



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**EXPERIENCIA LABORAL EN EL ÁREA DE
INTEGRACIÓN DE COSTOS PARA
ELEMENTOS PREFABRICADOS EN
PROYECTOS DE NAVES INDUSTRIALES**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

P R E S E N T A

Jorge Miguel Martínez Conde

ASESOR DE INFORME

M.I. Sergio Macuil Robles



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2024



AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

Agradezco a Dios, por su guía y fortaleza, y a mi universidad alma mater, por brindarme las herramientas y los conocimientos necesarios para alcanzar esta meta.

Dedico este trabajo a todos aquellos que han sido parte de mi trayectoria profesional. A mi familia, especialmente a mis padres, hermanos, y abuelita, por su apoyo incondicional; a mis amigos dentro y fuera de mi universidad, por su motivación constante; y a mis colegas y mentores en la facultad y en el trabajo ya fuera oficina, planta u obra, por compartir su sabiduría y experiencia conmigo.

Este logro es un reflejo del esfuerzo colectivo de todos ustedes.



GLOSARIO

- Kilogramos (kg)

Es la unidad base de masa en el Sistema Internacional de Unidades (SI) equivalente a la de un cilindro de platino e iridio conservado en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas.

- Centímetro (cm)

Es una unidad de longitud en el sistema métrico, equivalente a una centésima parte de un metro. Se utiliza comúnmente para medir distancias pequeñas.

- Centímetro cuadrado (cm²)

Es una unidad de medida de área en el sistema métrico, equivalente al área de un cuadrado cuyos lados miden un centímetro cada uno.

- Metro (m)

El metro es una unidad de longitud base en el sistema métrico, equivalente a 100 centímetros. Se utiliza mundialmente para medir distancias y dimensiones en una amplia variedad de campos, desde la construcción y la ingeniería hasta la vida cotidiana.

- Metro cuadrado (m²)

El metro cuadrado es una unidad de medida de área en el sistema métrico, equivalente al área de un cuadrado cuyos lados miden un metro cada uno. Se utiliza para medir superficies en campos como la arquitectura, la construcción y la planificación urbana.

- Metro cúbico (m³)

El metro cúbico es una unidad de medida de volumen en el sistema métrico, equivalente al volumen de un cubo cuyos lados miden un metro cada uno. Se utiliza para medir grandes volúmenes en contextos como la construcción, la ingeniería y la gestión de recursos.

- Kilogramo por centímetro cuadrado (Kg/cm²)

Unidad de medida de presión que representa la fuerza de un kilogramo aplicada sobre un área de un centímetro cuadrado. Se utiliza comúnmente en ingeniería y construcción para expresar la resistencia a la compresión de materiales como el concreto.

- Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión simple es la principal característica mecánica del concreto. Se define como la capacidad de soportar una carga por unidad de área y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², MPa y, ocasionalmente, en libras por pulgada cuadrada (psi). Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se utilizan principalmente para verificar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requisitos de la resistencia especificada ($f'c$) para una estructura específica.

- F_y

En el contexto del acero se refiere a la resistencia de fluencia, que es el esfuerzo máximo que el material puede soportar sin experimentar una deformación plástica permanente. Es una propiedad mecánica crucial para el diseño y análisis estructural, ya que determina la capacidad del acero para soportar tensiones sin deformarse permanentemente. La resistencia de fluencia se mide en unidades de presión, como kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm²).



- Fpu

Se refiere a la resistencia última a la tracción, que es el máximo esfuerzo que el material puede soportar antes de romperse. Esta propiedad es fundamental para el diseño de estructuras pretensadas y postensadas, donde se utilizan torones de acero para soportar grandes tensiones. La resistencia última a la tracción se mide en unidades de presión, como kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm²).

- Índice en kilogramos de acero por cada metro cúbico de concreto kg/m³

Es una medida que indica la cantidad de acero de refuerzo incorporada en un volumen específico de concreto. Este índice es crucial para el diseño estructural y la estimación de materiales en proyectos de construcción, asegurando que la estructura tenga la resistencia y durabilidad adecuadas. La cantidad de acero requerida varía según el tipo de estructura, las cargas previstas y las especificaciones del diseño.



ANEXOS ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Preparación del molde en la línea de producción.</i>	14
<i>Ilustración 2. Limpieza de molde.</i>	15
<i>Ilustración 3. Aplicación de desmoldante al molde.</i>	16
<i>Ilustración 4. Armado de acero acorde a planos de ingeniería.</i>	16
<i>Ilustración 5. Ingreso del armado al molde.</i>	17
<i>Ilustración 6. Colado del elemento prefabricado.</i>	18
<i>Ilustración 7. Correcto enlonado para el curado del elemento prefabricado.</i>	18
<i>Ilustración 8. Extracción de elemento prefabricado.</i>	19
<i>Ilustración 9. Instrucciones del área de ingeniería para el estibado y almacenaje de los elementos.</i>	20
<i>Ilustración 10. Estibado y almacenaje de elementos prefabricados.</i>	20
<i>Ilustración 11. Instrucciones del área de ingeniería para el traslado de planta de fabricación a obra.</i>	20
<i>Ilustración 12. Traslado de trabes delta a sitio de la obra.</i>	21
<i>Ilustración 13. Instrucciones del área de ingeniería para el izaje de los elementos para el montaje.</i>	21
<i>Ilustración 14. Izaje de las trabes tipo "I" prefabricadas para el montaje final.</i>	22
<i>Ilustración 15. Corte de zapatas aisladas prefabricadas (ZPA).</i>	22
<i>Ilustración 16. Preparación de terreno y colocación de suelo-cemento.</i>	23
<i>Ilustración 17. Izaje de las zapatas aisladas para el montaje final.</i>	23
<i>Ilustración 18. Corte de zapatas prefabricadas corridas (ZPC).</i>	24
<i>Ilustración 19. Izaje de las zapatas corridas prefabricadas para el montaje final.</i>	24
<i>Ilustración 20. Corte de columnas rectangulares prefabricadas (CLR).</i>	25
<i>Ilustración 21. Unión de zapata prefabricada con columna prefabricada.</i>	25
<i>Ilustración 22. Izaje de columnas prefabricada para el montaje final.</i>	26
<i>Ilustración 23. Corte trabes delta nave (TDN).</i>	26
<i>Ilustración 24. Corte trabe "I" nave (TIN).</i>	27
<i>Ilustración 25. Izaje de trabes tipo "I" para el montaje final.</i>	28
<i>Ilustración 26. Corte trabe de rigidez cajón (TRC).</i>	28
<i>Ilustración 27. Corte muro spancrete (MSP).</i>	29
<i>Ilustración 28. Elemento muro spancrete (MSP).</i>	29
<i>Ilustración 29. Izaje de los muros spancrete para el montaje final.</i>	30
<i>Ilustración 30. A la izquierda muro prefabricado macizo (MPM) y a la derecha muro prefabricado aligerado (MPA).</i>	31
<i>Ilustración 31. Izaje de los muros prefabricados para el montaje final.</i>	31
<i>Ilustración 32. Plano de nave industrial en AutoCAD.</i>	42
<i>Ilustración 33. Página de Inicio de BIM360.</i>	42
<i>Ilustración 34. Ejemplo de revisiones solicitadas al área de ingeniería.</i>	43
<i>Ilustración 35. Programa preliminar nave Tultitlán.</i>	44
<i>Ilustración 36. Ejemplo de cotización para la fabricación de moldes de trabes (TDN, TIN, TRC).</i>	45
<i>Ilustración 37. Ejemplo cotización de transporte de carga para flete y equipos grúa.</i>	46
<i>Ilustración 38. Ejemplo de armado de matrices de elementos en Excel.</i>	51
<i>Ilustración 39. Apertura de hoja de Excel con matrices en OPUS.</i>	51
<i>Ilustración 40. Interfaz de OPUS para desarrollo de presupuestos.</i>	52
<i>Ilustración 41. Interfaz de OPUS para desarrollo de presupuestos.</i>	52
<i>Ilustración 42. Ejemplo de una exportación de Opus a Excel.</i>	53
<i>Ilustración 43. Ejemplo de avances generales en planta de fabricación semana 09.</i>	54
<i>Ilustración 44. Ejemplo de avances generales en obra semana 18.</i>	54
<i>Ilustración 45. Seguimiento del proyecto naves Tultitlán a través de Teams.</i>	55



<i>Ilustración 46. Avance financiero a partir de estimaciones.</i>	55
<i>Ilustración 47. Ejemplo de dashboards avance real vs programado.</i>	56
<i>Ilustración 48. Pronostico del tiempo Estado de México (19 marzo 2024).</i>	57
<i>Ilustración 49. Problemas en el terreno por mala preparación.</i>	57
<i>Ilustración 50. Ubicación de la zapata eje 13-AD.</i>	58
<i>Ilustración 51. Afectaciones pluviales a elementos prefabricados.</i>	58
<i>Ilustración 52. Análisis de comportamiento de los elementos prefabricados.</i>	59
<i>Ilustración 53. Procedimiento de reparación.</i>	60
<i>Ilustración 54. Izaje de la zapata y columna juntas.</i>	61
<i>Ilustración 55. Mejoramiento de suelo realizado.</i>	61
<i>Ilustración 56. Trabajos subsecuentes al armado de la estructura con elementos prefabricados.</i>	62

ANEXOS TABLAS

<i>Tabla 1. Muestra catálogo de obra nave Tultitlán.</i>	33
<i>Tabla 2. Familia de acciones y trabajos para elementos prefabricados.</i>	34
<i>Tabla 3. Histórico de elementos prefabricados creados por la empresa.</i>	35
<i>Tabla 4. Catálogo de conceptos con clave.</i>	35
<i>Tabla 5. Encabezado de hoja de cálculo, sección del elemento, cantidades de concreto y acero.</i>	36
<i>Tabla 6. Datos técnicos para obtener longitudes de varillas de acero.</i>	36
<i>Tabla 7. Ejemplo de la cuantificación de acero de refuerzo columna CLR001.</i>	37
<i>Tabla 8. Tabla generadora de acero estructural para Columna CLR001.</i>	38
<i>Tabla 9. Tabla de ganchos de izaje y tabla de accesorios.</i>	39
<i>Tabla 10. Resumen horizontal de los elementos CLR001 y CLR002.</i>	39
<i>Tabla 11. Ejemplo de clasificación de insumos (acero estructural).</i>	40
<i>Tabla 12. Ejemplo de cantidades de concreto para los 3 primeros elementos columna.</i>	40
<i>Tabla 13. Ejemplo de insumos necesarios para la fabricación CLR001.</i>	41
<i>Tabla 14. Insumos secundarios, ejemplo CLR001.</i>	48
<i>Tabla 15. Relación del Mano de Obra para fabricación, transporte y montaje de CLR001.</i>	48
<i>Tabla 16. Relación del equipo utilizado para fabricación, transporte y montaje de CLR001.</i>	50

Nota: Las ilustraciones y tablas contenidas en este trabajo escrito están autorizadas exclusivamente por la empresa para su uso en este trabajo. Cualquier forma de reproducción total o parcial sin la autorización expresa de la compañía se considera una violación del secreto industrial y de los derechos de autor.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS	2
GLOSARIO	3
ANEXOS ILUSTRACIONES	5
ANEXOS TABLAS	6
ÍNDICE	7
INTRODUCCIÓN	8
OBJETIVO	9
CAPÍTULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA EMPRESA	9
CAPÍTULO II. NAVES INDUSTRIALES CON ELEMENTOS PREFABRICADOS	13
CAPÍTULO III. ACTIVIDADES REALIZADAS	32
III.1 DESARROLLO DE PRESUPUESTOS DE OBRA	32
III.1.1 CUANTIFICACIÓN DE RECURSOS REQUERIDOS	32
III.1.1.1 APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN Y MODELADO	41
III.1.2 ELABORACIÓN DE PROGRAMAS DE TRABAJO Y CRONOGRAMAS	43
III.1.3 EVALUACIÓN DE PROVEEDORES Y SUBCONTRATISTAS	44
III.1.4 ANÁLISIS DE PRESUPUESTOS Y PRECIOS UNITARIOS	46
III.1.5 IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARE DE GESTIÓN DE COSTOS	51
III.2 SEGUIMIENTO Y CONTROL DE COSTO	53
III.2.1 MONITOREO DE GASTOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS	53
III.2.2 COMPARACIÓN ENTRE COSTOS REALES Y PRESUPUESTADOS	56
III.2.3 IDENTIFICACIÓN DE DESVIACIONES Y ANÁLISIS DE CAUSAS	57
III.2.4 IMPLEMENTACIÓN DE ACCIONES CORRECTIVAS	59
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66



INTRODUCCIÓN

La finalidad de una obra de construcción es crear una estructura física que satisfaga una necesidad, ya sea la construcción de una vivienda, un edificio de oficinas, una nave industrial o cualquier otro tipo de estructura, el objetivo principal es proporcionar un espacio funcional y seguro para su uso previsto. Una obra de construcción debe cumplir con las siguientes características:

- **Diseño adecuado:** debe ser propuesto por profesionales en el área de diseño y construcción, pues se deben tener en cuenta los requisitos estructurales, funcionales y estéticos del proyecto.
- **Funcional:** la construcción debe cumplir con los requisitos y necesidades específicas para los cuales fue diseñada, proporcionando un espacio habitable, de trabajo o de uso adecuado para su propósito previsto.
- **Sostenibilidad:** se debe considerar el uso de materiales y técnicas de construcción sostenibles que minimicen el impacto ambiental y promuevan la conservación de recursos naturales.
- **Cumplimiento normativo:** la construcción debe cumplir con todas las regulaciones de construcción local, regional y nacional, de este modo se garantiza la seguridad y el bienestar de sus ocupantes.

Para cumplir estos aspectos se requiere de un control exhaustivo para cada una de las etapas involucradas, aplicando procedimientos de control y administración adecuados los cuales están contemplados en la gerencia de proyectos encargada de planificar, organizar, dirigir y controlar los recursos y actividades para alcanzar objetivos específicos dentro de un plazo y presupuesto determinados. Durante la planeación y la ejecución es importante atender tres objetivos primordiales: la calidad, el tiempo y el costo, ya que, con ello, puede garantizarse una planificación y ejecución exitosa.

La calidad garantiza la durabilidad, seguridad y funcionalidad de las estructuras. Una construcción de alta calidad reduce los riesgos de fallas prematuras, minimiza los costos de mantenimiento a largo plazo y mejora la satisfacción de los ocupantes.

Por otro lado, el tiempo afecta directamente la rentabilidad del proyecto, ya que cada día adicional de construcción implica mayores costos: mano de obra, equipos y materiales.

El costo es de suma importancia debido a su impacto directo en la viabilidad financiera y la rentabilidad del proyecto. Una gestión eficiente de los costos permite asegurar que los recursos económicos se utilicen de manera óptima, evitando excesos presupuestarios y maximizando el valor entregado.

Mi trayectoria laboral en el área de integración de costos para elementos prefabricados en proyectos de naves industriales ha sido una experiencia enriquecedora y gratificante. Durante mi tiempo en esta área, he tenido la oportunidad de desarrollar habilidades clave en gestión de presupuestos.

En el ámbito de la ingeniería civil, la integración de costos la podemos definir como el proceso de combinar distintos gastos asociados con la planificación, diseño, adquisición de materiales, mano de obra, equipamiento, y otros recursos necesarios para llevar a cabo un proyecto de construcción. Desde luego, el enfoque de costos y presupuestos puede cambiar por el proceso constructivo a emplear, en el área donde desempeñé mis actividades tenía un proceso constructivo distinto al tradicional, pues era a base de construcción por elementos prefabricados.

Los elementos prefabricados en el contexto de la construcción son una parte o componente de la estructura o fachada que se fabrica previamente en una instalación fuera del lugar de construcción principal y luego se transporta al sitio para su montaje final. Estos elementos pueden incluir muros, losas, columnas, traveses o vigas, incluso elementos para cimentación como zapatas.

La prefabricación ofrece numerosos beneficios, como la reducción de tiempos de construcción, la mejora de la calidad y consistencia, y la minimización de desperdicios en el sitio de trabajo. A lo largo



del presente trabajo, mostraré a detalle cómo la integración de costos juega un papel fundamental para las obras que contemplan el sistema constructivo a través de elementos prefabricados.

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es describir y analizar las actividades que he desempeñado dentro del área de costos y presupuestos de una empresa especialista en la fabricación de elementos prefabricados para proyectos de naves industriales. Esto implica hacer uso de conocimientos y habilidades adquiridas en mi formación como estudiante de ingeniería civil, mismas que aplico para calcular cuidadosamente los recursos necesarios y hacer uso de tecnologías para realizar un análisis de precios unitarios y presupuestos. Después de la integración del presupuesto, se hace un seguimiento de los gastos, comparando costos en la planta de producción y en la obra con los presupuestados, identificando desviaciones y sus razones, y tomando medidas correctivas para asegurar el éxito del proyecto.

CAPÍTULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA EMPRESA

Durante mi experiencia profesional, tuve el privilegio de laborar en un grupo empresarial dedicado a desarrollar e impulsar infraestructura para la industria del transporte ferroviario, conducción hidráulica y construcción. Este grupo es líder en el desarrollo de ingeniería, diseño, construcción y mantenimiento de las vías férreas en México y América Latina, además, provee suministro de maquinaria, materiales e insumos para la misma. El grupo también cuenta con una empresa que utiliza tecnología de vanguardia en la producción de tuberías de acero con costura helicoidal y longitudinal, destinadas al transporte de agua, gas, petróleo, así como para aplicaciones estructurales.

En el ámbito de la construcción, el grupo cuenta con una empresa que es de las más brillantes en México en el diseño y construcción de edificaciones comerciales, industriales y de infraestructura con sistemas prefabricados de concreto. Cuenta también con un sistema innovador de tecnología *spancrete*, utilizado en muros, losas y entrepisos, el cual es más rápido, eficiente, versátil y ofrece un valor excepcional al proyecto. En este grupo empresarial tuve la oportunidad de desempeñar actividades en la industria del prefabricado, pude desarrollar habilidades clave y aplicar conocimientos fundamentales de construcción que adquirí como estudiante de ingeniería civil, mismos que me ayudaron a comprender este sistema novedoso para mi conocimiento, destacando cada etapa desde la concepción y diseño hasta la fabricación y montaje final en el sitio de construcción. Esta curiosidad despertada en mí me permitió abundar aún más en lo que hay detrás de este proceso para la construcción de naves industriales.

El proceso constructivo mediante elementos prefabricados

Es importante conocer y comprender el proceso constructivo que realiza la empresa para la fabricación de elementos prefabricados, pues ello permite evaluar la calidad y la eficiencia de la producción de estos. Esto garantiza que los productos cumplen con los estándares requeridos en términos de resistencia, durabilidad y acabado superficial, mismos que facilita la identificación de posibles mejoras y optimizaciones en la línea de producción. Del mismo modo, conduce a una mayor eficiencia en la fabricación, a una reducción de costos y a tiempos de entrega más cortos.

De acuerdo con el texto *Manual de Diseño de Estructuras Prefabricadas y Presforzadas (2000)*, elaborado por la ANIPPAC y el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, el procedimiento de fabricación incluye los siguientes pasos:

6.1.4 PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN



- Colocación del fondo de la cimbra
- Desmoldante
- Colocación y tensado de torones
- Colocación de acero de refuerzo y estructural
- Colocación de costados con desmoldante
- Colado
- Vibrado (inmersión, molde vibrador, extrusoras)
- Cubierta con lonas y curado con vapor (6 -10 horas)
- Revisión del f'c y cortado de torones (en orden)
- Descimbrado de costados
- Extracción y resane
- Almacenaje

El procedimiento de fabricación descrito en este manual coincide con mi conocimiento profesional en esta área. Tuve la oportunidad de presenciar este proceso en la planta de fabricación y puedo confirmar la eficacia y la importancia de cada uno de los pasos mencionados, Sin embargo, vale la pena profundizar en el aspecto de los insumos utilizados en este proceso.

El proceso constructivo mediante elementos prefabricados nace a partir de diversas investigaciones y desarrollos sobre el diseño de concretos presforzados, mismas que comenzaron desde los años 30 y fueron concluyentes al año de 1955. Esta industria es nueva en la aplicación de construcción en comparación con la construcción tradicional, que ha tenido constante evolución y se remonta a inicie las primeras civilizaciones. Sin embargo, el insumo principal, que es el concreto, comenzó su uso generalizado en la construcción moderna y aumentó significativamente a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, especialmente después del desarrollo de técnicas de mezcla y reforzamiento más efectivas.

Dado que el concreto presforzado es un material nuevo en la construcción moderna, puede ser sorprendente que haya poca información sobre sus orígenes en bibliografías específicas. Desde sus inicios, quienes no dominaban las técnicas de ingeniería de la construcción con concreto presforzado cometieron graves errores, mismos que repercutieron en problemas económicos, lo que llevó a una etapa de marginación de la industria, ya que debía tener establecida su línea de producción unitaria y centrarse en un solo elemento. Hoy en día, para dedicarse a esta industria, es importante contemplar correctas fases de diseño y construcción muy especializadas con las cuales deben contar los ingenieros y contratistas para ser expertos y competentes, pues se debe garantizar la seguridad, la calidad y la eficiencia de las estructuras.

Este enfoque ingenieril, desde mi punto de vista, asegura que los elementos prefabricados sean robustos, duraderos y capaces de soportar las cargas y tensiones a las que estarán expuestos durante su vida útil, como se explica en el libro *Construcción de estructuras de concreto presforzado* (1978), estas mismas deben pasar por un proceso comenzando con la elección de los insumos principales a emplear:

- Concreto
- Torones de presfuerzo
- Acero de refuerzo
- Accesorios ahogados en concreto

Concreto

Como se explicó anteriormente, el detonante principal para que se desarrollara la industria del prefabricado fueron las diversas investigaciones al concreto, ya que comenzó la investigación y producción de los concretos de alta resistencia, esto con el objetivo de crear estructuras más duraderas,



seguras y capaces de soportar cargas más pesadas. Además, con "f'c" más altos, se pueden utilizar diseños más delgados y eficientes, lo que puede llevar a una reducción en los costos de construcción y un mejor rendimiento en términos de peso y espacio, esto terminó en producir resistencias que a edades tempranas obtenían de 400 kg/cm² a 500 kg/cm² a los 28 días, ello pudo ser posible gracias a los diferentes insumos que componen el concreto, se integraron agregados con un tamaño máximo de 2.5 o 2 cm además de que la relación de agua cemento era relativamente baja, llegando a 0.45, pues se tenía un alto contenido de sacos de cemento que podían oscilar entre los 5 a 6 por cada metro cúbico de agua. Además, el proceso sumaba técnicas sofisticadas de mezclado, vibrado y un curado excelente, mismas técnicas que eran seleccionadas contemplando factores como el clima.

