

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“SOLUCIÓN DE IZAJE DE VIGA METÁLICA MEDIANTE  
DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA AUXILIAR EN TECHO  
PRINCIPAL DEL CENTRO COMERCIAL SHOPPING LA  
MOLINA-LIMA”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título  
profesional de:

Ingeniero Civil

**Autor:**

Carlos Enrique Chirinos Pastor

Juan Oliver Zegarra Valencia

Asesor:

Ing. Mg. Carlos Elder Rudecindo Calua Carrasco  
Código ORCID: 0000-0002-7791-0251

Cajamarca - Perú

2025

## INFORME DE SIMILITUD



Página 2 de 186 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega: tmsoid:13426768843




### 9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

#### Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

#### Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 4%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

#### Marcas de integridad

##### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Página 2 de 186 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega: tmsoid:13426768843

## DEDICATORIA

A nuestro hogar, a nuestras familias, quienes nos han acompañado en nuestra formación profesional y por haber sido la inspiración para ser las personas que somos en la actualidad; muchos de nuestros logros se les debemos a ustedes, entre los que se incluye este. Gracias por su amor, por su sacrificio y por enseñarnos a nunca rendirme. Nos impulsaron constantemente a alcanzar nuestras metas personales y profesionales

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos profundamente a Dios, por regalarnos la vida, la salud y la inteligencia necesarias para emprender este camino académico con vocación de servicio. A nuestras familias, quienes han sido el soporte emocional y moral durante todo el proceso: gracias por su amor, por su sacrificio y por impulsarnos a alcanzar nuestras metas personales y profesionales. Este logro también es suyo.

A nuestra querida Alma Mater, por brindarnos una formación integral, por ser el espacio donde se forjaron nuestras capacidades técnicas y humanas, y por contar con docentes comprometidos que nos guiaron con excelencia y dedicación.

Finalmente, expresamos nuestro sincero agradecimiento a nuestro Asesor de Tesis, por su acompañamiento constante, por confiar en nuestro trabajo y por superar junto a nosotros las limitaciones de distancia y coyuntura social. Su guía fue clave para culminar exitosamente este proyecto académico.

