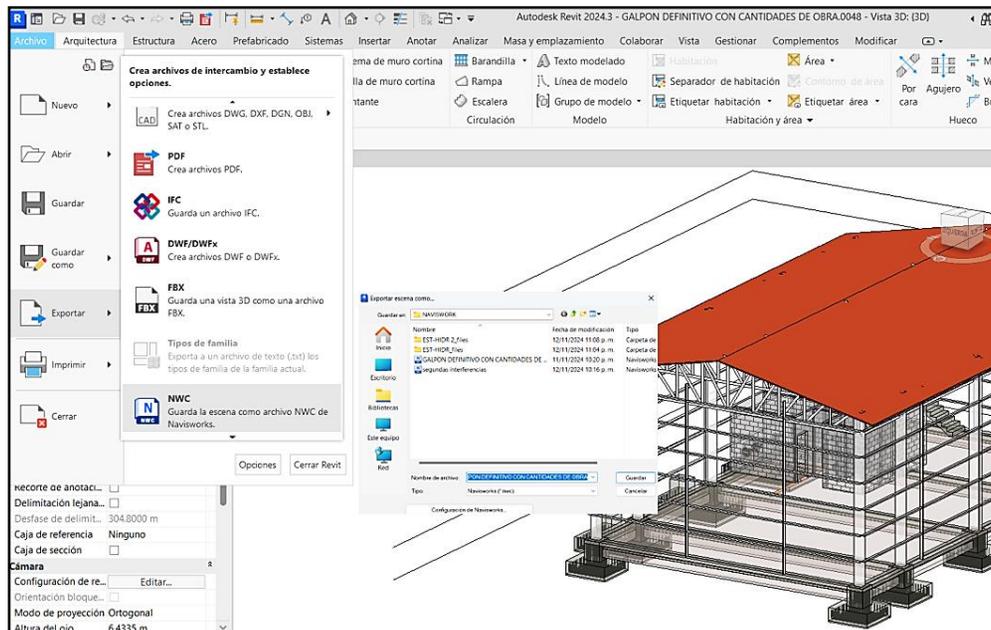
Una de las herramientas principales del Navisworks es el clash detection, mediante el cual, el modelo BIM permite simular y detectar anticipadamente posibles interferencias entre

estas instalaciones, que de otro modo solo se identificarían durante la construcción. Esto es fundamental en galpones industriales, donde la precisión en la ubicación de las estructuras y servicios es crucial para garantizar la funcionalidad y seguridad del espacio.

En nuestro caso de estudio, se exporto los modelos de cada disciplina en formato NWC para luego importar a Navisworks como se observa en la figura 14, lo que facilitó una coordinación integral entre arquitectura, estructuras, sistemas eléctricos, mecánicos, hidrosanitarios, niveles del terreno y estructuras de soporte, todos esenciales en el diseño y construcción de un galpón industrial. La integración de estos modelos en una vista unificada nos permitió detectar interferencias entre las diferentes disciplinas que pudieron ser revisadas antes de la fase de construcción, de esta manera se hubiese optimizado los tiempos y reduciendo el costo del proyecto.

Figura 14

Exportación de Datos al Navisworks.



Detección de Conflictos en Navisworks

Para exportar un modelo desde Revit a Navisworks y ejecutar una detección de conflictos con la herramienta Clash detección, es fundamental asegurarse de que todos los elementos estén correctamente modelados y clasificados según sus disciplinas, (arquitectura, estructura, MEP), esto garantiza la coherencia de los datos exportados.

El primer paso es convertir los modelos a formatos compatibles como NWC, NWD, DWG, utilizando la herramienta de exportación en Revit. Una vez exportados los archivos se abren en Navisworks, donde se procede a utilizar la herramienta Clash detection.

En esta herramienta se selecciona las disciplinas específicas que se desean analizar para detectar conflictos como arquitectura vs. MEP o estructura vs. MEP. Es crucial configurar parámetros de control, incluyendo la distancia mínima permitida entre los elementos, para nuestro caso de estudio el rango de tolerancia fue de 20 mm, que le consideramos adecuado para garantizar una precisión efectiva.

Con las configuraciones listas, se ejecuta el análisis que genera un informe detallado de todas las interferencias encontradas. Este informe identifica las ubicaciones y los elementos en conflicto, permitiendo a los equipos resolver problemas antes de la construcción, optimizando la planificación y reduciendo costos asociados.

Figura 15

Informe de Navisworks de Conflictos Existentes.

AUTODESK® NAVISWORKS® Informe de conflictos														
Tolerancia: 0.005m														
EST-HIDR														
Conflictos: 2 Nuevo: 0 Activo: 0 Revisado: 1 Aprobado: 0 Resuelto: 1 Tipo: Estático/Aceptar														
Organ	Grupo de conflictos	Nombre de conflicto	Ubicación de rejilla	Descripción	Fecha de detección	Asignado a	Punto de conflicto	ID de elemento	Elemento 1 Elemento Nombre	Elemento Tipo	ID de elemento	Elemento 2 Elemento Nombre	Elemento Tipo	Comentarios
		RDI Revisado	M-8: Cementación	Estático	2024/11/13 03:37		x:5.430, y:6.286, z:0.266	ID de elemento: 164423	Hormigón, 280kg/cm2	Sólido	ID de elemento: 408859	PVC AGUA SANITARIA	Sólido	
	RDI Revisado	Conflicto7	M-6: LOSA MEZANINE	Estático	2024/11/13 03:37		x:6.235, y:4.596, z:0.902	ID de elemento: 260931	Metal - Acero	Sólido	ID de elemento: 412116	PVC AGUA POTABLE	Sólido	
	RDI Revisado	Conflicto11	M-8: Cementación	Estático	2024/11/13 03:37		x:6.921, y:6.295, z:0.832	ID de elemento: 164447	Hormigón, 280kg/cm2	Sólido	ID de elemento: 385460	PVC AGUA POTABLE	Sólido	
	RDI Revisado	Conflicto6	M-9: Cementación	Estático	2024/11/13 03:37		x:12.817, y:4.410, z:0.332	ID de elemento: 136683	Hormigón, 280kg/cm2	Sólido	ID de elemento: 412030	PVC AGUA POTABLE	Sólido	
	RDI Revisado	Conflicto2	M-8: Cementación	Estático	2024/11/13 03:37	Especialista de estructuras	x:5.430, y:6.286, z:0.266	ID de elemento: 164423	Hormigón, 280kg/cm2	Sólido	ID de elemento: 408859	PVC AGUA SANITARIA	Sólido	<p>#1 - Crislan - 2024/11/13 03:49 RDI No1 Se identifica interferencia entre cadena estructural y tuberías hidrosanitarias. Se requiere autorización para generar la pasada o en su defecto indicar como proceder.</p> <p>#0 - Crislan - 2024/11/13 03:50 Asignado a Especialista de estructuras.</p>

Coordinación de conflictos (Clash Detection)

Este análisis se realiza principalmente para buscar que no existan interferencias o "choques" entre los diversos sistemas que forman la estructura del galpón industrial como estructuras, sistemas hidrosanitarios, sistemas de protección contra incendios, conexiones de sujeción entre las placas de anclaje y columnas de la estructura. Algunos de los conflictos detectados fueron: conflicto de tuberías contra elementos estructurales; instalaciones con pendientes mayores que el límite inferior de las cajas de inspección; y conflictos en la ubicación de aparatos sanitarios.

Para aumentar la precisión al determinar si había choques presentes, se permitió una tolerancia de 2 cm durante la detección de interferencias; un valor suficiente para asegurar que choques que no necesitaran ser corregidos en el sitio junto con otros choques dimensionales no resulten en una advertencia. De esta manera, se lograron filtrar solo aquellos choques relevantes para el análisis, es decir, aquellos que superan los 20mm y representan un obstáculo real en la fase de construcción. El análisis de interferencias se llevó a cabo entre las siguientes combinaciones de disciplinas;

- Estructura – Estructura.

- Estructura – Hidrosanitario.
- Estructura – Sistema Contra Incendios.
- Eléctrico – Sistema de Ventilación.
- Mobiliario - Salidas de Emergencia.

Una vez ejecutado el análisis de interferencias en Navisworks, fue necesario realizar un proceso de depuración para asegurar que cada interferencia identificada representara un problema real en la obra. Este proceso de depuración implica revisar cada alerta generada, dado que no todas las interferencias detectadas son válidas o requieren ajuste; algunas son interferencias temporales o inevitables, como los cruces de tuberías sanitarias con cimentaciones o bajantes que se encuentran en las losas de entrepiso. De este modo, solo se consideran para corrección aquellas interferencias que efectivamente representan un obstáculo físico y funcional en la construcción del galpón industrial, a continuación, se da un resumen de los conflictos obtenidos del informe de Navisworks según la tabla 3.

Tabla 3*Resumen de los Conflictos e Interferencias Realizadas.*

No.	Interferencia Detectada	Conflictos	Ubicación	Descripción del Conflicto	Nivel de Criticidad	Estado	Resueltos
1	Estructura vs. Estructura				Alta		
2	Estructura vs. Tuberías Contra Incendios	84	Galpones 1,2,3	Las tuberías cruzan las vigas, estructurales principales, obstruyendo el paso y poniendo en riesgo la integridad de las vigas.	Alta	En Proceso	60
3	Sistema Eléctrico vs. Ductos de Ventilación	26	Zona de oficina	El cableado eléctrico se cruza con el ducto de ventilación en una zona de paso, afectando el acceso y generando riesgo de interferencia funcional.	Media	Resuelto	26
4	Estructura vs. Hidrosanitario	240	Galpones 1,2,3 y 4	Las tuberías hidrosanitarias están ubicadas muy cerca de las columnas estructurales o cruzan por vigas y zapatas de cimentación.	Alta	En Proceso	195
5	Mobiliario vs. Salidas de Emergencia	12	Zona administrativa	La disposición del mobiliario bloquea parcialmente las salidas de emergencia.	Media	Resuelto	12
	Total	362					293

Nota. Esta tabla se realizó como un resumen que incluye número de interferencia para facilitar el seguimiento de las interferencias y conflictos detectados.

Interferencias entre Estructura y el Sistema Hidrosanitario

Durante el proceso de revisión con Clash Detection y la coordinación en Navisworks se identificaron interferencias entre la estructura y el sistema hidrosanitario. Estos conflictos representan puntos críticos que, de no resolverse, podrían afectar tanto la eficiencia de las instalaciones como la integridad estructural del proyecto. Un ejemplo de las interferencias detectadas se presenta en la figura 15 y 16.

Figura 16

Conflicto entre la Cadena de Amare y el Recolector PVC 4".

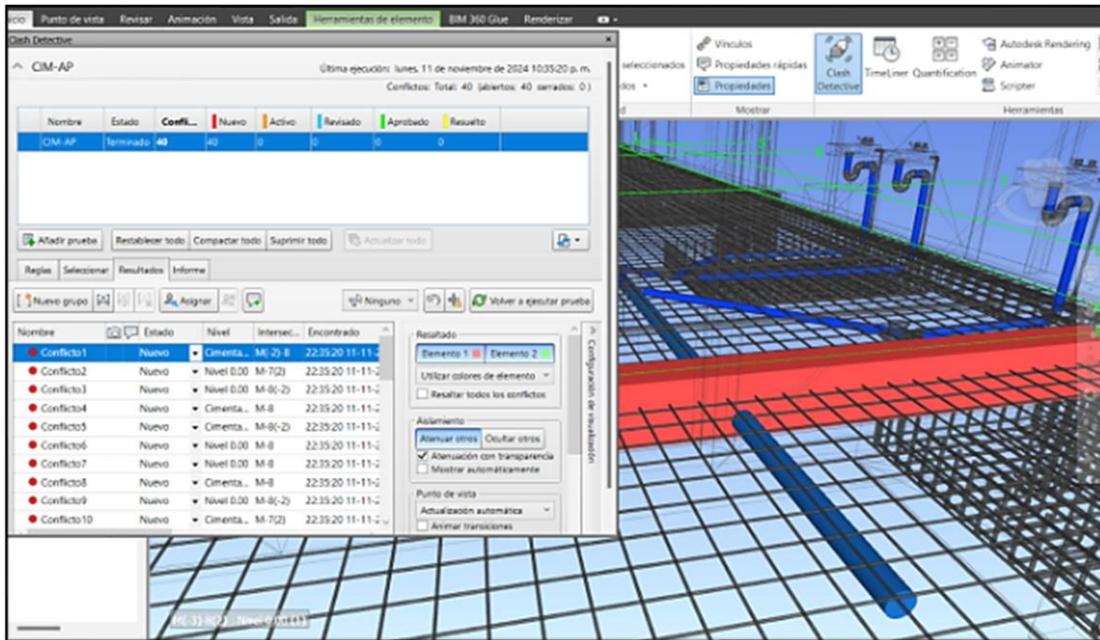
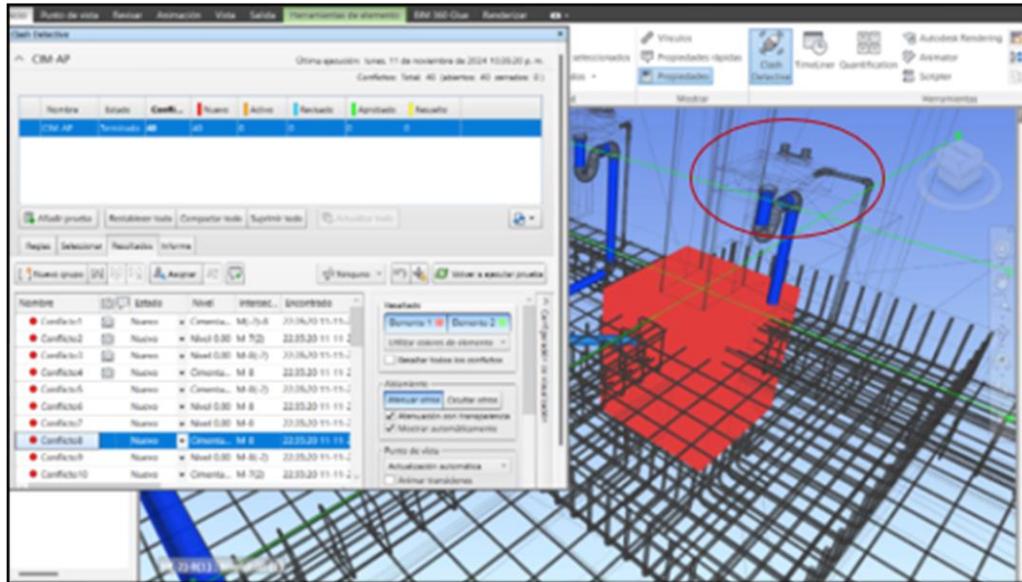


Figura 17

Conflicto entre la Columna, Macizado y Tubería PVC 2".



Nota. Se identifican tuberías hidrosanitarias de (4" y 2") pulgadas, que cruzan por vigas y zapatas de cimentación de igual forma, piezas sanitarias mal ubicadas.

Interferencias entre Estructura y Aparatos Sanitarios

Durante la revisión del modelo, se identificó la ubicación de varios aparatos sanitarios como, inodoros y lavamanos que coincide parcialmente con la posición de las columnas. Esto provoca que el espacio necesario para la instalación de las pizas sanitarias y su conexión a la red sanitaria esté obstruido por la columna, impidiendo la correcta instalación y funcionalidad del aparato sanitario. Para resolver esta interferencia, se recomienda cambiar la ubicación de los elementos en conflicto, siempre que la integridad estructural no se vea comprometida. Tal como se marca en la figura 16.

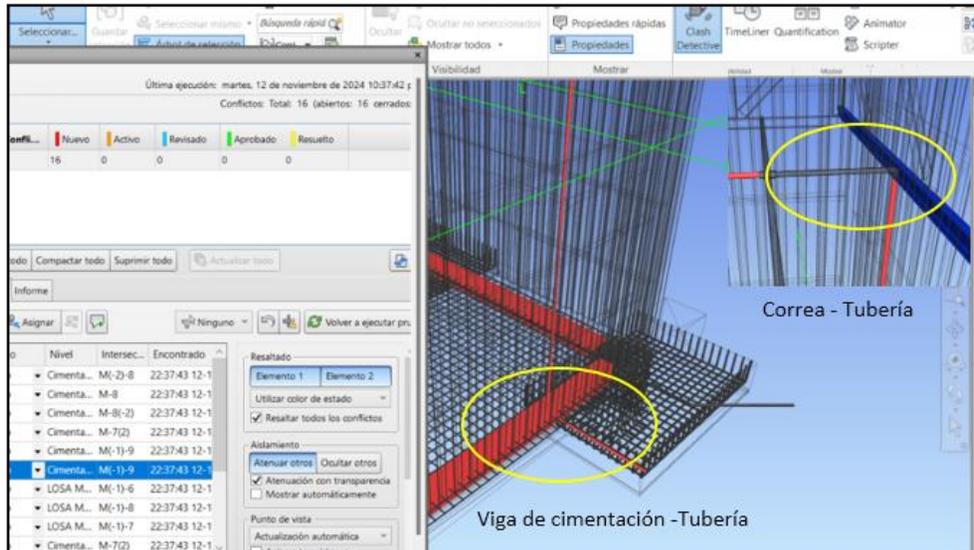
Interferencias entre Estructura y el Sistema Contra Incendios

De manera similar, al continuar revisando nuestro modelo, se identifican 84 puntos de interferencia donde las tuberías del sistema contra incendios atraviesan o se encuentran demasiado cercanas a las vigas estructurales principales del galpón. Esta interferencia no solo complica la instalación de las tuberías, sino que también puede comprometer la integridad estructural de las

vigas al requerir perforaciones o modificaciones en las mismas. La proximidad inadecuada entre las tuberías y las vigas puede dificultar el acceso para el mantenimiento y las reparaciones, como se detalla en la figura 18.

Figura 18

Conflicto entre la Estructura y Tubería Contra Incendios.



Resolución de Conflictos (Clash Detection)

Tras identificar los conflictos en Navisworks, se generó un reporte detallado que prioriza y categoriza cada interferencia según su criticidad, ayudando a los equipos de diseño a abordar los problemas más relevantes de forma ordenada. El informe proporcionado por Navisworks se puede observar en la figura 15.

Los conflictos se exportan a Revit mediante formatos compatibles como NWD o XML, y herramientas de sincronización como BIM 360 permiten que los modeladores en Revit accedan directamente a la información desde su entorno de trabajo. Esto facilita la visualización y comprensión de los conflictos detectados, y permite realizar ajustes en tiempo real. Los

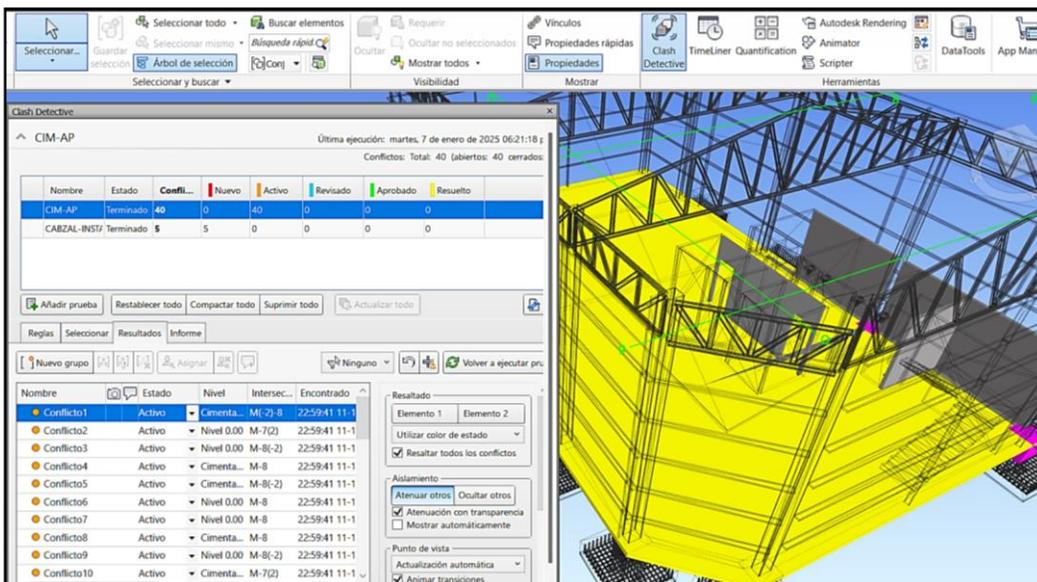
modeladores pueden desplazar elementos, rediseñar componentes o ajustar trayectorias de ductos y tuberías sin comprometer la funcionalidad del proyecto.

Una vez realizado los ajustes en Revit, el modelo se lo vuelve a exportar a Navisworks para una nueva ronda de Clash detection. Este proceso interactivo continúa hasta que se eliminen las interferencias críticas, garantizando que el modelo esté completamente coordinado antes de iniciar la fase de construcción.

Después de realizar la primera detección de conflictos, se llevaron a cabo tres análisis adicionales utilizando la herramienta de Clash Detection. Como resultado, se identificó un total de 362 conflictos, de los cuales 293 corresponden a interferencias específicas entre disciplinas o elementos estructurales y los 69 conflictos restantes de menor importancia ya fueron resueltos al momento de realizar la primera revisión. En la siguiente figura 19 se puede observar que ya no existen interferencias.

Figura 19

Resolución de conflictos al 100%



Estructura vs. Tuberías Contra Incendios. En los galpones 1, 2 y 3, se detectaron 84 conflictos, donde las tuberías cruzan vigas estructurales, afectando su integridad. Este problema, clasificado como crítico, está en proceso de resolución, con 60 interferencias resueltas al realizar el primer análisis de detección de conflictos, para subsanar las restantes se debe realizar un segundo análisis.

Sistema Eléctrico vs. Ductos de Ventilación. En la zona de oficinas, se registraron 26 conflictos por el cruce entre las tuberías y canaletas del sistema eléctrico y ductos de ventilación, generando problemas funcionales. Este caso, de criticidad media, ya fue resuelto.

Estructura vs. Hidrosanitario. En los galpones 1, 2, 3 y 4 se identificaron 240 conflictos relacionados con la ubicación inadecuada de tuberías hidrosanitarias, las cuales afectaban elementos estructurales como columnas, vigas y zapatas de cimentación. Para abordar este problema, se resolvieron 195 interferencias en el modelo, logrando una solución del 80% el 20% restante de conflictos fueron resueltos ya que estaban dentro del rango establecido en Clash detection..

Mobiliario vs. Salidas de Emergencia. En la zona administrativa, se reportaron 12 conflictos por muebles que obstruyen salidas de emergencia. Este problema, de criticidad media, ya fue resuelto.

En resumen, el 70% de los conflictos críticos se han solucionado mediante ajustes adecuados en el diseño, especialmente en los relacionados con la estructura y los sistemas hidrosanitarios. Asimismo, el 30% restante corresponde a interferencias de menor gravedad, las cuales ya han sido resueltas al encontrarse dentro del margen de tolerancia establecido según los criterios de coordinación de conflictos (clash detection).