Fue ahí que los diseñadores se dieron cuenta de que las ventajas técnicas y económicas eran altas en comparación con otros sistemas constructivos, además de que podían utilizarse en más industrias, por ejemplo, los durmientes de concreto presforzado, que han sido ampliamente utilizados en la industria ferroviaria debido a su durabilidad y resistencia. Estos durmientes proporcionan una base estable y segura para los rieles, distribuyendo las cargas de manera uniforme y resistiendo las fuerzas asociadas con el tráfico ferroviario pesado.

Otro ejemplo está en los pilotes de concreto presforzado, que son elementos estructurales utilizados en cimentaciones profundas para transferir las cargas de una estructura a estratos más estables del suelo. Estos pilotes pueden estar presforzados para mejorar su capacidad de carga y resistencia a la flexión.

También el concreto presforzado ha sido fundamental en la construcción de grandes obras de ingeniería civil, como los puentes de gran envergadura compuestos de traveses de concreto presforzado, las cuales son componentes estructurales clave en su construcción debido a su alta resistencia y eficiencia en costos. Uno de los beneficios de utilizar traveses de concreto presforzado es que permite diseñar traveses con capacidades de carga más altas en comparación con el concreto convencional, lo que significa que pueden soportar mayores cargas sin deformarse excesivamente, además, el diseño nos permite que se puedan construir claros más grandes entre las columnas del puente. Ello hace posible la construcción de puentes con menos apoyos intermedios y en muchos casos se puede reducir el número de traveses necesarias para cada claro de puente, lo que no solo reduce costos de construcción, sino que también simplifica el diseño y la construcción del puente.

Torones de presfuerzo

Los torones de presfuerzo son componentes fundamentales en la construcción de elementos prefabricados, estos torones consisten en cables de acero de alta resistencia que se tensan antes de verter el concreto en una estructura, como traveses o losas.

El papel principal de los torones de presfuerzo es proporcionar una fuerza de compresión inicial al concreto antes de que se apliquen cargas externas. Esta compresión anticipada ayuda a contrarrestar las compresiones que se desarrollarán cuando la estructura esté en uso y cargada. Al colocar los torones de presfuerzo dentro del concreto, se puede lograr una mayor resistencia y capacidad de carga en la estructura, también pueden ayudar a controlar la fisuración del concreto, mejorar la durabilidad de la estructura y permitir la construcción de elementos más delgados y livianos sin sacrificar la resistencia, aunado a ello, se puede utilizar menos acero de refuerzo para lograr la misma resistencia estructural o incluso aumentar la resistencia sin necesidad de aumentar la cantidad de acero utilizado.

Los torones de presfuerzo se tensan utilizando equipos especializados llamados gatos hidráulicos o mecánicos de tensado. El proceso de tensado, el cual es realizado por la planta de prefabricados, comienza colocando los torones en su posición dentro del elemento prefabricado, generalmente dentro de conductos o ductos diseñados para este fin, después, se conectan los extremos de los torones a los gatos de tensado. Una vez que los torones están asegurados en su lugar, se aplica una fuerza de tracción a través de los gatos, lo que estira los torones y aplica la tensión deseada.

Alcanzada la tensión requerida, se mantienen los torones en esa posición y se anclan en su lugar, asegurando que conserven su tensión incluso después de que se retiren los gatos de tensado. Después de anclar los torones, se vierte el concreto alrededor de ellos para formar el elemento prefabricado completo. Este proceso de tensado es crucial para garantizar que los torones proporcionen la resistencia y la estabilidad necesarias en el elemento prefabricado una vez que esté en su ubicación final.

Acero de refuerzo

Al igual que en la construcción tradicional, los elementos prefabricados contienen acero de refuerzo, el cual se utiliza comúnmente en elementos prefabricados de concreto para proporcionar resistencia adicional y mejorar la capacidad de carga de la estructura. Este acero suele estar presente en forma de barras de refuerzo de acero corrugado que se colocan estratégicamente dentro del elemento prefabricado durante el proceso de fabricación, dividido en dos grandes grupos, longitudinal y transversal. El acero de refuerzo ayuda a controlar la fisuración y a mejorar la resistencia a la compresión del hormigón, lo que aumenta la durabilidad y la capacidad de carga de los elementos prefabricados. También puede utilizarse para reforzar puntos críticos del elemento, como esquinas o áreas de conexión. La cantidad y disposición del acero de refuerzo dependerán de varios factores, incluyendo la carga esperada, el diseño estructural y las condiciones de servicio. Los ingenieros estructurales determinarán las especificaciones de refuerzo necesarias para garantizar que el elemento prefabricado cumpla con los requisitos de resistencia y seguridad.

Accesorios ahogados en concreto

Los accesorios pueden ser metálicos a base de placa de acero y varilla corrugada o en algunos casos puede tratarse de accesorios elaborados con concreto armado. Son componentes comunes utilizados como conectores, diseñados para unir elementos prefabricados entre sí, como por ejemplo una unión entre trabe y columna, accesorios para la unión de muros, entre otros. Los conectores generalmente van soldados placa a placa. Otros accesorios que cumplen con la función para el anclaje a otras estructuras, por ejemplo, columna a zapata, pueden ser pernos de anclaje, perno nivelador, placas de anclaje elaboradas con materiales como acero o neopreno.

La correcta unión de los accesorios metálicos es fundamental para garantizar la integridad estructural y la seguridad del proyecto. Se deben tener en cuenta varios aspectos para asegurar una unión efectiva y duradera. Es crucial que los accesorios metálicos seleccionados sean adecuados para las cargas y condiciones de servicio previstas. Esto implica considerar el tipo de material, el tamaño, la resistencia y las características específicas de cada accesorio. Se debe prestar especial atención a la alineación y nivelación de los elementos prefabricados y los accesorios metálicos. Otro aspecto importante es asegurar una conexión firme y segura entre los accesorios metálicos y los elementos prefabricados. Esto puede implicar el uso de técnicas de fijación adecuadas, como soldadura, pernos de alta resistencia o adhesivos estructurales, según sea necesario.

Lo anterior debe seguir las especificaciones y recomendaciones del diseñador para la instalación de los accesorios metálicos, así como cumplir con las normativas y estándares de construcción aplicables.

Al seleccionar y utilizar estos insumos de manera adecuada, se garantiza que los elementos prefabricados cumplan con los estándares de calidad y rendimiento requeridos para su aplicación específica. Es importante destacar que existen otros insumos que también son fundamentales para el proceso, los cuales serán detallados más adelante.



CAPÍTULO II. NAVES INDUSTRIALES CON ELEMENTOS PREFABRICADOS

"Los acontecimientos vividos a finales del siglo XVIII y principios del XIX marcaron un punto de inflexión en la historia de las naves industriales, con la llegada de la Revolución Industrial y todo lo que supuso a todos los niveles de la sociedad." (Evolución de las naves industriales a lo largo de la Historia | Siete INOX, 2022).

Esta afirmación nos habla sobre la importancia histórica de la Revolución Industrial en la evolución de las naves industriales. La Revolución Industrial fue un período de transformación radical en la producción, marcado por avances tecnológicos, cambios económicos y sociales significativos. La introducción de maquinaria y métodos de producción mecanizados llevó a la necesidad de espacios industriales específicamente diseñados para albergar estas operaciones.

Las naves industriales se convirtieron en la infraestructura clave para albergar la producción en masa y la maquinaria especializada de la Revolución Industrial. Estos espacios proporcionaban el ambiente necesario para la eficiencia y la escala de producción requeridas por las nuevas tecnologías.

Las primeras naves industriales surgieron en un contexto en el que se utilizaron elementos y técnicas arquitectónicas comunes de la época, como vigas y cerchas de madera, aunque el uso de estas últimas presentaba limitaciones en cuanto a la distancia entre los puntos de apoyo, restringiendo esta distancia a unos 6 metros debido a la resistencia de este material. Para superar esta limitación, se empezaron a utilizar cuchillos de madera, una forma primitiva de cerchas, que permitían mayor separación entre los apoyos, lo que significaba más área para trabajar. Aunado a ello se trabajaba con otros materiales, como bóvedas hechas con piedra natural o ladrillo para la estructura del techo y muros de carga levantados con ladrillos o mampostería para delimitar el espacio interior también para fortalecer la estabilidad lateral de los muros de carga, a veces se realizaban modificaciones, como la inclusión de columnas.

A medida que avanzaba la Revolución Industrial y se desarrollaban nuevas tecnologías y materiales de construcción, las naves industriales experimentaron una evolución significativa a partir de las estructuras iniciales de madera y albañilería, se transitó hacia el uso de materiales más modernos y eficientes, como el acero y el concreto armado.

El uso del acero en la construcción de naves industriales marcó un hito importante en esta evolución, este material ofrecía una serie de ventajas sobre la madera y otros materiales tradicionales, incluyendo una mayor resistencia estructural, la posibilidad de crear estructuras más grandes y ligeras, y una mayor durabilidad, así como una mayor capacidad para resistir las cargas y fuerzas asociadas con la operación industrial. Por otro lado, el concreto armado también desempeñó un papel crucial en la evolución de las naves industriales, pues la combinación de concreto y acero proporcionaba una resistencia aún mayor y permitía la creación de estructuras más duraderas y estables, esto permitía la construcción de elementos arquitectónicos más complejos, como grandes claros y alturas, lo que contribuyó a la eficiencia y funcionalidad de las instalaciones industriales.

Con la llegada de los elementos prefabricados, se produjo otra revolución en la construcción de naves industriales, ofreciendo ventajas significativas sobre el acero y otros métodos de construcción tradicionales. Estos elementos se elaboran en fábricas o talleres en condiciones controladas, lo que garantiza una mayor precisión y calidad en comparación con las estructuras construidas en sitio.

La prefabricación permite reducir considerablemente el tiempo de construcción, ya que los elementos pueden ser ensamblados rápidamente una vez transportados al sitio de construcción. Esta rapidez en la construcción permite poner en funcionamiento la nave industrial en un período más corto, lo que resulta en un retorno de inversión más rápido para el propietario. Se pueden fabricar en una variedad

de formas y tamaños para adaptarse a las necesidades específicas del proyecto, lo que permite una mayor libertad creativa en el diseño de la nave industrial.

Los elementos prefabricados que conforman las naves industriales pueden variar según el diseño y las necesidades específicas del proyecto, aunque este trabajo se centrará en un proyecto ubicado en el municipio de Tultitlán, en el Estado de México.

Al centrarse en las necesidades específicas del proyecto, se pueden seleccionar y diseñar elementos prefabricados que se adapten mejor al entorno local y cumplan con los requisitos de construcción y normativas aplicables en la región, por lo que se diseña la estructura y parte de la fachada prefabricada, contribuyendo así a una construcción más eficiente y con la calidad esperada.

La metodología de usar prefabricado no solo mejora la eficiencia del proceso constructivo, sino que también asegura una alta calidad y consistencia en los componentes estructurales. Para ello, es necesario conocer el proceso para la construcción de naves industriales, destacando sus sistemas característicos, materiales de cada uno de los elementos a utilizar.

Preliminares de Prefabricación

Preparación de mesas de trabajo y moldes.

Para cada uno de los elementos se debe iniciar con los trabajos de habilitado, colocación o elaboración de moldes para el elemento, en caso de que los moldes existentes no cumplan con las geometrías correspondientes se cotiza la fabricación del molde con las características solicitadas por el cliente.

La elaboración de moldes es una etapa crucial en la producción de elementos prefabricados, su precisión y calidad determina la forma y acabado de los elementos prefabricados. Dicho proceso, debe seguir estrictamente las especificaciones proporcionadas por el área de ingeniería de la empresa, en ciertos casos, se deberán usar moldes autotensables dado que algunos elementos son tensados.

Este proceso abarca varias actividades específicas destinadas a asegurar que todo esté listo para iniciar la producción de manera eficiente y sin contratiempos, de tal manera que se debe hacer un acondicionamiento de áreas de trabajo y mesas de producción.



Ilustración 1. Preparación del molde en la línea de producción.

Limpieza de los moldes

Este proceso aplica cuando el molde no es nuevo y se reutilizará para un nuevo proyecto, consiste en retirar el escombros que haya quedado del colado anterior y eliminar todo el material adherido, como puntos de soldadura, residuos de madera u otros materiales.

Se realiza una inspección visual del molde para identificar áreas con escombros y residuos. Utilizando herramientas manuales como espátulas y cepillos, se retira el escombros suelto y acumulado, prestando especial atención a las esquinas y bordes del molde, luego se emplea un cepillo de alambre para limpiar las superficies internas del molde, se pasa de manera uniforme sobre toda la superficie para eliminar cualquier material adherido durante este proceso, se pone especial atención en las áreas donde es más probable que se acumulen residuos, como juntas y uniones del molde, asegurándose de que no queden restos que puedan afectar la forma o acabado del próximo colado.

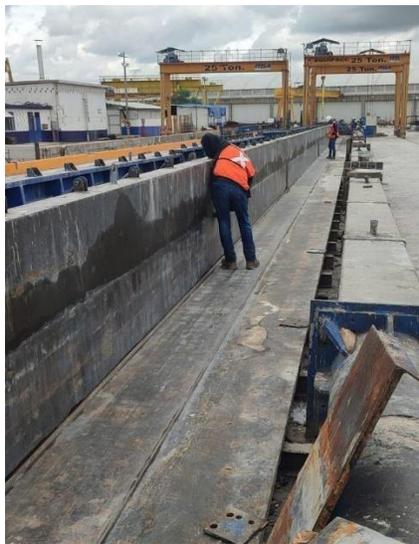


Ilustración 2. Limpieza de molde.

Desmoldante

La aplicación de desmoldante es una actividad crucial que consiste en cubrir las paredes internas del molde con un desmoldante líquido, se realiza preferentemente utilizando un aspersor o una estopa, asegurándose de que la aplicación sea uniforme. El desmoldante forma una película que facilita el desprendimiento del elemento prefabricado del molde, evitando que el concreto se adhiera a las superficies internas.

Una cobertura uniforme es esencial para garantizar que todas las partes del molde estén adecuadamente tratadas, lo cual no solo facilita el desmolde, sino que también ayuda a mantener la integridad del molde y la calidad del acabado superficial del elemento prefabricado.



Ilustración 3. Aplicación de desmoldante al molde.

Armado de acero de refuerzo y presfuerzo

Se emplean máquinas especializadas para cortar y doblar las varillas de acero de refuerzo, estas máquinas son fundamentales para garantizar la precisión y eficiencia en la producción de los elementos estructurales. Las varillas de acero se cargan en la máquina, (ya sea manualmente o mediante un sistema automático de alimentación, dependiendo de la capacidad y configuración de la máquina), una vez cargadas, la máquina procede a cortar las varillas a las longitudes requeridas según las especificaciones del diseño. Después del corte, las varillas pasan a la sección de doblado, en donde se someten a acciones de dobleces de acuerdo con los ángulos y dimensiones especificados en los planos de ingeniería, la máquina está configurada para doblar las varillas con la precisión requerida para cada elemento estructural.

Para cuando se tienen las piezas habilitadas se procede al armado de acero y presfuerzo para cada elemento, se realiza el montaje de acuerdo con las especificaciones detalladas en los planos, el equipo de construcción en planta debe revisar minuciosamente los planos para comprender la distribución de estribos, torones y otros elementos necesarios para cada elemento.



Ilustración 4. Armado de acero acorde a planos de ingeniería.

Ingreso de armado al molde

Una vez terminado el armado de acero se lleva a cabo el movimiento de este desde su área de preparación hasta la línea de producción donde se encuentra el molde listo para recibirlo, ya en la línea de producción, se procede al ingreso del armado en el molde y su acomodo dentro del mismo. Este proceso se realiza con cuidado y precisión. Para realizarlo, se utilizan grúas tipo marco y se enganchan a ganchos de izaje dentro del armado para su manipulación, todo esto para garantizar que el armado quede correctamente posicionado y alineado dentro del molde, de acuerdo con las especificaciones del diseño.

Una vez que el armado ha sido colocado dentro del molde, se procede al cierre de este, asegurando que todas las partes del molde se unan de manera adecuada y que el armado quede completamente encapsulado y listo para el vaciado de concreto.



Ilustración 5. Ingreso del armado al molde.

Colado del elemento

Antes del vaciado del concreto, se deben tomar muestras de concreto (cilindros) que sirven como testigos para la prueba de resistencia a la compresión.

La resistencia a compresión del concreto endurecido se obtiene de especímenes cilíndricos estándares ensayados a compresión axial de acuerdo con la norma NOM-C-83 vigente que consiste en:

- Número de identificación del cilindro
- Diámetro y altura del espécimen
- Área transversal del cilindro
- Cabeceo del cilindro
- Carga máxima en kg
- Resistencia a compresión en kg/cm^2
- Tipo de falla cuando no se presenta el cono usual
- Edad del espécimen en horas
- Resistencia a compresión deberá ser $\geq 80 \% f'c$

Durante estas acciones es importante considerar el vaciado y vibrado del concreto, ya que son pasos esenciales en la fabricación porque se debe garantizar una adecuada compactación del material, eliminando burbujas de aire y vacíos que podrían comprometer la resistencia y durabilidad del concreto, de esta manera se asegura una distribución uniforme del concreto en el molde, lo que contribuye a lograr las propiedades mecánicas requeridas y una superficie homogénea, esencial para la calidad y el

rendimiento del elemento final. Por último, se cubre la pieza para prevenir la deshidratación y se procede al siguiente paso, curado del concreto.



Ilustración 6. Colado del elemento prefabricado.

Curado del concreto

Para asegurar un curado adecuado del concreto, se cubre cada elemento con lonas inmediatamente después del colado, con el objetivo de prevenir la pérdida de agua por evaporación y así evitar choques térmicos que podrían causar agrietamientos en el concreto. Es aceptable que la velocidad de descenso de la temperatura sea mayor que la de ascenso, siempre y cuando no supere los 33° C por hora. Durante el período de enfriamiento, es crucial transferir el presfuerzo, previa verificación de que el concreto ha alcanzado una resistencia a la compresión de al menos el 80% del $f'c$ especificado, también se debe mantener un ambiente controlado en las mesas de trabajo lo que ayuda a asegurar una hidratación continua del concreto, mejorando su durabilidad y resistencia final.



Ilustración 7. Correcto enlonado para el curado del elemento prefabricado.

Extracción del elemento

Después del curado del concreto, sigue el proceso de extracción del elemento del molde, un paso crucial para garantizar la integridad y calidad del elemento final el cual se realiza con cuidado para evitar daños al concreto que aún puede ser vulnerable a fisuras o astillamientos. Primero se comienza asegurando que el concreto ha alcanzado la resistencia suficiente para soportar las tensiones del desmolde, la extracción implica retirar primero cualquier accesorio o parte del molde que pueda estar en contacto directo con la superficie del concreto, esto se hace utilizando herramientas adecuadas y aplicando técnicas que minimicen el impacto físico sobre el elemento por lo que es fundamental manejar el elemento con equipos diseñados para soportar su peso y forma, como grúas estructurales o de pórtico teniendo cuidado de colocar los estrobos adecuados con objeto de hacer una maniobra segura y eficiente.

Una vez liberado del molde, el elemento se inspecciona minuciosamente para detectar cualquier imperfección o daño superficial que pueda haber ocurrido durante el proceso. Cualquier irregularidad menor puede ser reparada en este punto para asegurar que el elemento cumple con los estándares de calidad especificados.

Esta etapa también incluye la limpieza y preparación del molde para su próximo uso, asegurando que esté en condiciones óptimas para la producción del siguiente lote de elementos prefabricados.



Ilustración 8. Extracción de elemento prefabricado.

Estibado de los elementos

Para el estibado de las piezas prefabricadas, se deben utilizar los puntos de estiba del elemento, posicionándolas sobre apoyos adecuados como polines y durmientes de madera, para este punto es crucial seleccionar un lugar de almacenamiento que minimice la necesidad de movimientos dobles, optimizando así la eficiencia y seguridad del elemento, también nos ayuda porque se deben planificar corredores de acceso para camiones y grúas, facilitando la logística durante la etapa de envíos a la obra.

Es igualmente importante considerar la accesibilidad para el personal encargado de los acabados finales, garantizando que puedan trabajar de manera eficiente y segura, este enfoque integral en el

estibado asegura no solo la protección y estabilidad de las piezas prefabricadas, sino también la optimización del flujo de trabajo y la logística en el sitio de construcción.

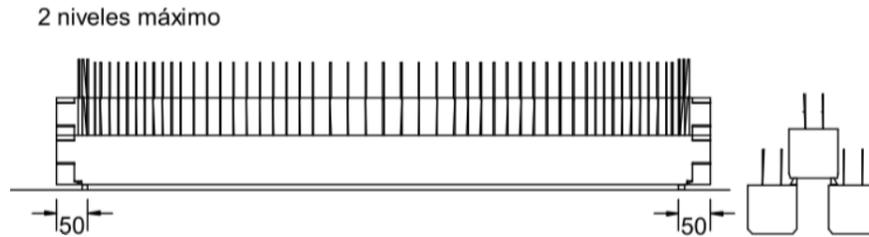


Ilustración 9. Instrucciones del área de ingeniería para el estibado y almacenaje de los elementos.

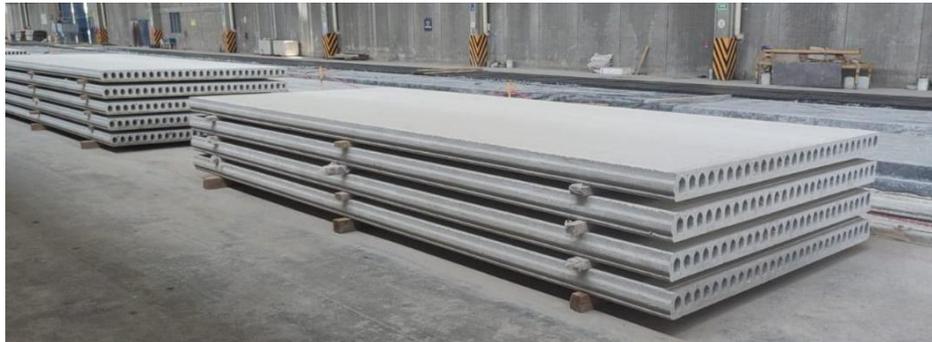


Ilustración 10. Estibado y almacenaje de elementos prefabricados.

Transporte

El transporte de los elementos prefabricados se efectúa utilizando tractocamiones con plataformas regulares, asegurando que los apoyos en las piezas durante su traslado emulen las reacciones que experimentarán en su posición final, desde luego esta práctica es fundamental para evitar tensiones indebidas que puedan comprometer la integridad estructural del elemento.