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>7</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA .....</b>	<b>39</b>
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....</b>	<b>39</b>
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>130</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>133</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>134</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1: Partidas consideras como presupuesto de la obra .....</b>	<b>54</b>
<b>Tabla 2: Resumen de elementos, longitudes y pesos. ....</b>	<b>60</b>
<b>Tabla 3: Análisis de alcance vs capacidad de grúa torre 02 .....</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 4: Resumen de variable-Uso de grúa telescópica.....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 5: Análisis de costos-Izaje de vigas en partes .....</b>	<b>68</b>
<b>Tabla 6: Resumen de variable – Izaje de viga en partes.....</b>	<b>68</b>
<b>Tabla 7: Análisis de costos de diseño y fabricación de elementos auxiliar.....</b>	<b>70</b>
<b>Tabla 8: Resumen de variable – Diseño y fabricación de elementos auxiliar .....</b>	<b>70</b>
<b>Tabla 9: Aceleraciones del edificio.....</b>	<b>74</b>
<b>Tabla 10: Combinaciones de carga .....</b>	<b>75</b>
<b>Tabla 11: Combinaciones ASD.....</b>	<b>75</b>
<b>Tabla 12: Relación de materiales requeridos para estructuras auxiliares.....</b>	<b>99</b>
<b>Tabla 13: Cuadro resumen de medidas de elementos .....</b>	<b>102</b>
<b>Tabla 14: Elementos considerados con izaje manual.....</b>	<b>104</b>
<b>Tabla 15: Viabilidad técnica de alternativas.....</b>	<b>128</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Organigrama de la Empresa JCB Estructuras SAC .....	19
Figura 2: Edificación Centro Comercial Real plaza Huancayo. Diseño: JCB Estructuras, Construcción: JCB Estructuras (2010).....	20
Figura 3: Proyecto edificación Plaza Vea. Diseño y Construcción JCB Estructuras 2010 .....	21
Figura 4: Proyecto CC Jockey Plaza. Diseño y Construcción JCB Estructuras 2013 .....	22
Figura 5: Proyecto Food Hall Jockey Plaza. Diseño y Construcción JCB Estructuras 2016.....	22
Figura 6: Cinemark Mega Plaza. Diseño y Construcción JCB Estructuras (2015).....	23
Figura 7: Proyecto Cinemark Mall Aventura. Diseño y Construcción JCB Estructuras 2011 .....	23
Figura 8: Proyecto Estacionamiento Jockey Plaza. Diseño y Construcción JCB Estructuras 2010	24
Figura 9: Proyecto CD Molitalia Lurín. Diseño y Construcción JCB Estructuras 2019 .....	24
Figura 10: Proyecto Planta Rival Chilca. Diseño y Construcción JCB Estructuras. 2017 .....	25
Figura 11: Puente Marjani, Ubicación Tacna Perú. Construcción JCB Estructuras 2020 .....	25
Figura 12: Proyecto Puente Peatonales Costa Verde (Barranco y Miraflores). Ubicación: Lima- Perú. Construcción: JCB Estructuras (2020).....	26
Figura 13: Proyecto Fabricación y pintado Puente Salvación Ubicación Lima Perú. Construcción JCB Estructuras 2019.: .....	27
Figura 14: Proyecto Puente Circunvalación Ubicación: Lima - Perú Construcción JCB Estructuras 2018.....	28
Figura 15: Proyecto Puente Arica Ubicado Km 40 Lima Perú. Construcción JCB Estructuras 2017 .....	29
Figura 16: Proyecto Torres de Apeo Puente Villena, Ubicación: Km40 Lima -Perú. Construcción JCB Estructuras (2016).....	30
Figura 17: Proyecto Estación de Peajes. Lima Perú. Construcción: JCB Estructuras 2015 .....	31
Figura 18: Proyecto Ampliación Jorge Chavez .....	40
Figura 19: Proyecto Nuevo Puente Arica .....	40
Figura 20: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina .....	41
Figura 21: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Verificación Dimensional y Control de Viga metálica. ....	43

Figura 22: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Habilitación de perfiles metálicos para maniobra de izaje.....	44
Figura 23: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Planeamiento y ejecución en campo para maniobra de izaje bajo supervisión técnica. ....	45
Figura 24 Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Verificación en campo con manlift. ....	47
Figura 25: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: IPERC Continuo en obra. ....	47
Figura 26: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Renderizado.....	52
Figura 27: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Elementos metálicos ejecutados Etapa 01.....	53
Figura 28: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Elementos metálicos ejecutado Etapa 02 .....	53
Figura 29: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Ubicación de torres grúa 01 y 02.....	55
Figura 30: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Ubicación de torres grúa 01 y 02.....	55
Figura 31: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Ubicación de torres grúa 01 y 02.....	56
Figura 32: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Cronograma general de la obra.....	57
Figura 33: Sectorización y ruta de avance.....	58
Figura 34: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Ubicación de torra grúa # 01.....	58
Figura 35: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Ubicación de torre grúa # 02.....	59
Figura 36 Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Elementos metálicos a instalar .....	59
Figura 37: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Alcance máximo de grúa. ....	60