Capítulo IV

Resultados

Los resultados de esta investigación demostraron que a través de la metodología tradicional si es factible la adopción a BIM, al proporcionar pasos claros y definidos para integrar tecnologías y procesos digitales en el flujo de trabajo. La implementación de BIM no solo optimizó la planificación y la coordinación, sino que también mejoró la ejecución del proyecto, reduciendo conflictos y promoviendo una mayor eficiencia en el proceso constructivo.

Al desarrollar una metodología de transición del método convencional de construcción a un modelado de información BIM. Se incluye etapas claves para la efectividad de la transición como son la capacitación del personal para el uso adecuado de las herramientas BIM, otro punto importante es la selección del software adecuado en este caso el Revit y el Navisworks que agilitan el diseño de los modelos, además se implementó un entorno común de datos CDE para centralizar la información.

De qué manera BIM mejora la coordinación entre los equipos de trabajo. La metodología BIM mejora la comunicación de una forma centralizada entre todos los equipos de trabajo, fomenta una cultura colaborativa, al tener las facilidades de interactuar y coordinar entre todos los involucrados de un proyecto. Esto incluye la posibilidad de realizar reuniones virtuales donde cada equipo de trabajo puede revisar conjuntamente el modelo, identificando problemas y realizando cambios en tiempo real. Estas actualizaciones automáticas eliminan la fragmentación de la información asegurando que todos trabajen con datos consistentes y actualizados. Además, BIM integra el CDE, lo que permite a cualquier profesional involucrado en el proyecto a tener acceso al modelo en cualquier lugar y en cualquier momento. Para mayor detalle se lo puede observar en la siguiente tabla

Tabla 4*Comparación de las Mejoras de la metodología tradicional a BIM.*

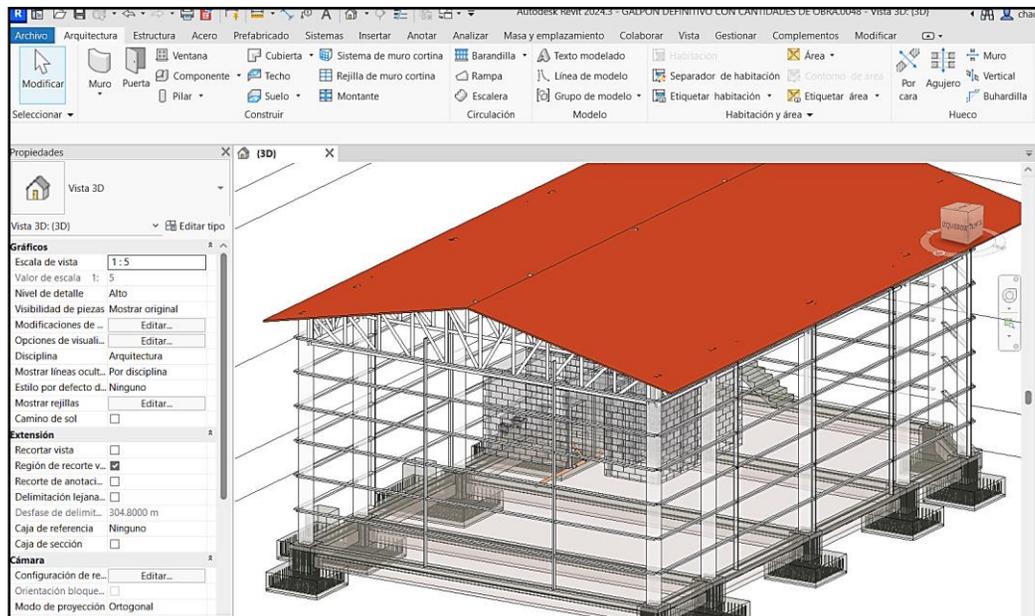
Aspecto	Metodología Tradicional	Metodología BIM
Gestión de Información	Información fragmentada y dispersa en diferentes formatos y disciplinas.	Información centralizada en un modelo único, accesible y actualizado en tiempo real.
Colaboración entre Equipos	Comunicación limitada y asincrónica; uso de correos y reuniones físicas.	Colaboración en tiempo real mediante plataformas como Autodesk BIM 360 y entornos CDE.
Toma de Decisiones	Basada en datos incompletos o desactualizados, lo que genera retrasos.	Basada en datos coherentes y compartidos, agilizando el proceso de decisión.
Detección de Problemas	Identificación tardía de interferencias durante la construcción.	Detección temprana de interferencias con herramientas como Navisworks.
Reuniones y Revisión	Revisiones manuales y reuniones presenciales que consumen tiempo.	Reuniones virtuales y revisiones conjuntas del modelo, optimizando tiempo y recursos.
Errores y Retrabajos	Alta incidencia de errores y modificaciones en obra.	Reducción significativa de errores y retrabajos gracias a la coordinación previa.
Confianza entre Equipos	Comunicación deficiente genera conflictos y desconfianza.	Comunicación fluida y transparente que fortalece la confianza y el trabajo en equipo.

Para la validación de la efectividad del modelo BIM en galpones industriales. Se requiere de la elaboración de un modelo paramétrico detallado en Autodesk Revit, desarrollado a partir de planos 2D convencionales. Este modelo debe incluir información precisa y estructurada que permita una representación tridimensional completa. Además, se incorpora la simulación del proceso constructivo, utilizando herramientas de análisis y planificación para evaluar la secuencia de actividades, optimizar el uso de recursos, como los materiales, tiempo y mano de obra. Este enfoque proporciona una base técnica y sólida para analizar y mejorar los procesos constructivos

en este tipo de proyectos. En la siguiente figura 20. Se muestra nuestro modelo paramétrico del galpón 4.

Figura 20

Modelo Paramétrico en Revit.



Revit para la Resolución de Conflictos

Autodesk Revit permite integrar diversas ingenierías en un modelo paramétrico que facilita la detección de interferencias entre elementos como estructuras y los diferentes sistemas de instalaciones. Ya que Revit tiene la capacidad de identifica conflictos dentro del modelo, la herramienta complementaria Navisworks realiza un análisis detallado generando informes para que los equipos de trabajo pueden revisar y resolver antes de la ejecución del proyecto.

Solución de interferencia entre Estructura y Sistema Hidrosanitario

Al realizar la detección de colisiones, se identificó un área de preocupación que probablemente se convertiría en una interferencia crítica si no se resolvía, donde un colector de 4" colisiona con el sistema estructural en una viga de amarre (área de soporte). Simplemente moviendo el nivel del colector se encontró que era la solución más sencilla para esta interferencia

sin afectar el funcionamiento de ninguno de los sistemas. Para resolver el problema, el colector se baja 10 cm por debajo de la viga de amarre, asegurando que el sistema se instala sin interferencias con la integridad estructural ni cambios en el flujo hidráulico. Se coordina con las disciplinas de estructura e instalaciones para confirmar que el ajuste no impacta otros elementos del proyecto y que cumple con las especificaciones y normas técnicas aplicables. Este cambio se reflejará en el modelo BIM actualizado para asegurar que se ejecute correctamente en el sitio y para evitar futuros conflictos. Como se muestra en la figura 21 y 22.

Figura 21

Solución de Interferencia de la Estructura y el Sistema Hidrosanitario.

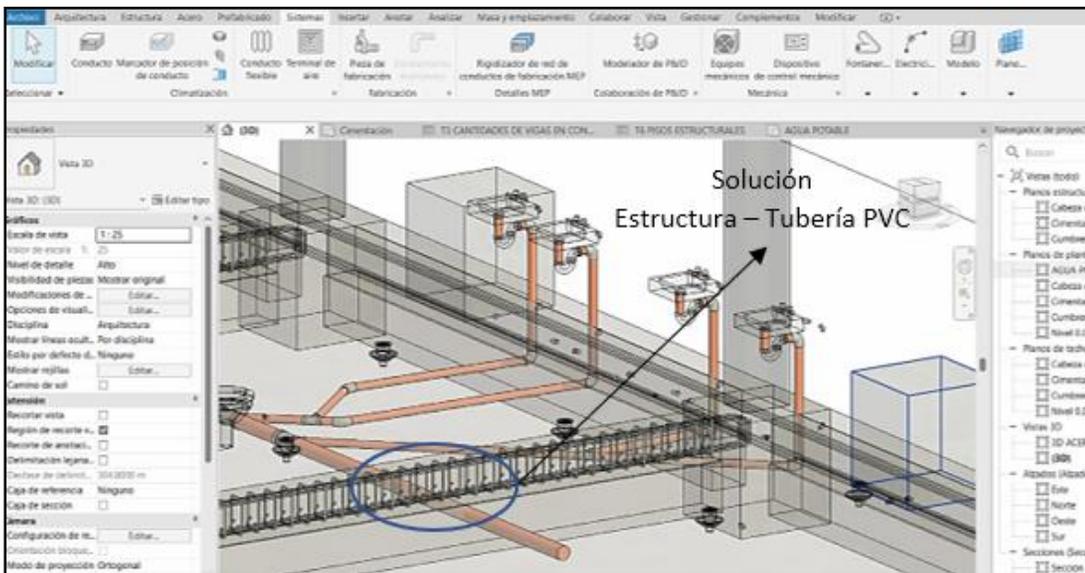
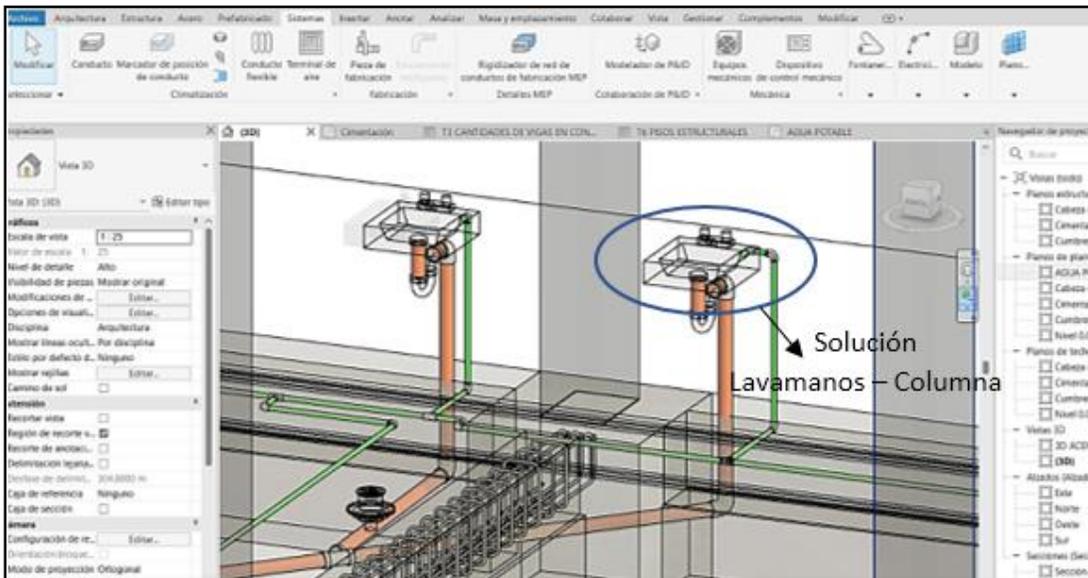


Figura 22

Solución Interferencia, Lavamanos Columna.

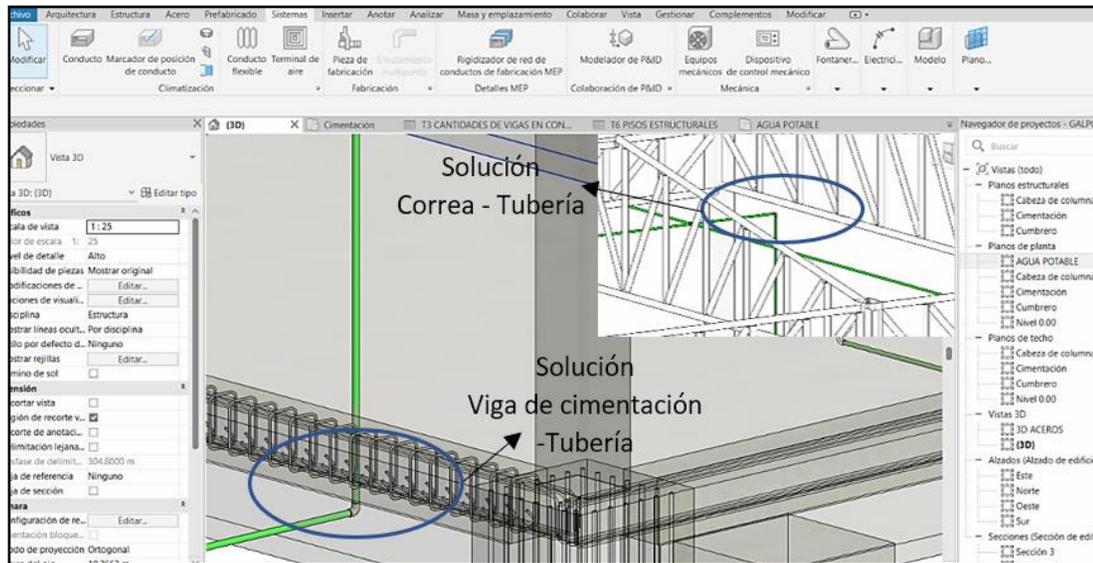


Solución interferencia entre Estructura y el Sistema Contra Incendios

Se detectaron dos interferencias clave entre la tubería del sistema contra incendios y los elementos estructurales: la primera donde la tubería matriz atraviesa la cadena de amarre y la segunda en la columna de agua, que entra en conflicto con las vigas metálicas. Para resolver estas dos interferencias de manera eficiente, se optó por ajustar la cota de la tubería matriz, bajándola para que pase por debajo de la cadena de amarre. Además, se modificó la cota de la columna de agua, colocándola por debajo de las cerchas metálicas, asegurando así que no interfiera con las vigas y permitiendo una instalación sin inconvenientes. Como se muestra en la figura 21.

Figura 23

Solución Interferencia, Estructura y Tubería Contra Incendios.



Comparación Económica entre la metodología Tradicional y Modelado BIM

Al determinar el análisis de interferencias, es fundamental considerar tanto las correcciones preventivas en la etapa de diseño como aquellas interferencias menores que puedan surgir durante la ejecución del proyecto. De esta manera, se debe tener en cuenta los costos asociados al proyecto, como son las cuantías de acero, volúmenes de hormigón, sistemas de tuberías, mano de obra y los ajustes en el cronograma de trabajo. Todos estos factores son clave para garantizar una transición exitosa de un sistema de construcción tradicional a un modelo BIM.

Para establecer los valores referenciales en nuestro caso de estudio, se utiliza como ejemplo la reproducción del modelo paramétrico del galpón 4 haciendo énfasis en los conflictos más específicos identificados durante el análisis. Esto nos permite realizar una comparación de costos entre el método convencional de construcción y el modelo BIM, proporcionando una base de datos, para evaluar las ventajas económicas y operativas en proceso de transición.

Análisis del Costo del Modelado 3D en Revit

El costo del modelado 3 D en Autodesk Revit está determinado por los siguientes factores: como la adquisición de licencias del software, la capacitación del personal y la infraestructura tecnológica avanzada necesaria, incluyendo equipos como computadoras con alto rendimiento. También incluye los costos laborales asociados al tiempo de modelado. Dependiendo de la complejidad del proyecto y el nivel de detalle requerido. Así como gastos indirectos relacionados con almacenamiento en la red, licencias complementarias y actualizaciones del software. Estos elementos conforman el marco económico necesario para implementar el modelado en proyectos constructivos.

Costo del Software. El valor comercial de las licencias de Revit y Navisworks asciende a \$2,800 anuales, este valor fue investigado a través de los proveedores de Autodesk. (como ya se mencionó anterior mente para realizar nuestra investigación se utiliza las licencias educativas), entonces se asumen los costos de modelado de la siguiente manera:

Uso Diario. Se proyecta un uso de 8 horas diarias, excluyendo los días de fin de semana.

$$Uso\ del\ software = \frac{Costo\ del\ software}{(días\ laborables * horas\ de\ uso)}$$

$$Uso\ del\ software = \frac{\$ 2,800}{(262 * 8)}$$

$$Uso\ del\ software = 1.34 \$/hora$$

El valor del uso del software estará determinado por la cantidad de días laborables considerados y las horas efectivas de trabajo.

Costo del profesional. Se asume un valor mensual de US\$ 2,500 para un modelador BIM, El cálculo del valor de la hora de trabajo en Ecuador se realiza dividiendo el sueldo básico del trabajador entre 30 días y luego entre 8 horas diarias.

$$\text{Costo}_{\text{hora/hombre}} = \frac{\$ 2500}{(30 * 8) \text{ horas}}$$

$$\text{Costo}_{\text{hora/hombre}} = \frac{\$ 2500}{240 \text{ horas}}$$

$$\text{Costo}_{\text{hora/hombre}} = \$ 10,42 / \text{hora}$$

Cálculo del Tiempo promedio para Resolución de Interferencias. Para este análisis, se considera un total de 8 horas de trabajo destinadas a identificar los conflictos e interferencias.

$$\text{Equivalente} = 8 \text{ horas} * 60 \text{ minutos/horas}$$

$$\text{Equivalente} = 480 \text{ minutos}$$

$$\text{Tiempo promedio} = \frac{480 \text{ minutos}}{362 \text{ interferencias}}$$

$$\text{Tiempo promedio} = 1.325 \text{ minutos}$$

$$\text{Resolución por Interferencia} = 1.325 \text{ minutos}$$

$$x = 45.28 \text{ interferencia / hora}$$

Donde:

x = al número de interferencias por hora

Al establecer el tiempo promedio requerido, es posible determinar el rendimiento óptimo del proceso. Esto facilita el cálculo del costo asociado a cada interferencia detectada durante el análisis de Clash Detection en Navisworks.

Costo por solución de interferencias

$$\text{Precio estimado} = \text{uso de software} * \text{Horas}$$

$$\text{Precio estimado} = \$ 11,76 / \text{hora} * 8.04 \text{ horas}$$

$$\text{Precio estimado} = \$ 94,55$$

$$\text{Precio referencial}_{interferencia} = \frac{\$ 94,55}{362}$$

$$Pr_{interf} = \$ 0,261$$

El costo total estimado del modelador, incluyendo el uso del software, asciende a US\$ 11,76 por hora. Mediante la herramienta de Clash Detection en Navisworks, se identificaron 362 conflictos. Dado que la resolución de interferencias se realiza a un ritmo de 45 conflictos por hora, se requiere un total de 8,04 horas de trabajo para abordar todos los conflictos identificados. Al multiplicar el tiempo requerido por el costo horario del modelador y el uso del software, se obtiene un costo referencial de US\$ 94,55 para la resolución de las interferencias antes de la ejecución del proyecto.

Comparación mediante cuadros de costo entre la metodología tradicional y el modelado BIM

Para hacer efectiva la transición de un método de construcción tradicional a uno de modelado en BIM, en el presente trabajo se crearon cuadros comparativos de costos entre ambas metodologías.

Como caso de estudio, se utilizó el modelo paramétrico del galpón 4 y los datos del presupuesto general del costo del proyecto. A partir de tablas de cantidades, se compararon ambos enfoques, lo que permitió identificar ciertas variaciones de cantidades entre los dos presupuestos. Este análisis facilitó una evaluación clara y detallada de las similitudes y diferencias entre las dos metodologías.

Comparación general de costos, Método Tradicional - BIM

Al realizar una comparación general entre ambos métodos, se identificó que la metodología tradicional de construcción se caracteriza por tener presupuestos fragmentados, donde las cantidades de obra se las obtiene como tradicional mente se hacía es decir luego de tener los planos en 2D se procede a cuantificar las cantidades en tablas de Excel y obtener el costo total del proyecto

sin tener en cuenta que a futuro podremos tener retrasos y retrabajos por inconsistencias entre las disciplinas.

En el caso analizado, el método tradicional presentó un costo total de US\$ 95,540.38, como se detalla en la siguiente tabla 5.

Tabla 5

Presupuesto Referencial Método Tradicional.

N°	Descripción	Uni	Cantidad Total	Precio Unitario	Precio Total
1	Replanteo manual de edificaciones	m ²	327,66	1,26	412,85
2	Excavación de plintos y cimientos	m ³	77,68	3,11	241,60
3	Hormigón en replantillo f'c = 180 Kg/cm ²	m ³	3,78	96,21	363,67
4	Hormigón en zapatas f'c = 280 Kg/cm ²	m ³	18,90	158,93	3.003,78
5	Hormigón en cabezales f'c = 280 Kg/cm ²	m ³	8,64	175,89	1.519,69
6	Relleno manual compactado con material del sitio	m ³	26,88	9,3	249,97
7	Acero de refuerzo fy = 4200Kg/cm ²	Kg	9109,804	1,48	13.482,51
8	Hormigón en cadenas f'c = 280 Kg/cm ²	m ³	9,559	158,93	1.519,21
9	Hormigón en contrapiso f'c = 280 Kg/cm ²	m ³	330,59	34,82	11.511,14
10	Acero estructural A36	Kg	14887,7093	2,32	34.539,49
11	Cubierta Steelpanel	m ²	396,708	12,5	4.958,85
12	Mampostería de bloque de 15cm	m ²	95,68	10,9	1.042,91
13	Novalosa e = 0,76 mm	m ²	72,336	14,11	1.020,66
14	Hormigón en loseta	m ³	5,78688	175,89	1.017,85
15	Pared Steelpanel incluye estructura	m ²	581,68	34,82	20.254,10
16	Hormigón en gradas	m ³	2,53	158,93	402,09
Total					95.540,38

Para realizar el presupuesto de la metodología BIM partimos desde la obtención de tablas de planificación y cantidades de obra las cuales son suministradas por el mismo programa (Revit).

Tablas de Planificación del Modelo Paramétrico en Revit

Las tablas de planificación de salida en Revit son herramientas fundamentales para extraer, organizar y analizar la información contenida en un modelo BIM. Estas tablas permiten generar

listas personalizadas de elementos del proyecto, como materiales, cantidades, áreas, costos y otros datos asociados a los componentes modelados. Como se muestra en las siguientes figuras 24 y 25.

Figura 24

Tabla de planificación cantidades de acero.

<Tabla 10 CANTIDADES DE ACERO DE REFUERZO>						
A	B	C	D	E	F	G
Marca	Diámetro de barra	Cantidad	Longitud de barra	Longitud Total	Peso / metro lineal (Kg/m)	Peso total (Kg)
ESTRIBOS CABEZAL	10 mm	99	32.43 m	291.906951	0.56	163.467893
ESTRIBOS CABEZAL: 11		99	32.43 m	291.906951		163.467893
ESTRIBOS CADENA	10 mm	660	14.36 m	677.691696	0.56	379.50735
ESTRIBOS CADENA: 14		660	14.36 m	677.691696		379.50735
LONGITUDINAL CABEZAL	13 mm	264	206.63 m	413.257071	0.994	410.777528
LONGITUDINAL CABEZAL: 132		264	206.63 m	413.257071		410.777528
LONGITUDINAL CADENA	13 mm	48	225.50 m	676.500599	0.994	672.441595
LONGITUDINAL CADENA: 16		48	225.50 m	676.500599		672.441595
MALLA CONTRAPISO	10 mm	252	616.81 m	4407.926928	0.56	2468.43908
MALLA CONTRAPISO: 35		252	616.81 m	4407.926928		2468.43908
PARILLA P1	25 mm	196	35.66 m	499.196533	3.973	1983.307825
PARILLA P1: 14		196	35.66 m	499.196533		1983.307825
PARILLA P2	25 mm	152	29.63 m	554.675538	3.973	2203.725914
PARILLA P2: 8		152	29.63 m	554.675538		2203.725914
230		1671	1161.02 m	7521.155316		8281.667185

Nota. Esta tabla de planificación de cantidades de acero, se las obtiene a través del software Revit.