En situaciones donde no es posible replicar estas condiciones de apoyo ideales, se deberán implementar precauciones especiales basadas en un análisis exhaustivo de las condiciones de apoyo, mismas que deben ser aprobadas por el área de ingeniería, este análisis permitirá identificar y mitigar posibles puntos de tensión o debilidad, garantizando así que los elementos lleguen a su destino sin daños y en condiciones óptimas para su instalación.

La correcta preparación y manejo durante el transporte son esenciales para mantener la calidad y la funcionalidad de los elementos prefabricados hasta su integración en la obra.

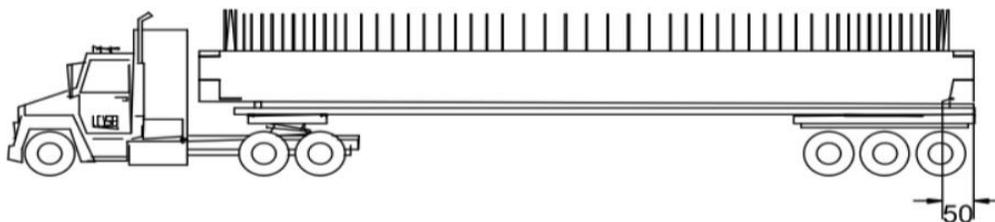


Ilustración 11. Instrucciones del área de ingeniería para el traslado de planta de fabricación a obra.



Ilustración 12. Traslado de trabes delta a sitio de la obra.

Montaje

El montaje de los elementos prefabricados debe seguir un proceso ordenado y preciso para garantizar la estabilidad y funcionalidad de la estructura.

En primer lugar, es esencial realizar una planificación detallada, que incluya la revisión de los planos y especificaciones técnicas para asegurarse de que todos los elementos están correctamente diseñados y dimensionados. Después, en el sitio de construcción, se debe preparar adecuadamente el terreno, asegurando niveles y alineaciones según los requerimientos del proyecto.

Con el terreno preparado, se procede al traslado y posicionamiento de los elementos prefabricados, utilizando equipos de levantamiento adecuados, como grúas, que permitan mover las piezas de forma segura y eficiente. Es importante que durante esta etapa haya una coordinación en el trabajo del equipo de montaje para que cada elemento se coloque en su posición exacta, siguiendo las instrucciones del plano proporcionados por el área de ingeniería.

La unión y fijación de los elementos prefabricados debe realizarse con precisión, utilizando los conectores y anclajes diseñados específicamente para cada pieza, esto puede incluir soldaduras, colocación de morteros especializados, pernos o sistemas de anclaje mecánico, asegurando que las conexiones sean firmes y estables. Se debe realizar un control de calidad constante, verificando que cada elemento esté correctamente alineado y nivelado, y que las conexiones cumplan con los estándares de seguridad y resistencia requeridos.

Finalmente, una vez montados todos los elementos, se realizan las tareas de acabado, que pueden incluir el sellado de juntas, aplicación de revestimientos o tratamientos superficiales para mejorar la durabilidad y apariencia de la estructura. Para estos trabajos es fundamental seguir todas las normativas y directrices de seguridad durante todo el proceso de montaje, garantizando así la integridad de la estructura y la seguridad de los trabajadores en el sitio.

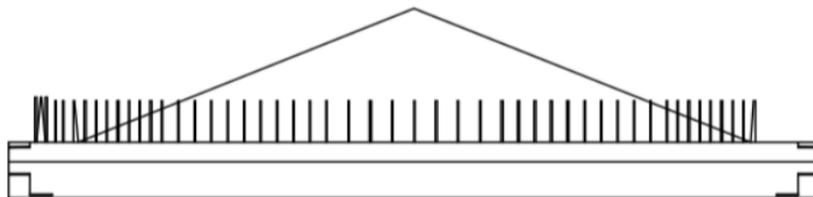


Ilustración 13. Instrucciones del área de ingeniería para el izaje de los elementos para el montaje.



Ilustración 14. Izaje de las traves tipo "I" prefabricadas para el montaje final.

A continuación, se describen los elementos utilizados para la estructura principal en la fabricación de naves industriales en Tultitlán, Estado de México.

Zapatas Prefabricadas Aisladas

Descripción general

Las zapatas aisladas tipo ZPA (Zapata Prefabricada Aislada) son zapatas prefabricadas cuya geometría les permite ser cuadradas de concreto reforzado de secciones y altura variables. Las secciones típicas para este proyecto son de 3.00 x 3.00 m, 3.50 x 3.50 m y 4.00 x 4.00 m y las alturas varían desde 1.60 m hasta un máximo de 1.70 m, estos elementos son macizos en toda su longitud. La sección de la pieza fue determinada por las condiciones de diseño.

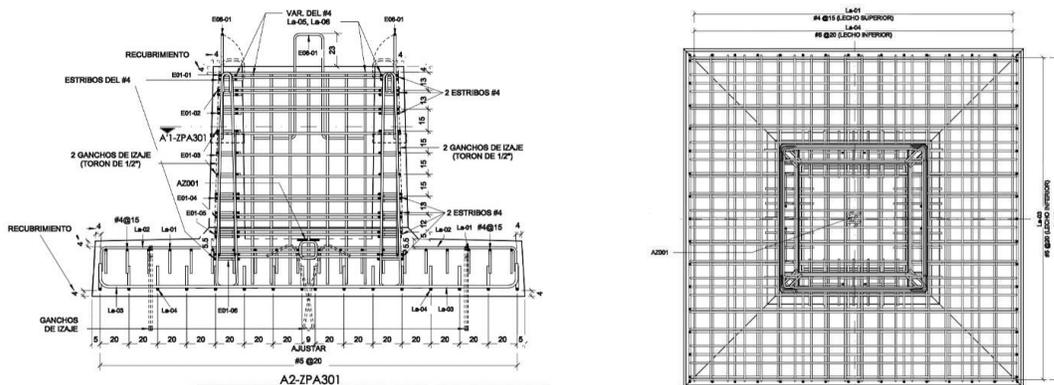


Ilustración 15. Corte de zapatas aisladas prefabricadas (ZPA).

Fabricación

Para su fabricación se utilizaron los siguientes materiales: concreto con resistencia a la compresión de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ Clase 1 (Estructural) y acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$. Las Zapatas Prefabricadas Aisladas son encargadas de dar el soporte vertical de una estructura en unión con las columnas.

Antes de la colocación de la Zapata Prefabricada Aislada, una de las actividades preliminares que se llevaron a cabo fue la preparación del terreno, esto implicó la limpieza, excavación y nivelación del área donde se colocarían las zapatas, se aseguró que el suelo estuviera compactado y libre de

obstrucciones. Esta preparación era fundamental para garantizar una base sólida y estable para las zapatas, del mismo modo se requirió de la colocación de una capa de material granular compactado, como grava o roca triturada, para proporcionar una base estable y nivelada para las zapatas, lo que contribuyó a la exitosa colocación de cada una. Además, fue indispensable agregar una plantilla de suelo cemento, que mejoró aún más la estabilidad y durabilidad de la base, asegurando un soporte óptimo para las cargas estructurales.



Ilustración 16. Preparación de terreno y colocación de suelo-cemento.



Ilustración 17. Izaje de las zapatas aisladas para el montaje final.

Zapatas Prefabricadas Corridas

Descripción general

Las zapatas aisladas tipo ZPC (Zapata Prefabricada Corrida) son zapatas prefabricadas cuya geometría le permite ser rectangular, de concreto reforzado de secciones constantes de 0.20 x 0.60 m y longitudes variables, las longitudes típicas para este proyecto son de 0.54 a 2.50 m, estos elementos son macizos en toda su longitud. La sección de la pieza fue determinada por las condiciones de diseño.

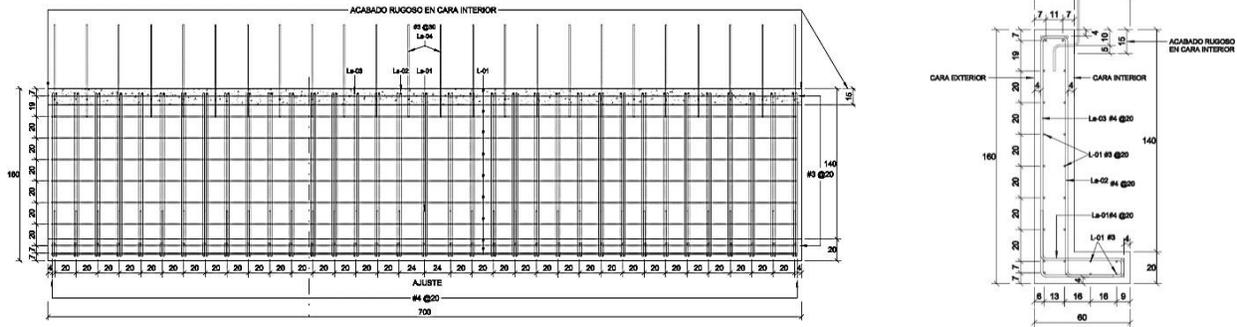


Ilustración 18. Corte de zapatas prefabricadas corridas (ZPC).

Fabricación

Para su fabricación se utilizaron los siguientes materiales: concreto con resistencia a la compresión de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ Clase 1 (Estructural) y acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$. Las Zapatas Corridas Prefabricadas son encargadas de dar el soporte vertical de una estructura en unión con los muros.

Antes de la colocación de la Zapata Prefabricada Corrida, una de las actividades preliminares que se llevaron a cabo fue la preparación del terreno, esto implicó la limpieza, excavación y nivelación del área donde se colocarían las zapatas, se aseguró que el suelo estuviera compactado y libre de obstrucciones. Esta preparación era fundamental para garantizar una base sólida y estable para las zapatas, del mismo modo se requirió de la colocación de una capa de material granular compactado, como grava o piedra triturada, para proporcionar una base estable y nivelada para las zapatas, lo que contribuyó al éxito del proyecto



Ilustración 19. Izaje de las zapatas corridas prefabricadas para el montaje final.

Columnas Prefabricadas

Descripción general

Las columnas tipo CLR (Columna Rectangular) son columnas prefabricadas cuya geometría le permite ser cuadradas o rectangulares de concreto reforzado de secciones y longitudes variables, la sección típica para este proyecto es de $0.80 \times 0.80 \text{ m}$ y las longitudes varían desde 12.15 m hasta un máximo de 17.325 m , se pueden generar secciones rectangulares respetando la base del molde y variando la altura del colado, estos elementos son macizos en toda su longitud. La sección de la pieza fue determinada por las condiciones de diseño.

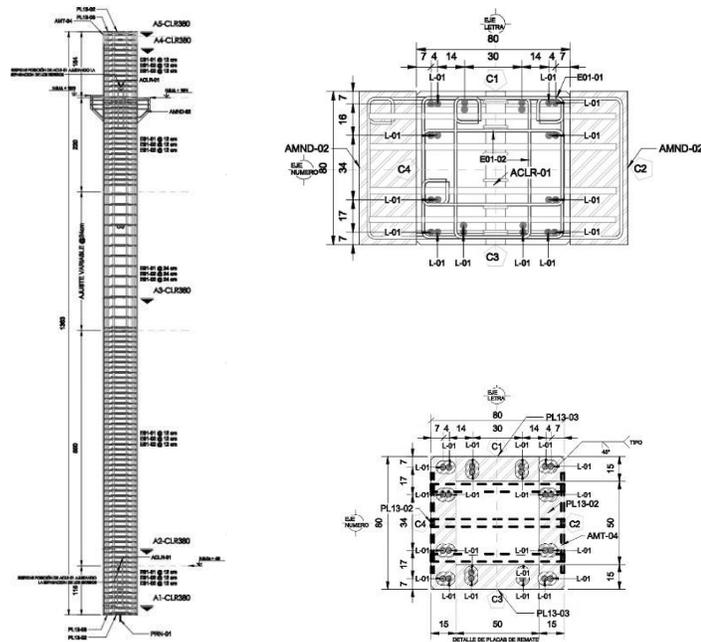


Ilustración 20. Corte de columnas rectangulares prefabricadas (CLR).

Fabricación

Para su fabricación se utilizaron los siguientes materiales: concreto con resistencia a la compresión de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ Clase 1 (Estructural) y acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$. Las columnas son encargadas de dar el soporte vertical de una estructura formando marcos con las traveses prefabricadas.

Para la conexión con las zapatas aisladas se empleó la generación de un sistema de vainas, en donde se coloca un perno de nivelación. Este perno se inserta en la base de la columna y se ajusta para asegurar que la columna esté en posición vertical y nivelada antes de fijarla definitivamente en su lugar, aunado a ello se lleva a cabo un terminado rugoso en la base de la columna, de tal modo que haya una adherencia entre la zapata prefabricada y la columna con *grout*, que es un material utilizado en la construcción para rellenar espacios entre losas, columnas y otras estructuras similares donde se requiera unión. Se compone típicamente de una mezcla de cemento, arena y agua, aunque pueden agregarse aditivos para mejorar sus propiedades, como la resistencia.



Ilustración 21. Unión de zapata prefabricada con columna prefabricada.



Ilustración 22. Izaje de columnas prefabricada para el montaje final.

Trabes Delta Prefabricadas

Descripción general

Las trabes tipo TDN (Trabes Delta Nave) son trabes prefabricadas cuya geometría es triangular y su sección central está aligerada, el armado es de concreto reforzado de secciones variables y tiene acero de presfuerzo en la parte inferior. Las secciones son de manera escalonada desde los 0.95 m hasta el pico máximo de 1.70 m y las longitudes de las piezas son de 29.96 m se puede generar secciones variables respetando la base del molde y variando la altura del colado, estos elementos son aligerados en la parte central por diseño arquitectónico. La sección de la pieza fue determinada por las condiciones de diseño.

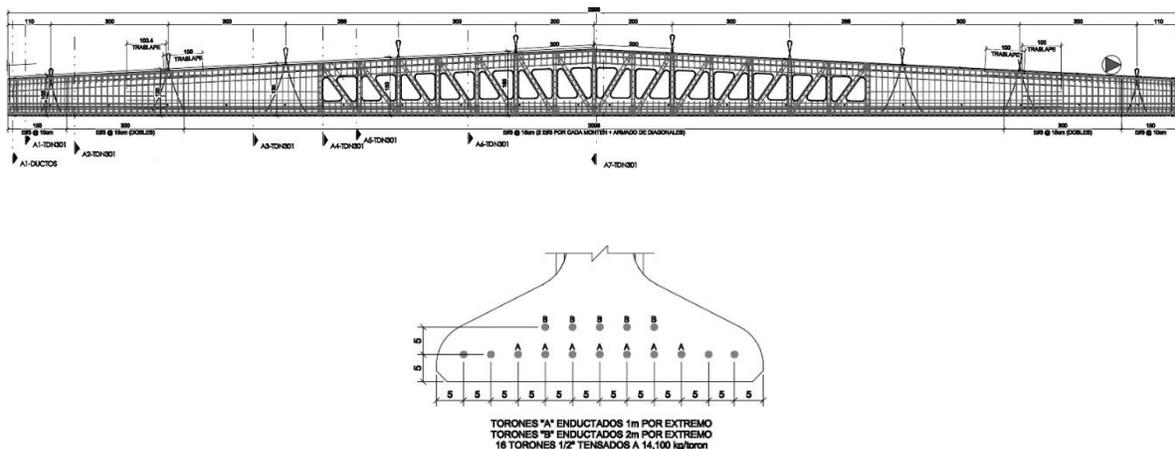


Ilustración 23. Corte trabes delta nave (TDN).

Fabricación

Para su fabricación se utilizaron los siguientes materiales: concreto con resistencia a la compresión de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ Clase 1 (Estructural) el acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ y el acero de presfuerzo con $f_{pu} = 19,000 \text{ kg/cm}^2$ siendo torones de 1/2" de diámetro. Las trabes son encargadas de dar el soporte

horizontal de una estructura formando marcos con las columnas Prefabricadas, tanto las traves como las columnas tenían accesorios metálicos para su correcta unión.

Una vez revisada la posición del elemento prefabricado, se comenzó a soldar la conexión entre la trabe y columna, este punto se repetirá para las traves delta que conformarán los marcos ortogonales descritos en el diseño.

Traves Tipo "I" Prefabricadas

Descripción general

Las traves tipo "I" para naves industriales (TIN) son elementos estructurales prefabricados cuya geometría se asemeja a la letra mayúscula "I". Esta forma les confiere una alta resistencia y rigidez, lo que las hace ideales para soportar cargas pesadas y cubrir grandes claros en construcciones industriales. Adicional a ello, en su sección central está aligerado. El armado es de concreto reforzado de secciones variables, y también tiene acero de presfuerzo en la parte inferior y superior. Las secciones son constantes de 1.40 m de altura y las longitudes son variables desde los 14.50 m hasta los 30.50m, se puede generar secciones variables respetando la base del molde y variando la altura del colado, estos elementos son aligerados en la parte central por diseño arquitectónico. La sección de la pieza fue determinada por las condiciones de diseño.

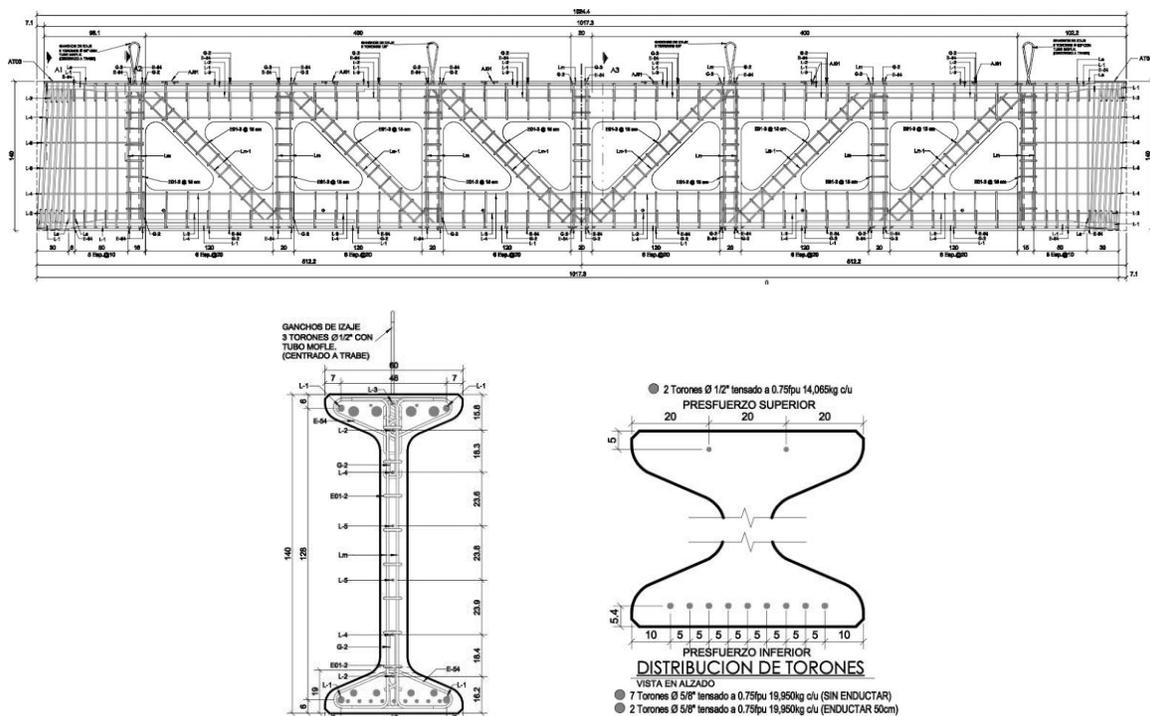


Ilustración 24. Corte trabe "I" nave (TIN).

Fabricación

Para su fabricación se utilizaron los siguientes materiales: concreto con resistencia a la compresión de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ Clase 1 (Estructural) el acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ y el acero de presfuerzo con $f_{pu} = 19,000 \text{ kg/cm}^2$ siendo torones de 5/8" y 1/2" de diámetro. Las traves son encargadas de dar el soporte horizontal de una estructura formando marcos con las columnas Prefabricadas, tanto las traves como las columnas tenían accesorios metálicos para su correcta unión.

Una vez revisada la posición del elemento prefabricado, se comenzó a soldar la conexión entre la trabe y columna, este punto se repetirá para las traves delta que conformarán los marcos ortogonales descritos en el diseño.



Ilustración 25. Izaje de traves tipo "I" para el montaje final.

Traves de Rigidez Cajón (TRC)

Descripción general

Las traves tipo Rigidez Cajón para naves industriales (TRC) son elementos estructurales prefabricados cuya geometría es rectangular, la sección es maciza en toda la longitud y el armado es de concreto reforzado, también tiene acero de presfuerzo en la parte inferior del elemento. Las secciones son constantes de 0.60 x 0.60 m de altura y base, las longitudes son constantes de 13.17 m. La sección de la pieza fue determinada por las condiciones de diseño.

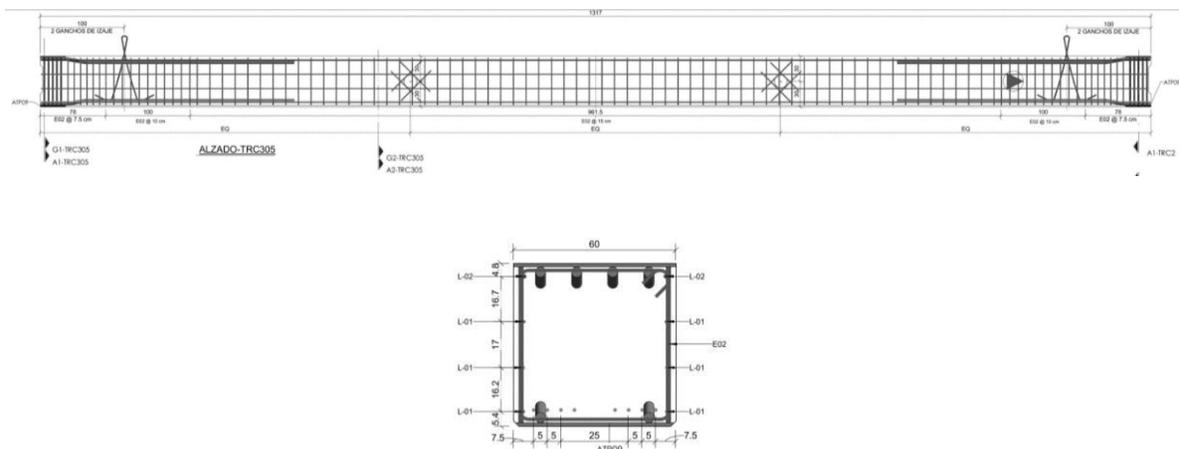


Ilustración 26. Corte trabe de rigidez cajón (TRC).

Fabricación

Para su fabricación se utilizaron los siguientes materiales: concreto con resistencia a la compresión de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ Clase 1 (Estructural) el acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ y el acero de presfuerzo con $f_{pu} = 19,000 \text{ kg/cm}^2$ siendo torones de $1/2''$ de diámetro. Las traves son encargadas de dar el soporte

horizontal de una estructura formando marcos con las columnas Prefabricadas, tanto las traveses como las columnas tenían accesorios metálicos para su correcta unión.