Figura 38: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Distancia máxima de los elementos a izar .....	60
Figura 39: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Tabla de carga grúa torre # 2.....	61
Figura 40: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Ubicación tentativa de grúa telescópica .....	63
Figura 41: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Ubicación tentativa de grúa telescópica .....	63
Figura 42: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Análisis de posicionamiento de grúa. ....	64
Figura 43: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Análisis de cargas/Rigging Plan .....	65
Figura 44: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Cotización de grúa ...	66
Figura 45: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Vista de elevación. ...	71
Figura 46: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Conexión 1 .....	72
Figura 47: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Vista de viga metálica y componentes a izar. ....	74
Figura 48: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Vista tridimensional del modelo.....	75
Figura 49: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Perfiles tubulares y tipo H .....	76
Figura 50: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Deflexión máxima por sobrecarga de izaje 2.22mm .....	78
Figura 51: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Desplazamiento lateral máximo a nivel de columna existente es de 3.7mm. ....	78
Figura 52: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Ratios de D/C en los elementos metálicos.....	79
Figura 53: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Planos de diseño de estructura auxiliar. ....	86
Figura 54: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: EETT según diseño .	87

Figura 55: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Proceso de armado de elemento auxiliar. ....	100
Figura 56: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Proceso de soldadura de elemento auxiliar. ....	100
Figura 57: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Proceso de soldadura de elemento auxiliar. ....	100
Figura 58: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Ubicación torres grúa .....	101
Figura 59: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Ubicación torres grúa .....	103
Figura 60: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Elementos auxiliar de montaje para otras estructuras complejas .....	104
Figura 61: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Elementos a montar en tándem con grúa torre. ....	106
Figura 62: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Puntos de izaje en tándem con grúa torre. ....	106
Figura 63: : Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Elementos a montar en tándem con estructura auxiliar .....	108
Figura 64: : Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Representación gráfica de elementos a montar con elementos auxiliares.....	108
Figura 65: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Código de colores para inspección de equipos y herramientas.....	112
Figura 66: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Elementos auxiliares instalados en posición. ....	123
Figura 67: : Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Elementos auxiliares instalados en posición. ....	123
Figura 68: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Elementos auxiliares instalados con tecles en posición.....	124
Figura 69: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Elementos auxiliares en proceso de izaje de viga.....	124

Figura 70: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Viga metálica instalada en posición final.....	125
Figura 71: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Viabilidad técnica de alternativas .....	128
Figura 72: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Costos de alternativas evaluadas. ....	129
Figura 73: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia. ....	165
Figura 74: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia. ....	165
Figura 75: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Verificación de actividades programadas. Fuente: Elaboración propia.....	166
Figura 76: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia. ....	166
Figura 77: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia. ....	167
Figura 78: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia. ....	167
Figura 79: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia. ....	168
Figura 80: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia. ....	168
Figura 81: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia. ....	169
Figura 82: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia. ....	169
Figura 83: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia. ....	170
Figura 84: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia. ....	170

Figura 85: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia. ....	171
Figura 86: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia. ....	172
Figura 87: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia. ....	172
Figura 88: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia. ....	173
Figura 89: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia. ....	173
Figura 90: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia. ....	174
Figura 91: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia. ....	174
Figura 92: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia. ....	175
Figura 93: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia. ....	175
Figura 94: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia. ....	176
Figura 95: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia. ....	176
Figura 96: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia. ....	177

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional expone la solución técnica implementada ante un problema constructivo ocurrido durante la ejecución del Centro Comercial Shopping la Molina Etapa 02. La problemática surgió en la imposibilidad de izar una viga metálica tipo W (27x102) de gran peso y longitud (2.41 TN y 16 metros de largo) que formaba parte del techo metálico principal. Debido a que la torre grúa instalada en obra (modelo mc175c) no contaba con la capacidad de carga suficiente para realizar dicha operación de manera segura y eficiente. Bajo este escenario el objetivo general del trabajo de suficiencia profesional es analizar el izaje de viga metálica mediante diseño de una estructura auxiliar en techo principal del nuevo centro comercial Shopping la Molina provincia de Lima, departamento de Lima. En este contexto, la identificación de una limitación en la capacidad de carga de la torre grúa representaba un riesgo directo para el cronograma de obra, así como un potencial incremento en los gastos, si se optaba por alternativas convencionales como la contratación de una grúa móvil de mayor capacidad.