Figura 25

Tabla de planificación cantidades de hormigón.

<T3 CANTIDADES DE VIGAS EN CONCRETO>					
A	B	C	D	E	F
Familia	Tipo	Material estructural	Volumen	Longitud	Material
Hormigón-Viga rectangular	Cimiento ciclopeo (0.30x0.40)m	Hormigón ciclopeo	11.93 m³	110.77 m	Concreto
Hormigón ciclopeo: 11			11.93 m³	110.77 m	
Hormigón-Viga rectangular	Cadena de amarre (0.25x0.35)m	Hormigón, 280Kg/cm2	8.69 m³	110.77 m	Concreto
Hormigón, 280Kg/cm2: 14			8.69 m³	110.77 m	
HSS-Sección estructural hueca	HSS101.6X50.8X3.2	Metal - Acero - 345 MPa	0.43 m³	544.89 m	Acero
Metal - Acero - 345 MPa: 247			0.43 m³	544.89 m	

Nota. Esta tabla de planificación de cantidades de hormigón, se las obtiene a través del software Revit.

estas tablas constan con cantidades exactas de obra ya que el programa ejecuta modelos exactos, previo a esto el modelador debe registrar toda la información paramétrica a cada componente del modelo como por ejemplo en la creación de una columna, se debe registrar sus acotamientos, especificaciones del material como resistencia del hormigón ($f'c$), fluencia del acero (f_y), medidas de recubrimientos mínimos según las normas entre otros. Lo cual nos ayuda a cuantificar los volúmenes de cada elemento del modelo. los valores que se obtienen se insertan en la tabla 6.

Tabla 6

Presupuesto referencial del Modelado BIM.

N°	Descripción	Uni	Cantidad Total	Precio Unitario	Precio Total
1	Replanteo manual de edificaciones	m ²	327,66	1,26	412,85
2	Excavación de plintos y cimientos	m ³	70,62	3,11	219,64
3	Hormigón en replantillo $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$	m ³	3,78	96,21	363,67
4	Hormigón en zapatas $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	m ³	18,90	158,93	3.003,78
5	Hormigón en cabezales $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	m ³	8,64	175,89	1.519,69
6	Relleno manual compactado con material del sitio	m ³	24,44	9,30	227,25
7	Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$	Kg	8.281,64	1,48	12.256,83
8	Hormigón en cadenas $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	m ³	8,69	158,93	1.381,10
9	Hormigón en contrapiso $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	m ²	296,00	34,82	10.306,72
10	Acero estructural A36	Kg	13.534,28	2,32	31.399,53
11	Cubierta Steelpanel	m ²	389,00	12,50	4.862,50
12	Mampostería de bloque de 15cm	m ²	158,00	10,90	1.722,20
13	Novalosa $e = 0,76 \text{ mm}$	m ²	62,33	14,11	879,48
14	Hormigón en loseta	m ³	4,36	175,89	767,43
15	Pared Steelpanel incluye estructura	m ²	595,00	34,82	20.717,90
16	Hormigón en gradas	m ³	2,20	158,93	349,65
Total					90.390,20

Nota. El modelado BIM presenta un costo total de US\$ 90,390.20, según se detalla en la Tabla 6

Según los datos obtenidos de las tablas 5 y 6, la metodología tradicional presenta un costo referencial de \$95.540,38 mientras que la metodología BIM tiene un costo referencial de \$90.390,20. Esto genera una diferencia entre las dos metodologías de \$5.150,18 lo que representa un incremento del 5.39% en la metodología tradicional. Este aumento se debe a trabajos adicionales no planificados, necesarios para resolver interferencias imprevistas durante la ejecución del proyecto.

Comparación de Costos entre la Cadena de Amarre - Tubería de Desagüe.

Una vez determinado el costo total de US\$ 94,55 por la resolución de las 362 interferencias que se obtuvo del modelo, se llega a determinar el costo unitario por interferencia siendo un valor de US\$ 0,26 con el cual se va a realizar el respectivo análisis comparativo del costo unitario de la interferencia entre cadena de amarre y tuberías de desagüe. Como se detalla en la tabla 7.

Tabla 7

Comparación del Costo, Cadena de Amarre - Tubería de Desagüe.

Descripción	Uni	Cant	Precio Unit	Costo MT	Costo BIM
Excavación sin clasificar	m ³	0,25	7,69	1,88	
Picado de estructuras de hormigón manual	u	1,00	28,50	28,50	
Instalación y mano de obra	glb	2,00	24,00	48,00	
Relleno compactado	m ³	0,25	7,12	1,74	
Uso de Software + Navisworks	h	1,00	1,34		1,34
Modelador BIM	h	1,00	10,42		10,42
Solución de interferencias	u	1,00	0,26		0,261
Total				80,13	12,021

Para realizar la comparación de costos de determinados elementos en conflicto se tomó los valores del presupuesto referencial del proyecto inicial para la metodología tradicional.

Al realizar el análisis comparativo entre el método tradicional y el modelo BIM de una interferencia conocida, (cadena de amarre – tubería de desagüe) se establece que el costo en la

metodología tradicional asciende a US\$ 80,13 mientras que en el modelado BIN el solucionar la interferencia antes mencionada nos da un valor de US\$ 12,021.

Comparación de Costos entre la Tubería de Contraincendios – Cadena de Amarre y Correa Tipo C de la Estructura.

En este análisis se evaluaron dos conflictos relacionados entre el sistema de tuberías contra incendios y la estructura del galpón, dado que representan errores simultáneos que requieren revisión y solución de manera conjunta. Es importante destacar que cada conflicto debe resolverse a medida que se identifican nuevas interferencias entre las distintas disciplinas de ingeniería. Según se establece en la Tabla 8.

Tabla 8

Comparación del Costo, Estructura - Sistema Contra Incendios.

Descripción	Uni	Cant	Precio unit	Costo MT	Costo BIM
Excavación sin clasificar	m ³	0,25	7,69	1,88	
Picado de estructuras de hormigón manual	u	1,00	28,50	28,50	
Relleno compactado con material del sitio	m ³	0,25	7,12	1,74	
Intervención de plomero para cambiar cotas de tubería contra incendio	glb	1,00	70,00	70,00	
Reubicación de tubería de esquineras	glb	1,00	120,00	120,00	
Uso de Software + Navisworks	h	2,50	1,34		3,35
Modelador BIM	h	2,50	10,42		26,05
Solución de interferencias	u	2,00	0,26		0,522
Total				222,13	29,92

Al comparar los costos de resolver interferencias entre la estructura y el sistema contra incendios antes y después de usar Clash Detection, se determinó que corregir este conflicto en obra costaría US\$ 222,13. Este gasto pudo evitarse realizando un análisis preventivo a través de

Navisworks como parte de un modelo BIM, cuyo costo fue de solo US\$ 29,92, logrando así un ahorro de US\$ 192,21. Este proceso involucró 5 horas de trabajo colaborativo. Como solución preventiva, se ajustaron las cotas de la tubería del sistema contra incendios, garantizando la integridad de la estructura y manteniendo el diseño original del proyecto.

La comparación entre ambas metodologías rebela que BIM ofrece una ventaja significativa en términos de eficiencia económica y operativa. Al integrar toda la información del proyecto en un modelo digital único esto nos permite detectar y resolver conflictos desde las primeras etapas de diseño, reduciendo retrabajos, sobre costos y optimizando el uso de recursos. Este impacto es especialmente crítico en proyectos de gran envergadura, donde la complejidad incrementa los rasgos y costos asociados a errores

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

El costo inicial de las licencias del software de los diversos programas que son parte de la metodología BIM debe verse como una inversión estratégica. Aunque en proyectos pequeños puede representar un porcentaje significativo del presupuesto inicial, en proyectos grandes como galpones industriales, hospitales o sistemas viales, este costo es mínimo en relación con la escala del proyecto.

El análisis del modelo paramétrico del galpón 4 mostró una reducción del 5,39% en el presupuesto general al utilizar la metodología BIM. El presupuesto tradicional ascendió a US\$ 95.540,38, mientras que el generado con BIM fue de US\$ 90.390,20, logrando un ahorro de US\$ 5.150,18, considerando los costos de software y modelador.

La transición de una metodología tradicional a BIM implica una mayor inversión inicial y un cambio estratégico significativo. Sin embargo, en el caso estudiado, el modelado BIM optimizó los recursos, reduciendo gastos asociados a conflictos y modificaciones durante la construcción. Es fundamental concientizar a constructores y propietarios sobre la importancia de esta inversión y del tiempo necesario para desarrollar el modelo, ya que garantiza mayor eficiencia en la ejecución de proyectos, sin importar su tamaño.

La metodología BIM mejora la planificación de la construcción mediante modelos integrados y simulaciones virtuales, optimizando la gestión de planos y cambios. En el proyecto Galpones del Inga, BIM fue clave para identificar y resolver interferencias entre disciplinas, destacando que el sistema hidrosanitario generó el 66.29% de los conflictos y el sistema HVAC el 23.20%. Esto

demonstró la eficacia de BIM en la detección y corrección de colisiones durante el diseño, previniendo problemas en la construcción, antes de su ejecución.

La corrección temprana en los diseños mediante BIM permitió crear un dossier de calidad que garantiza precisión y cumplimiento con las normas ecuatorianas de construcción. Este dossier integra eficientemente planos as-built y de ingeniería de detalle, asegurando la ubicación exacta de los elementos y facilitando ajustes en las planillas. BIM consolidó estos documentos como definitivos, logrando una entrega del proyecto más organizada y precisa.

El análisis de costos del modelado BIM consideró gastos clave como la resolución de interferencias, el costo por hora-hombre del modelador y el uso de software como Revit y Navisworks. Estos costos se basaron en realizar un análisis preventivo antes de la ejecución del proyecto. Además, se elaboraron tablas comparativas entre los métodos tradicional y BIM, destacando la viabilidad de una transición exitosa hacia el modelado BIM.

Recomendaciones

Se recomienda a los profesionales de la industria de la construcción a que utilicen esta guía como una herramienta de mejora para la transición de metodologías de construcción tradicional a modelación BIM, este documento puede ser utilizado por otros académicos en el campo que buscan trasladar los procedimientos de implementación de BIM en la industria de la construcción, tanto para proyectos pequeños como grandes, como galpones industriales.

Suponiendo que los profesionales de la construcción comprendan suficientemente la metodología BIM, se les aconseja que den el salto de la metodología tradicional al BIM ya que una implementación contradictoria de BIM puede retrasar el proyecto y puede llevar a varios contratiempos.

En los proyectos de construcción, se debería implementarse la metodología BIM. Así, se requiera un mayor grado de inversión de tiempo y recursos iniciales, pero a largo plazo conducirá a beneficios como una mejor coordinación, optimización de recursos y reducción de costos, que son integrales para asegurar el éxito en todas las facetas de cualquier proyecto.

Bibliografía

Alonso, J. (2015). BIM (Building Information Modelling): New LOD definitions. Level of Development for LOD000 to LOD600 and LOD X00. *Spanish journal of BIM*, 15(1), ISSN: 2386-5784.

doi:https://www.researchgate.net/publication/283570424_BIM_Building_Information_Modelling_New_LOD_definitions_Level_of_Development_for_LOD000_to_LOD600_and_LOD_X00

Andrade, R. (2021). Análisis en la variación en cantidades de obra y presupuesto entre la metodología tradicional y metodología BIM, caso de estudio: edificio de carrera de arquitectura. UNACH. doi:<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21346>.

Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3). doi:[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127).

Barlish, K., & Sullivan, K. (2012). How to measure the benefits of BIM — A case study approach. *Automation in Construction*, 24, 149-159. doi:<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.02.008>.

Chan, D., Olawumi, T., & Ho, A. (2019). Perceived benefits of and barriers to Building Information Modelling (BIM) implementation in construction: The case of Hong Kong. *Journal of Building Engineering*, 25, 100764. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100764>.

Costa, J., & Serra, S. (2014). *Comparação de processos de levantamento de quantitativos: tradicional e BIM*. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC 2014), Maceió. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Sheyla-Serra/publication/301435446_Comparacao_de_processos_de_levantamento_de_quantitativos_tr

adicional_e_BIM/links/571a71db08ae7f552a4731d5/Comparacao-de-processos-de-levantamento-de-quantitativos-tradicional-e-BIM.pdf.

Gámez, F., Severino, M., & Márquez, R. (2019). *Introducción a la Metodología BIM*.

Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/284159764_INTRODUCCION_A_LA_METODOLOGIA_BIM.

Giraldo, E. (2022). Estimación de costos de construcción de estructuras en concreto reforzado con implementación BIM: un análisis comparativo con la metodología tradicional. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA.

doi:<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/6676ca8f-26d5-4342-99f0-f59bcbc3ad52/content>.

Junqui, A., Cedeño, H., Santana, M. B., & Villamar, A. (2022). *Manabí-Ecuador, Análisis del sistema BIM en construcción de viviendas respecto al método tradicional en*. FIPCAEC. doi:<https://doi.org/10.23857/fipcaec.v7i4>.

Maia, L., Meda, P., & Freitas, J. (2015). BIM Methodology, a New Approach - Case Study of Structural Elements Creation. *Procedia Engineering*, 114, 816-823. doi:<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.032>.

MIDUVI. (2023). *Capítulos de la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción)*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2022). *Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS*. Obtenido de <https://www.obraspublicas.gob.ec/norma-ecuatoriana-de-la-construccion-nec-se-ds/>.

Muñoz García, G. (2020). *Interoperabilidad en el entorno BIM*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Obtenido de

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/79163/1113786136.2021.pdf>.

Nies, B. K., & McDowell, S. (2008). *Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling*. Obtenido de

https://www.academia.edu/5691332/Green_BIM_Successful_Sustainable_Design_with_Building_Information_Modeling_Eddy_K_r_ygiel_B_r_a_d_l_e_y_N_i_e_s.

Oussouboure, G., & Delgado, R. (2017). La asignación de recursos en la Gestión de Proyectos orientada a la metodología BIM. *Revista Arquitectura e Ingeniería*, 11(1), ISSN-e 1990-8830. doi:<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6450734>.

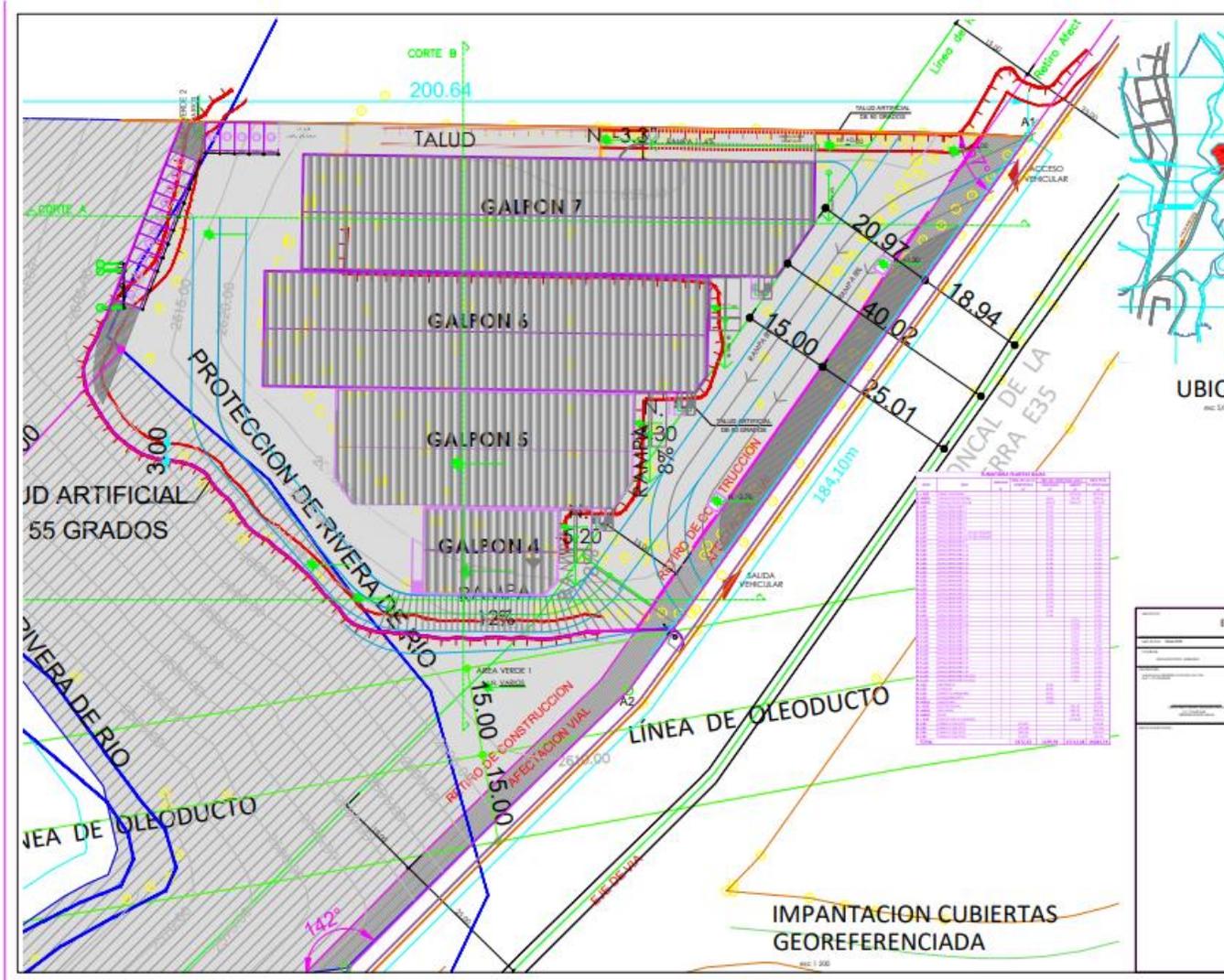
Porwal, A., & Hewage, K. (2013). Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. *Automation in Construction*, 31, 204-214. doi:<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.12.004>.

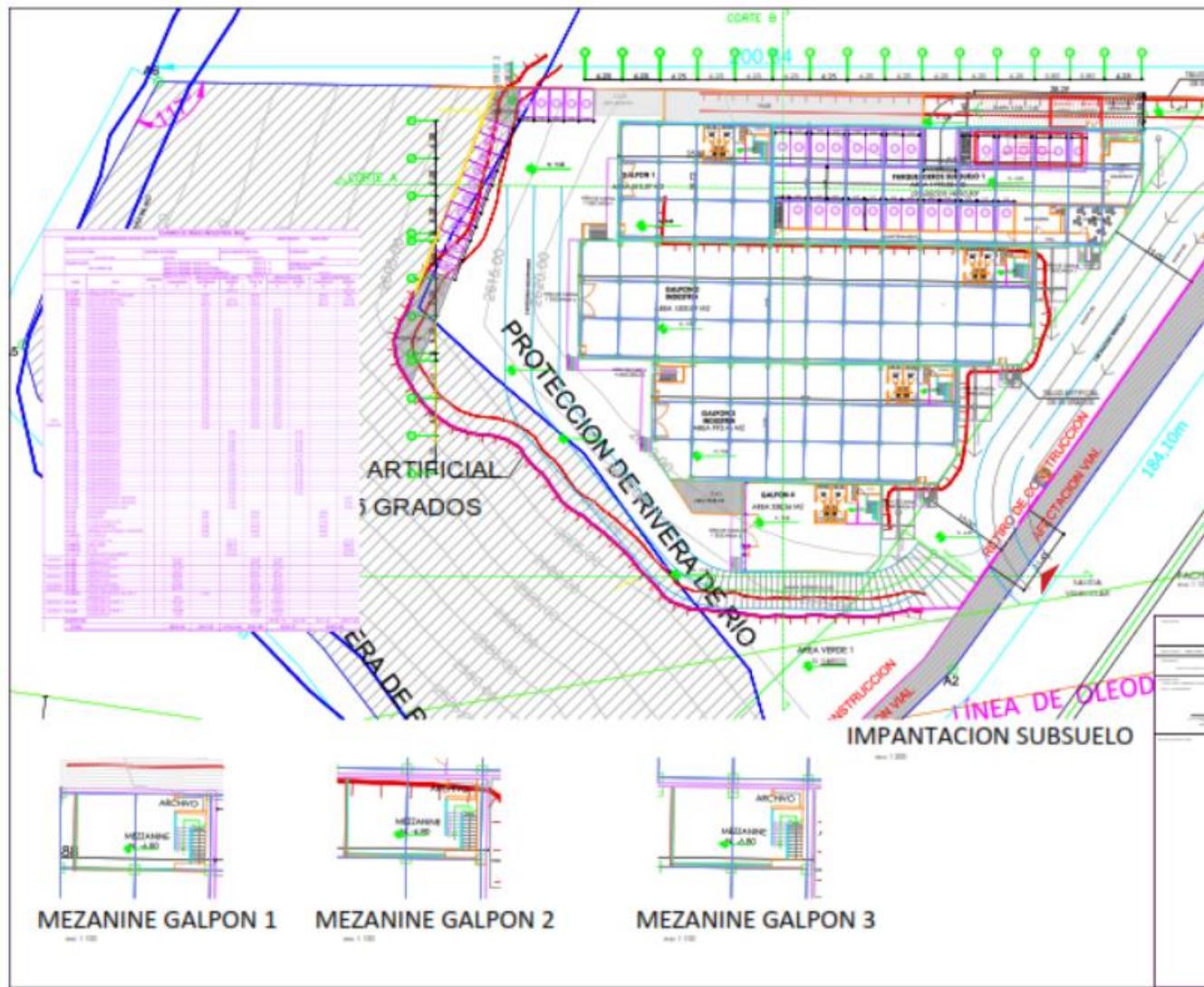
Sacks, R., Eastman, C., Lee, C., & Teicholz, P. (2018). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. doi:<http://dx.doi.org/10.1002/9781119287568>.