Una vez revisada la posición del elemento prefabricado, se comenzó a soldar la conexión entre la trabe y columna, este punto se repetirá para las traveses delta que conformarán los marcos ortogonales descritos en el diseño.

Muros Spancrete Prefabricados (MSP)

Descripción general

Los muros *Spancrete* Prefabricados son componentes estructurales de concreto diseñado para ser instalados rápidamente en proyectos de construcción, su geometría es rectangular permitiendo formar longitudes horizontales grandes, esto gracias al diseño presforzado que tiene, además de acero de refuerzo vertical conformado por acero vertical colocado estratégicamente a lo largo del elemento, tiene un espesor de 0.15 m y la base de 2.40 m. Las longitudes requeridas para este proyecto fueron de 6.94 m y 7.29 m.

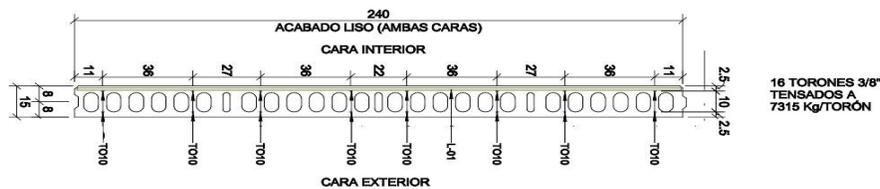


Ilustración 27. Corte muro spancrete (MSP).

Fabricación

Para su fabricación se utilizaron los siguientes materiales: concreto con resistencia a la compresión de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ Clase 1 (Estructural) el acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ y el acero de presfuerzo con $f_{pu} = 19,000 \text{ kg/cm}^2$ siendo torones de 3/8" de diámetro. Los muros son encargados de actuar como paredes exteriores, proporcionando un contorno sólido y seguro para la estructura de la nave industrial. Estos muros ofrecen resistencia contra factores externos como el clima, y también contribuyen al aislamiento térmico y acústico del edificio.

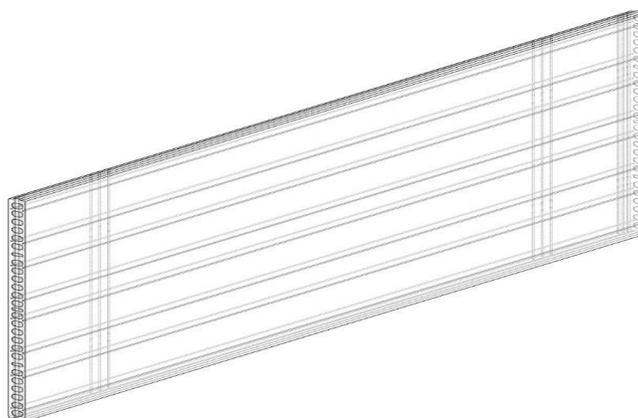


Ilustración 28. Elemento muro spancrete (MSP).

Para su montaje se apoyaron sobre de perfiles IPR, estos a su vez quedaron soldados en la parte de columnas y zapatas corridas, después de apilar muro a muro se utilizó *grout* para un correcto sello entre ambos.

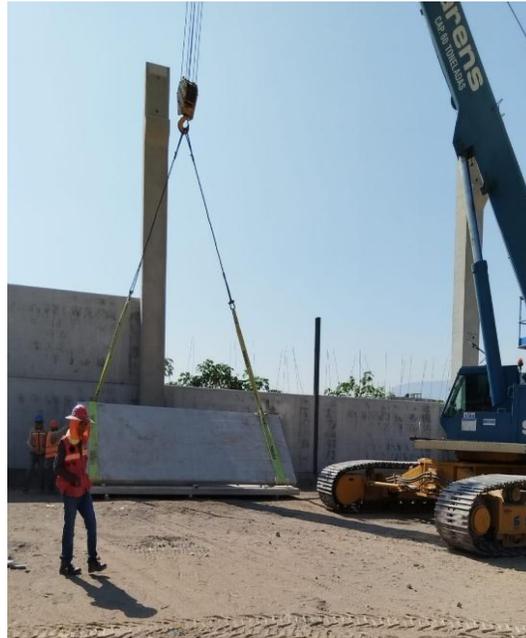


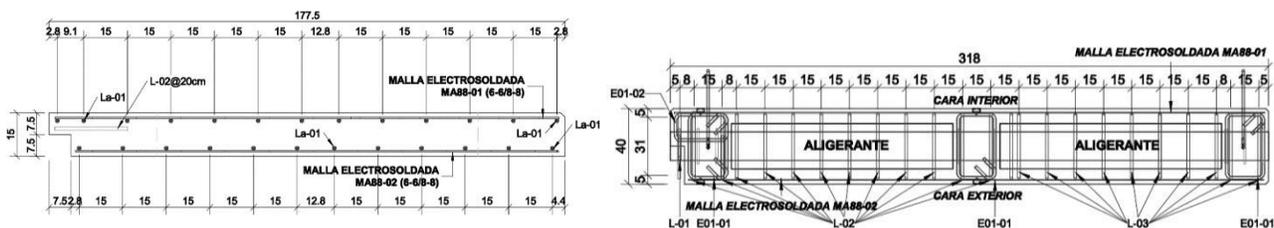
Ilustración 29. Izaje de los muros spancrete para el montaje final.

Muro Prefabricado Macizo y Muro Prefabricado Aligerado (MPM y MPA)

Descripción general

Los muros prefabricados macizos y los muros prefabricados aligerados son elementos estructurales de concreto diseñados para ser instalados de manera rápida en proyectos de construcción, ambos tipos presentan una geometría rectangular. Gracias a su diseño reforzado con malla electrosoldada, varilla corrugada y a la sección de la base angosta puede alcanzar grandes alturas verticales y es posible construir muros con una base de 2.565 metros y alturas que oscilan entre 4.55 y 19.25 metros. La distinción entre macizo y aligerado se determina por la cantidad de material aligerante que contienen, lo que influye en su peso y características específicas.

Esta versatilidad en el diseño permite que se adapten a diversas necesidades estructurales y arquitectónicas en la construcción de edificaciones.



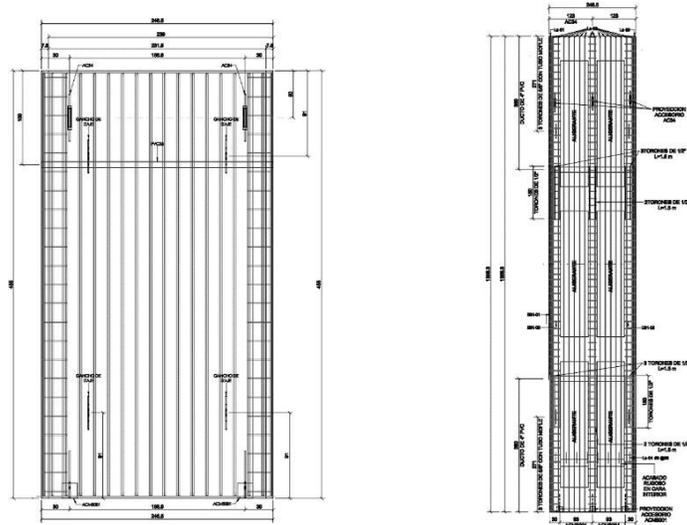


Ilustración 30. A la izquierda muro prefabricado macizo (MPM) y a la derecha muro prefabricado aligerado (MPA).

Fabricación

Para su fabricación se utilizaron los siguientes materiales: concreto con resistencia a la compresión de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ Clase 1 (Estructural) el acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ y el acero de presfuerzo con $f_{pu} = 19,000 \text{ kg/cm}^2$ siendo torones de $1/2"$ de diámetro. Los muros son encargados de actuar como paredes exteriores, proporcionando un contorno sólido y seguro para la estructura de la nave industrial. Estos muros ofrecen resistencia contra factores externos como el clima, y también contribuyen al aislamiento térmico y acústico del edificio.



Ilustración 31. Izaje de los muros prefabricados para el montaje final.

Es importante exponer que toda la producción se realizó con procedimientos documentados en el sistema de Gestión de Calidad certificado según la norma internacional ISO 9001:2015 y por la

Asociación Nacional de Industriales del Prefabricado (ANIPPAC). Se llevaron a cabo todas las pruebas necesarias en un laboratorio acreditado ante la EMA, conforme a la norma NMX-EC-17025-IMNC-2018 ISO/IEC 17025:2017. Los procesos de soldadura se efectuaron siguiendo las Normas de la AWS (Sociedad Americana de Soldadura).

Durante la fabricación de los elementos prefabricados, se puso especial atención a la selección de materiales de alta calidad para garantizar la resistencia y durabilidad del producto final. El concreto utilizado fue sometido a rigurosas pruebas de resistencia a la compresión y durabilidad, asegurando que cumpliera con los estándares más altos de la industria. Los refuerzos de acero fueron cuidadosamente seleccionados y tratados para maximizar la resistencia a la tracción y minimizar el riesgo de corrosión.

Cada etapa del proceso de producción fue monitoreada y registrada meticulosamente para asegurar la trazabilidad y el control de calidad. Se realizaron inspecciones visuales y pruebas no destructivas en las uniones y conexiones para garantizar la integridad estructural de los elementos prefabricados.

La logística también jugó un papel crucial en el éxito del proyecto, ya que los elementos fueron transportados desde la planta de producción al sitio de construcción utilizando métodos seguros y eficientes, minimizando el riesgo de daños durante el traslado. En el sitio de construcción, se implementaron procedimientos estrictos de manejo e instalación para asegurar que los elementos fueran colocados de manera precisa y segura, siguiendo las especificaciones del diseño y los planos arquitectónicos.

CAPÍTULO III. ACTIVIDADES REALIZADAS

III.1 DESARROLLO DE PRESUPUESTOS DE OBRA

El desarrollo de presupuestos de obra es crucial para el éxito de un proyecto de construcción por varias razones. Facilita la planificación financiera al permitir asegurar la financiación necesaria y prever tanto costos directos como indirectos, es esencial para el control de costos permitiendo un seguimiento constante y la identificación temprana de desviaciones para tomar medidas correctivas, también ayuda en la toma de decisiones informadas sobre la selección de materiales, maquinaria y contratistas optimizando así los recursos disponibles.

Mostrar un presupuesto detallado nos ayuda a determinar la viabilidad económica del proyecto antes de su inicio, permitiendo realizar ajustes necesarios en la fase de diseño o buscar financiamiento adicional si es necesario, se promueve la transparencia y una comunicación clara entre todos los *stakeholders* del proyecto fomentando la confianza y la colaboración y evitando malentendidos. También nos permite identificar áreas de riesgo financiero que es otra función clave del presupuesto, permitiendo implementar estrategias de mitigación y asignar contingencias para cubrir costos inesperados.

Tras la finalización del proyecto, el presupuesto permite evaluar el rendimiento financiero comparando los costos presupuestados con los reales, lo que es valioso para mejorar la precisión de futuros presupuestos y la gestión de proyectos.

III.1.1 CUANTIFICACIÓN DE RECURSOS REQUERIDOS

La cuantificación de materiales para la fabricación de elementos prefabricados es un proceso fundamental en el que detallé y calculé las cantidades exactas de todos los materiales necesarios para crear componentes prefabricados en la construcción.

Es un proceso que comienza cuando el área de ingeniería libera los planos y especificaciones técnicas del proyecto, a partir de estos documentos, detallé y calculé las cantidades exactas de todos los materiales necesarios. Asimismo, revisé cuidadosamente los planos para entender las dimensiones y características de los elementos a fabricar, lo que me permitió desglosar cada componente y determinar las cantidades precisas de concreto, acero de refuerzo, acero de prefuerzo, malla electrosoldada, accesorios y cualquier otro material específico que se requiera. Luego, desglosé cada componente para determinar las cantidades, este proceso implica realizar cálculos precisos para asegurar que no haya ni exceso ni falta de materiales, lo que optimiza tanto los costos como el tiempo de producción, incluyendo las unidades en que se cuantifica cada material.

Para facilitar este proceso, me apoyo en el uso de Excel, con esta herramienta, organizo y registro todos los datos de manera estructurada y sistemática, también me permite realizar cálculos detallados y automáticos, crear tablas y gráficos que ayudan a visualizar las necesidades de materiales y realizar ajustes rápidos cuando es necesario, al mismo tiempo, es una excelente herramienta para exportar datos a OPUS, un software especializado en presupuestación de obras, con ello, puedo integrar fácilmente la información de cuantificación con los procesos de presupuesto, logrando una gestión más eficiente y precisa del proyecto.

Para comenzar con la construcción del presupuesto debemos asignar claves a cada uno de los conceptos que tiene el catálogo de obra. Un catálogo de obra es un documento detallado que enumera todas las actividades y trabajos necesarios para la ejecución de un proyecto de construcción, este documento incluye descripciones específicas de cada actividad, unidades de medida, cantidades liberadas por el área de Ingeniería. (Véase Tabla 1)

Nivel 1	NAVE TULTITLAN		
Nivel 2	Estructura		
Nivel 3	Cimentación		
Nivel 4	Zapatas Aisladas		
Nivel 5	Fabricación		
Concepto	Zapata Aislada prefabricada ZPA001 concreto f'c=350 kg/cm ²	pza	56
Concepto	Zapata Aislada prefabricada ZPA002 concreto f'c=350 kg/cm ²	pza	19
Concepto	Zapata Aislada prefabricada ZPA003 concreto f'c=350 kg/cm ²	pza	10
Concepto	Zapata Aislada prefabricada ZPA003A concreto f'c=350 kg/cm ²	pza	8
Nivel 5	Suministro		
Concepto	Suministro en carga especializada de Zapata aislada	pza	93
Nivel 5	Instalación		
Concepto	Instalación en su posición definitiva de zapatas aisladas	pza	93

Tabla 1. Muestra catálogo de obra nave Tultitlán.

Su importancia en la generación de presupuestos radica en que proporciona una base precisa y estructurada para calcular los costos totales del proyecto, ya que permite una planificación financiera exacta, facilitando la comparación de costos y la toma de decisiones informadas. Para ello seguí un proceso de armado de clave: primero, se asignan tres letras mayúsculas, que son abreviaturas, seguidas de un guion (-), ello para indicar qué acción se realizará para el proceso constructivo. (Véase Tabla 2)

CLAVE	DESCRIPCIÓN
FAB-	FABRICACIÓN DE...
SUM-	SUMINISTRO DE...
INS-	INSTALACIÓN DE...



CNX-	CONEXIÓN DE...
TRA-	TRABAJOS DE...

Tabla 2. Familia de acciones y trabajos para elementos prefabricados.

Posterior a las claves de acción, consulté claves en el histórico de elementos creados por la empresa para obtener solo iniciales clave de los elementos, o también puede ser alguna abreviatura característica del elemento, la cual está conformada de tres letras mayúsculas. (Véase Tabla 3) Adicional a ello, se vuelve a colocar un guion (-), todo esto con el objetivo de mantener separadores entre los elementos.

No.	ELEMENTO	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
1	COLUMNA	CLR	COLUMNA RECTANGULAR
		CLC	COLUMNA CIRCULAR
		CLH	COLUMNA H
2	TRABES PORTANTES	TPU	TRABE PORTANTE "U"
		TPM	TRABE PORTANTE MACIZA
		TPC	TRABE PORTANTE CAJÓN
		TPI	TRABE PORTANTE "I"
		TPL	TRABE PORTANTE "L"
		TPB	TRABE PORTANTE BRAZO
		TIN	TRABE "I" NAVE
		TDN	TRABE DELTA NAVE
		TNU	TRABE NEBRASKA
		TAA	TRABE AASHTO
3	TRABES DE RIGIDEZ	TRU	TRABE DE RIGIDEZ "U"
		TRM	TRABE DE RIGIDEZ MACIZA
		TRC	TRABE DE RIGIDEZ CAJÓN
		TRA	TRABE DE RIGIDEZ CON ALEROS
		THN	TRABE "H" NAVE
		TRO	TRABE DE RIGIDEZ OMEGA
		TRT	TRABE DE RIGIDEZ "T"
4	LOSAS	LSP	LOSA SPANCRETE
		LTS	LOSA TECNOSPAN
		LTT	LOSA DOBLE T
		NTT	NERVIO DOBLE T
		LLT	LOSA T
		LOM	LOSA OMEGA
		LPM	LOSA PREFABRICADA MACIZA
		TTV	LOSA DOBLE T VARIABLE
		TTP	LOSA DOBLE T PARABÓLICA
5	MUROS	MSP	MURO SPANCRETE
		MTT	MURO DOBLE T
		MPM	MURO PREFABRICADO MACIZO
		MPA	MURO PREFABRICADO ALIGERADO



		MMD	MURO DOBLE
		MML	MURO MILAN
		MMB	MURO BARRETTE
6	OTROS	CAB	CABEZAL
		DLL	DALLA
		ESC	ESCALERA
		GRA	GRADA
		LGN	LARGUERO PARA NAVE
		MND	MÉNSULA DOBLE
		MNS	MÉNSULA SENCILLA
		PAR	PARAPETO
		RAK	RACKER
		TCA	TRABE CAJÓN DE APOYO
		TCC	TRABE CAJÓN CENTRAL

Tabla 3. Histórico de elementos prefabricados creados por la empresa.

Por último, se agregó números de tres cifras para no confundir elementos, empecé del uno hasta el número total de elementos, cuando la cifra es menor a tres, se rellena de ceros del lado izquierdo, por ejemplo 001 y su consecutivo será 002. Si hay una pieza igual a la anterior y esta misma solo tiene pequeños ajustes al modelo después del numeral, podemos poner una letra mayúscula.

Por ejemplo, en el proyecto se requirió de una clave en el catálogo de obra que englobara “Fabricación de Zapata Aislada Prefabricada ZPA001 concreto $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ ”, y fue FAB-ZAP-001. Este proceso se repitió en cada uno de los elementos solicitados por el catálogo de obra. (Véase Tabla 4)

Nivel 1	NAVE TULTITLAN			
Nivel 2	Estructura			
Nivel 3	Cimentación			
Nivel 4	Zapatas Aisladas			
Nivel 5	Fabricación			
Concepto	FAB-ZPA-001	Zapata Aislada prefabricada ZPA001 concreto $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$	pza	56
Concepto	FAB-ZPA-002	Zapata Aislada prefabricada ZPA002 concreto $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$	pza	19
Concepto	FAB-ZPA-003	Zapata Aislada prefabricada ZPA003 concreto $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$	pza	10
Concepto	FAB-ZPA-003A	Zapata Aislada prefabricada ZPA003A concreto $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$	pza	8
Nivel 5	Suministro			
Concepto	SUM-ZAP-001	Suministro en carga especializada de Zapata aislada	pza	93
Nivel 5	Instalación			
Concepto	INS-ZAP-001	Instalación en su posición definitiva de zapatas aisladas	pza	93

Tabla 4. Catálogo de conceptos con clave.

Ahora, identificando cada elemento con su clave y con su respectivo plano, se hizo la cuantificación de los insumos requeridos. Al igual que en el proceso pasado, el software a utilizar fue Excel, el tiempo que ya tenía en la empresa me permitió desarrollar una hoja automatizada.

En la parte superior había que llenar datos importantes para posteriormente indicar la especificación del concreto liberado por el área de ingeniería, y en el mismo cuadro o en una hoja aparte se calcula

la cantidad de concreto en m³. El último rubro perteneciente al acero está automatizado, ya que indica las cantidades en toneladas de las sumas totales de acero transversal y longitudinal, y nos sirvió como indicativo del comportamiento del elemento, pues se calculó el índice en kilogramos de acero respecto a cada metro cúbico de concreto kg/m³ y también se observa la parte porcentual de los aceros gruesos y delgados. (Véase Tabla 5)

Resumen del Elemento			
Codificación de Elemento: COLUMNA 001 SECCIÓN 80x80			
CONCRETO			
Concreto f'c= 350 kg/cm² Clase 1 (ESTRUCTURAL)	8.7	m ²	
Base	0.8	m	
Ancho	0.8	m	
Altura	12.15	m	
ACERO			
Delgado	Acero de Refuerzo #3	-	ton
	Acero de Refuerzo #4	0.881	ton
	Acero de Refuerzo #5	-	ton
Grueso	Acero de Refuerzo #6	-	ton
	Acero de Refuerzo #8	0.649	ton
	Acero de Refuerzo #10	0.339	ton
	Acero de Refuerzo #12	-	ton
Porcentaje de Acero Delgado		47%	%
Porcentaje de Acero Grueso		53%	%

Tabla 5. Encabezado de hoja de cálculo, sección del elemento, cantidades de concreto y acero.

Para la cuantificación de acero necesitaba saber las longitudes de cada una de las varillas que componían el elemento, para ello me apoyé de una tabla que ayuda a dar de forma más precisa longitudes cuando se tienen habilitados más complejos, o si el diseño pide aplicar traslapes. (Véase Tabla 6)

Posteriormente, hice el vaciado de información de las piezas de varilla de acero, cada una estuvo identificada con clave y localización dentro del elemento, después comenzaba la parte descriptiva numéricamente, comenzando por el diámetro de la varilla, longitud (contemplando los cálculos adicionales de la Tabla 6) y cantidades de varillas o cantidades de elementos. (Véase Tabla 7)

DATOS TÉCNICOS CONSTANTES							
VARILLAS	3	4	5	6	8	10	12
DOBLEZ	0.15	0.20	0.26	0.31	0.40	0.55	0.68
PESO	0.557	0.996	1.560	2.250	3.975	6.225	8.938
VARILLAS	3	4	5	6	8	10	12
TRASLAPE	0.65	0.90	1.10	1.30	2.20		

Tabla 6. Datos técnicos para obtener longitudes de varillas de acero.