Frente a este escenario, se analizaron diversas alternativas: la subcontratación de una grúa autopropulsada de alta capacidad, la cual resultaba económicamente costosa y logísticamente complicada por el acceso restringido en la zona de montaje; la partición de la viga metálica en tramos menores para su posterior soldadura en posición final, metodología que comprometía la continuidad estructural, incrementaba los tiempos de ejecución y elevaba los costos; y el diseño y fabricación de un plumín de izaje, elemento auxiliar instalado sobre una columneta metálica evitando el sobreesfuerzo de la grúa torre.

La alternativa seleccionada fue el diseño, fabricación e implementación de una estructura auxiliar metálica para izaje, diseñado bajo criterios de resistencia estructural y seguridad operacional, en cumplimiento con las normas técnicas internacionales aplicables (AISC, G050 y NTP). Este dispositivo fue construido con acero estructural ASTM A572 Gr.50, considerando un factor de seguridad de 3.0 respecto a los esfuerzos últimos, y fue sometido a prueba de carga previa a su utilización en el montaje definitivo. (American Institute of Steel Construction, 2010)

El procedimiento de seguridad de la maniobra incluyó una planificación detallada que abarcó inspecciones de equipos y accesorios, instalación del plumín sobre una columneta metálica existente, ejecución del izaje mediante uso de tecles y posicionamiento final de la viga con uso de sogas guía a manera de vientos para evitar movimientos bruscos. Durante todo el proceso de montaje se implementaron estrictas medidas de seguridad basado en el plan de seguridad aprobado del proyecto, incluyendo el cercado del área de incidencia. Se contó además con la participación de personal previamente capacitado.

Los resultados obtenidos fueron altamente satisfactorios: la viga metálica fue izada y posicionada exitosamente en un tiempo estimado de 45 minutos, sin incidentes de seguridad y sin comprometer la integridad estructural de los elementos existentes. Además, al evitar la contratación de una grúa móvil de gran capacidad, se logró un ahorro económico cercano al 65% respecto a la alternativa inicialmente considerada. La solución implementada no solo resolvió el problema en este sector, sino que también permitió usar el procedimiento en el izaje de otra viga metálica del techo principal, generando confianza y seguridad en la propuesta.

Esta solución constituye un claro ejemplo de cómo el ingenio y la aplicación de ingeniería pueden generar soluciones prácticas frente a limitaciones constructivas.

Asimismo, resalta la importancia de la planificación anticipada de maniobras críticas en obra, del análisis comparativo de alternativas y del cumplimiento estricto de normas de seguridad y salud. La experiencia adquirida puede ser analizada y utilizada como guía para futuros proyectos, en donde los recursos disponibles presentan restricciones técnicas o económicas.

En conclusión, el presente trabajo demuestra que la fabricación de una estructura auxiliar de izaje y la implementación de un procedimiento de maniobra constituyeron una alternativa técnica viable, segura y económica para el montaje de elementos estructurales que superaban la capacidad nominal máxima de una torre grúa. La solución adoptada evidencia la capacidad técnica para afrontar de manera efectiva problemas constructivos, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos de cronograma, costos y seguridad durante su ejecución.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo del presente trabajo de suficiencia profesional se realizó en base a la Experiencia profesional, así como la aplicación del conocimiento técnico para su implementación y diseño. En la ejecución de los diferentes proyectos de infraestructura, el izaje de elementos estructurales y metálicos constituyen una de las actividades más críticas, dado que requiere de equipos de gran capacidad, cargas significativas y riesgos asociados tanto a la seguridad del personal como a la integridad de las estructuras. Una maniobra de izaje mal planificada o realizada con equipos inadecuados o exigiendo al límite sus capacidades puede generar accidentes graves, retrasos en el cronograma y sobrecostos considerables. Por ello, es imprescindible aplicar criterios técnicos estrictos y normativas de seguridad para asegurar el éxito en este tipo de maniobras.