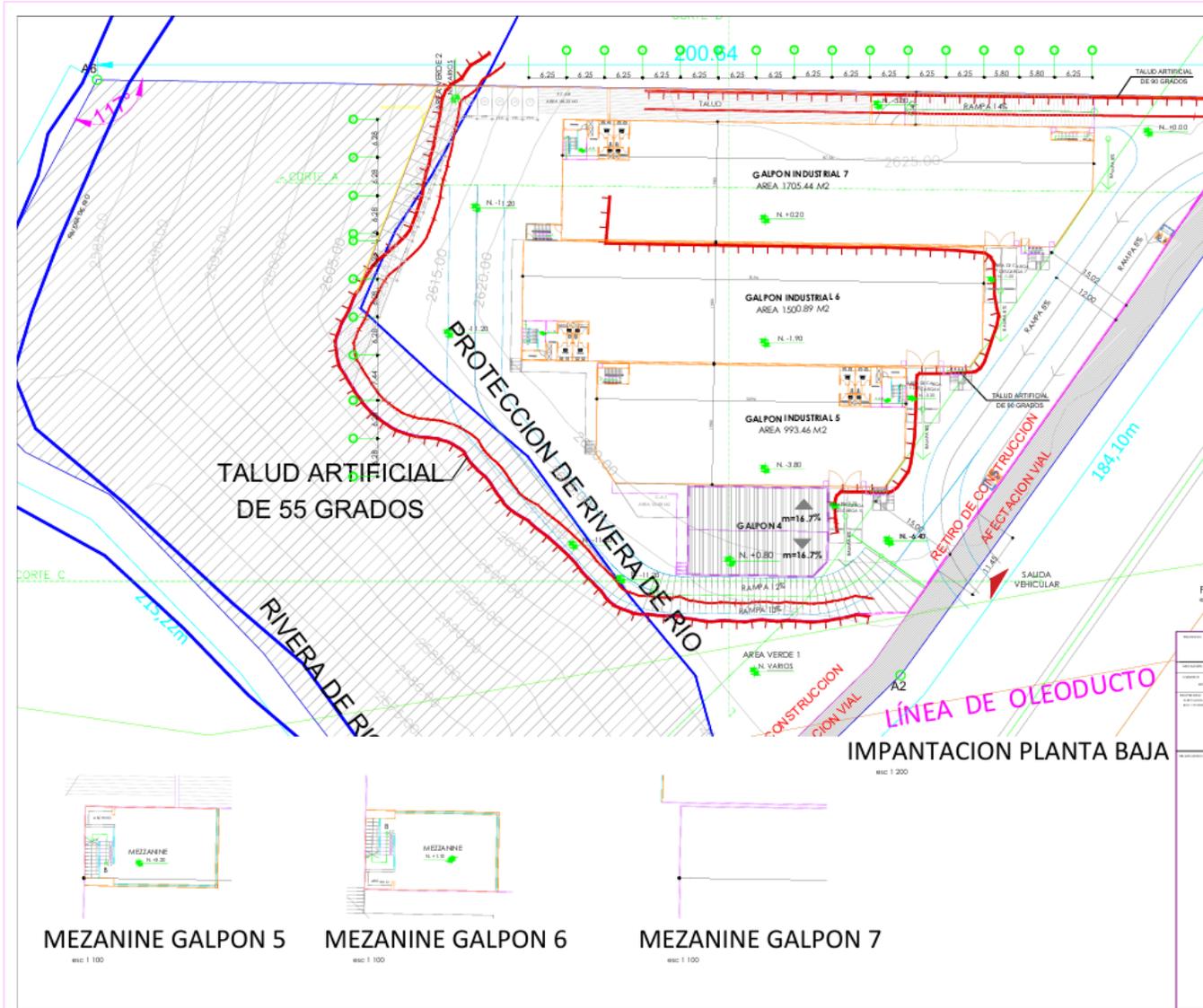
Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs. *Automation in Construction*, 38, 109-127. doi:<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>.

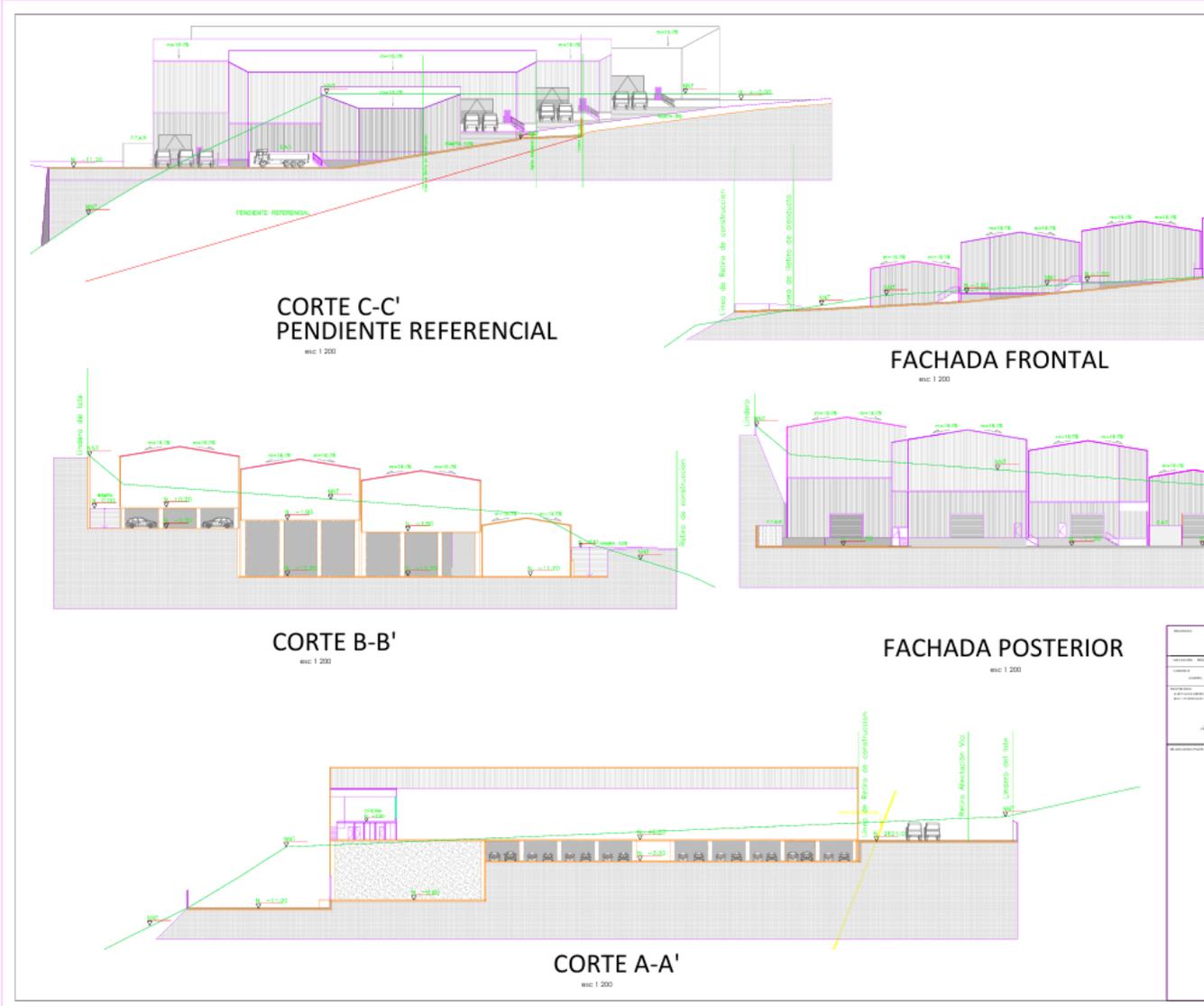
Anexos

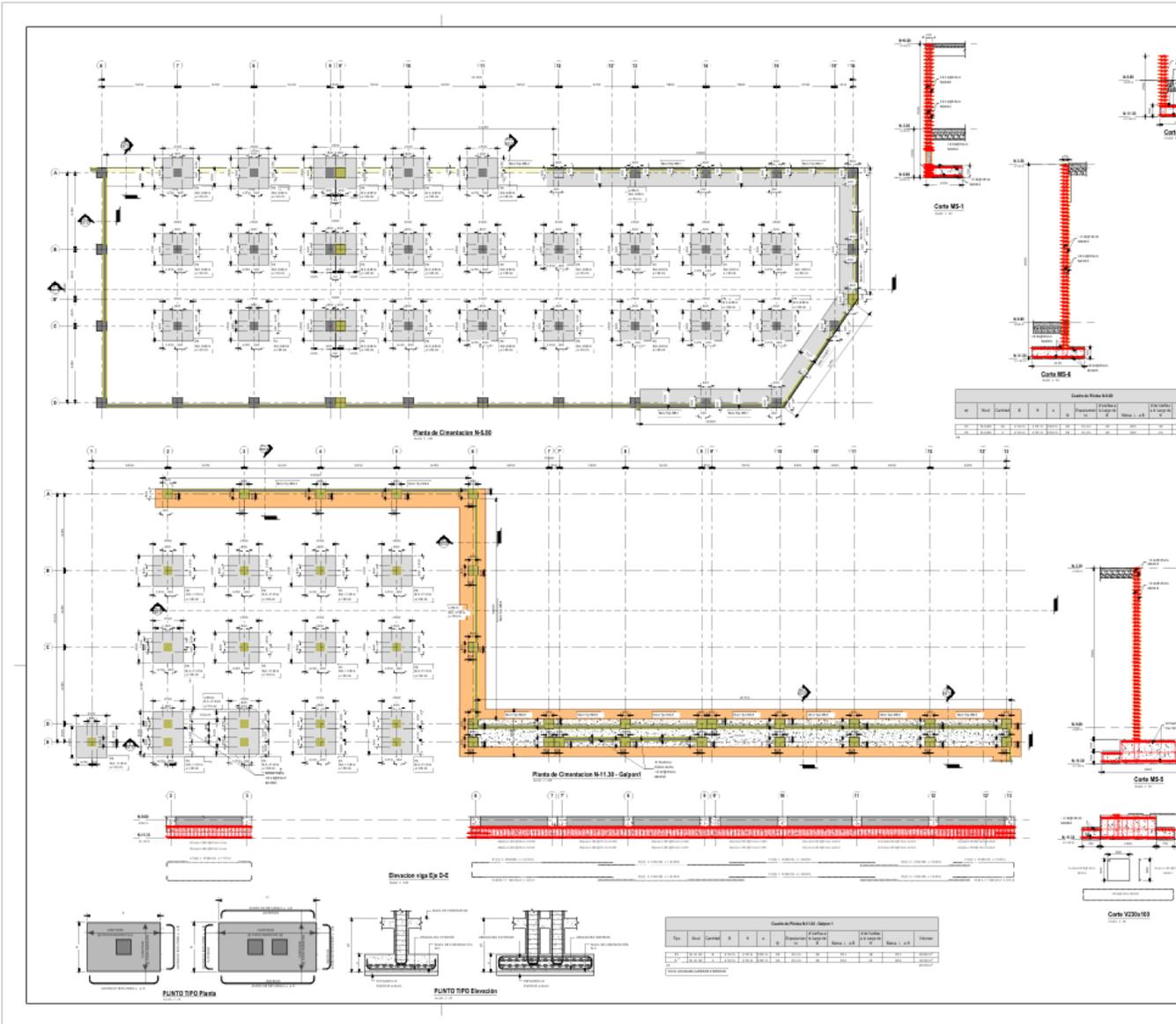
Anexo Planos Arquitectónicos

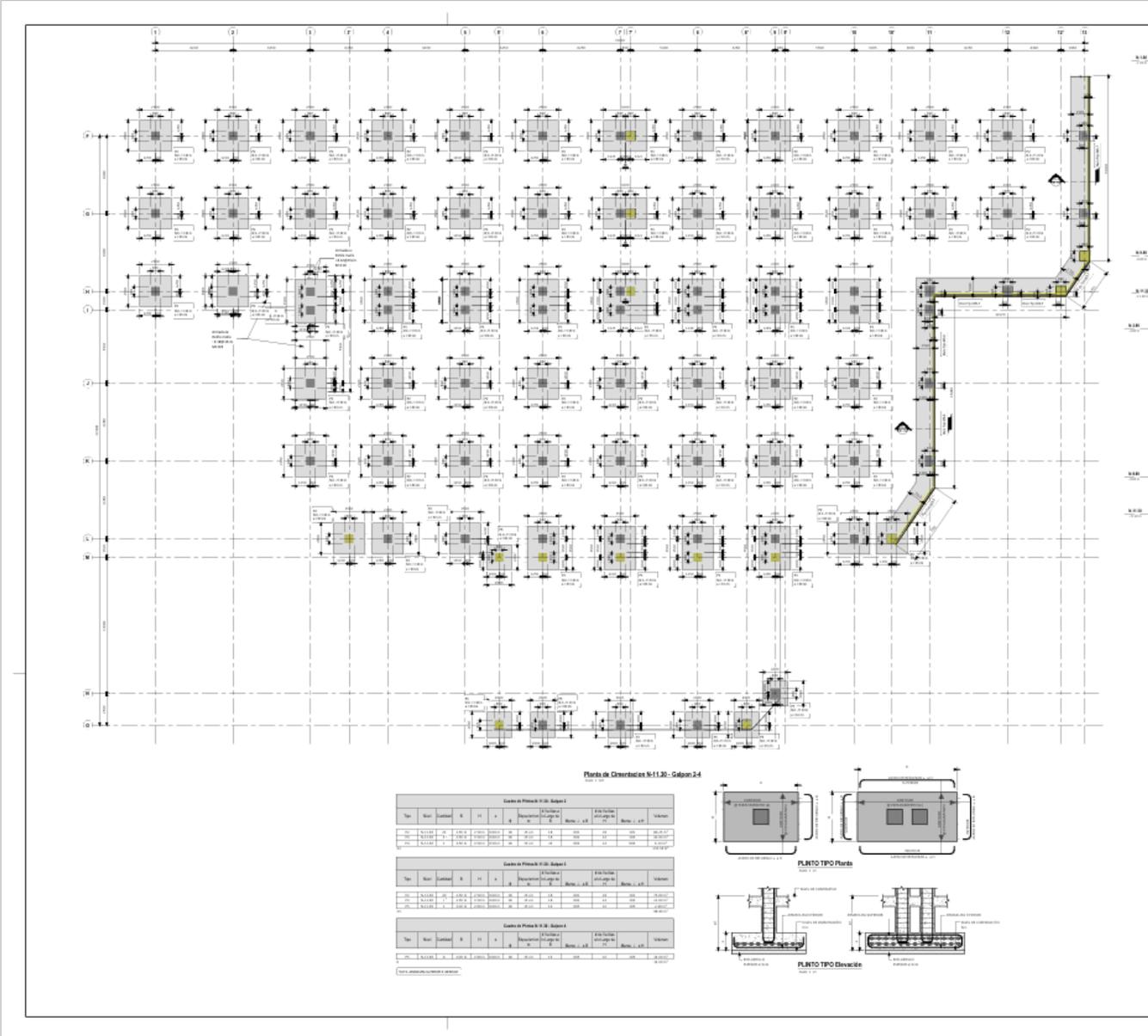


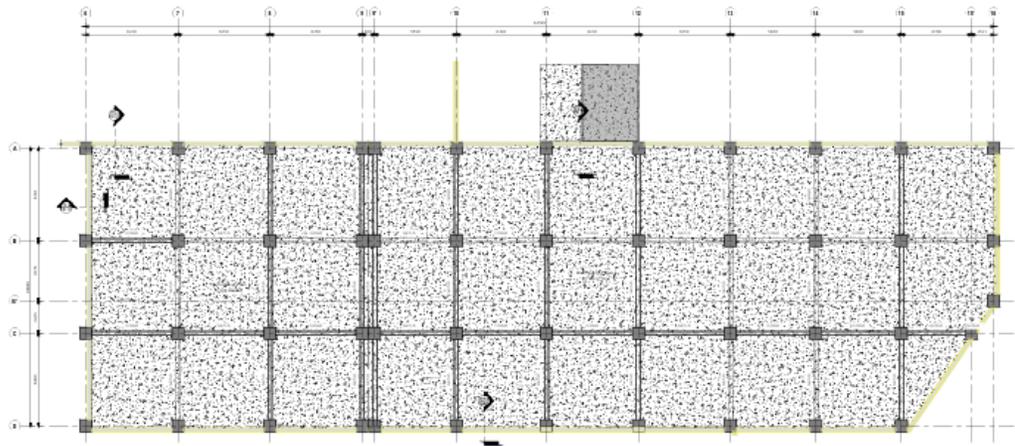




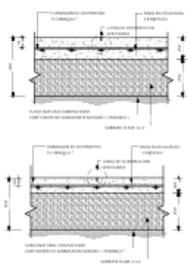




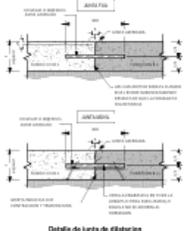




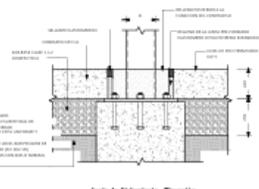
Planta de Control N.º 13



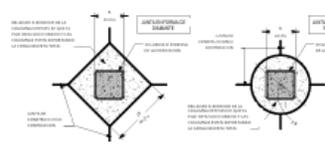
Detalle de Contrapeso



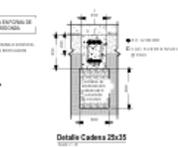
Detalle de junta de dilatación



Junta de Alcantarado - Elevación

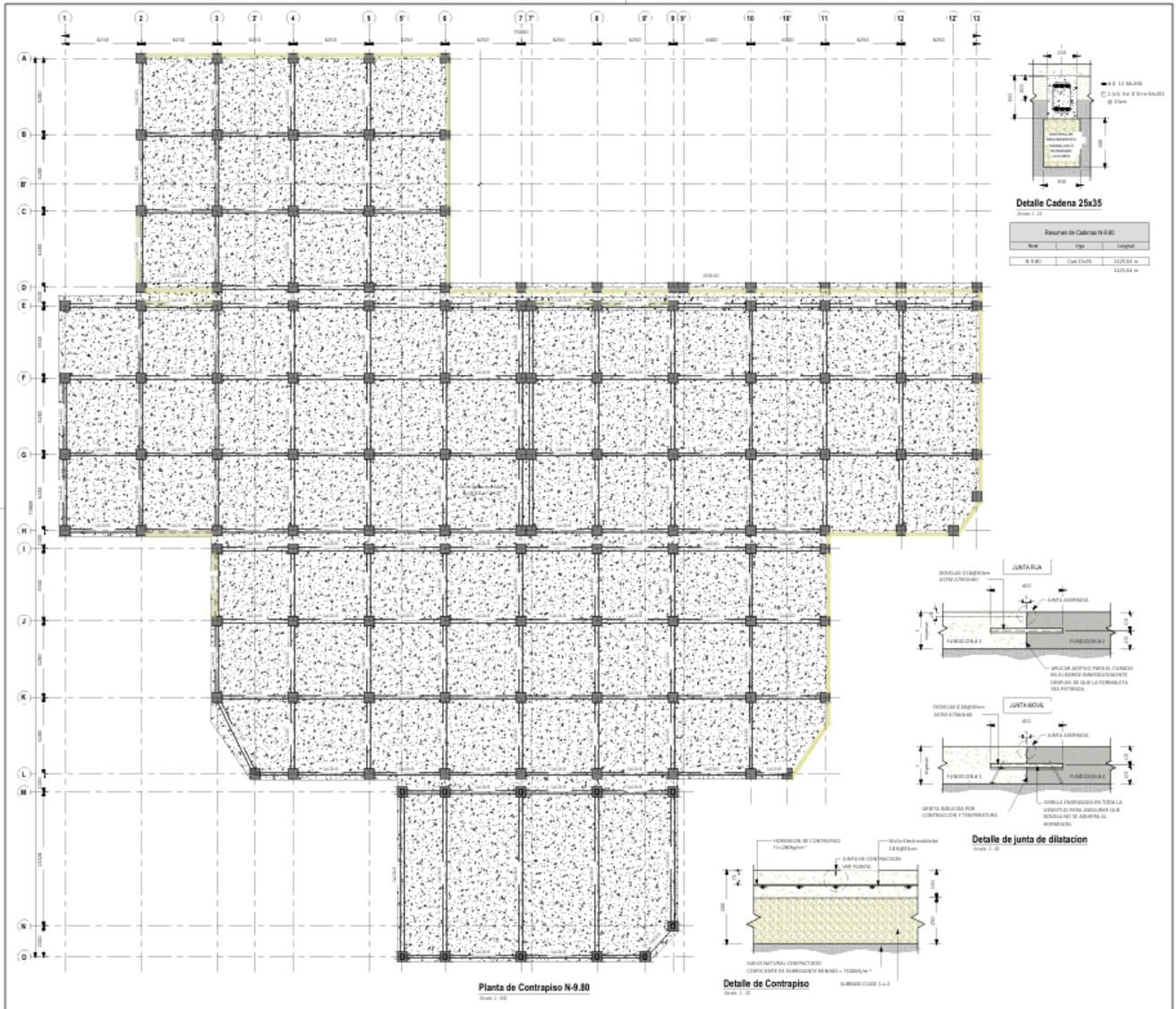


Junta de Alcantarado - Planta



Detalle Escalera 25x25

Escala	
1:50	1:100



PROYECTO

Proyecto: Cadena 25x35
 Auto: [Nombre] [Apellido]
 Fecha: [Fecha]
 Escala: [Escala]

Nº	Tip	Q	U
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20
21	21	21	21
22	22	22	22
23	23	23	23
24	24	24	24
25	25	25	25
26	26	26	26
27	27	27	27
28	28	28	28
29	29	29	29
30	30	30	30
31	31	31	31
32	32	32	32
33	33	33	33
34	34	34	34
35	35	35	35
36	36	36	36
37	37	37	37
38	38	38	38
39	39	39	39
40	40	40	40
41	41	41	41
42	42	42	42
43	43	43	43
44	44	44	44
45	45	45	45
46	46	46	46
47	47	47	47
48	48	48	48
49	49	49	49
50	50	50	50
51	51	51	51
52	52	52	52
53	53	53	53
54	54	54	54
55	55	55	55
56	56	56	56
57	57	57	57
58	58	58	58
59	59	59	59
60	60	60	60
61	61	61	61
62	62	62	62
63	63	63	63
64	64	64	64
65	65	65	65
66	66	66	66
67	67	67	67
68	68	68	68
69	69	69	69
70	70	70	70
71	71	71	71
72	72	72	72
73	73	73	73
74	74	74	74
75	75	75	75
76	76	76	76
77	77	77	77
78	78	78	78
79	79	79	79
80	80	80	80
81	81	81	81
82	82	82	82
83	83	83	83
84	84	84	84
85	85	85	85
86	86	86	86
87	87	87	87
88	88	88	88
89	89	89	89
90	90	90	90
91	91	91	91
92	92	92	92
93	93	93	93
94	94	94	94
95	95	95	95
96	96	96	96
97	97	97	97
98	98	98	98
99	99	99	99
100	100	100	100