GENERADOR DE ACERO DE REUERZO (VARILLA $F_y=4,200 \text{ KG/CM}^2$)

PROYECTO: NAVE INDUSTRIAL TULTITLAN

UBICACIÓN: TULTITLAN, ESTADO DE MEXICO

PERIODO:

2023 - 2024

Partida:								Longitud Total				1102.15 Mts.	Mts.								
Partida:								Volumen Total / Unidad:				1868.938 Kg.	Kg.								
Elemento	CLAVE	LOCALIZACION	Ø	LONGITUD TOTAL	NO. DE VARILLAS	NO. DE ELEMENTOS	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 8	No. 10	No. 12								
							(3/8")	(1/2")	(5/8")	(3/4")	(1")	(1 1/4")	(1 1/2")								
COLUMNA 001	E1	ESTRIBO	4	3.23	1	100	-	323.17	-	-	-	-	-								
	E1 02	ESTRIBO	4	2.85	1	100	-	284.61	-	-	-	-	-								
	E1 03	ESTRIBO	4	2.77	1	100	-	276.61	-	-	-	-	-								
	--																				
	L01	LONGITUDINAL	8	13.61	12	1	-	-	-	-	163.32	-	-	-							
	L02	LONGITUDINAL	10	13.61	4	1	-	-	-	-	-	54.44	-	-							
								TOTAL EN METROS							-	884.39	-	-	-	-	
								PESO: KG / ML							0.56	1.00	1.56	2.25	3.98	6.23	8.94
								TOTAL EN KILOGRAMOS							-	880.85	-	-	-	-	-
								TOTAL EN METROS							-	-	-	-	163.32	54.44	-
								PESO: KG / ML							0.56	1.00	1.56	2.25	3.98	6.23	8.94
								TOTAL EN KILOGRAMOS							-	-	-	-	649.20	338.89	-
								SUMA TOTAL							No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 8	No. 10	No. 12
								MTS							0.00	884.39	0.00	0.00	163.32	54.44	0.00
							KG							0.00	880.85	0.00	0.00	649.20	338.89	0.00	

Tabla 7. Ejemplo de la cuantificación de acero de refuerzo columna CLR001.

Después, en otra tabla, hice la cuantificación del acero estructural que contiene el elemento, acero A-36, y consiste en las placas que puedan tener los elementos y que a su vez este no tenga dificultad en su armado para ser considerado como accesorio, ya que el accesorio sigue una línea especial de unión de acero estructural, acero de refuerzo, acero de presfuerzo, perfiles metálicos, pernos y, en algunos casos, concreto, por lo que su fabricación no la podríamos considerar por igual. (Véase Tabla 8)

GENERADOR DE ACERO DE ESTRUCTURAL (A-36) PROYECTO: NAVE INDUSTRIAL TULTITLAN UBICACIÓN: TULTITLAN, ESTADO DE MEXICO PERIODO: 2023 - 2024											
Partida:								Volumen Total / Unidad:		79.672	KG
Elemento	Espesor mm	Ancho	Largo	Área (m ²)	No. De Pzas.	No. De Elementos	0.64	0.95	1.27	1.91	2.54
							(1/4")	(3/8")	(1/2")	(3/4")	(1")
COLUMNA	1.27	0.15	0.80	0.120	4	1.00	-	-	0.48	-	-
							-	-	-	-	-
	1.27	0.15	0.50	0.080	4	1.00	-	-	0.32	-	-
							-	-	-	-	-
				TOTAL EN METROS			0.00	0.00	0.80	0.00	0.00
				PESO: KG / m ²			49.790	74.690	99.590	149.380	199.180
				TOTAL EN KILOGRAMOS			0.00	0.00	79.67	0.00	0.00

Tabla 8. Tabla generadora de acero estructural para Columna CLR001.

Por último, queda la cuantificación de los complementarios, es decir, accesorios y ganchos de izaje que puede tener la pieza, desde luego los accesorios y ganchos se debe analizar la explotación de insumos de tal modo que nos permita poder cuantificar los insumos correspondientes para hacer los accesorios o ganchos. (Véase Tabla 9)

GANCHO DE IZAJE	CLAVE	LARGO (m)	PESO TORÓN (KG/M)	PESO TOTAL (KG*M)	PIEZAS	KG TOTAL
TORONES 1/2"	TO1/2	4.1	0.775	3.18	2	6.36

ACCESORIOS		
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD



AMNS01	ACCESORIO MÉNSULA AMNS 01	1
ACLR-01	ACCESORIO PARA COLUMNA ACLR-01	2
PRN-01	PERNO DE NIVELACIÓN PARA COLUMNA PRN-01	1
AMT-04	ACCESORIO PARA MENSULA DE CONTINUIDAD AMT-04	1

Tabla 9. Tabla de ganchos de izaje y tabla de accesorios.

Cuando ya se tienen los insumos cuantificados los pasamos a una tabla resumen, misma que tiene un acomodo horizontal que nos ayudará al último paso que es el armado de matrices. (Véase Tabla 10)

NAVE TULTITLAN					GENERADOR							
					GENERAL	VARILLA						
CLAVE	SECCIÓN	PLANO	CONCRETO	CANTIDAD	TOTAL	#3	#4	#5	#6	#8	#10	#12
CLR001	0.80x0.80x12.15	E-PT3- CLR001- A	8.70 m ²	2 pzs	1102.15 Mts.	0.00 mts	884.39 mts	0.00 mts	0.00 mts	163.32 mts	54.44 mts	0.00 mts
					1868.938 Kg.	0.00 kg	880.85 kg	0.00 kg	0.00 kg	649.20 kg	338.89 kg	0.00 kg
CLR002	0.80x0.80x17.00	E-PT3- CLR002- A	10.72 m ²	18 pzs	1,297.60 Mts	22.95 Mts	1,064.67 Mts	0.00 Mts	0.00 Mts	141.08 Mts	68.90 Mts	0.00 Mts
					2,062.89 Kg	12.78 Kg	1,060.41 Kg	0.00 Kg	0.00 Kg	560.79 Kg	428.90 Kg	0.00 Kg

Tabla 10. Resumen horizontal de los elementos CLR001 y CLR002.

Para el armado de las matrices debemos considerar los insumos correspondientes, y estos, para su exportación a OPUS, igual deben tener clave característica. Durante el tiempo en que estuve laborando en la empresa hicimos una nueva base de todos los insumos que se habían requerido en proyectos pasados, de tal modo que para los actuales se trabajará con claves y descripciones nuevas, esto se hizo con el fin de poder exportar los datos para distintas plataformas para el entendimiento de otras áreas que quisieran consultar historial de proyectos pasados, así como los nuevos que se iban a desarrollar. Esta nueva base generó claves de identificación de insumos así como una clave de identificación sobre su clasificación, descripción nueva o complementaria a la que ya tenía, además, agregué precios unitarios para que de igual modo tuviéramos un referente del costo de cada elemento, se trabajó en insumos pertenecientes a:

- ACERO
- CONCRETOS
- MOLDES
- EQUIPOS
- MANO DE OBRA
- TRABAJOS



- FLETES

(Véase Tabla 11)

INSUMO	TIPO	CLAVE USUARIO	CLAVE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO
Materiales	Básico	6000	MAT-ACEROE-0001	B102- Acero estructural	ton	\$ --,---...

Tabla 11. Ejemplo de clasificación de insumos (acero estructural).

Estas claves y descripciones nos ayudan a generar una hoja más ordenada para generar las matrices trabajando de manera vertical cada elemento, primero del lado izquierdo se agrega el insumo que se necesita, y este mismo debe contener Clave, Descripción y Unidad.

Por ejemplo, para asignar el insumo de concreto para cada trabe se necesitan concreto de 350 f'c

CLAVE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
MAT-C350ES-0342	A102- Concreto estructural clase I f'c= 350 kg/cm ² RR, a 16 horas, agregado máximo de 3/4", rev 18	m ³

Después en una fila antes de donde se está agregando la información se anexa solamente la clave del insumo, posteriormente se transponen los datos de la hoja de resumen (Véase Tabla 12)

CLAVE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	FAB-CLR-001 MAT-C350ES-0342	FAB-CLR-002 MAT-C350ES-0342	FAB-CLR-003 MAT-C350ES-0342
MAT-C350ES-0342	A102- Concreto estructural clase I f'c= 350 kg/cm ² RR, a 16 horas, agregado máximo de 3/4", rev 18	m ³	8.7	10.72	9.64

Tabla 12. Ejemplo de cantidades de concreto para los 3 primeros elementos columna.

Y esta acción se repetía con cada uno de los insumos que conforman el elemento y así se generaba cada uno, hasta obtener la matriz, también trabajos complementarios que necesitará en su fabricación o en etapas posteriores, como la logística del suministro y también el montaje final de la pieza.

			FAB-CLR-001 MAT-C350RE-0302
MAT-C350ES-0342	A102- Concreto estructural clase I f'c= 350 kg/cm ² RR, a 16 horas, agregado máximo de 3/4", rev 18	m ³	8.700000
MAT-ALO#10-022	B102- Acero de refuerzo longitudinal #10 roscado en prefabricados	ton	0.957676
MAT-ACLO#8-021	B102- Acero de refuerzo longitudinal #8 roscado en prefabricados	ton	0.604164
MAT-ACTR#4-011	B102- Acero de refuerzo transversal #4 en prefabricados	ton	0.763155
			TRA-SCCONE-0935



TRA-SCCONE-0935	D102- Suministro y colocación de conector roscado tipo T2 de 1 1/4" de Ø (#10); el precio unitario incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	pza	12.000000	TRA-SUMINI-1158
TRA-SUMINI-1158	D102- Suministro y colocación de conector roscado tipo T2 de 1" de Ø (#8); el precio unitario incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	pza	12.000000	MAT-PNIVCL-0713
MAT-PNIVCL-0713	B102- Accesorio Perno nivelación de columna (paq. varilla)	pza	1.000000	MAT-ACC002-0707
MAT-ACC002-0707	B102- Accesorio ACC002 placa en columna para conexión de bastidores	pza	0.708400	MAT-AMPLM-0711
MAT-AMPLM-0711	B102- Accesorio mancuerna PLM metálica para conexión rígida	pza	0.878570	MAT-ACC005-0708
MAT-ACC005-0708	B102- Accesorio ACC005 perno roscado diam #10 con tuerca pesada	pza	4.000000	MAT-PLACAN-0472
MAT-PLACAN-0472	D102- Placa de Neopreno shore 60 secc 24x50 x 1" esp	pza	2.000000	MAT-GAZEXT-0507
MAT-GAZEXT-0507	D102- Gazas de Extracción	jgo	1.000000	

Tabla 13. Ejemplo de insumos necesarios para la fabricación CLR001.

III.1.1.1 APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN Y MODELADO

La aplicación de herramientas de simulación y modelado para cuantificar los insumos necesarios en la fabricación de elementos prefabricados puede mejorar significativamente la precisión y eficiencia del proceso.

El área de ingeniería tiene la responsabilidad de liberar los planos en AutoCAD, asegurando que todos los detalles técnicos y especificaciones necesarias para la fabricación de los elementos prefabricados estén claramente delineados y accesibles. Estos planos constituyen la base sobre la cual se llevarán a cabo las distintas etapas de producción y fabricación, garantizando la coherencia y precisión en cada fase del proyecto.

Los planos deben incluir una representación detallada y precisa de cada elemento prefabricado, especificando dimensiones exactas, materiales a utilizar, ubicaciones de refuerzos y puntos de conexión, se deben contemplar todas las especificaciones técnicas necesarias para la fabricación, montaje y acabado de los elementos, asegurando que cada aspecto esté claramente definido para evitar errores en la producción.

Los planos deben ser lo suficientemente exhaustivos para que todos los involucrados en el proyecto, desde los ingenieros hasta el personal de fabricación y montaje, puedan interpretar y seguir las indicaciones sin ambigüedades, garantizando así la coherencia y la calidad en cada etapa del proceso constructivo.

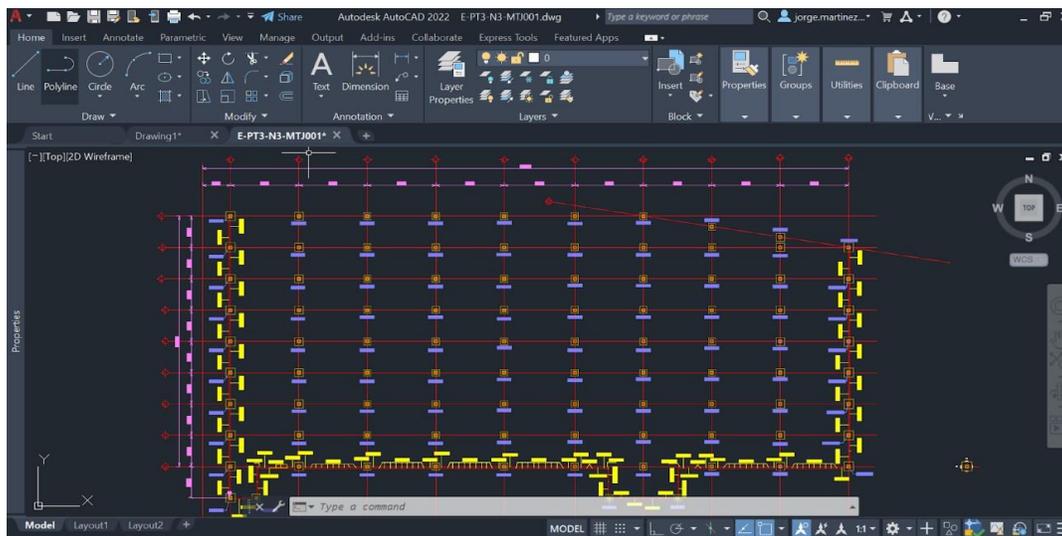


Ilustración 32. Plano de nave industrial en AutoCAD.

Adicionalmente, utilizamos la plataforma BIM 360, una herramienta de vanguardia que nos permite gestionar y seguir los cambios y actualizaciones de los elementos prefabricados de manera efectiva y en tiempo real. Al centralizar la información en un entorno común de datos, BIM 360 facilita la colaboración entre las áreas interesadas en el proyecto, desde ingenieros y arquitectos hasta el personal de producción y montaje.

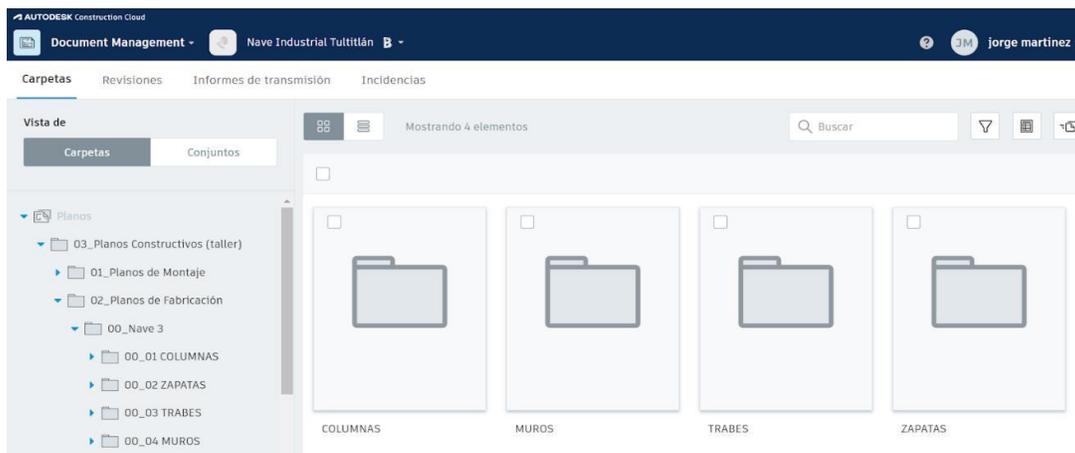


Ilustración 33. Página de Inicio de BIM360.

Con BIM 360, cada modificación o ajuste en los planos y modelos puede ser documentado y comunicado de inmediato, lo que reduce significativamente el riesgo de errores y retrabajos. Esta plataforma permite a los equipos de trabajo visualizar los modelos 3D y realizar análisis detallados, asegurando que cualquier cambio estructural o de diseño se evalúe minuciosamente antes de su implementación.

El seguimiento de las actualizaciones en BIM 360 también implica la generación de informes automáticos sobre el progreso y las modificaciones realizadas, facilitando la toma de decisiones informadas y oportunas. En ese sentido, nuestra área puede pedir revisiones al área de ingeniería o ajustes cuando se requieran y, en este caso, estuvo la importancia de la capacidad de monitoreo y gestión integral para mejorar la transparencia y la trazabilidad de todas las actividades relacionadas con los elementos prefabricados.

Incidencia #44 RESPONDIDA

DETALLES ARCHIVOS ADJUNTOS ACTIVIDAD

Descripción
buen día ing. pido de favor se pueda modelar planos de muros que tengan ubicación en columnas (049-041-035-033), los que entiendo centro de habilitado es leerlo como si fuera muro tipo., y manda su acero para muro rectangular, sin recorte alguno.
esto ayudaría a tener menos demora. en el armado de muro. gracias por su atención

Respuesta
Última actualización de Juan Juárez, el 16 de may. de 2024 12:29.
Se confirma que los recortes en muros para librar la zapata el candilero de la zapata, deben quedar sin ningún tipo de acero expuesto.

Fotos

Incidencia #41 RESPONDIDA

DETALLES ARCHIVOS ADJUNTOS ACTIVIDAD

Descripción
Definir cuál es la longitud del muro en el plano geométrico y en las tablas, ya que sumando cotas parciales nos da una longitud de 1241 cm, en el estructural de 1240 cm y en las tablas nos indica 1260 cm.
¿Cuál es la longitud real?

Respuesta
Última actualización de Uri Flores, el 30 de abr. de 2024 13:25.
SE INDICA LA MEDIDA CORRECTA EN PLANO

Fotos

LONGITUD (cm)
1260
1240

Ilustración 34. Ejemplo de revisiones solicitadas al área de ingeniería.

En conjunto, la liberación de planos en AutoCAD por parte del área de ingeniería, complementada con el uso de BIM 360, proporciona una solución robusta y eficiente para la planificación, diseño, y ejecución de proyectos de construcción con elementos prefabricados. Esta combinación de tecnologías garantizó que todos los procesos para este proyecto se lleven a cabo con la mayor precisión y eficacia posible, optimizando los recursos y asegurando la calidad en la planta de producción.

III.1.2 ELABORACIÓN DE PROGRAMAS DE TRABAJO Y CRONOGRAMAS

Elaborar un programa de trabajo y un cronograma es crucial para la gestión efectiva de cualquier proyecto, ya que permite establecer una hoja de ruta clara y detallada para alcanzar los objetivos definidos. Estos instrumentos proporcionan una visión integral del proyecto, facilitando la planificación y coordinación de todas las actividades necesarias, permitiendo una asignación óptima de personal, materiales y equipos.

Además, al detallar las dependencias entre tareas, el cronograma asegura que cada etapa del proyecto se ejecute en el orden correcto, evitando retrasos y solapamientos innecesarios. Un programa de trabajo y cronograma bien elaborados son herramientas esenciales para la comunicación y la transparencia, desde luego, facilitan el entendimiento y la colaboración entre todos los interesados, asegurando que cada miembro del equipo esté alineado con los objetivos y plazos del proyecto, por lo cual mejora la eficiencia operativa y fomenta un ambiente de trabajo coordinado y enfocado en el éxito del proyecto.

En este contexto, para poder definir correctamente un programa nos basamos en cuatro puntos indispensables.

1. Identificación de las tareas generales del proyecto: apoyándome de la creación del catálogo de conceptos de la obra Nave Tultitlán, comencé por definir las tareas a realizar, desde los preparativos del terreno, la fabricación en planta, el suministro de las piezas al lugar de la obra y por último el montaje de cada una.
2. Estimación de la duración: una vez que evalué cuidadosamente cada actividad necesaria, consideré la complejidad de las actividades, la disponibilidad y capacidad de los recursos, así como las condiciones específicas del entorno del proyecto. Analicé datos históricos de proyectos similares, consulté a expertos y utilicé técnicas como la estimación paramétrica y la estimación análoga para obtener referencias precisas, lo que me llevó a realizar un desglose

detallado del trabajo en componentes más pequeños y manejables, lo cual permitió ajustar las estimaciones de tiempo de manera realista.

3. **Secuenciación:** para la secuenciación de actividades, primero desglosé el proyecto en tareas individuales y luego determiné el orden en que debían realizarse cada una, esto lleva un análisis de las dependencias entre las tareas, identificando cuáles eran predecesoras y cuáles sucesoras, asegurándome de que cada actividad se realizara en el momento adecuado para evitar retrasos y solapamientos. Utilicé diagramas de barras y técnicas de programación basados en otros proyectos, como el método del camino crítico, para visualizar y planificar el flujo de trabajo. Esto permitió establecer una secuencia lógica y eficiente, optimizando el uso de los recursos y asegurando que el proyecto avanzara de manera fluida y coordinada.
4. **Creación final del programa:** para la creación del cronograma, primero consolidé todas las tareas y sus secuencias en una hoja de Excel, ya que también podemos hacer la partición mediante gráficas de barras. Utilicé la información de las duraciones estimadas y las dependencias entre las actividades para generar un diagrama de Gantt, que visualiza claramente el calendario de todo el proyecto. A continuación, asigné recursos específicos a cada tarea, asegurándome de que la disponibilidad de personal, equipos y materiales coincidiera con las necesidades del cronograma. También incorporé hitos clave para marcar los puntos importantes del progreso del proyecto. Finalmente, revisé el cronograma con todos los interesados para asegurarme de que fuera realista y alcanzable, realizando ajustes según sus comentarios y aprobaciones, lo que permitió establecer una línea base sólida y clara para el seguimiento y control del proyecto.

PROGRAMA PRELIMINAR NAVE TULTITLAN																																		
UBICACIÓN : TULTITLAN, EDO. MEX.		PERIODO: 2023-2024																																
FECHA CALENDARIO	02-oct-23	09-oct-23	16-oct-23	23-oct-23	30-oct-23	06-nov-23	13-nov-23	20-nov-23	27-nov-23	04-dic-23	11-dic-23	18-dic-23	25-dic-23	01-ene-24	08-ene-24	15-ene-24	22-ene-24	29-ene-24	05-feb-24	12-feb-24	19-feb-24	26-feb-24	04-mar-24	11-mar-24	18-mar-24	25-mar-24	01-abr-24	08-abr-24	15-abr-24	22-abr-24	29-abr-24	06-may-24		
SEMANA	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32		
FORMALIZACIÓN																																		
Aprobación de Propuesta																																		
Elaboración y Firma de Contrato																																		
Entrega Fianzas y Factura de Anticipo																																		
Recepción de anticipo																																		
FABRICACIÓN EN PLANTA																																		
Producción de Zapatas Aislada																																		
Producción de Zapatas Aislada																																		
Producción de Zapatas Corrida																																		
Producción de Zapatas Corrida																																		
Producción de Columna																																		
Producción de Trabe I																																		
Producción de Trabe Delta																																		
Producción de Trabe TRC																																		
Muros Spáncrete																																		
Muros Precilados																																		
PREPARACIÓN DE TERRENO																																		
Preparación (Realizado por cliente)																																		
TRABAJO EN OBRA																																		
Producción de Zapatas Aislada																																		
Producción de Zapatas Aislada																																		
Producción de Columna																																		
Producción de Trabe I																																		
Producción de Trabe Delta																																		
Producción de Trabe TRC																																		
Producción de Zapatas Corrida																																		
Producción de Zapatas Corrida																																		
Muros Spáncrete																																		
Muros Precilados																																		

Ilustración 35. Programa preliminar nave Tultitlán.