Dentro de los equipos de montaje más utilizados en obras de construcción destacan las grúas torre, las cuales proporcionan un radio de acción amplio y permiten atender diferentes frentes de trabajo de manera simultánea. Sin embargo, una limitación inherente a este tipo de grúas es que su capacidad de carga disminuye a medida que aumenta el radio de operación. Esta condición puede convertirse en un obstáculo cuando se requiere elevar elementos muy pesados en zonas fuera del radio máximo, como ocurre frecuentemente en cubiertas o techos principales.

En este proyecto como es la construcción del Centro Comercial Shopping la Molina y que constituye el caso de estudio de este trabajo de suficiencia profesional, presentó un problema constructivo relacionado con esta limitación: la torre grúa instalada no contaba con la capacidad necesaria para izar una viga metálica de 2.40 toneladas parte del techo principal, debido a que en el radio de trabajo disponible su capacidad máxima era de solo 2.0 toneladas. Esta diferencia, aunque aparentemente mínima, representaba un riesgo de sobrecarga del equipo y una potencial fuente de accidentes o fallas estructurales.

Frente a esta problemática, se presenta la necesidad de analizar alternativas de solución que permitan ejecutar el izaje de manera rápida, segura y económica. Entre las opciones se encontraban: la subcontratación de una grúa telescópica de gran capacidad, la partición y empalme con soldadura posterior de la viga, y la utilización de un dispositivo auxiliar de izaje. Tras un análisis

comparativo, se optó por la fabricación de un plumín de izaje diseñado específicamente para redistribuir las cargas sin generar sobreesfuerzos a la columna metálica existente.

El diseño de dispositivos auxiliares de montaje, como el plumín, se fundamenta en principios de la resistencia de materiales y en normas técnicas internacionales tales como **AISC** (estándar fabricación de estructuras metálicas) y **OSHA 1926** (seguridad en grúas de construcción) y nacionales como las normas técnicas peruanas **NTP** y de seguridad y salud en el trabajo **G 0.50**. Estos lineamientos exigen que todo accesorio empleado en operaciones críticas cuente con un factor de seguridad adecuado, pruebas de carga previas y procedimientos documentados de maniobra. La aplicación de estas bases teóricas a la práctica de la obra permitió desarrollar una solución viable, segura y replicable. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006)

El presente trabajo tiene como finalidad documentar la experiencia de campo y documentar el procedimiento implementado. A través de un enfoque académico y técnico, se busca no solo exponer la solución aplicada al problema específico, sino también aportar conocimiento útil para futuros proyectos en los que se presenten limitaciones y/o restricciones similares.

El desarrollo de la experiencia se dio a través de la empresa JCB Estructuras SAC, la cual es una empresa peruana especializada en diseño, fabricación, transporte y montaje de estructuras metálicas y sistemas mixtos, con más de una década de experiencia en los sectores retail, industrial, energía y minas, vial y edificación.

Según su sistema integrado de gestión (SIG) expone algunas características de la empresa tales como:

### **Capacidades y fortalezas**

**Diseño e ingeniería:** desarrollo de ingeniería básica y de detalle en acero, concreto y sistemas mixtos.

**Optimización de procesos:** rapidez, seguridad y eficiencia en soluciones constructivas.

**Planta moderna en Lima Este de 20,000 m<sup>2</sup>,** equipada con líneas CNC para corte, perforado, armado, soldadura automática y granallado de estructuras.