INDICIOS TPO

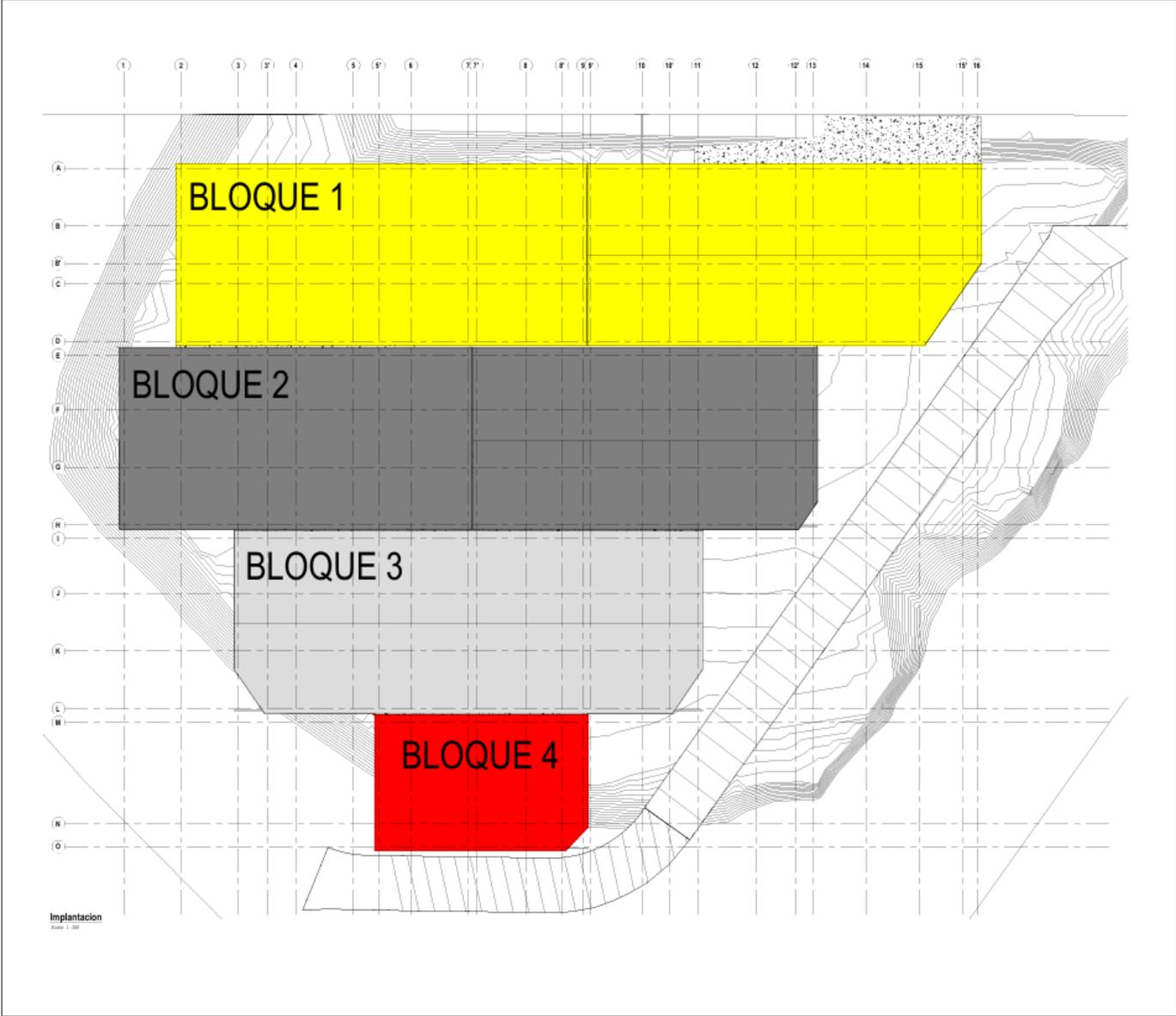
INDICIO TPO: [Símbolo]

PROPIETARIO: [Nombre]

ALBO DE MEDICIONES: [Nombre]

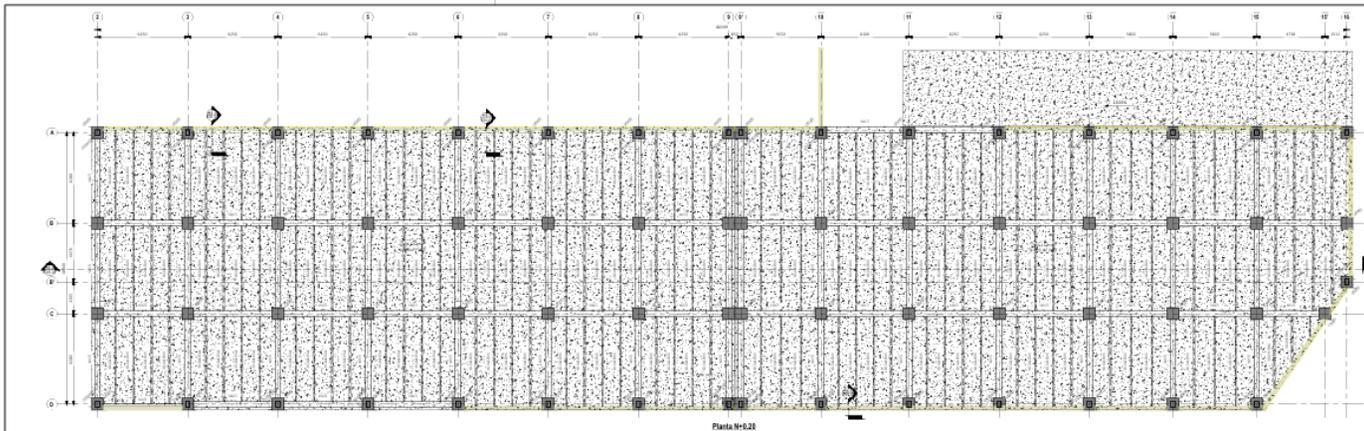
CONTENIDO: [Contenido]

SELOS MANIPULADOS: [Nombre]

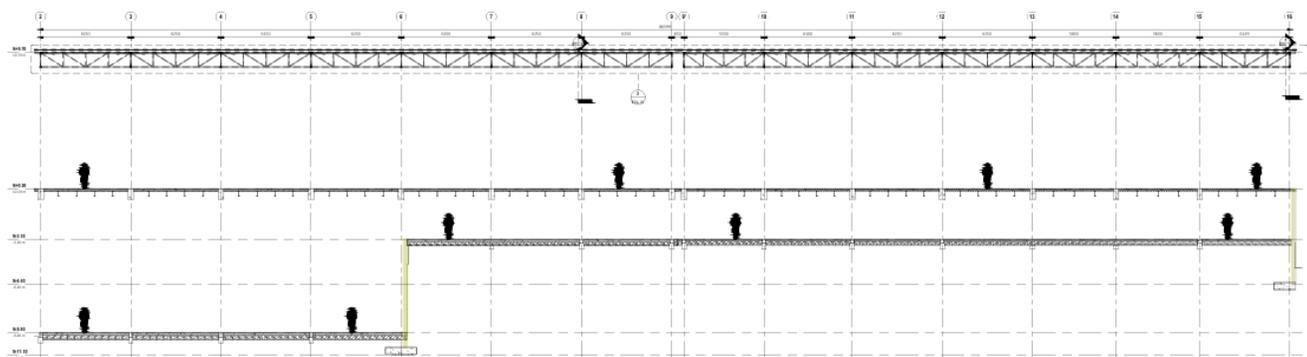


PROY

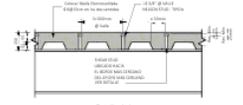
Nº	
A	
PROPIETARIO	
ARCHITECTO	
CONTENIDO	
DELEGADO	



Planta N° 0.20



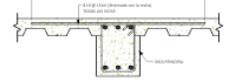
Corte MB-9



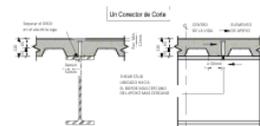
Detalle de Losa



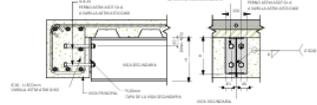
Detalle anclaje de deck



Detalle refuerzo de losa



Detalle de Perno de Corte

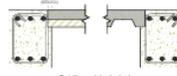
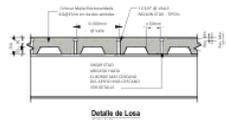
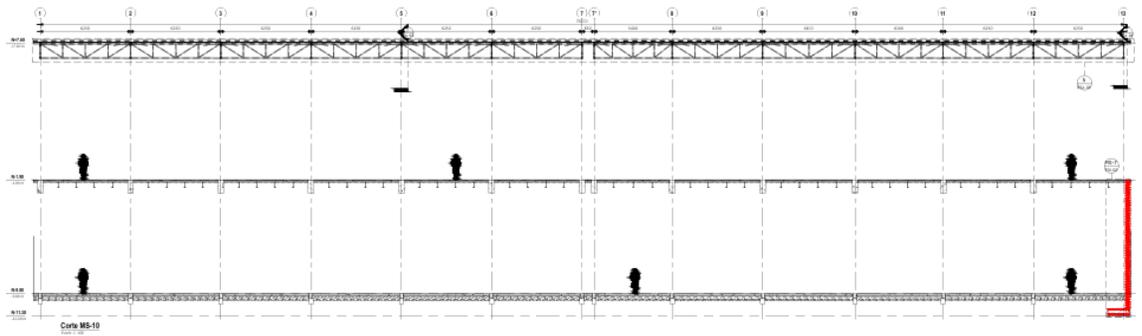
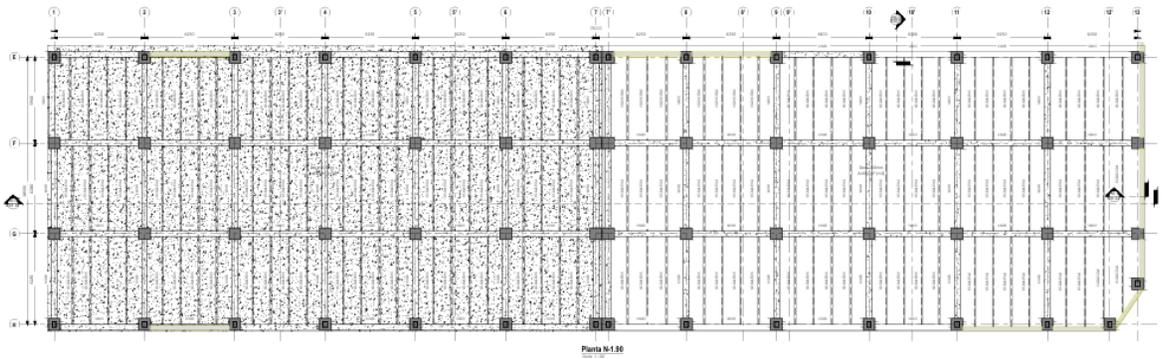


Detalle anclaje de vigas secundarias

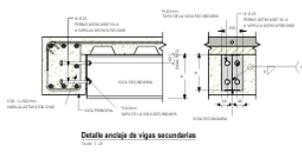
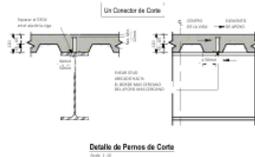
Planta de Vigas secundarias N° 0.20							
Item	Descripción	Material	Unidad	Cantidad	Observaciones	Plant. Base	Plant.
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50

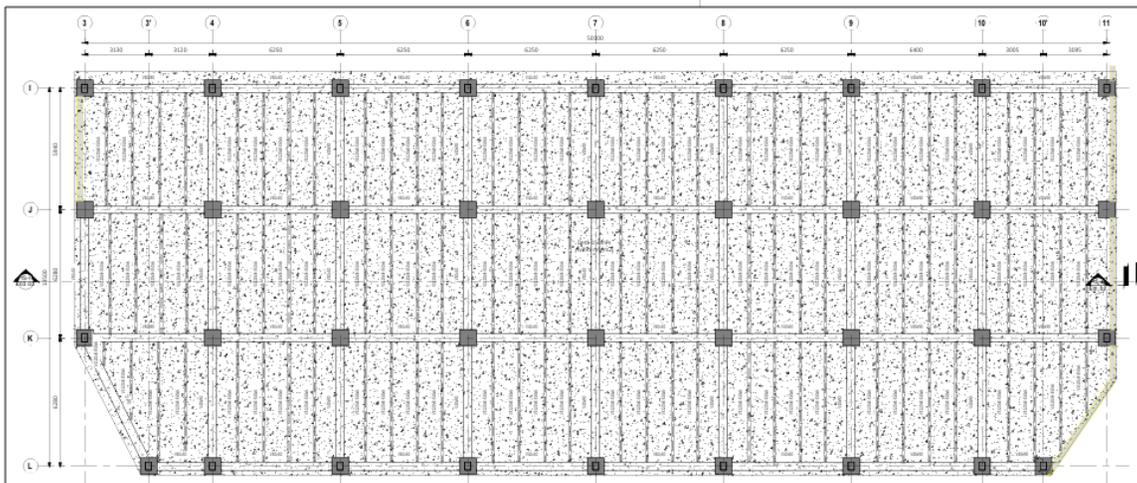
CLASIFICACIÓN DE SEGURIDAD
ESTRUCTURAL



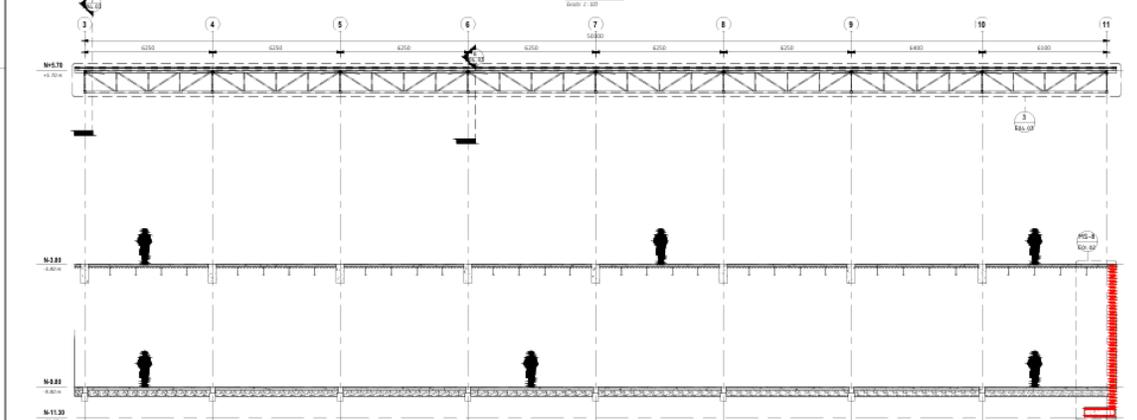


Planta de Vigas secundarias N+1.00									
Alto	Sección	Área	Longitud	Volumen	Peso	Sección	Área	Longitud	Volumen
0.10	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00

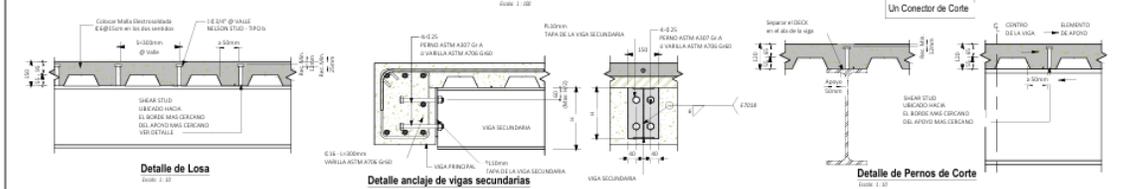




Planta N-3.80
Escala: 1:20



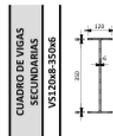
Corte MS-11
Escala: 1:20



Detalle de Losa
Escala: 1:10

Detalle anclaje de vigas secundarias
Escala: 1:10

Detalle de Pernos de Corte
Escala: 1:10



CUADRO DE VIGAS SECUNDARIAS
VSI2008-3506

PROYECTO



Detalle

Escala: 1:10

Revista Sección

N.º	1.000
N.º	1.000

Arquitecto: Luis F. Ochoa
Ingeniero: Carlos Sánchez
Arquitecto: Juan José Ochoa

N.º	1.000
N.º	1.000

N.º	1.000
N.º	1.000

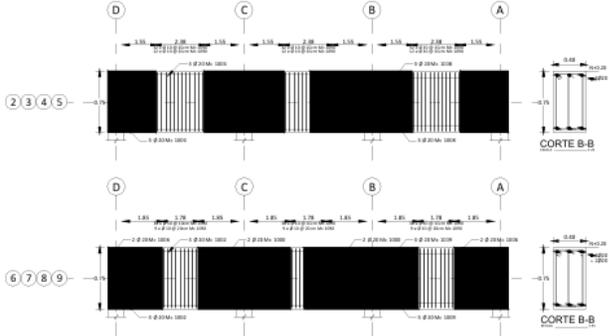
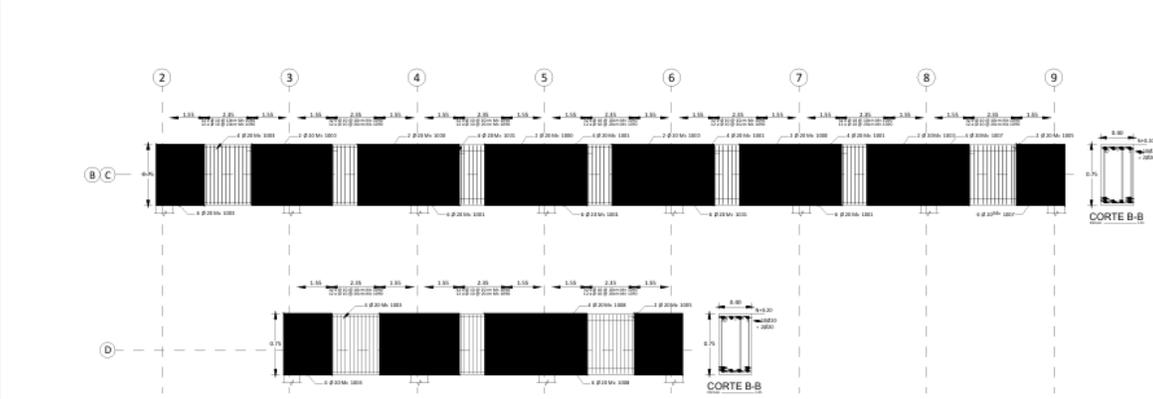
N.º	1.000
N.º	1.000

PROPIETARIO:

ALEXANDER MEZA

CONTIENE:

SELLOS MUNICIPALES



PROYECTO

Item	Quantity	Unit	Value
1	1.00	m ²	1.00
2	1.00	m ²	1.00
3	1.00	m ²	1.00
4	1.00	m ²	1.00
5	1.00	m ²	1.00
6	1.00	m ²	1.00
7	1.00	m ²	1.00
8	1.00	m ²	1.00
9	1.00	m ²	1.00
10	1.00	m ²	1.00
11	1.00	m ²	1.00
12	1.00	m ²	1.00
13	1.00	m ²	1.00
14	1.00	m ²	1.00
15	1.00	m ²	1.00
16	1.00	m ²	1.00
17	1.00	m ²	1.00
18	1.00	m ²	1.00
19	1.00	m ²	1.00
20	1.00	m ²	1.00
21	1.00	m ²	1.00
22	1.00	m ²	1.00
23	1.00	m ²	1.00
24	1.00	m ²	1.00
25	1.00	m ²	1.00
26	1.00	m ²	1.00
27	1.00	m ²	1.00
28	1.00	m ²	1.00
29	1.00	m ²	1.00
30	1.00	m ²	1.00
31	1.00	m ²	1.00
32	1.00	m ²	1.00
33	1.00	m ²	1.00
34	1.00	m ²	1.00
35	1.00	m ²	1.00
36	1.00	m ²	1.00
37	1.00	m ²	1.00
38	1.00	m ²	1.00
39	1.00	m ²	1.00
40	1.00	m ²	1.00
41	1.00	m ²	1.00
42	1.00	m ²	1.00
43	1.00	m ²	1.00
44	1.00	m ²	1.00
45	1.00	m ²	1.00
46	1.00	m ²	1.00
47	1.00	m ²	1.00
48	1.00	m ²	1.00
49	1.00	m ²	1.00
50	1.00	m ²	1.00



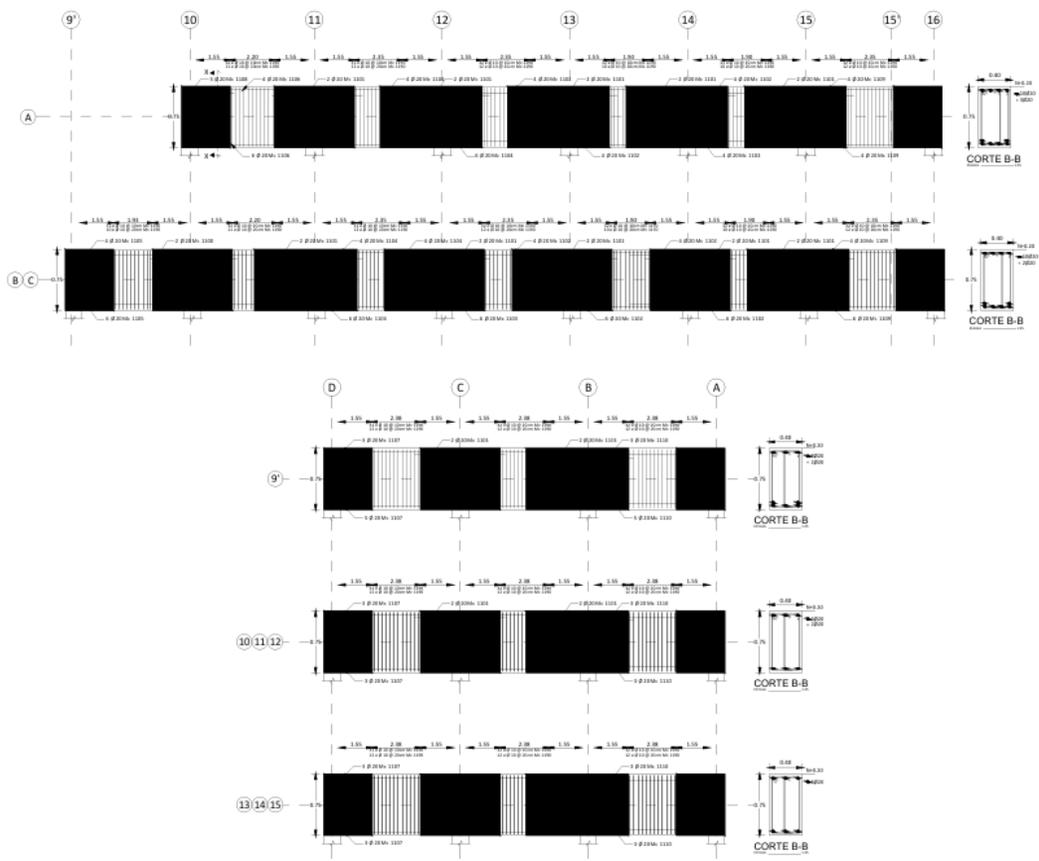
Item	Quantity	Unit	Value
1	1.00	m ²	1.00
2	1.00	m ²	1.00
3	1.00	m ²	1.00
4	1.00	m ²	1.00
5	1.00	m ²	1.00
6	1.00	m ²	1.00
7	1.00	m ²	1.00
8	1.00	m ²	1.00
9	1.00	m ²	1.00
10	1.00	m ²	1.00
11	1.00	m ²	1.00
12	1.00	m ²	1.00
13	1.00	m ²	1.00
14	1.00	m ²	1.00
15	1.00	m ²	1.00
16	1.00	m ²	1.00
17	1.00	m ²	1.00
18	1.00	m ²	1.00
19	1.00	m ²	1.00
20	1.00	m ²	1.00
21	1.00	m ²	1.00
22	1.00	m ²	1.00
23	1.00	m ²	1.00
24	1.00	m ²	1.00
25	1.00	m ²	1.00
26	1.00	m ²	1.00
27	1.00	m ²	1.00
28	1.00	m ²	1.00
29	1.00	m ²	1.00
30	1.00	m ²	1.00
31	1.00	m ²	1.00
32	1.00	m ²	1.00
33	1.00	m ²	1.00
34	1.00	m ²	1.00
35	1.00	m ²	1.00
36	1.00	m ²	1.00
37	1.00	m ²	1.00
38	1.00	m ²	1.00
39	1.00	m ²	1.00
40	1.00	m ²	1.00
41	1.00	m ²	1.00
42	1.00	m ²	1.00
43	1.00	m ²	1.00
44	1.00	m ²	1.00
45	1.00	m ²	1.00
46	1.00	m ²	1.00
47	1.00	m ²	1.00
48	1.00	m ²	1.00
49	1.00	m ²	1.00
50	1.00	m ²	1.00