III.1.3 EVALUACIÓN DE PROVEEDORES Y SUBCONTRATISTAS

Para la evaluación de proveedores y subcontratistas, primero participé en la identificación de una lista de posibles candidatos que pudieran cumplir con los requisitos específicos del proyecto, y esto era a través de pedir cotizaciones.

Para el suministro de los insumos que se requerían, el contacto era con proveedores, mientras que para los trabajos a realizar, era con subcontratistas.

Analiqué su historial de desempeño revisando experiencias previas y referencias de proyectos similares para asegurarme de su capacidad y fiabilidad, en caso de ya tener un antecedente en el que esa empresa o grupo ya hubiera trabajado con nosotros se llegaría a negociaciones más precisas con el objetivo de no perder un vínculo tan importante. Evalué criterios clave como la calidad de su trabajo, la puntualidad en la entrega, la capacidad de cumplir con los plazos y los estándares de seguridad y cumplimiento normativo, además de la capacidad técnica para garantizar que pudieran manejar la escala y complejidad del proyecto.

Finalmente, comparé las propuestas recibidas, considerando tanto el costo como el valor agregado que cada proveedor o subcontratista podía ofrecer, y seleccioné aquellos que mejor se alineaban con los objetivos y necesidades del proyecto.

Uno de los principales insumos que se contrató con proveedores fueron los moldes de acero, necesarios para la producción de los elementos prefabricados. Es crucial definir claramente sus especificaciones técnicas, esto incluye las dimensiones, la forma, los materiales específicos, y cualquier característica particular que los moldes deben tener para satisfacer los requisitos del proyecto, para que el proveedor tenga conocimiento de lo que se estaba solicitando.

Para este proyecto en específico se reutilizaron moldes de zapatas, columnas y muros de proyectos pasados, se ajustaron a precisión en especificaciones solicitadas por el área de ingeniería, lo que asegura que los elementos prefabricados cumplan con los estándares de calidad y las tolerancias necesarias, mientras que los aceros autotensables para las trabes se tuvieron que cotizar de tal modo que esta era una nueva geometría y estética arquitectónica solicitada por el cliente.



Octubre 03, 2023
 REF.-MEI-8681/23
 EQUIPO PARA COLADO DE:
 TRABES DELTA CON SISTEMA DE PRESFUERZOTRABE
 TRABES "I" CON SISTEMA DE PRESFUERZOTRABE
 TRABES RIGIDEZ CAJON CON SISTEMA DE
 PRESFUERZOTRABE

CDMX

AT'N. ING. JORGE MIGUEL MARTINEZ CONDE.

Estimado Ingeniero:

Por medio de la presente, tenemos el agrado de someter a su atenta consideración el siguiente presupuesto para la fabricación de los moldes especializados para el colado de trabes TRABES DELTA, TRABES "I", TRABES RIGIDEZ CAJON. Todos con sus respectivos sistemas de presfuerzo, y con sus respectivos accesorios, equipos que su empresa los requiere para su proyecto.

DIMENSIONES GENERALES:	TRABE DELTA
Altura Total	VARIABLE 0.9700M A 1.700 M.
Ancho de la Base	0.600M.
Ancho del Capitel	0.600 M.
Espesor del alma	VARIABLE 0.1200M A 0.2700 M.
Radio boleos en alma	0.050 M.
Radio boleos en la base y capitel	0.050 M.

PARTIDA No. 1. MOLDES PARA TRABES DELTA.

Esta partida contempla los moldes de los costados laterales de las trabes DELTA, y los que resuelven también los costados de la trabe Tipo "I", resuelto s a través de paneles de gran

Ilustración 36. Ejemplo de cotización para la fabricación de moldes de trabes (TDN, TIN, TRC).

En el caso de los subcontratistas, estos fueron solicitados para los trabajos de logística del transporte y montaje de los elementos al lugar de la obra. Al igual que con los proveedores, primero identifiqué una lista de posibles empresas de logística con experiencia en el transporte de grandes elementos. Investigué su historial de desempeño, revisando referencias y proyectos anteriores para evaluar su capacidad y fiabilidad, para analizar criterios clave como la puntualidad en las entregas, la capacidad para manejar grandes volúmenes y el cumplimiento de los estándares de seguridad y normativos durante el transporte.

También evalué la infraestructura de cada empresa debido a que era muy común que, entre su flota de vehículos, tuvieran la disponibilidad de grúas de montaje, y las tecnologías utilizadas para la gestión logística y operativa.

Solicité propuestas detalladas que incluyeran costos, tiempos de entrega y servicios adicionales, como el seguro de transporte, seguimiento en tiempo real de los envíos, y la capacidad de almacenamiento temporal en planta. Pedí especificaciones sobre las grúas de montaje, como su capacidad de carga, alcance, y experiencia de los operadores.

Comparé las propuestas no solo en términos de precio, sino también en el valor agregado que cada empresa podía ofrecer, como garantías de entrega, flexibilidad para manejar cambios en el cronograma del proyecto, y experiencia en proyectos similares.

FECHA: **Lunes 23 de Octubre del 2023**

Atn. **ING. JORGE MIGUEL MARTINEZ CONDE**

Abajo nuestra propuesta económica cubriendo los servicios descritos.
Moneda: **MXN**

ORIGEN: NOGALES, SON.

DESTINO	DESCRIPCION	DIMENSIONES Y PESO (Mts. Ton)					PRECIO UNITARIO			OBSERVACIONES
		CANT.	LARGO M	ANCHO M	ALTO M	PESO TON	RENTA DE EQUIPO	CARGA	DESCARGA	
TECAMAC, EDOME	PARA MOVIMIENTOS EN PATIO									
	RENTA MENSUAL DE GRUA HIDRAULICA Y/O ESTRUCTURAL	2				140				PRECIO UNITARIO DE RENTA MENSUAL, PERIODO SOLICITADO: 5 MESES
	DESPLAZAMIENTO DE EQUIPO DE GRUA Y CONTRAPESOS									
	RENTA MENSUAL DE EQUIPO MODULAR	1	35.00			90				PRECIO UNITARIO DE RENTA MENSUAL, PERIODO SOLICITADO: 5 MESES; CARGA DE TRABES HASTA 35m DE LONGITUD
	DESPLAZAMIENTO DE EQUIPO MODULAR									
TULTITLAN, EDOME	PARA MONTAJE									
	RENTA MENSUAL DE GRUA HIDRAULICA Y/O ESTRUCTURAL	2				200				PRECIO UNITARIO DE RENTA MENSUAL, PERIODO SOLICITADO: 4 MESES
	DESPLAZAMIENTO DE EQUIPO DE GRUA Y CONTRAPESOS									
	RENTA MENSUAL DE EQUIPO MODULAR	4	35.00			90				PRECIO UNITARIO DE RENTA MENSUAL, PERIODO SOLICITADO: 4 MESES; CARGA DE TRABES HASTA 35m DE LONGITUD, EN RENTA POR TIEMPO O FLETE
	FLETE POR VIAJE TRASLADO A ZONA DE MONTAJE (80 KMS MAX)									
	DESPLAZAMIENTO DE EQUIPO MODULAR									

ALCANCE:
EL COSTO DE DESPLAZAMIENTO ES POR EQUIPO.
PARA PODER NEGOCIAR ESTE SERVICIO DEBERÁ ESTAR CONTRATADO CON 90 DIAS DE ANTICIPACION, BAJO CONTRATO O PEDIDO.

Ilustración 37. Ejemplo cotización de transporte de carga para flete y equipos grúa.

III.1.4 ANÁLISIS DE PRESUPUESTOS Y PRECIOS UNITARIOS

Como se explicó al inicio, un presupuesto detallado es fundamental para cualquier proyecto o actividad porque proporciona una estimación clara y estructurada de los costos involucrados, esto permite a todas las partes interesadas comprender cómo se distribuyen los recursos y qué elementos están

incluidos, ya que facilita la planificación estratégica al anticipar necesidades financieras y recursos requeridos en cada fase del proyecto.

Un presupuesto también es crucial para el control de costos, permite monitorear y gestionar eficazmente los gastos a lo largo del proyecto en gran parte del proceso, ayuda a prevenir desviaciones presupuestarias, y garantiza una gestión financiera responsable. Asimismo, un presupuesto detallado permite justificar la asignación de recursos y evaluar el rendimiento financiero del proyecto una vez finalizado y esto es crucial para la rendición de cuentas y la evaluación retrospectiva del éxito del proyecto.

Los precios unitarios representan el costo por unidad de medida de materiales, mano de obra y equipos necesarios para completar una tarea específica dentro del proyecto.

Un presupuesto detallado utiliza estos precios unitarios para estimar el costo total de cada componente del proyecto. Esto incluye desglosar los costos en diferentes categorías, como materiales, mano de obra, transporte, montaje y otros gastos indirectos. Esto permite una planificación más precisa y un control más efectivo de los recursos financieros a lo largo del proyecto.

Los presupuestos son esenciales en procesos de licitación y negociación de contratos, ya que proporcionan una base objetiva para comparar ofertas y evaluar propuestas de proveedores. También, ayudan a calcular la rentabilidad de cada actividad y a anticipar posibles variaciones en los costos durante la ejecución del proyecto.

Además de los insumos primarios necesarios para la fabricación que vimos en la cuantificación del elemento, es crucial considerar los materiales complementarios que intervienen de manera indirecta en el proceso. Estos a veces dependen del cálculo de los materiales primarios y pueden incluir aditivos, morteros, herramientas específicas como los moldes cotizados, o materiales de protección necesarios para garantizar la calidad y seguridad de la pieza durante la producción. En la tabla 14 podemos observar el complemento de los insumos secundarios de la columna CLR 001 para la correcta fabricación.

				FAB- CLR-001
				MAT-COSTAD-0404
MAT-COSTAD-0404	C101- Costados metálicos recto h = 80 cm L = 24 m para columnas 100 usos	uso	1.000000	
				MAT-PISTAM-0367
MAT-PISTAM-0367	C101- Pista metálica (fondo) ancho 1.20 m L = 32 m para columna 100 usos	uso	1.000000	
				MAT-TAPMET-0225
MAT-TAPMET-0225	C101- Tapa metálica frontera 0.80x0.80 de 1/4" en columnas 50 usos	uso	2.000000	
				MAT-SILLET-0486
MAT-SILLET-0486	D102- Silleta de plástico SH100 450 kg FTP (armados) Rec 2.5 cm	pza	49.000000	
				MAT-SEPARA-0484
MAT-SEPARA-0484	D102- Separador DS100 FTP (centrador lateral armados) Rec 2.5 cm	pza	98.000000	
				MAT-MEMSIK-0565
MAT-MEMSIK-0565	D102- Membrana sikadren	m ²	3.840000	
				MAT-SOLE90-0488



MAT-SOLE90-0488	D102- Soldadura E90	kg	1.000000
			MAT-POLIN3-0478
MAT-POLIN3-0478	D102- Polín 3-1/2 x 3-1/2 de madera de pino	pza	0.333333
			MAT-MORTER-0466
MAT-MORTER-0466	D102- Mortero MAPEI (saco = 9.1 kg)	sac o	1.446000

Tabla 14. Insumos secundarios, ejemplo CLR001.

Adicionalmente, la mano de obra especializada juega un papel fundamental en el proceso de fabricación. La experiencia y habilidades del personal técnico y operativo son determinantes para asegurar la precisión y eficiencia en cada etapa del proceso.

FAB-CLR-001			
			MAO-CUALIN-0796
MAO-CUALIN-0796	MO107- Cuadrilla en línea de producción L32 Columna nave	jor	0.830830
			MAO-CUADMAN-0729
MAO-CUADMAN-0729	MO107- Cuadrilla maniobras	jor	0.250000
			MAO-CUAAC-0035
MAO-CUAAC-0035	MO103- Cuadrilla de armado de acero de refuerzo	jor	2
			MAO-ARACC-101
MAO-ARACC-101	Armado (punteo) de accesorio metálicos placa y varilla	jor	.02914
			MAO-COLACC-001
MAO-COLACC-001	MO103- Cuadrilla para colocar conector roscado	jor	0.008929

Tabla 15. Relación del Mano de Obra para fabricación, transporte y montaje de CLR001.

La primera cuadrilla MAO-CUALIN-0796 estuvo conformada por:

CLAVE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
MAO-CABO0-0039	Cabo	jor	0.2
MAO-OFCL1-0102	Oficial	jor	1
MAO-AYUDA-0043	Ayudante	jor	2
MAO-MANPL-0101	Maniobrista Maniobras planta	jor	0.5
MAO-OPMAY-0914	MO103- Op Eq Mayor Maniobras planta	jor	0.3
MAO-OPMED-0916	MO103- Op Eq Mediano Tractocamión maniobras	jor	0.1



La cuadrilla MAO-CUADMAN-0729 estuvo conformada por:

MAO-MANIO-0016	MO107- Maniobrista	jor	2
MAO-MAINT-0017	MO107- Mando intermedio	jor	0.1

La cuadrilla MAO-CUAAC-0035 estuvo conformada por:

MAO-CABO0-0039	Cabo	jor	0.2
MAO-OFCL1-0102	Oficial	jor	1
MAO-AYUDA-0043	Ayudante	jor	2

La cuadrilla MAO-ARACC-101 estuvo conformada por:

MAO-AYUSOL-0633	MO107- Ayudante de Soldador	jor	1
MAO-SOLDAD-0643	MO107- Soldador	jor	1

La cuadrilla MAO-COLACC-001 estuvo conformada por:

MAO-OFCL1-0102	Oficial	jor	1
MAO-AYUDA-0043	Ayudante	jor	2

El análisis de la relación mano de obra para cada actividad, estuvo en función del rendimiento de las cuadrillas y la cantidad de mano de obra que componía a cada una, para hacer el vaciado con precios era importante revisarlo con Recursos Humanos de planta debido a que ellos tenían el dato exacto de las nóminas de los trabajadores.

Por otro lado, la elección de la maquinaria adecuada también es crucial. Equipos como grúas, moldes especiales o sistemas de control de calidad no solo optimizan la producción, sino que también garantizan la conformidad con los estándares requeridos.

			FAB-CLR-001
			EQU-PLASOL-1068
EQU-PLASOL-1068	F108- Planta de soldar eléctrica	hr	1.000000
			EQU-GRU25-0824
EQU-GRU25-0824	F108- Grúa pórtico 25 ton sobre neumáticos Drot Consumos y Mantto	hr	2.000000
			EQU-TRAPLA-0843
EQU-TRAPLA-0843	F108- Tracto con plataforma extendible Consumos y Mantto	hr	2.000000
			EQU-BALES20-1061
EQU-BALES20-1061	F108- Balancín con estrobos L20	uso	0.002500
			EQU-COMPRES-0813
EQU-COMPRES-0813	F108- Compresor motor eléctrico de 30 gal 155 psi	hr	1.000000
			EQU-VIBCHI-0845

EQU-VIBCHI-0845	F108- Vibrador de chicote (jgo = 2 eq)	hr	6.646640	
				EQU-DOSIF-0008
EQU-DOSIF-0008	F105- Dosificadora de concreto portátil incluye: Tolvas de agregados de 17 yd ³ , Báscula de agregados para 5yd ³ , Silo de cemento de 36 yd ³ , báscula de cemento para 5 Yd ³ , banda transportadora de 24, compresor de aire, instalación eléctrica a 220 V	hr	0.062500	
				EQU-CARFO-0004
EQU-CARFO-0004	F105- Cargador frontal Marca Volvo.	hr	0.020833	
				EQU-MEZCO-0026
EQU-MEZCO-0026	F105- Mezcladora p/ concreto Mixer "B" Simem (Besser) B. Sistema dosificación de materiales pesaje y transportación. Banda transportadora inclinada de 36" de 3/16" tres capas silo metálico para cemento gris, Besser "B" silo metálico para cemento blanco, Besser "B". Banco de capacitores automático bombas centrífugas con dos hidroneumáticos (cisterna debajo de la Besser)	hr	0.062500	
				EQU-CAREV-0002
EQU-CAREV-0002	F105- Camión olla Revolvedora Freightliner	hr	0.062500	
				EQU-FORCO-0012
EQU-FORCO-0012	F105- Maquina conformada por: Forjadora, roscadora y sierra para varillas	hr	0.071429	

Tabla 16. Relación del equipo utilizado para fabricación, transporte y montaje de CLR001.

En nuestro análisis de presupuestos y precios unitarios para la fabricación de elementos prefabricados, consideramos tanto los insumos primarios como los materiales complementarios destacando cada una de las actividades a detalle para una correcta fabricación, transporte y montaje, y aunque no es posible proporcionar los precios específicos de cada material, maquinaria o mano de obra debido a cuestiones de confidencialidad, puedo asegurar que los precios fueron competitivos y se alinearon con los del mercado actual.

Tampoco es posible revelar información sobre los costos indirectos que la empresa consideró para el desarrollo del proyecto, sin embargo, fueron gestionados de manera eficiente para asegurar su éxito, de tal modo que hubo consideración por parte administrativa, de planta y obra, así como la utilidad para dicho proyecto, ya que se asignaron indirectos de manera porcentual a cada uno.

Integrar estos elementos complementarios de manera eficaz en nuestra planificación y ejecución fortaleció la operatividad, mejoró la calidad del proceso y contribuyó a una gestión eficiente de recursos y costos.



	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
	[FAB-CLR-001]	[FAB-CLR-002]	[FAB-CLR-003]	[FAB-CLR-004]	[FAB-CLR-005]	[FAB-CLR-006]	[FAB-CLR-007]	[FAB-CLR-008]	[FAB-CLR-009]	[FAB-CLR-010]	[FAB-CLR-011]	[FAB-CLR-012]	[FAB-CLR-013]	[FAB-CLR-014]	[FAB-CLR-015]	[FAB-CLR-016]	[FAB-CLR-017]	[FAB-CLR-018]
MAT-C3505-0342	A102: Concreto estructural clase Fc = 350 kg/cm ² RA, a 18 horas, agregado máximo de 3/4", rev 18	7.770	7.770	7.770	7.770	8.110	8.700	8.710	8.710	10.720								
MAT-ACTR89-0010	B102: Acero de refuerzo transversal #3 en prefabricados	100																
MAT-ACTR84-0011	B102: Acero de refuerzo transversal #4 en prefabricados	100	0.761	0.809	0.848	0.788	0.810	0.808	0.818	0.877								
MAT-ACTR85-0012	B102: Acero de refuerzo transversal #5 en prefabricados	100																
MAT-ACLO89-0017	B102: Acero de refuerzo longitudinal #3 en prefabricados	100																
MAT-ACLO84-0018	B102: Acero de refuerzo longitudinal #4 en prefabricados	100																
MAT-ACLO85-0019	B102: Acero de refuerzo longitudinal #5 en prefabricados	100																
MAT-ACLO86-0020	B102: Acero de refuerzo longitudinal #6 en prefabricados	100																
MAT-ACLO87-0021	B102: Acero de refuerzo longitudinal #8 rosado en prefabricados	100	0.380	0.387	0.400	0.385	0.350	0.492	0.388	0.518								
MAT-ALAMB8-0409	D100: Alambres rosados 18	100	0.090	0.117	0.082	0.097	0.088	0.072	0.109	0.088								
MAT-PLACAN-0472	D102: Placa de Nogano shiro 60 senz 24x60 x 3" esp	100	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035								
MAT-PRN01-0501	B102: Accesorio Tipo Perno Sin Muestroles Pn-01	100																
MAT-PRN02-0502	B102: Accesorio Tipo Perno Sin Muestroles Pn-02	100																
MAT-PRN03-0503	B102: Accesorio Tipo Perno Sin Muestroles Pn-03	100																
MAT-PL1301-0505	B102: Accesorio Para Columna PLS-01	100																
MAT-PL1302-0506	B102: Accesorio Para Columna PLS-02	100																
MAT-PL1303-0507	B102: Accesorio Para Columna PLS-03	100																
MAT-AMN001-0508	B102: Accesorio Para Columna Ancl-01	100																
MAT-AMN002-0509	B102: Accesorio Para Columna Ancl-02	100																
MAT-AMN003-0510	B102: Accesorio Para Columna Ancl-03	100																
MAT-AMN004-0511	B102: Accesorio Para Columna Ancl-04	100																
MAT-AMN005-0512	B102: Accesorio Para Columna Ancl-05	100																
MAT-AMN006-0513	B102: Accesorio Para Columna Ancl-06	100																

Ilustración 38. Ejemplo de armado de matrices de elementos en Excel.

Por último, con ayuda de una macro desarrollada por ingenieros en el área de costos, podemos pasar de la matriz a un acomodo mejor para el vaciado de la información en OPUS.

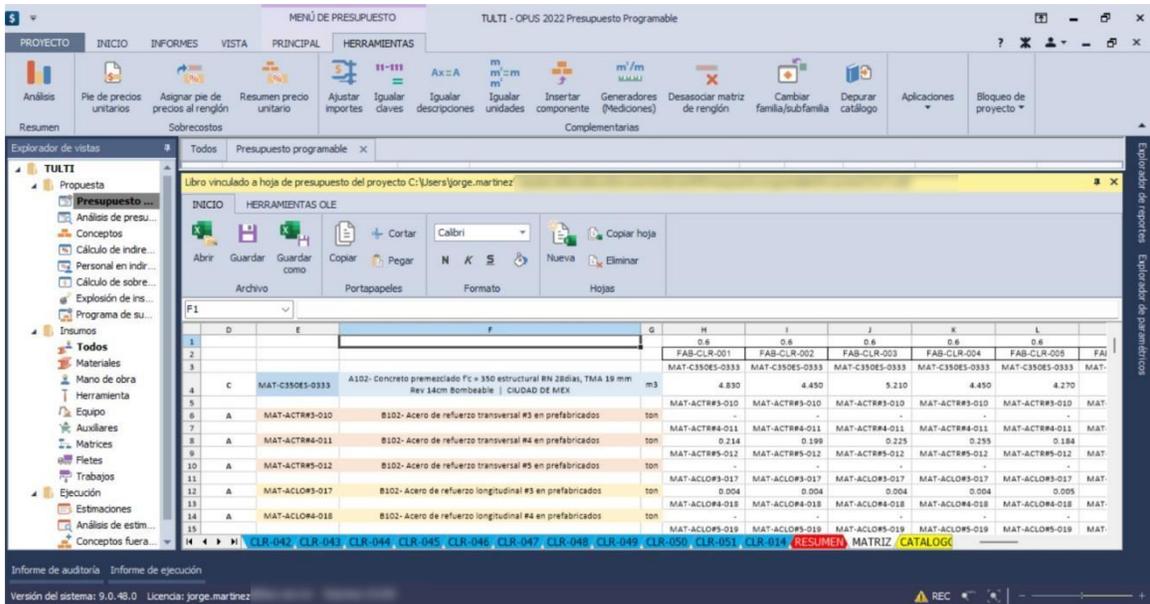


Ilustración 39. Apertura de hoja de Excel con matrices en OPUS.