**Flota propia:** grúas torre, camiones grúa, camas bajas, montacargas, generadores, entre otros.

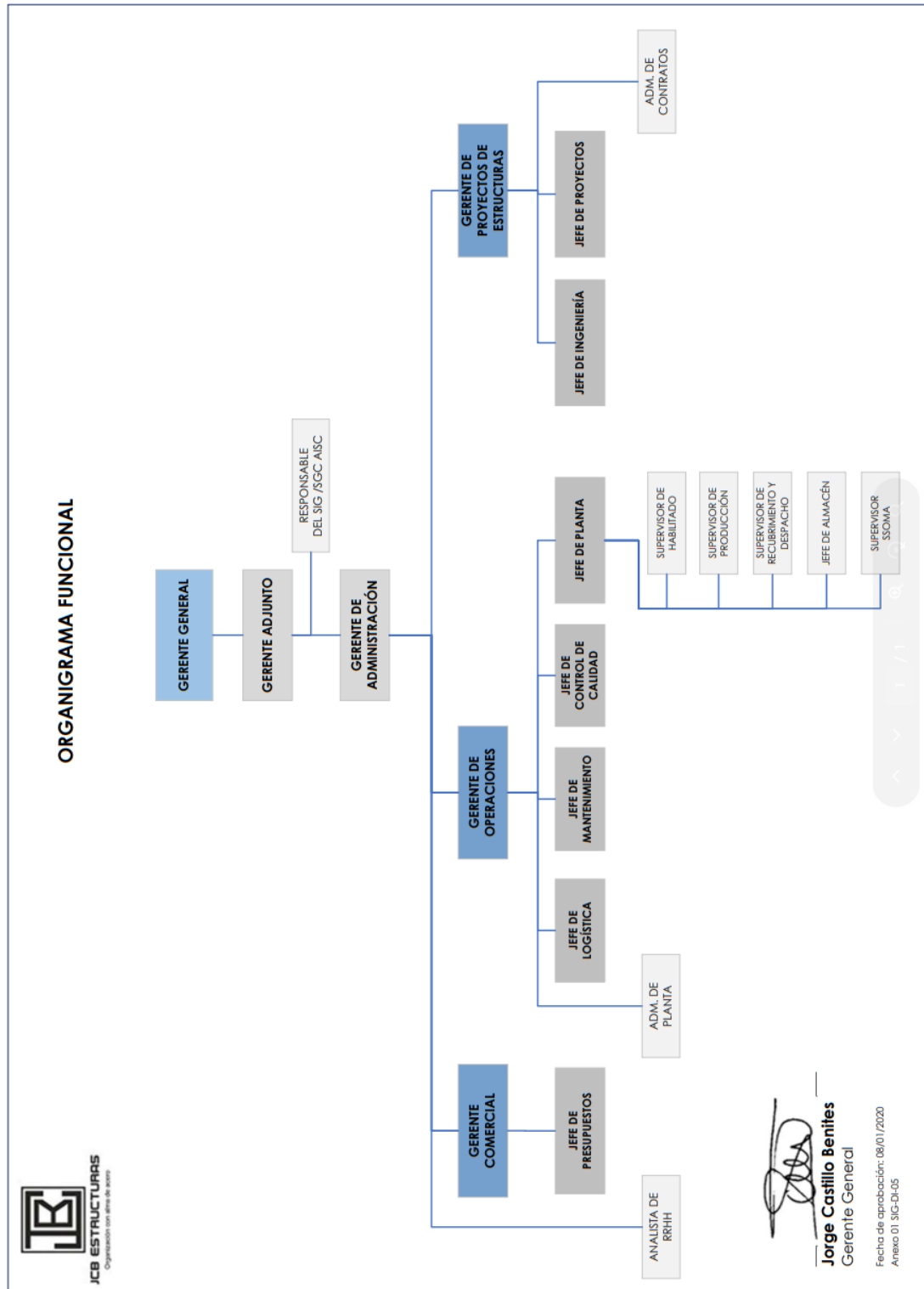
**Calidad garantizada:** procesos controlados de pintura y montaje para proyectos de gran envergadura.