PROYECTADO:

ALCALDE MUNICIPAL

SECRETARÍA

SECCION MUNICIPAL



PROYECTO

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

NO.	DESCRIPCIÓN	FECHA
1	PROYECTO DEFINITIVO	10/01/2023
2	REVISIÓN	10/01/2023
3	REVISIÓN	10/01/2023
4	REVISIÓN	10/01/2023
5	REVISIÓN	10/01/2023
6	REVISIÓN	10/01/2023
7	REVISIÓN	10/01/2023
8	REVISIÓN	10/01/2023
9	REVISIÓN	10/01/2023
10	REVISIÓN	10/01/2023
11	REVISIÓN	10/01/2023
12	REVISIÓN	10/01/2023
13	REVISIÓN	10/01/2023
14	REVISIÓN	10/01/2023
15	REVISIÓN	10/01/2023
16	REVISIÓN	10/01/2023

MARCA TIPO



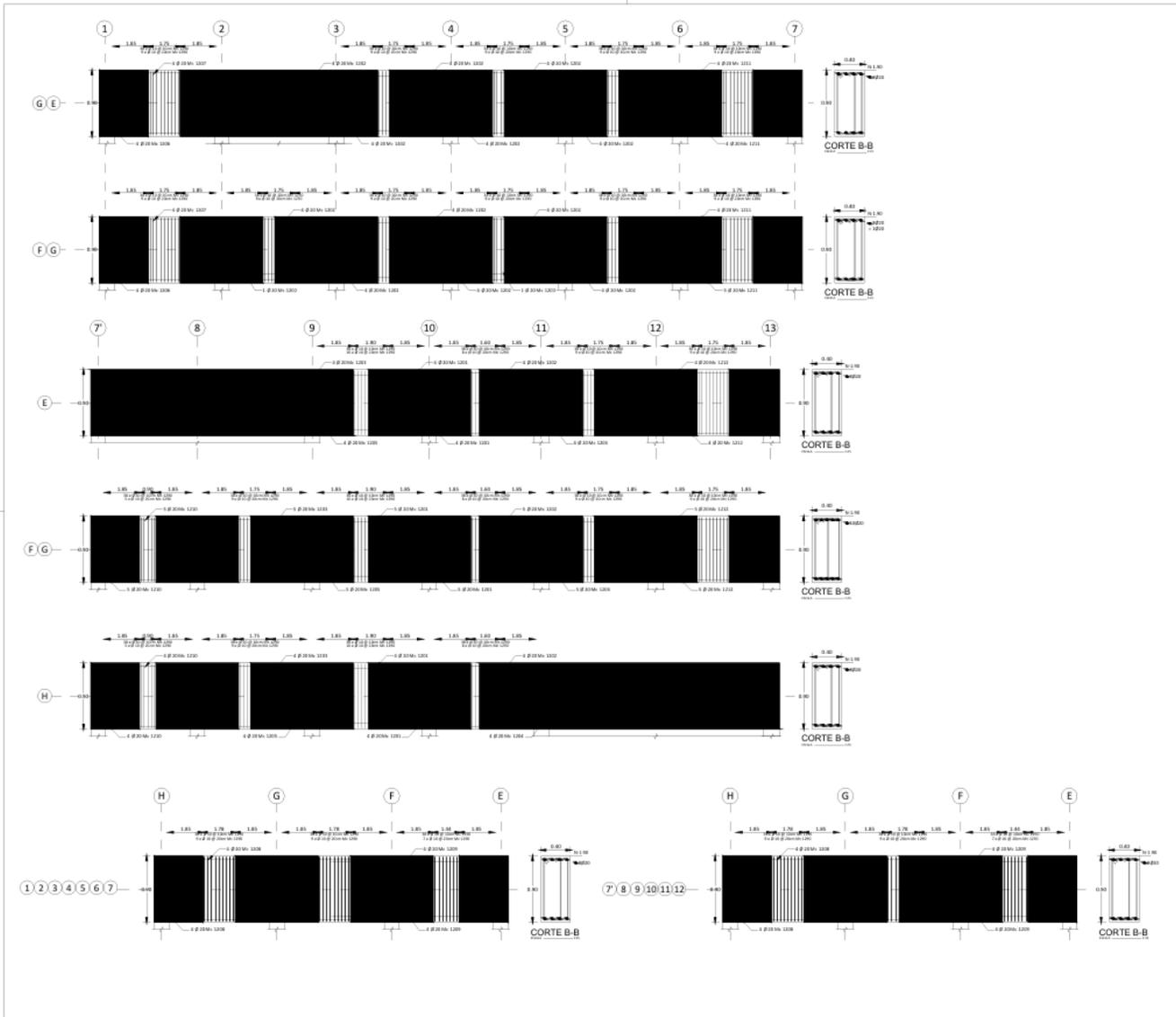
PROPIETARIO

PROYECTANTE

ALCALDE MUNICIPAL

CONSEJO

SECCION MUNICIPAL



PROYECTO

PROYECTO

#	Tip	Alt
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



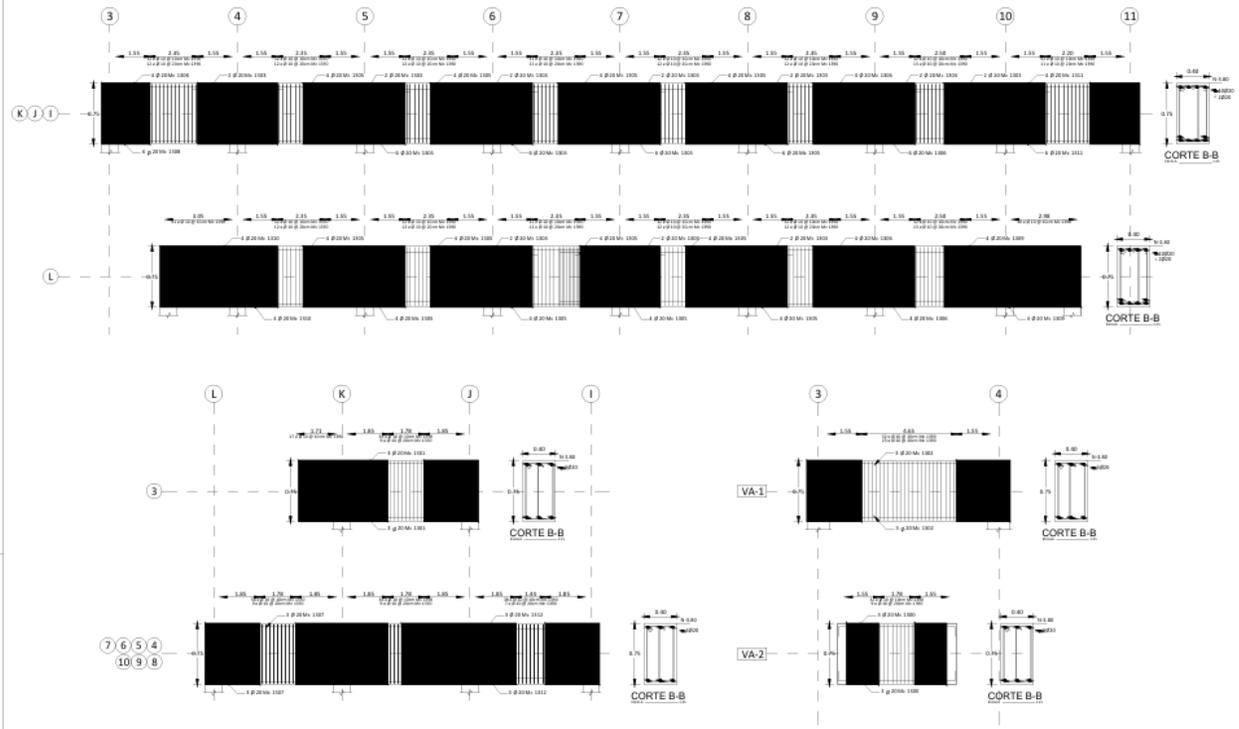
PROPIETARIO:

ALICER MEDIO REPT

NO PRECIO CIVIL

CONTENIDA:

SELLOS MUNICIPALES



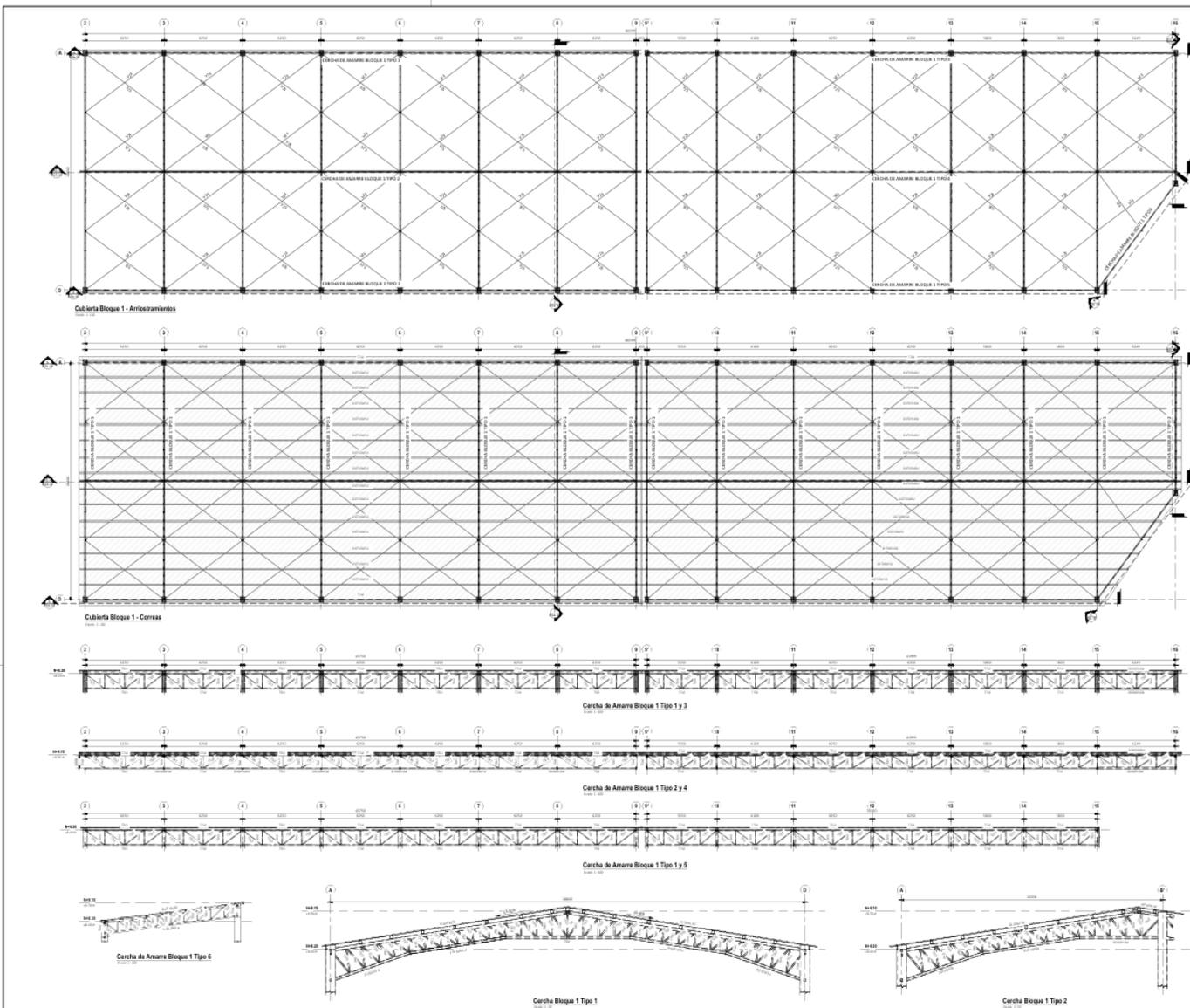
PROYECTO

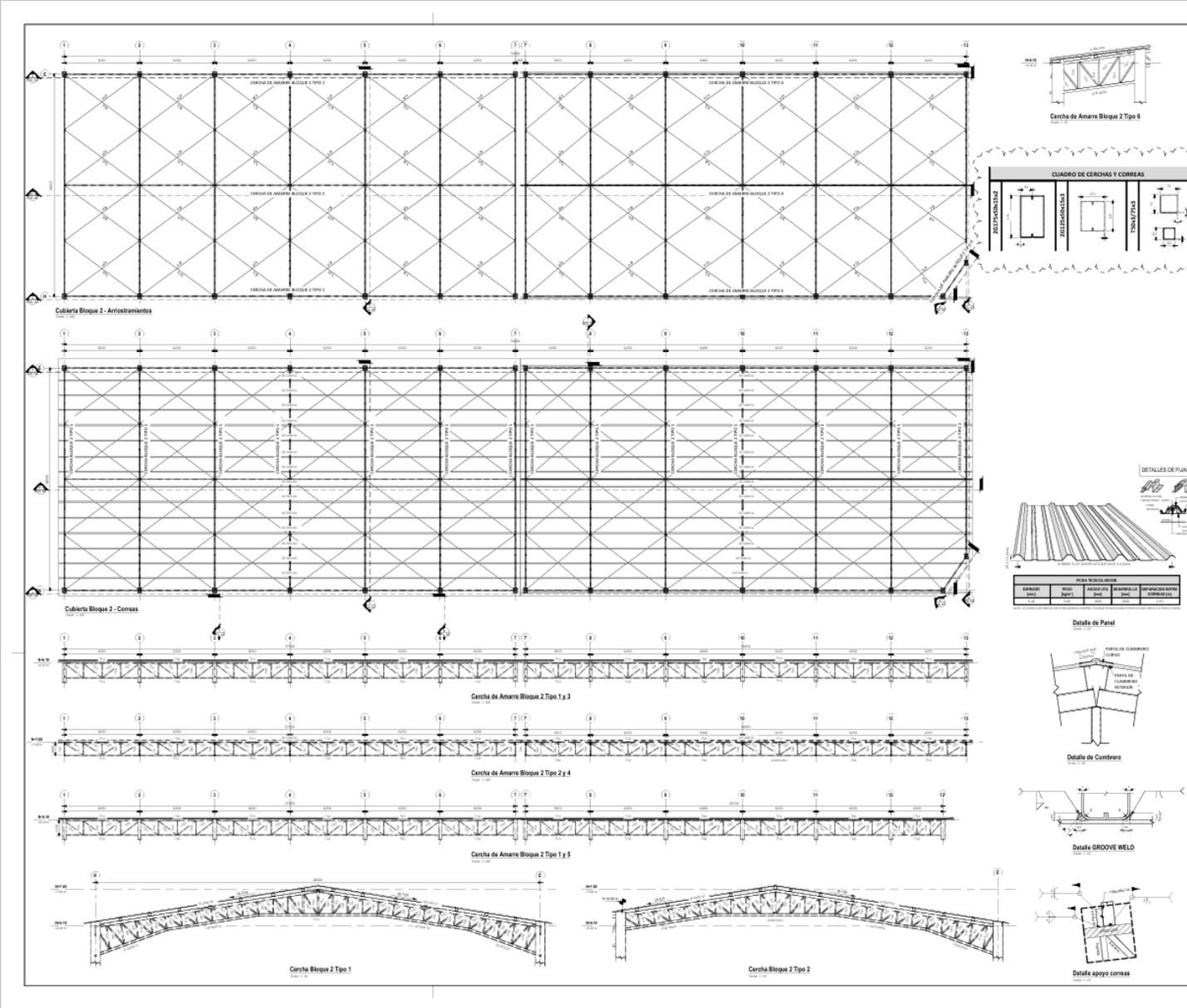
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60					
61					
62					
63					
64					
65					
66					
67					
68					
69					
70					
71					
72					
73					
74					
75					
76					
77					
78					
79					
80					
81					
82					
83					
84					
85					
86					
87					
88					
89					
90					
91					
92					
93					
94					
95					
96					
97					
98					
99					
100					

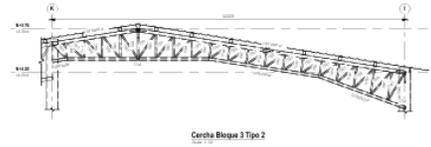
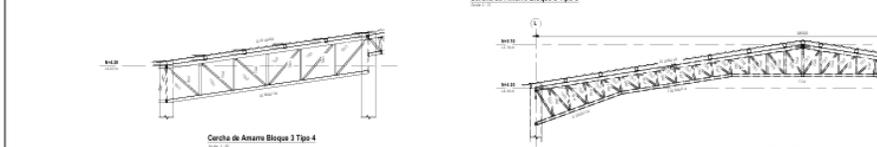
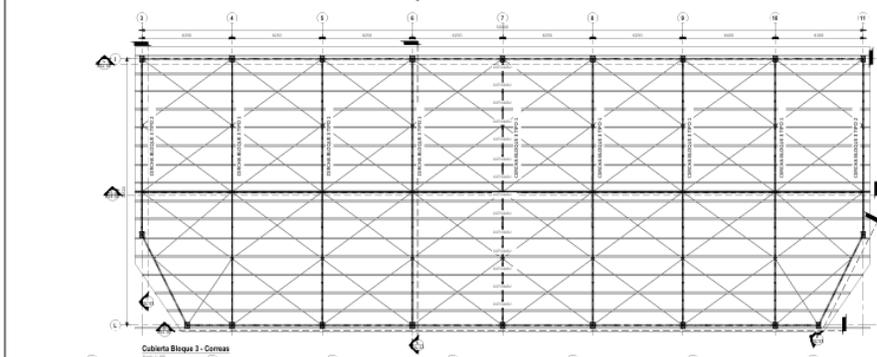
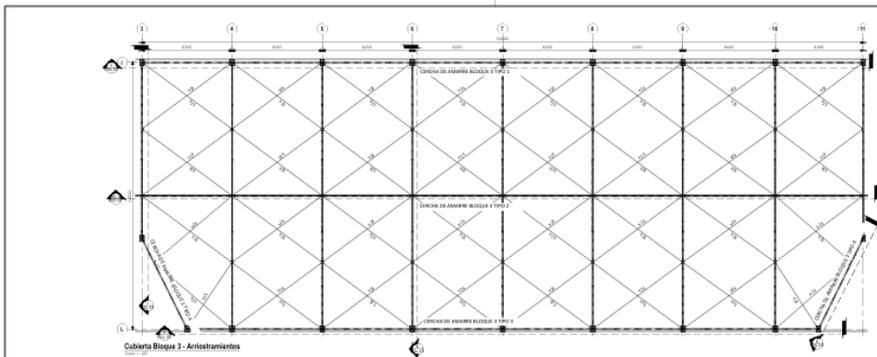


ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60					
61					
62					
63					
64					
65					
66					
67					
68					
69					
70					
71					
72					
73					
74					
75					
76					
77					
78					
79					
80					
81					
82					
83					
84					
85					
86					
87					
88					
89					
90					
91					
92					
93					
94					
95					
96					
97					
98					
99					
100					

SECCION TRANSVERSAL

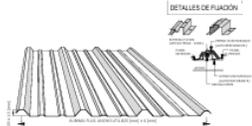






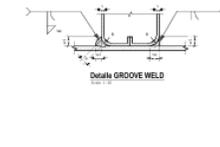
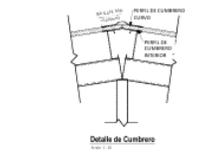
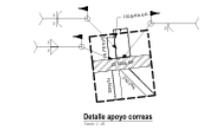
CUADRO DE CERCHAS Y CORREAS

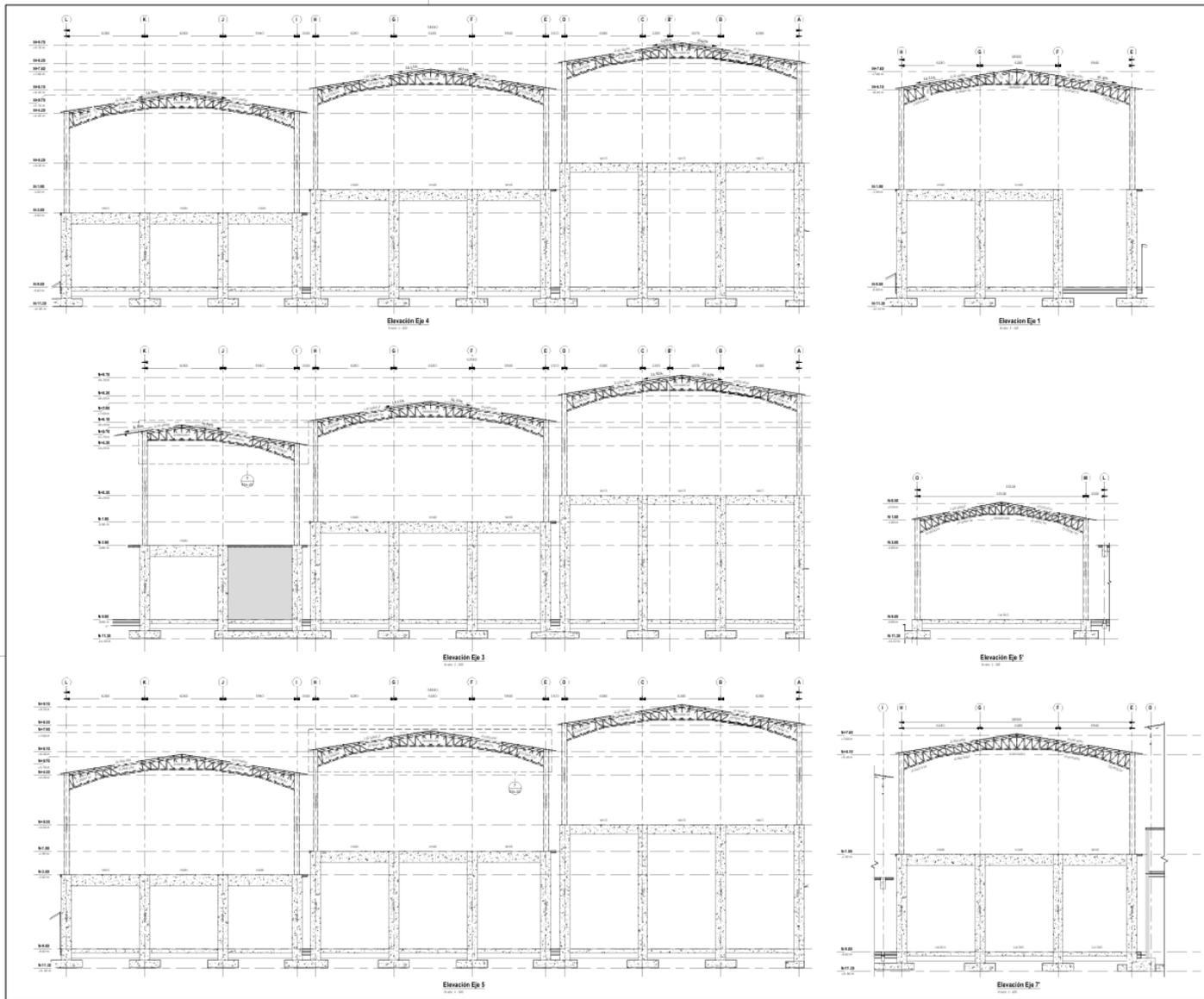
TIPO	SECCION	SECCION	SECCION
2022/2022/2022	2022/2022/2022	2022/2022/2022	2022/2022/2022
2022/2022/2022	2022/2022/2022	2022/2022/2022	2022/2022/2022
2022/2022/2022	2022/2022/2022	2022/2022/2022	2022/2022/2022