III.1.5 IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARE DE GESTIÓN DE COSTOS

Inicialmente, como expliqué en los puntos pasados, realicé un conjunto de datos entrada en Excel, organizando la información en matrices claras y coherentes las cuales incluyeron todos los elementos necesarios para el proyecto de naves industriales, como las cantidades de materiales, mano de obra, equipos y subcontratos

Después de completar las matrices en Excel, las revise y validé para asegurar la precisión de los datos. Desde luego, este fue un paso fundamental para evitar errores que pudieran afectar la gestión del proyecto en OPUS. Verifiqué que todas las categorías de descripciones estuvieran detalladas, que las

cantidades fueran correctas y que no hubiera errores tipográficos o de cálculo. Fue crucial que las matrices siguieran un formato compatible con los requisitos de importación de OPUS, y asegurarme que OPUS pudiera interpretar correctamente la información.

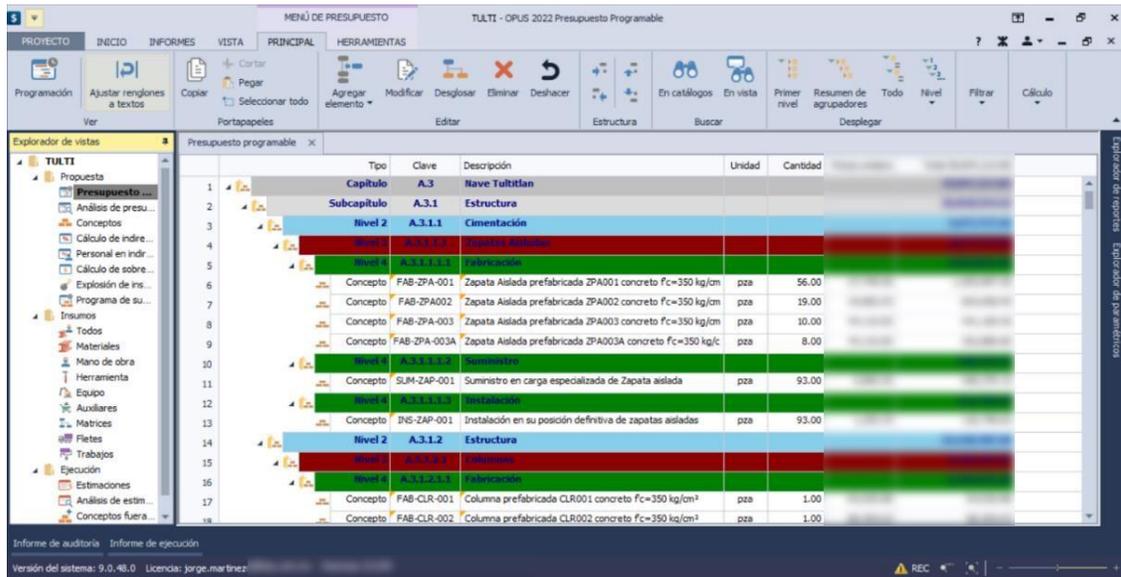


Ilustración 40. Interfaz de OPUS para desarrollo de presupuestos.

Una vez importados los datos, pude realizar un análisis más profundo y detallado del presupuesto. Aproveché las capacidades avanzadas de OPUS para gestionar y monitorear los costos, generar informes detallados y realizar ajustes según fue necesario. La integración de datos de Excel en OPUS facilitó la actualización continua del presupuesto a medida que avanzaba el proyecto, asegurando que la información estuviera siempre actualizada y reflejara el estado real del proyecto.

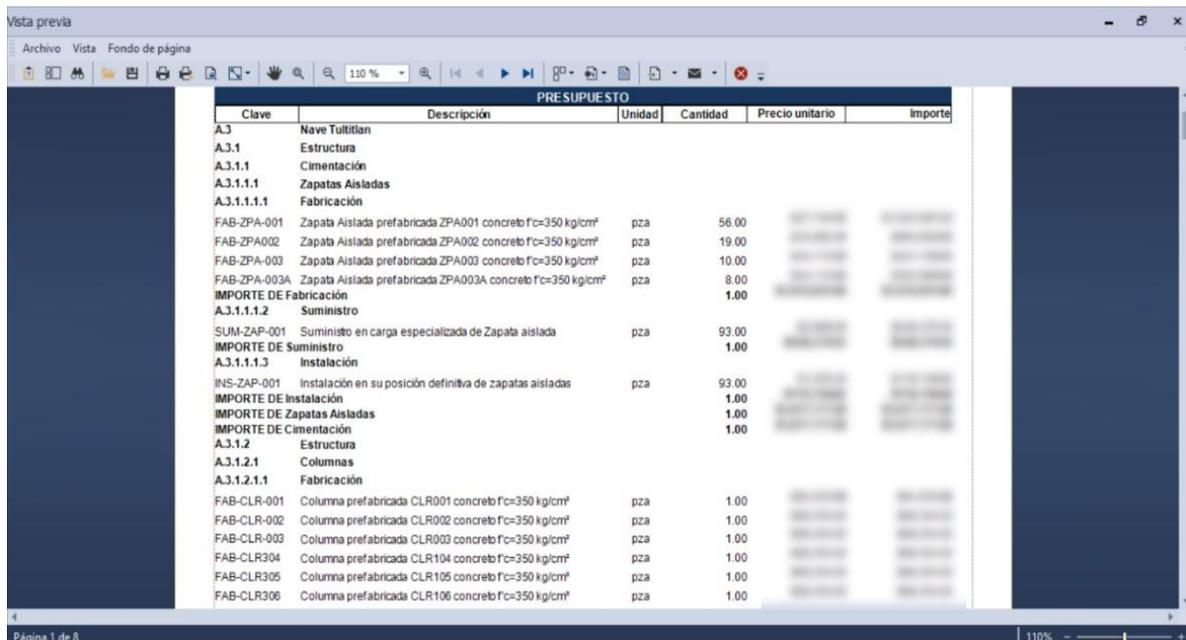


Ilustración 41. Interfaz de OPUS para desarrollo de presupuestos.

Por último, utilicé una opción en OPUS para generar reportes en Excel del presupuesto y análisis requerido, esta funcionalidad resultó crucial para asegurar el entendimiento con otras áreas, como control de obra y el área de contabilidad. Al exportar los datos de OPUS a Excel, pude presentar la información de una manera más accesible y familiar para estos equipos, facilitando la comunicación y la colaboración interdepartamental.

FAB-CLR-001	Columnas	9000	Materiales	MAT-ACLV10-122	B102- Acero de refuerzo longitudinal # 10 roscado en	ton	9000	Materiales	MAT-ARREC-0001	B102- Acero de refuerzo (recto)	ton	1.05
FAB-CLR-001	Columnas	9000	Materiales	MAT-ACLV10-122	B102- Acero de refuerzo longitudinal # 10 roscado en	ton	9005	Materiales	MAT-ALA16-0016	B102- Alambre recocido 18	kg	30
FAB-CLR-001	Columnas	9000	Materiales	MAT-ACLV10-122	B102- Acero de refuerzo longitudinal # 10 roscado en	ton	6041	Mano de Obra	MAO-CUAAC-0035	MO103- Cuadrilla de armado de acero de refuerzo (por	2
FAB-CLR-001	Columnas	9000	Materiales	MAT-ACLV10-122	B102- Acero de refuerzo longitudinal # 10 roscado en	ton	9021	Mano de Obra	EQU-HABV6-0125	F105- Habilitado semiautomático de vanilla #8 recta	ton	1
FAB-CLR-001	Columnas	9000	Materiales	MAT-ACLV6-0123	B102- Acero de refuerzo longitudinal #6 roscado en	ton	9000	Materiales	MAT-ARREC-0001	B102- Acero de refuerzo (recto)	ton	1.05
FAB-CLR-001	Columnas	9000	Materiales	MAT-ACLV6-0123	B102- Acero de refuerzo longitudinal #6 roscado en	ton	9005	Materiales	MAT-ALA16-0016	B102- Alambre recocido 18	kg	30
FAB-CLR-001	Columnas	9000	Materiales	MAT-ACLV6-0123	B102- Acero de refuerzo longitudinal #6 roscado en	ton	6041	Mano de Obra	MAO-CUAAC-0035	MO103- Cuadrilla de armado de acero de refuerzo (por	2
FAB-CLR-001	Columnas	9000	Materiales	MAT-ACLV6-0123	B102- Acero de refuerzo longitudinal #6 roscado en	ton	9021	Mano de Obra	EQU-HABV6-0125	F105- Habilitado semiautomático de vanilla #8 recta	ton	1
FAB-CLR-001	Columnas	9000	Materiales	MAT-ACTV4-0121	B102- Acero de refuerzo transversal #4 en prefabricados	ton	9000	Materiales	MAT-ACROL-0002	B102- Acero de refuerzo (en rollo)	ton	1.05
FAB-CLR-001	Columnas	9000	Materiales	MAT-ACTV4-0121	B102- Acero de refuerzo transversal #4 en prefabricados	ton	9005	Materiales	MAT-ALA16-0016	B102- Alambre recocido 18	kg	30
FAB-CLR-001	Columnas	9000	Materiales	MAT-ACTV4-0121	B102- Acero de refuerzo transversal #4 en prefabricados	ton	6041	Mano de Obra	MAO-CUAAC-0035	MO103- Cuadrilla de armado de acero de refuerzo (por	2
FAB-CLR-001	Columnas	9000	Materiales	MAT-ACTV4-0121	B102- Acero de refuerzo transversal #4 en prefabricados	ton	9021	Mano de Obra	EQU-HABVR-0103	F105- Habilitado automatico de vanilla #4 en rollo	ton	1
FAB-CLR-001	Columnas	2110	Materiales	MAT-ACCPN-0101	Accesorio Perno nivelación de columna (paq. vanilla)	pza	9000	Materiales	MAT-ARREC-0001	B102- Acero de refuerzo (recto)	ton	0.011210
FAB-CLR-001	Columnas	2110	Materiales	MAT-ACCPN-0101	Accesorio Perno nivelación de columna (paq. vanilla)	pza	9000	Materiales	MAT-ACROL-0002	B102- Acero de refuerzo (en rollo)	ton	0.018000
FAB-CLR-001	Columnas	2110	Materiales	MAT-ACCPN-0101	Accesorio Perno nivelación de columna (paq. vanilla)	pza	2103	Materiales	EQU-HABV6-0127	Habilitado semiautomático de vanilla #12 recta	ton	0.011210
FAB-CLR-001	Columnas	2110	Materiales	MAT-ACCPN-0101	Accesorio Perno nivelación de columna (paq. vanilla)	pza	9021	Materiales	EQU-HABV4-0129	F105- Habilitado automatico de vanilla #4 en rollo	ton	0.018000
FAB-CLR-001	Columnas	2110	Materiales	MAT-ACCPN-0101	Accesorio Perno nivelación de columna (paq. vanilla)	pza	6041	Mano de Obra	MAO-ARACC-101	Armado (punteo) de accesorio metálicos placa y vanilla	ton	0.029140
FAB-CLR-001	Columnas	2110	Materiales	MAT-ACC002-0102	Accesorio ACC002 placa en columna para conexión de	pza	2110	Materiales	MAT-ACMLR-011	Accesorio metálico ACC002 placa en columna para fijación de	pza	1
FAB-CLR-001	Columnas	2110	Materiales	MAT-ACCPM-0103	Accesorio mancuerna PLM metálica para conexión rígida	pza	2110	Materiales	MAT-ACMLR-02	Accesorio metálico PLM en columnas para conexión rígida	pza	1
FAB-CLR-001	Columnas	2110	Materiales	MAT-ACC005-0104	Accesorio ACC005 perno roscado diam #10 con tuerca	pza	9000	Materiales	MAT-ARREC-0001	B102- Acero de refuerzo (recto)	ton	0.0003984
FAB-CLR-001	Columnas	2110	Materiales	MAT-ACC005-0104	Accesorio ACC005 perno roscado diam #10 con tuerca	pza	9021	Mano de Obra	EQU-HABV34-0102	F105- Habilitado automatico de vanilla en rollo diámetros delgados	ton	0.0003984
FAB-CLR-001	Columnas	2110	Materiales	MAT-ACC005-0104	Accesorio ACC005 perno roscado diam #10 con tuerca	pza	6041	Mano de Obra	TRA-ACVHR-0003	Acarreo de vanilla habilitada a Taller paleria	ton	0.0003984
FAB-CLR-001	Columnas	2110	Materiales	MAT-ACC005-0104	Accesorio ACC005 perno roscado diam #10 con tuerca	pza	6003	Materiales	MAT-TRC10-0101	Tuerca pesada para perno del #10	pza	1

Ilustración 42. Ejemplo de una exportación de Opus a Excel.

III.2 SEGUIMIENTO Y CONTROL DE COSTO

Es fundamental mantener un seguimiento y control exhaustivo de los costos en una obra para asegurar su viabilidad económica y la eficiencia en el uso de recursos. Utilizar herramientas de comunicación modernas como Teams y acompañarlo de correos facilita la coordinación y el intercambio de información en tiempo real entre todos los involucrados, lo que resulta crucial para la toma de decisiones informadas y oportunas.

Sin embargo, no se debe subestimar la importancia de realizar recorridos presenciales en el sitio de la obra, estos recorridos permiten una evaluación directa de los avances, la identificación de posibles problemas y la implementación de soluciones inmediatas, asegurando que el proyecto se mantenga dentro de los plazos y presupuestos establecidos. La combinación de tecnología y supervisión presencial crea un entorno de trabajo más controlado y eficiente, favoreciendo el éxito del proyecto.

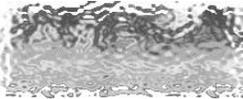
III.2.1 MONITOREO DE GASTOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS

Durante la ejecución de este proyecto, pusimos gran énfasis en el monitoreo de gastos. Junto con mi equipo, comenzamos estableciendo un presupuesto detallado y realista, identificando todas las partidas de costos y asignando los costos adecuados. Previmos contingencias para imprevistos, asegurándonos de que estuviéramos preparados para cualquier eventualidad.

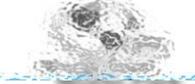
Unido a otras áreas implementamos herramientas de gestión de proyectos y costos, utilizando software Excel para el seguimiento en tiempo real, lo que nos permitió medir el desempeño del proyecto de manera precisa y que todos lo entendieran. Mantuvimos registros detallados de todos los gastos y los comparamos regularmente con el presupuesto planificado, identificando y analizando cualquier desviación que surgiera.

PROYECTO NAVE TULTITLAN, TULTITLAN, ESTADO DE MEXICO CP 54910						
SEMANA 9			FECHA: 27 NOVIEMBRE 2023			
COMIENZO DE FABRICACIÓN: 06 NOVIEMBRE 2023						
CUERPO	MATERIAL	ELEMENTO	INGENIERIA	PLANTA -MONTAJE	PORCENTAJE	ORDEN LIBERADA
NAVE TULTITLÁN	CLR	COLUMNA	93	38	41%	✗
	MPM	MURO	135	80	59%	✗
	MSP	MURO	64	0	0%	✗
	TDN	TRABE	9	6	67%	✗
	TIN	TRABE	73	25	34%	✗
	TRC	TRABE	32	32	100%	✓
	ZPA	ZAPATA	93	93	100%	✓
	ZPC	ZAPATA	137	137	100%	✓
			636	411		

Ilustración 43. Ejemplo de avances generales en planta de fabricación semana 09.



**PROYECTO NAVE TULTITLAN,
TULTITLAN, ESTADO DE MEXICO C.P.**



ELEMENTO	SECCION	INICIO DE PROYECTO FABRICACION ----->				06/11/2023	
		PZA	PZA MONTADA	SEMANAS	PORCENTAJE REAL	INICIO	FIN
NAVE							
Zapata Aislada	400x400	56	56	2.80	100%	27/11/2024	18/12/2023
Zapata Aislada	300x300	37	37	1.85	100%	18/12/2023	08/01/2024
Zapata Muro	170x060	44	40	1.83	91%	01/01/2024	05/02/2024
Zapata Muro precolado (tableta)	060x020	93	0	1.86	0%	05/02/2024	25/03/2024
Columna 080 X 080	080x080	93	93	4.65	100%	04/12/2023	15/01/2024
Trabe portante PRAT (TIN)	060x140	73	73	6.08	100%	18/12/2023	22/01/2024
Trabe Portante DELTA	Var	9	9	3.00	100%	08/01/2024	29/01/2024
Trabe Rigidez TRC	060x060	32	23	1.00	72%	29/01/2024	05/02/2024
Muros Spancrete	240x015	64	18	0.49	28%	29/01/2024	18/03/2024
Muros Precolados	240x015	135	0	4.22	0%	18/03/2024	30/03/2024
		636					

Ilustración 44. Ejemplo de avances generales en obra semana 18.

Generamos informes periódicos sobre el estado financiero del proyecto y nos comunicamos continuamente y de manera transparente con todos los stakeholders. Utilizamos plataformas de comunicación como Teams para compartir estos informes y actualizaciones, asegurando que todos estuvieran al tanto de la situación financiera del proyecto.

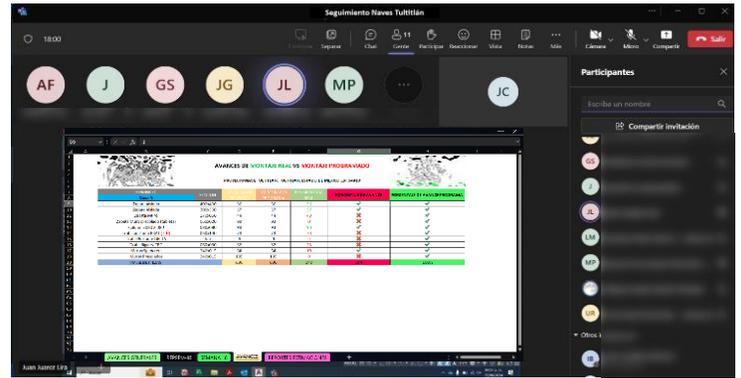
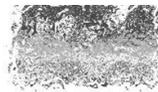


Ilustración 45. Seguimiento del proyecto naves Tultitlán a través de Teams.

Para gestionar los cambios en el proyecto, implementamos un sistema robusto que nos permitió evaluar el impacto financiero de cualquier modificación antes de aprobarla. Actualizamos el presupuesto y el cronograma conforme era necesario, manteniendo un control riguroso sobre los costos. Analizamos la eficiencia en el uso de recursos, identificando áreas de mejora y optimización de costos. Revisamos nuestros procedimientos y prácticas regularmente para reducir gastos innecesarios.



PROYECTO NAVE TULTITLAN, TULTITLAN, ESTADO DE MEXICO C.P. 54910

REPORTE DE AVANCE FINANCIERO

NUM ESTIMACION	IMPORTE ESTIMACION	IVA	TOTAL
ANTICIPO	\$	\$	\$
1	\$	\$	\$
2	\$	\$	\$
3	\$	\$	\$
4	\$	\$	\$
5	\$	\$	\$
6	\$	\$	\$
7	\$	\$	\$
8	\$	\$	\$
9	\$	\$	\$
10	\$	\$	\$
IMPORTE DE AVANCE PRESENTADO	\$	\$	\$
IMPORTE PENDIENTE POR EJECUTAR	-\$	-\$	-\$

Ilustración 46. Avance financiero a partir de estimaciones.

III.2.2 COMPARACIÓN ENTRE COSTOS REALES Y PRESUPUESTADOS

Durante nuestro trabajo en la gestión de proyectos, mi área y yo nos enfocamos en la comparación entre costos reales y presupuestados. Continuar con las reuniones y con las visitas periódicas a planta y obra, nos permitió registrar los costos reales. Implementamos métodos precisos y utilizamos nuevamente Excel, para darle seguimiento a los gastos en tiempo real. Mantener registros actualizados y precisos fue esencial para nuestro proceso.

A lo largo del proyecto, realizamos comparaciones periódicas entre los costos reales y los presupuestados. Utilizamos informes y *dashboards* que nos ayudaron a visualizar cualquier diferencia, y mantuvimos esta práctica de comparación continua para asegurar que estuviéramos siempre alineados con el presupuesto planificado.



AVANCES DE MONTAJE REAL VS MONTAJE PROGRAMADO

PROYECTO NAVE TULTITLAN, TULTITLAN, ESTADO DE MEXICO C.P. 54910



ELEMENTO	SECCION	PZA TOTAL DEL PROYECTO	PZA MONTADA PROGRAMA	PZA MONTADA REAL	PORCENTAJE DE AVANCE	PORCENTAJE DE AVANCE PROGRAMA
NAVE						
Zapata Aislada	400x400	56	56	56	✓	✓
Zapata Aislada	300x300	37	37	37	✓	✓
Zapata Muro	170x060	44	44	40	✗	✓
Zapata Muro precolado (tableta)	060x020	93	93	0	✗	✓
Columna 080 X 080	080x080	93	93	93	✓	✓
Trabe portante PRAT (TIN)	060x140	73	73	73	✗	✓
Trabe Portante DELTA	Var	9	9	9	✗	✓
Trabe Rigidez TRC	060x060	32	32	23	✗	✓
Muros Spancrete	240x015	64	64	18	✓	✓
Muros Precolados	240x015	135	135	0	✗	✓
TOTAL DE PIEZAS		636	636	349	55%	100%

Ilustración 47. Ejemplo de dashboards avance real vs programado.

Cuando identificamos desviaciones entre los costos reales y los presupuestados, analizamos las causas subyacentes. A menudo encontramos que se debían a cambios en el alcance del proyecto, fluctuaciones en los precios de los materiales o variaciones en la eficiencia del trabajo. Evaluamos el impacto de estas variaciones en el presupuesto total y trabajamos en conjunto para implementar estrategias correctivas. Esto incluyó ajustes necesarios en el presupuesto y la ejecución del proyecto, así como la implementación de medidas preventivas para evitar futuras desviaciones.

Nos aseguramos de comunicar nuestros hallazgos de manera efectiva a todos los *stakeholders*. Elaboramos informes financieros periódicos que detallaban nuestras comparaciones y utilizamos herramientas de comunicación para compartir esta información de forma clara y oportuna.

La evaluación de nuestros procesos de presupuestación y monitoreo de costos fue una práctica constante. Incorporamos las lecciones aprendidas y las mejores prácticas en proyectos futuros, ajustando nuestros métodos y herramientas para mejorar la precisión y eficacia.

Las comparaciones entre costos reales y presupuestados tuvieron un impacto significativo en la toma de decisiones. Nos permitieron tomar decisiones informadas, como ajustes de recursos, cambios en proveedores o modificaciones en los cronogramas. Reconocimos la importancia de estas decisiones para el éxito del proyecto y nos comprometimos a mantener un enfoque riguroso en la gestión de costos para asegurar el mejor resultado posible.