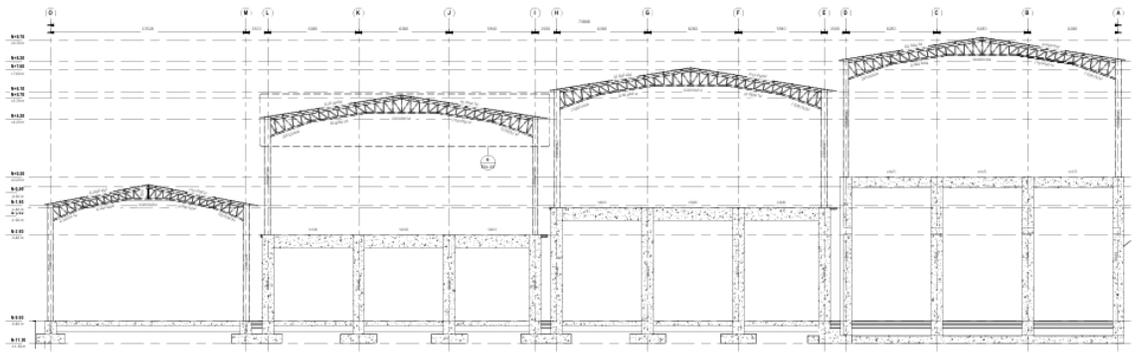


DETALLE DE PANEL

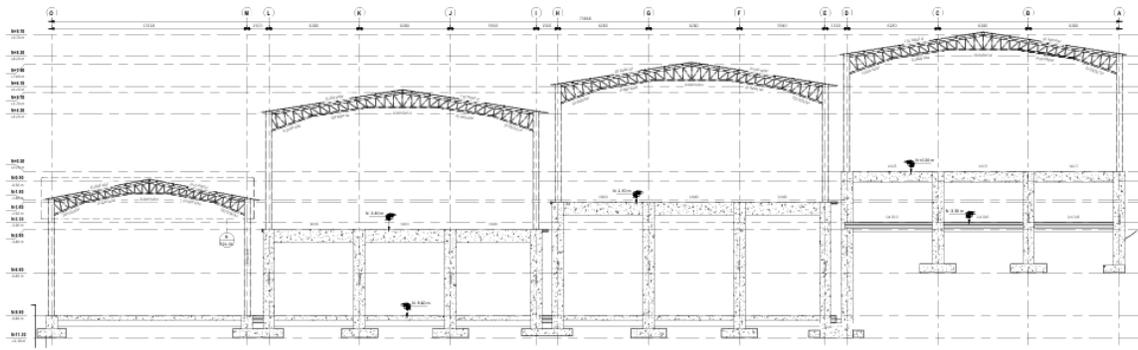
PERFIL DE ALUMINIO					
ANCHO	PROF.	ANCHO DE	ANCHO DE	ANCHO DE	ANCHO DE
mm	mm	mm	mm	mm	mm
1000	100	100	100	100	100
1000	100	100	100	100	100



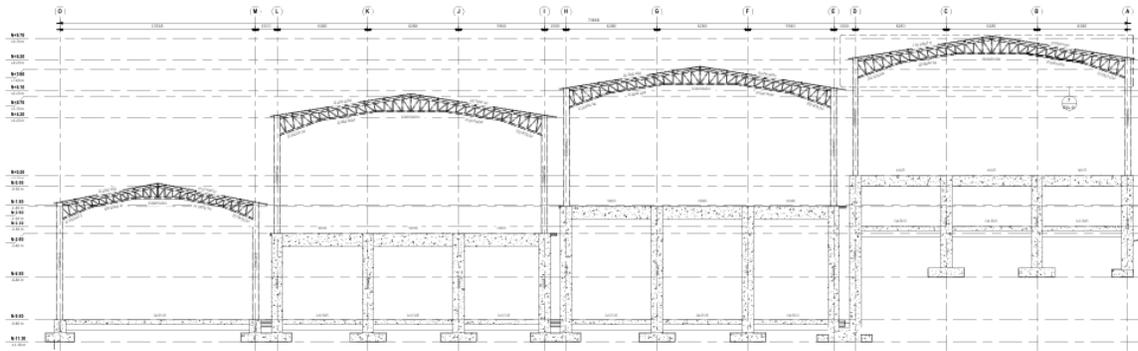




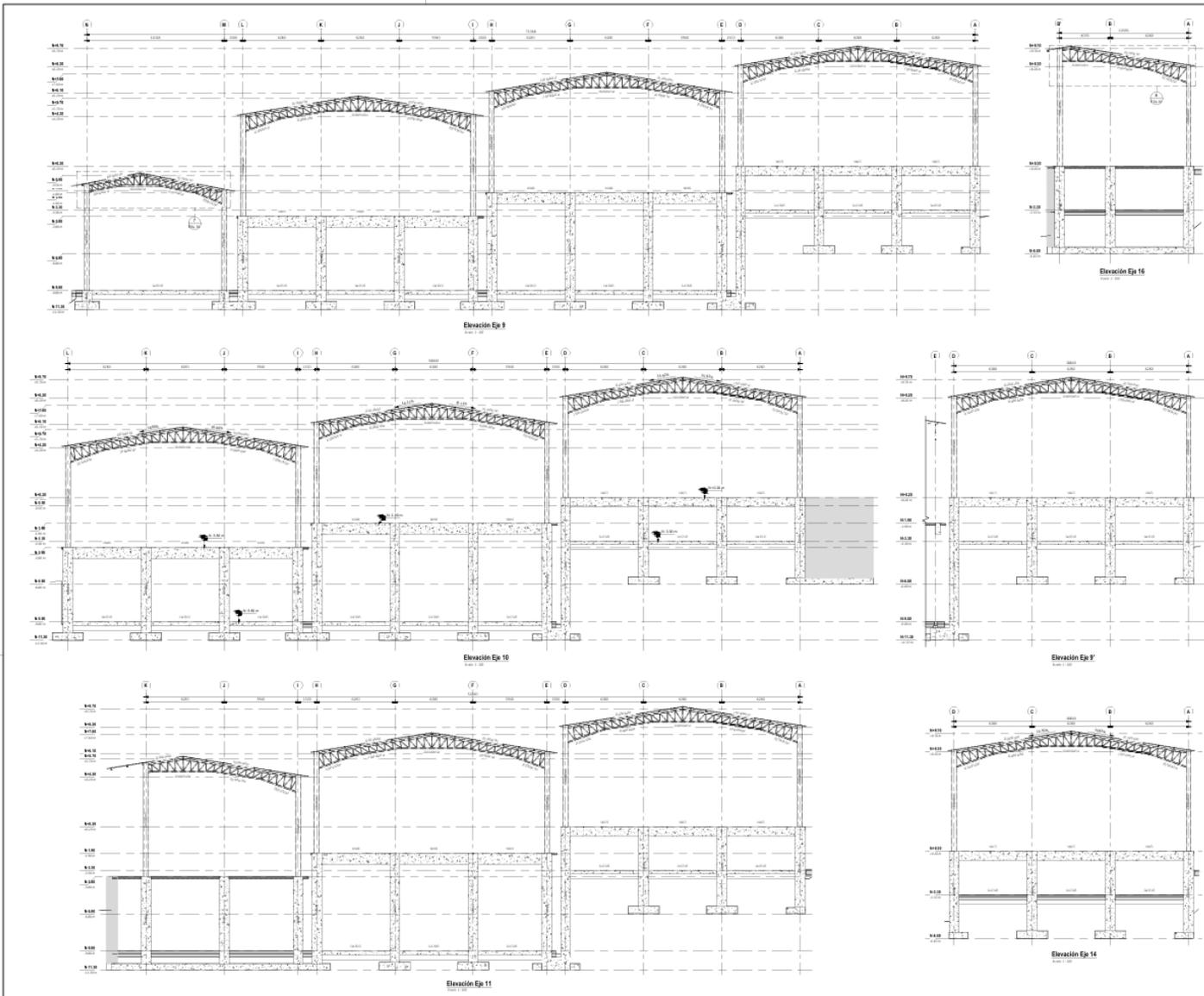
Elevación Eje 6

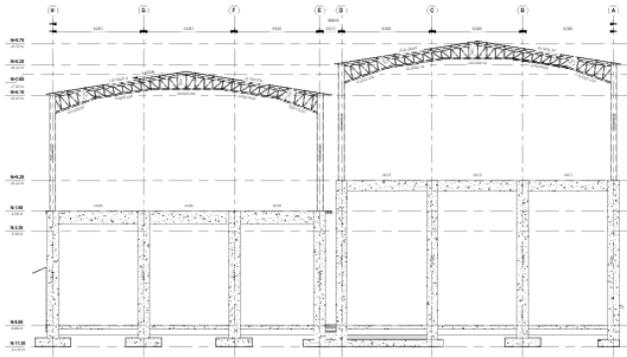


Elevación Eje 7

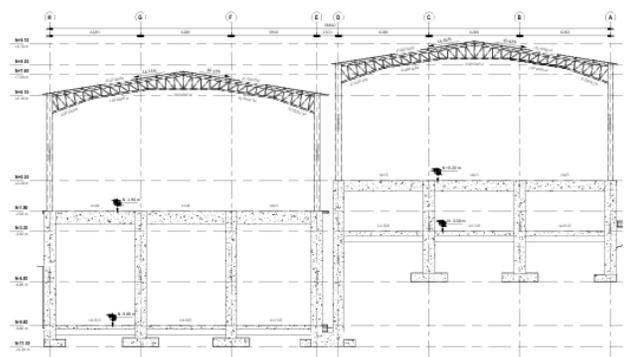


Elevación Eje 8

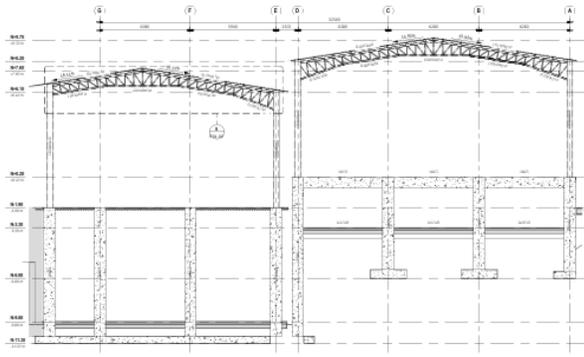




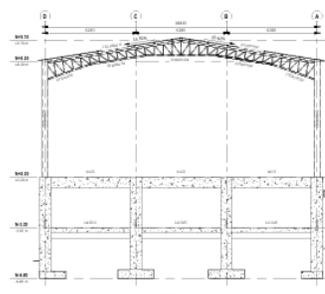
Elevación Eje 2



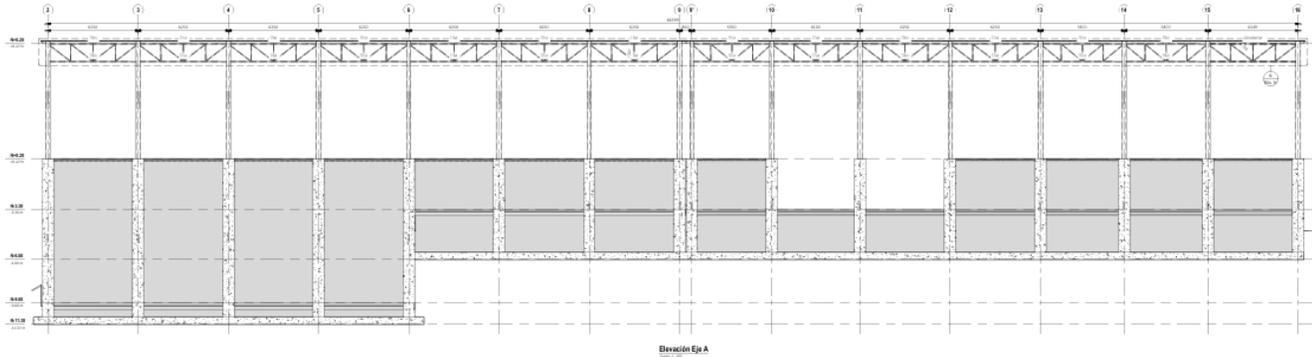
Elevación Eje 12



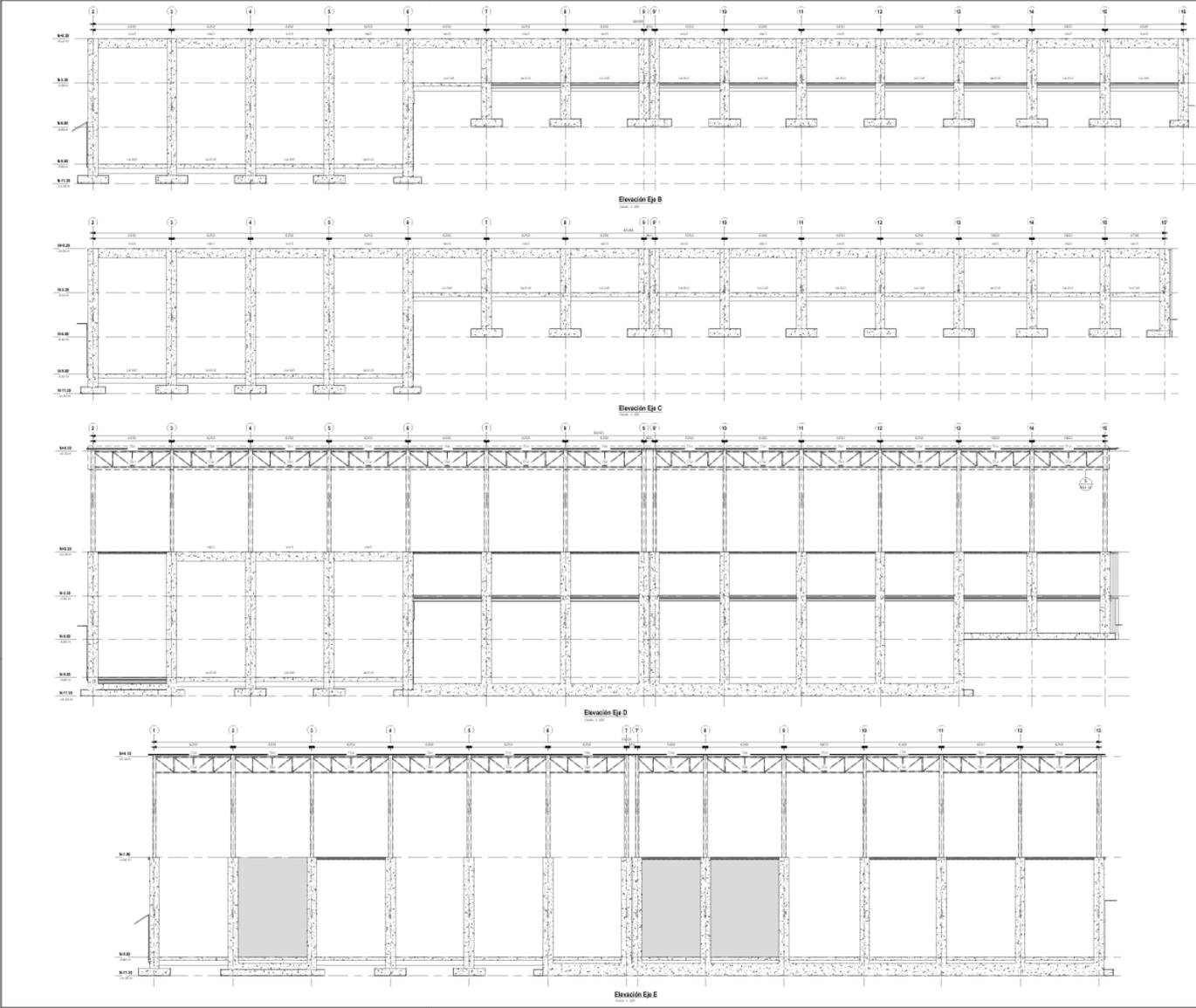
Elevación Eje 13

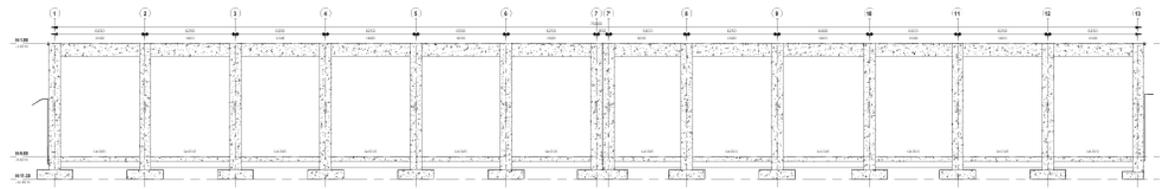


Elevación Eje 15

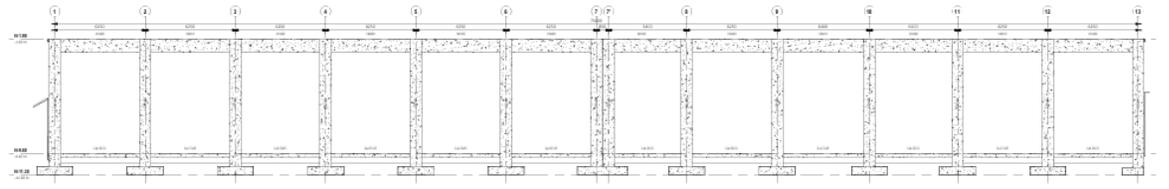


Elevación Eje A

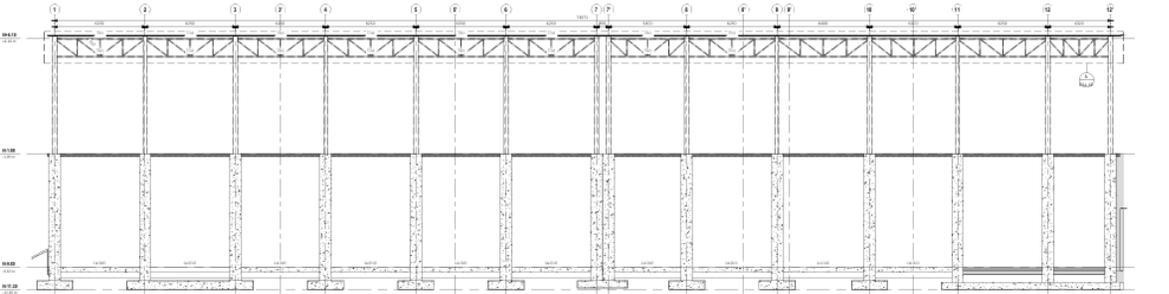




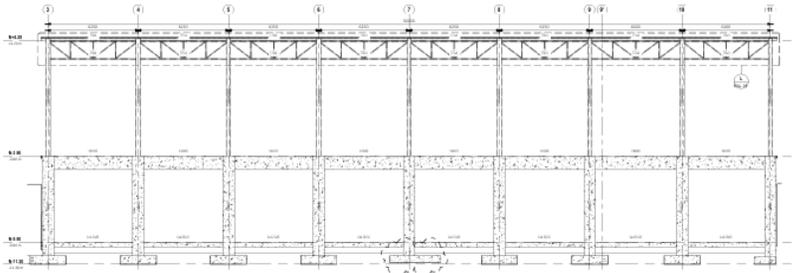
Elevación Eje F



Elevación Eje G

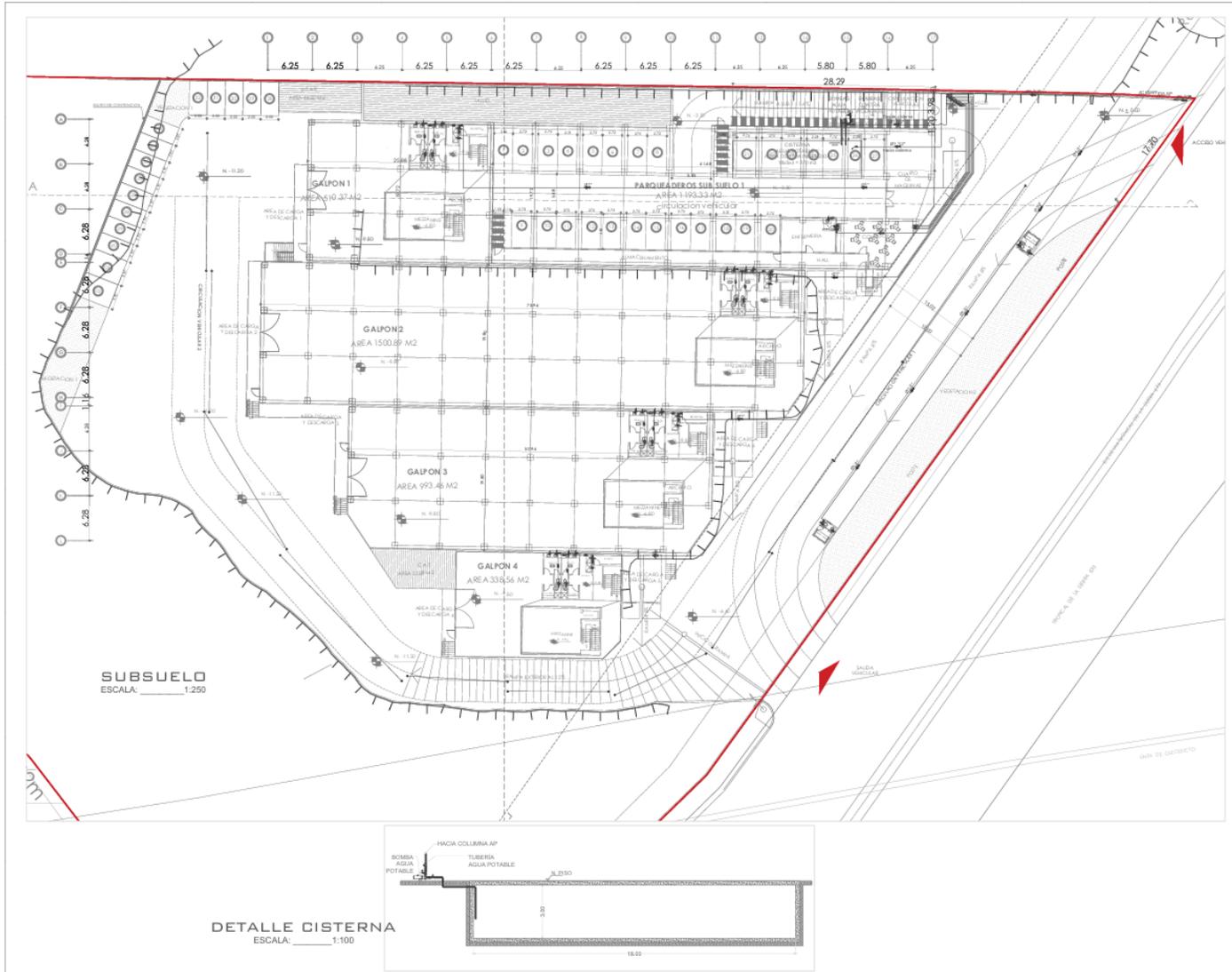


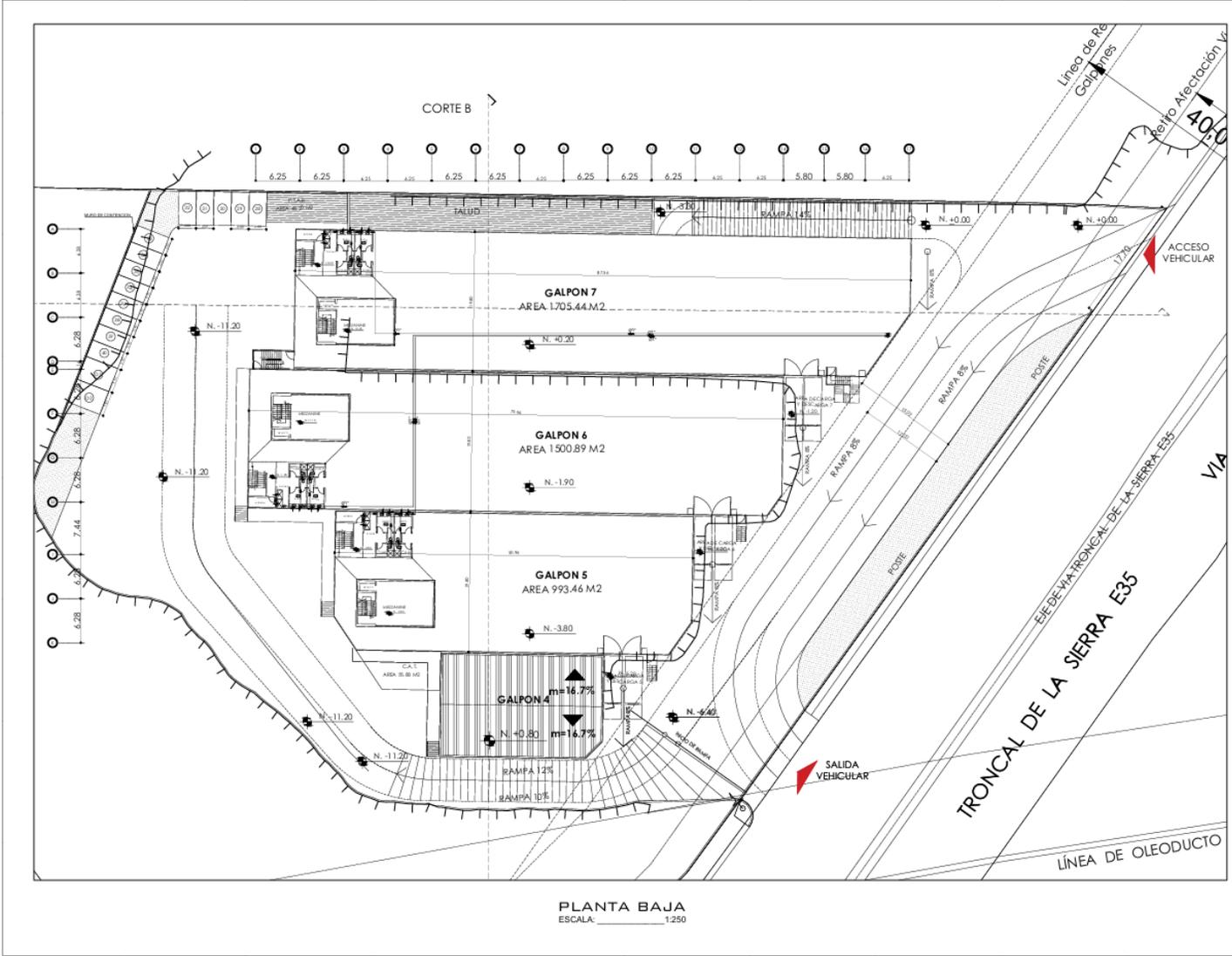
Elevación Eje H

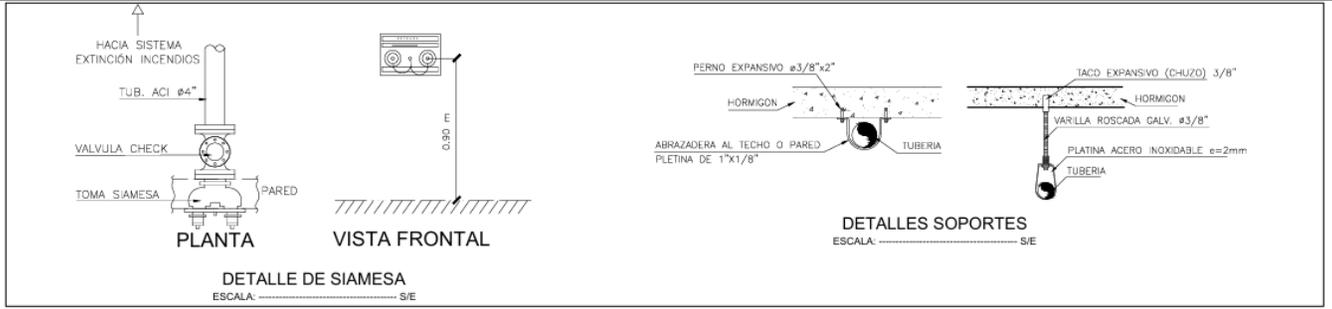
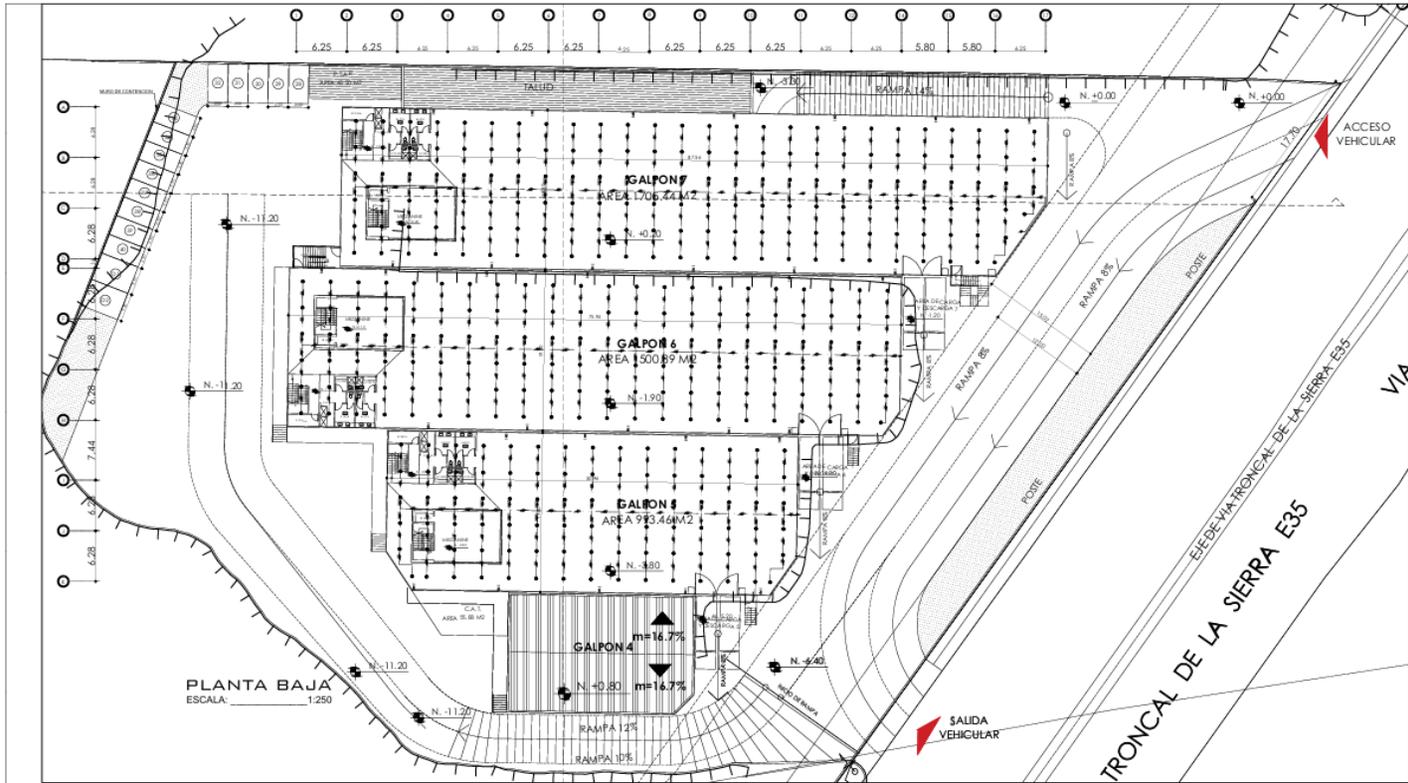


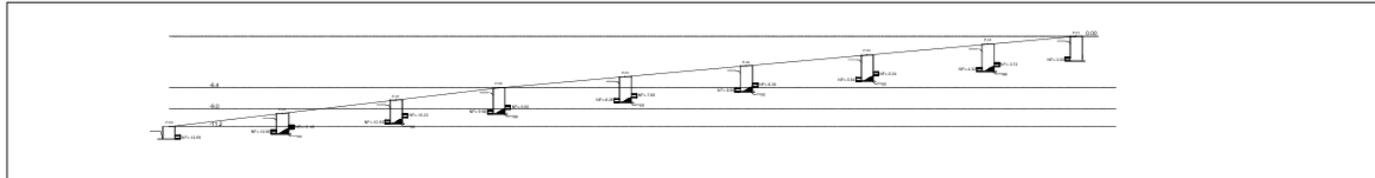
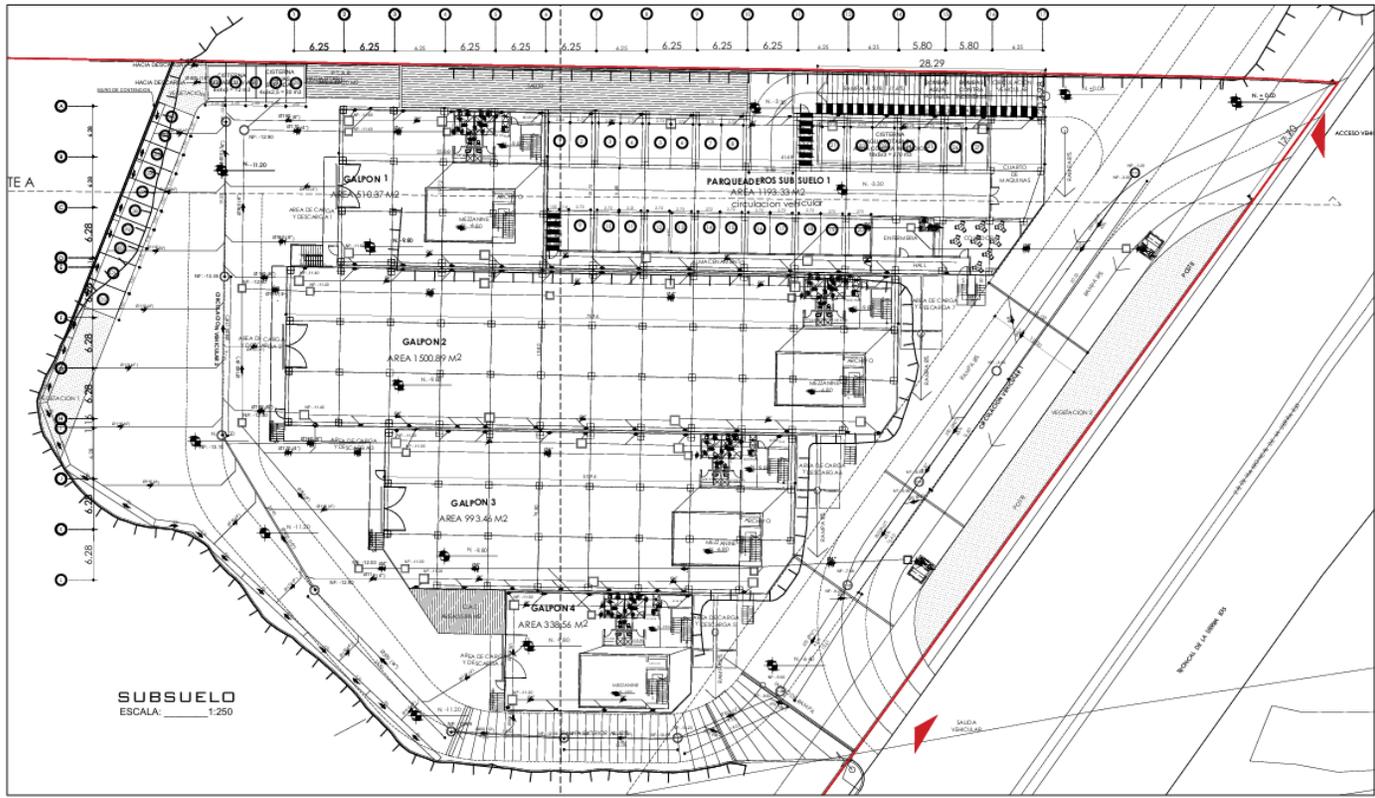
Elevación Eje I

Anexo Planos Hidrosanitarios

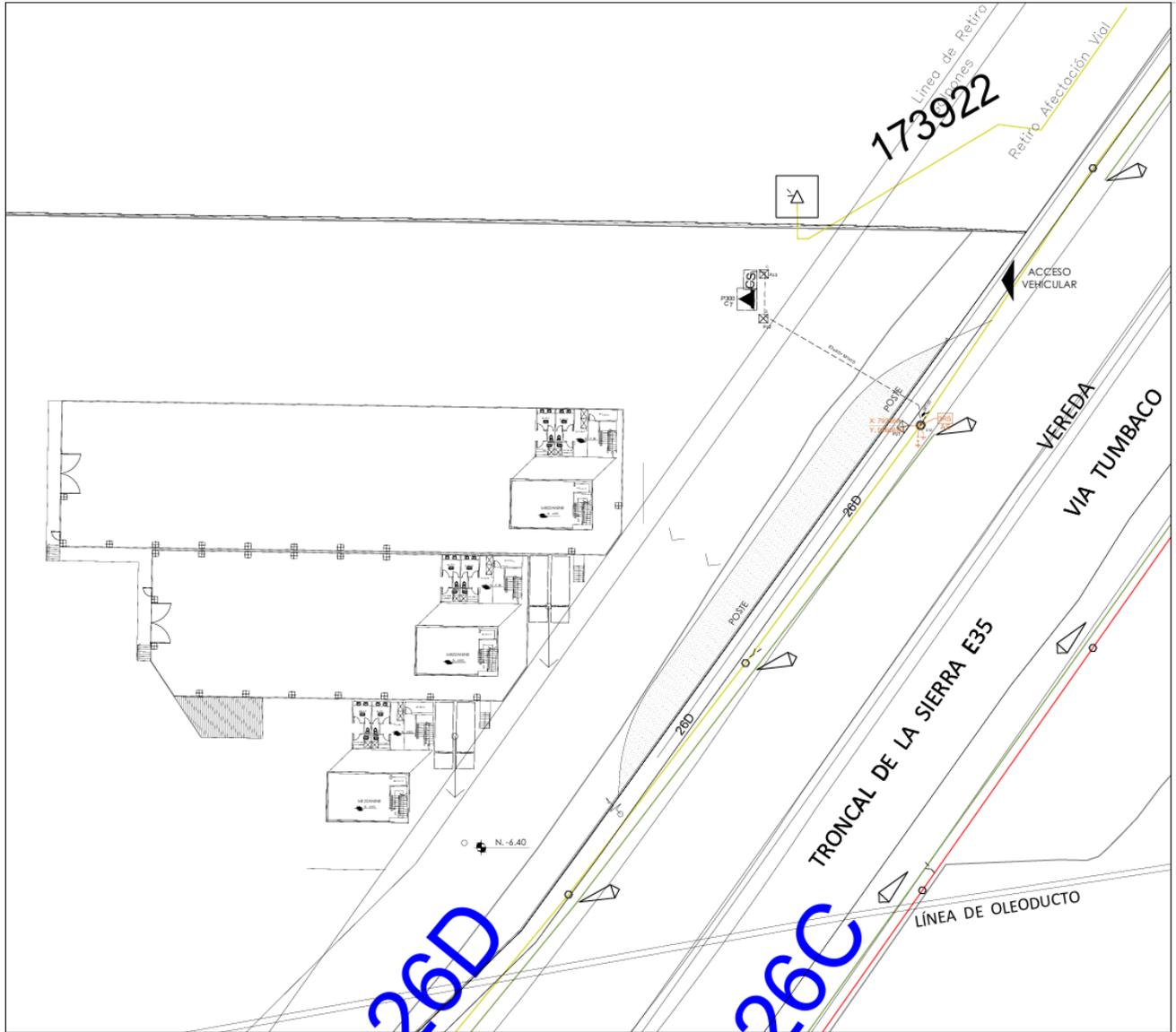








Anexo Planos Electricos

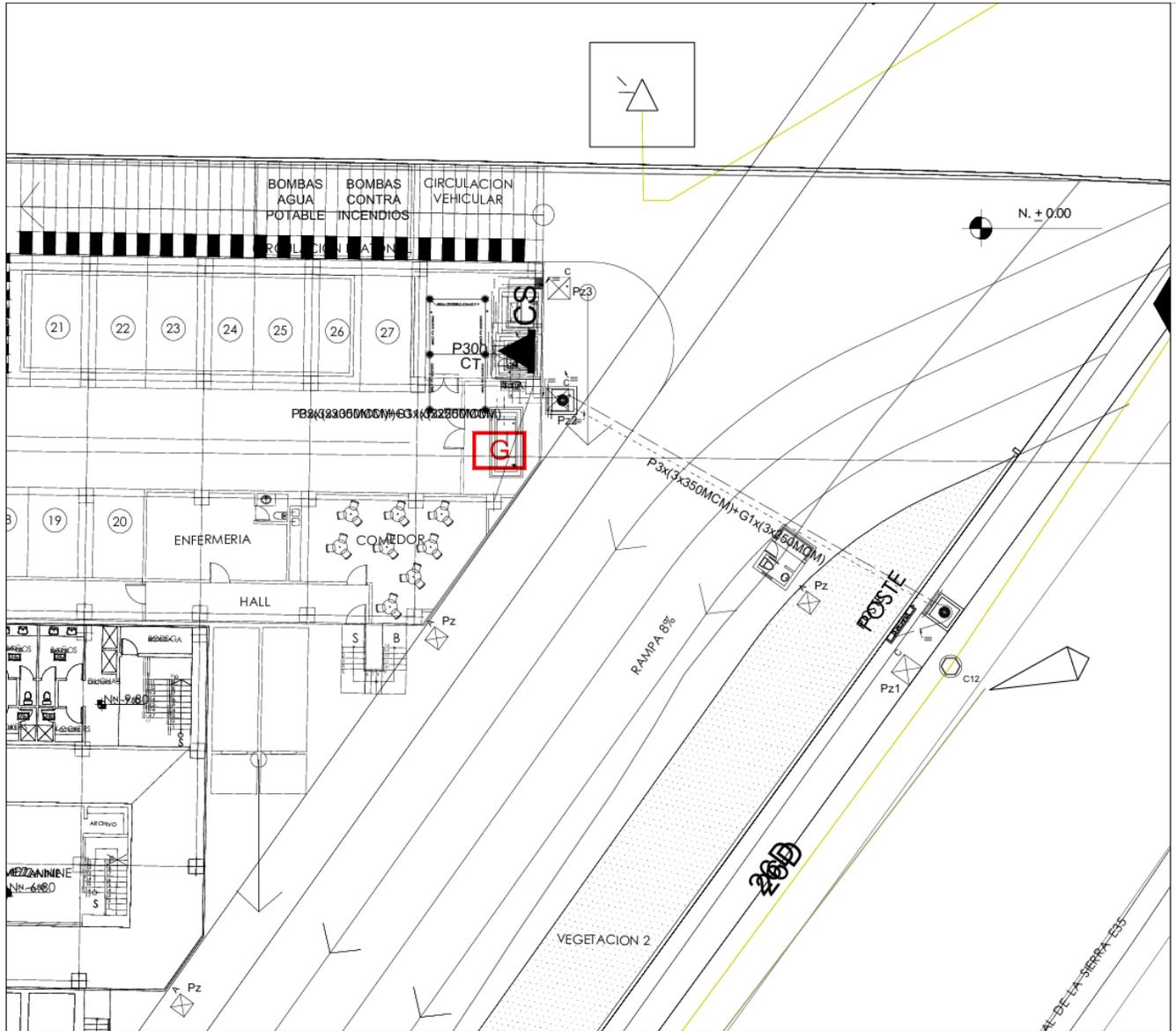


SIMBOLO	SI
	POSTE DE TRANSFORMACIÓN
	POZO DE AGUA
	SECCIÓN DE CABLE
	PARARRAYOS
	TRANSFORMADOR SEMICERVO
	TRANSFORMADOR INSTALADO
	ACOMETIDA 3x45 AW
	RED DE ENERGÍA
	CAJA DE FIBRA

SE AUTORIZA A LA EMPRESA A REALIZAR LAS INSTALACIONES Y REPARACIONES EN LAS MISMAS PARA FUTURO.

Geovanni Villalobos C.
C.I. 171049163-8

PROYECTO	
DISEÑO	
REVISOR	
REVISOR EN CARTEL	
REVISOR EN CAD	
APROBADO E.I.Q.S.A.	
FECHA:	
PROYECTO N°:	PPA-RD-22-261



SIMBOLO	DESCRIPCION
	TTA
	CS
	G

PROYECTO	...
DISEÑO	...
REVISO	...
ASISTENTE	...
FECHA	...
PROYECTO	PPA-RD-22-26