III.2.3 IDENTIFICACIÓN DE DESVIACIONES Y ANÁLISIS DE CAUSAS

Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en el municipio de Tultitlán, el tipo de suelo predominante es el Vertisol, caracterizado por su alta capacidad de retención de agua y suelos arcillosos expansivos que se hinchan y contraen con los cambios de humedad. Este tipo de suelo es común en zonas de clima seco y su manejo es importante para evitar problemas de estabilidad en construcciones debido a su comportamiento variable.

Estas dificultades se presentaron claramente con las primeras lluvias que cayeron el 19 y 20 de marzo de 2024 en la región. Este fenómeno reveló deficiencias en las preparaciones iniciales del terreno, afectando tanto la ejecución como el presupuesto del proyecto.



Ilustración 48. Pronóstico del tiempo Estado de México (19 marzo 2024).

Durante nuestro recorrido en el sitio de construcción, mi equipo y yo observamos que el cliente no realizó adecuadamente el mejoramiento del suelo en un terreno arcilloso. Nuestra responsabilidad se limitaba a la fabricación y montaje de piezas prefabricadas, y no incluía la preparación o mejora del terreno. La falta de una adecuada estabilización del suelo por parte del cliente presentó un desafío significativo posterior al montaje de las estructuras, afectando la estabilidad y la seguridad del proyecto.



Ilustración 49. Problemas en el terreno por mala preparación.

Posteriormente, redactamos un informe detallando que en los últimos días, debido a las primeras lluvias en la zona de Tultitlán, Estado de México, donde se encuentra nuestra obra, el terreno se reblandeció, afectando su estabilidad.

La precipitación pluvial del día mencionado provocó que el terreno debajo de la zapata aislada en el eje 13-AD cediera, resultando en un desplome de la columna de 13 centímetros.

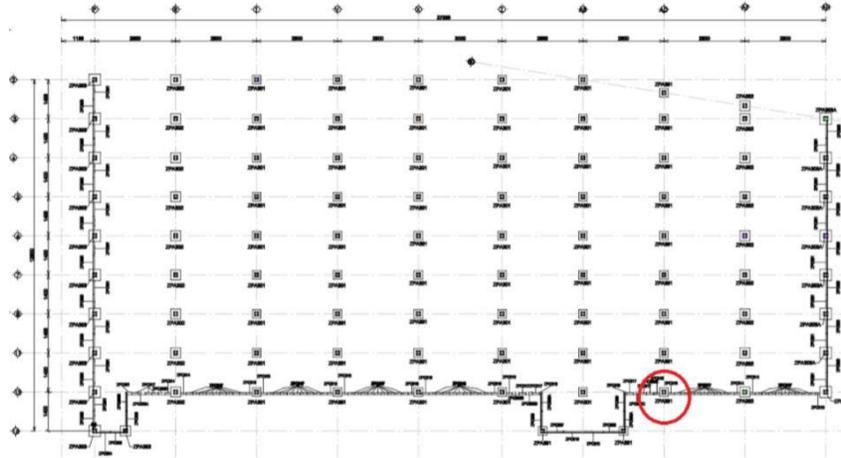


Ilustración 50. Ubicación de la zapata eje 13-AD.

Este efecto causó el colapso de la trabe del mismo eje, la cual sostenía los muros prefabricados de la fachada sur de la nave, desencadenando un efecto dominó con graves consecuencias.

Es relevante mencionar que la periferia de este elemento presentaba diversas excavaciones donde el cliente estaba realizando trabajos en otras áreas, lo que presumiblemente afectó el comportamiento del terreno.



Ilustración 51. Afectaciones pluviales a elementos prefabricados.

Este problema tuvo un impacto significativo tanto en el presupuesto como en el programa de obra. El retraso ocasionado por los hundimientos puntuales y el desplome de la columna antes mencionada se requirió desmontar y reajustar partes ya instaladas, lo cual implicó costos adicionales en términos de materiales, mano de obra y estos retrasos además requirió del uso prolongado de grúas, incrementando aún más los costos debido a la mayor ocupación de este equipo especializado.

En cuanto al programa de obra, los retrasos significativos causados por estos problemas estructurales han obligado a revisar y ajustar las fechas de entrega y los hitos clave del proyecto. Esto puede generar una cascada de efectos en la planificación general, afectando la coordinación de recursos, subcontratistas y otros aspectos logísticos necesarios para completar el proyecto en tiempo y forma.

III.2.4 IMPLEMENTACIÓN DE ACCIONES CORRECTIVAS

Tras identificar los problemas ocasionados por el reblandecimiento del terreno y los efectos adversos en la estructura de la obra, implementamos diversas acciones correctivas para abordar la situación de manera efectiva y mitigar futuros riesgos.

Primero, se realizó un análisis exhaustivo del terreno y se reforzó la evaluación geotécnica para comprender mejor las condiciones del suelo y su capacidad de carga.

Segundo, se estudió el tipo de desplome experimentado por la columna debido al hundimiento puntual, se evalúan los efectos de carga concentrada que provocaron una deformación localizada significativa. Este tipo de colapso puede resultar en fallas críticas que comprometen la integridad estructural, requiriendo un análisis detallado para entender cómo el reblandecimiento del terreno afectó la estabilidad de la columna en su conjunto.

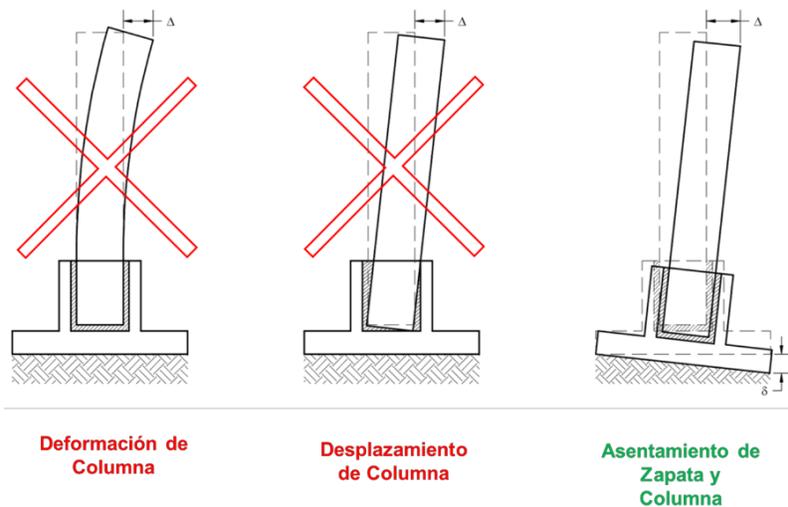


Ilustración 52. Análisis de comportamiento de los elementos prefabricados.

Tercero, se realizó el análisis para la logística de procedimiento de reparación, se consideró la intervención de los elementos prefabricados ya instalados. Esto implicó evaluar cómo la reparación afectaría la integridad estructural existente, minimizando el impacto en la operación y cumpliendo con los requisitos de seguridad.

Durante la exposición al cliente, se destacó la estrategia para integrar las reparaciones sin comprometer la funcionalidad ni la estética de los elementos prefabricados, asegurando así una solución eficiente y duradera para restaurar la columna afectada por el hundimiento puntual.

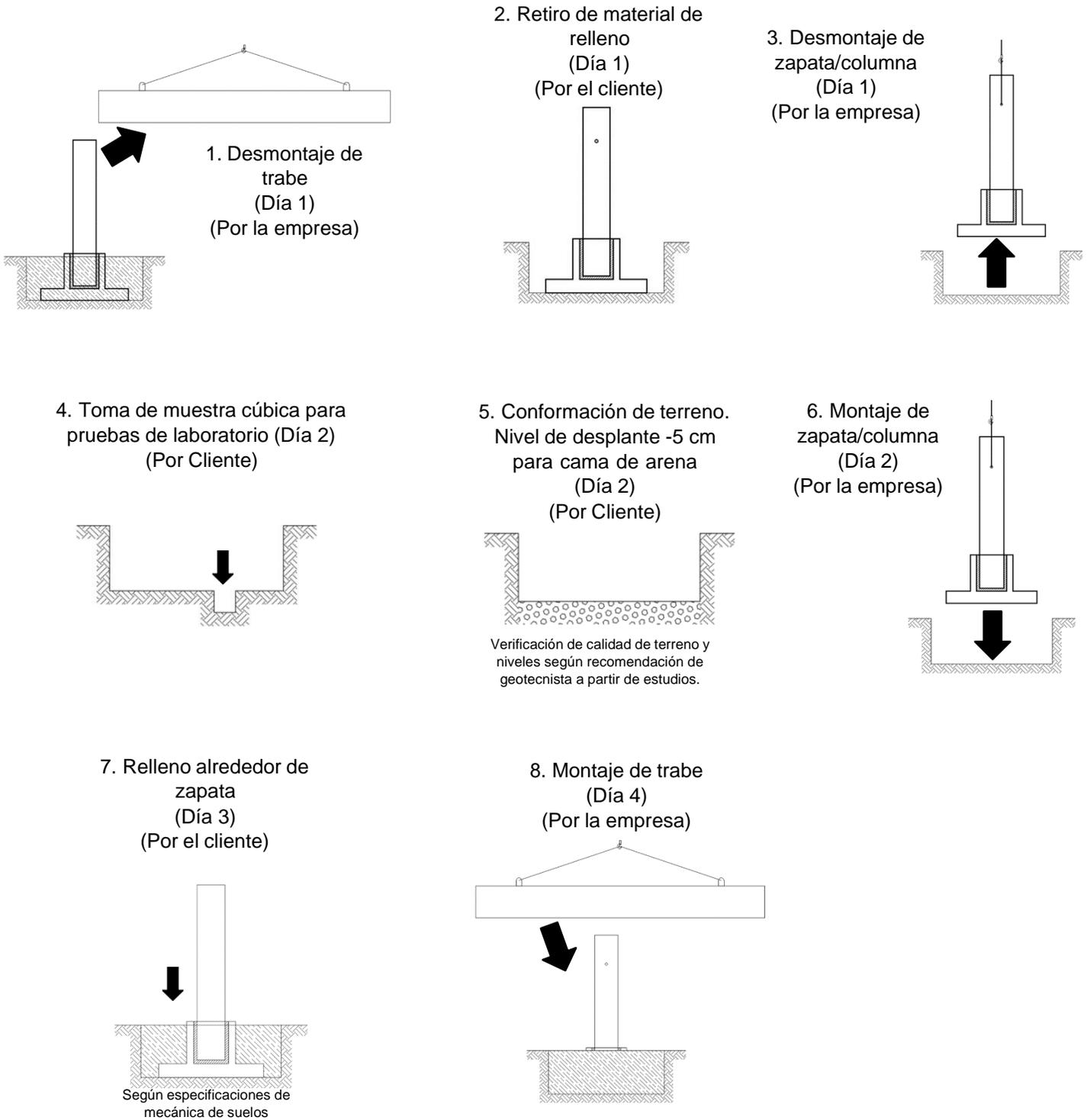


Ilustración 53. Procedimiento de reparación.

Gracias a que tanto la zapata como la columna eran prefabricadas, se pudieron retirar sin problema alguno, lo que facilitó el proceso de reparación. Durante la exposición al cliente, se destacó esta ventaja, subrayando cómo la naturaleza prefabricada de los componentes permitió una intervención más rápida y eficiente, además de que las manipulaciones estaban aprobadas por el área de ingeniería.



Ilustración 54. Izaje de la zapata y columna juntas.

Se implementaron medidas de estabilización adicionales al suelo, como la instalación de sistemas de técnicas de compactación y una mezcla con otros materiales estabilizadores, como arena o grava, ya que ayudó a mejorar su resistencia y estabilidad. Estas mezclas pueden ajustarse para adaptarse a las necesidades específicas del proyecto para fortalecer el suelo comprometido.



Ilustración 55. Mejoramiento de suelo realizado.

Después de implementar las acciones correctivas, el terreno fue debidamente mejorado y estabilizado, lo cual permitió que estuviéramos listos para proceder con la recolocación de los elementos estructurales.

Es importante decir que en todo momento comunicamos el problema a todas las partes involucradas, explicando cómo la falta de mejoramiento del suelo había afectado la estabilidad de la estructura. Juntos, decidimos que era necesario llevar a cabo una serie de acciones correctivas para asegurar la integridad de la obra. Estas acciones incluían un análisis detallado del suelo, y los trabajos de estabilización del elemento.

Nos dimos cuenta de que estas medidas requerirían más tiempo y recursos de los inicialmente previstos. Por ello, a la par que hacíamos la solución técnica, también elaboramos el plan detallado que incluía una extensión del plazo del proyecto y un presupuesto adicional para cubrir los costos de las nuevas intervenciones. Presentamos este plan a nuestros superiores y al cliente, explicando la situación con transparencia y detallando los pasos necesarios para resolver el problema.

La colaboración y la comunicación fluida entre todos los miembros del equipo y el cliente fueron clave en este proceso. Aseguramos que todos estuvieran al tanto del progreso y de cualquier nuevo desarrollo. Finalmente, con los recursos y el tiempo adicionales aprobados, pudimos proceder con las acciones correctivas, asegurando que la estructura cumpliera con los estándares de calidad y seguridad requeridos.

Estas acciones correctivas no solo buscan resolver los problemas actuales, sino también fortalecer la resistencia de la estructura frente a condiciones climáticas adversas, garantizando así la seguridad y la estabilidad a largo plazo del proyecto.

Con los trabajos finalizados de la estructura de la nave industrial, el cliente pudo continuar con su programación general. La estabilidad y seguridad de la estructura aseguraron que no hubiera más retrasos significativos. El cliente procedió con los trabajos subsecuentes, que incluían la delimitación de la nave y la instalación de la techumbre metálica.



Ilustración 56. Trabajos subsecuentes al armado de la estructura con elementos prefabricados.

Nuestra colaboración y rápida respuesta a los problemas iniciales permitieron que el proyecto se mantuviera en marcha, minimizando el impacto en el cronograma general. Al ver los resultados, tanto nosotros como el cliente quedamos satisfechos con el progreso y la calidad del trabajo realizado.



CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

Al reflexionar sobre las diferencias más objetivas para identificar los beneficios de construir con elementos prefabricados, encuentro que las más importantes son

- **Eficiencia de tiempo:** notable reducción del tiempo de construcción, ya que la fabricación de elementos prefabricados se realiza en paralelo con otras actividades en el sitio de construcción, lo que permite una considerable reducción del tiempo total del proyecto. Es decir, para este proyecto de nave industrial, mientras en nuestra planta se fabricaban diariamente las zapatas, columnas, trabes y muros, en obra se estaban haciendo los preparativos para el correcto montaje de las piezas, por lo que rompimos con la vieja ruta crítica que dictaba completar la cimentación antes de comenzar con columnas, trabes, losas y fachadas. En cambio, nuestra nueva ruta crítica se centraba en la eficiencia de producción y montaje llevado a cabo por trabajadores especializados. Aunque nuestros equipos eran sofisticados y costosos, cada día dejábamos montadas piezas de concreto en su posición final, formando decenas de metros cuadrados de la nueva estructura. Esta metodología permitía que la construcción creciera rápidamente, abriendo espacio para las demás disciplinas que trabajaban sobre superficies confiables y listas para su uso.
- **Calidad y control:** en nuestra planta de prefabricados, contábamos con una variedad de moldes, generalmente metálicos, que se utilizaban repetidamente. Esto permitía a nuestros trabajadores adquirir un profundo conocimiento de cada fase del proceso, asegurando que la calidad se mantuviera constantemente alta, cuidada y controlada. Al ser repetitivo y realizado con importantes economías de escala, el costo se mantenía competitivo. A pesar de ello, no limitaba la versatilidad de los proyectos. Teníamos la capacidad de adaptar los elementos prefabricados según las necesidades específicas de construcción, asegurando que cada proyecto fuera único y cumpliera con los requisitos exactos del cliente.
- **Sostenibilidad y eficiencia de los recursos:** estos métodos no solo aceleraban los tiempos de construcción, sino que también mejoraban notablemente la sostenibilidad y la eficiencia de recursos. Utilizar componentes prefabricados nos permitió reducir el desperdicio de materiales en comparación con los métodos de construcción tradicionales. Además, al fabricar en condiciones controladas en planta, logramos minimizar el consumo de energía y agua durante el proceso de producción. Esto no solo benefició al medio ambiente al reducir nuestra huella de carbono, sino que también nos permitió ofrecer soluciones más sostenibles a nuestros clientes, cumpliendo con estándares ambientales cada vez más exigentes, por ejemplo, los puntos LEED, que provienen del sistema de certificación Leadership in Energy and Environmental Design, son altamente valorados debido a su capacidad para promover edificaciones sostenibles y eficientes en términos energéticos y ambientales. Obtener puntos LEED no solo valida el compromiso de una construcción con prácticas ambientales responsables, sino que también puede resultar en beneficios económicos a largo plazo, como la reducción de costos operativos debido a la eficiencia energética mejorada y la mejora en la calidad de vida de los ocupantes gracias a un ambiente más saludable. Además, las certificaciones LEED pueden aumentar el valor de reventa o arrendamiento de una propiedad al demostrar su sostenibilidad y bajo impacto ambiental, lo que atrae a inversores, arrendatarios y compradores conscientes de estos aspectos.
- **Seguridad:** tanto en planta como en obra, la seguridad era una prioridad absoluta en nuestro proceso de fabricación de elementos prefabricados. En la planta, implementábamos rigurosos protocolos de seguridad para proteger a nuestros trabajadores. El entorno controlado de la planta permitía una mejor supervisión y el uso de equipos de protección personal adecuados, reduciendo significativamente el riesgo de accidentes. Además, nuestros trabajadores recibían

capacitación continua en prácticas de seguridad, asegurando que todos estuvieran familiarizados con los procedimientos correctos y las mejores prácticas.

En el sitio de la obra, la seguridad también se gestionaba con el máximo cuidado. La prefabricación reducía el tiempo y la cantidad de trabajo realizado en el sitio, disminuyendo así la exposición a los riesgos asociados con la construcción tradicional. El montaje de los elementos prefabricados era llevado a cabo por equipos especializados y bien entrenados, utilizando maquinaria avanzada que, aunque sofisticada, estaba diseñada para operar de manera segura y eficiente. Aunado a ello, la precisión en la fabricación de los elementos prefabricados garantizaba que cada pieza encajara perfectamente en su lugar, minimizando el riesgo de errores y accidentes durante el montaje. Las superficies confiables creadas por los elementos prefabricados permitían que otras disciplinas de la construcción trabajaran en un entorno más seguro y estable.

- Flexibilidad de diseño: era uno de los aspectos más destacados de nuestro enfoque con elementos prefabricados y aunque el proceso de fabricación seguía estándares industriales y se beneficiaba de la repetición, no estábamos limitados a producir diseños uniformes, al contrario, la prefabricación nos permitía adaptar cada elemento a las especificaciones y necesidades únicas de cada proyecto. El presfuerzo en los elementos estructurales permite que estos resistan de manera diferente las acciones externas, lo que posibilita mayores claros entre columnas y espacios libres más amplios y útiles, Además, reduce el peso total de la estructura en más del 30%, lo cual facilita cimentaciones más sencillas. Al disminuir el peso muerto, también se reduce el riesgo sísmico. El concreto presforzado supera a cualquier otro material de construcción en cuanto a su comportamiento, ya que es el único que mantiene una fuerza activa en su interior, una energía almacenada que se utiliza en el momento preciso.

En nuestras plantas, contábamos con una amplia gama de moldes y herramientas que nos permitían fabricar piezas personalizadas según los requisitos del cliente, esto incluía no solo variaciones en dimensiones y formas, sino también en acabados y detalles arquitectónicos. La tecnología avanzada de fabricación nos permitía incorporar características específicas y complejas en cada elemento, asegurando que cada pieza cumpliera con los más altos estándares de diseño y funcionalidad.

- Impacto en el entorno urbano: el uso de elementos prefabricados tenía un impacto significativo y positivo en el entorno urbano. La construcción en áreas con crecimiento poblacional como lo es Tultitlán presentaba desafíos como la necesidad de minimizar las interrupciones y el ruido, y la importancia de mantener la seguridad para los residentes y trabajadores, por lo que la prefabricación ofrecía una solución ideal a estos desafíos.

Al realizar la mayoría del trabajo de fabricación en una planta controlada, se reducía drásticamente el tiempo y la actividad en el sitio de la obra, esto significaba menos ruido, polvo y tráfico de maquinaria pesada en áreas urbanas, lo que mejoraba la calidad de vida de los residentes locales y mantenía el entorno más limpio y seguro. Aunado a ello, el montaje rápido de los elementos prefabricados reducía el tiempo de construcción, minimizando las interrupciones a las actividades cotidianas en la localidad.

- Costo: como lo vimos en el desarrollo de este trabajo, el costo era uno de los aspectos más atractivos de nuestro enfoque con elementos prefabricados. Aunque la inversión inicial podía ser considerable, los beneficios económicos a largo plazo eran significativos.

La producción en masa de componentes prefabricados permitía aprovechar economías de escala, lo que resultaba en una reducción sustancial de los costos unitarios, la eficiencia en la

fabricación y el montaje de estos elementos también contribuía a reducir los costos totales del proyecto.

Al producir los componentes en un entorno controlado, minimizábamos el desperdicio de materiales y el tiempo de inactividad, optimizando así el uso de recursos. La rapidez del montaje en el sitio de la obra reducía la duración total del proyecto, lo que se traducía en menores gastos de mano de obra y alquiler de equipos.

Sin duda, ahora que tengo un conocimiento más amplio de los elementos prefabricados, y desde luego su notable participación en grandes proyectos, pude comparar el sistema de una estructura prefabricada y presforzada de concreto con el sistema tradicional, incluso con otras técnicas como construcción con acero y noté muchas ventajas. Esto se hizo aún más evidente cuando participé desde el inicio en cada tarea que quedó en mis manos respecto a un nuevo proyecto a desarrollar. Hoy puedo decir que me apasionan profundamente el sistema a través de elementos prefabricados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Reinoso Angulo, E., Rodríguez, M. E., & Betancourt Ribotta, R. (Eds.). (2000). *Manual de Diseño de Estructuras Prefabricadas y Presforzadas* (1ª ed., p. 100). ANIPPAC Instituto de Ingeniería.
- Gerwick, B. C. Jr. (1978). *Construcción de estructuras de concreto presforzado*. Editorial LIMUSA México.
- Siete INOX. (2022). *Evolución de las naves industriales a lo largo de la historia*. <https://sieteinox.es/evolucion-de-las-naves-industriales-a-lo-largo-de-la-historia/>
- Asociación Nacional de Industriales del Presfuerzo y la Prefabricación A.C. (ANIPPAC). (s.f.). *Página principal*. <https://anippac.org.mx>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (s.f.) *Edafología*. <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/>