“Solución de izaje de viga metálica mediante diseño de una estructura auxiliar en techo principal del nuevo centro comercial Shopping la Molina provincia de Lima, departamento de Lima”

La empresa JCB Estructuras es una empresa peruana con más de 17 años de experiencia en el mercado; especializada en construcción de edificaciones en acero y concreto; con líneas de acción que comprenden el diseño, fabricación, construcción, implementación y montaje de estructuras metálicas y sistemas mixtos orientados a los sectores Vial, Energía y Minas, Retail, Industrial y Edificación., presentando un organigrama definido de acuerdo con el siguiente esquema:

Figura 1: Organigrama de la Empresa JCB Estructuras SAC



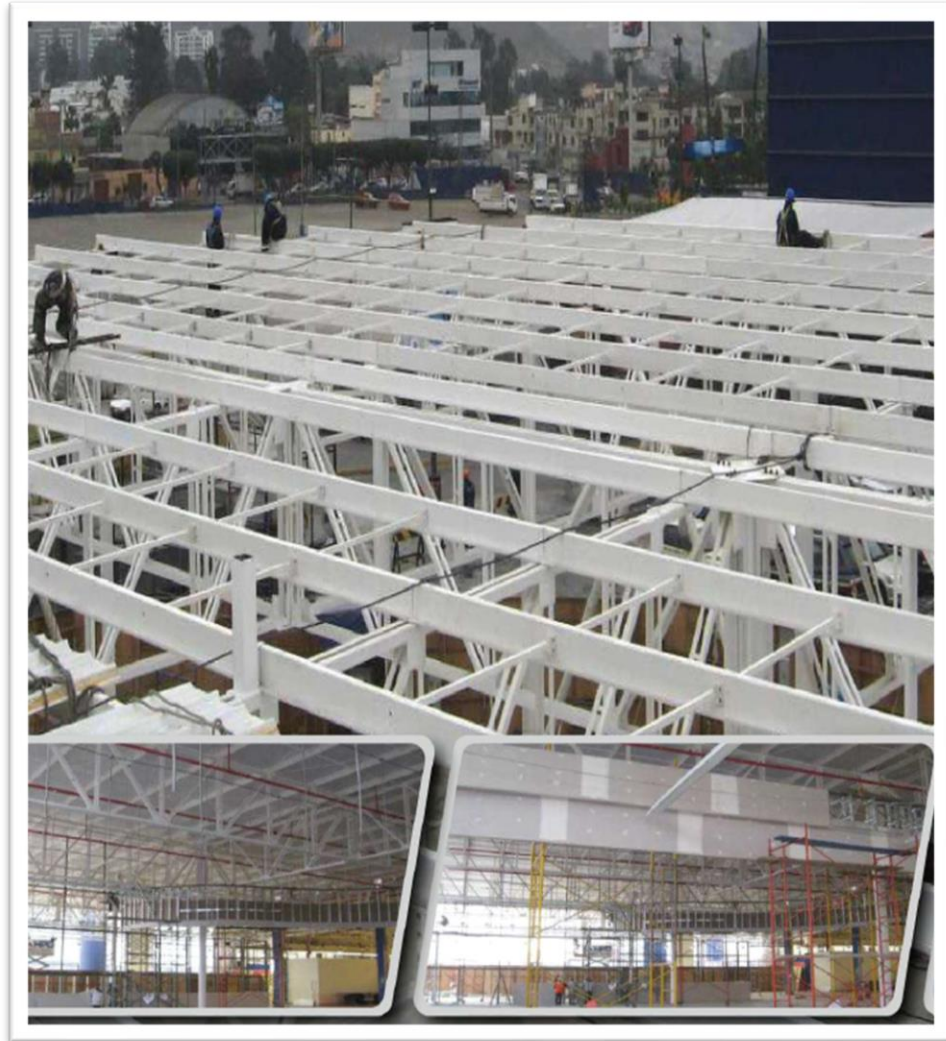
- **Principales Proyectos ejecutados:**

- **Sector Retail:**

*Figura 2: Edificación Centro Comercial Real plaza Huancayo. Diseño: JCB Estructuras, Construcción: JCB Estructuras (2010)*



*Figura 3: Proyecto edificación Plaza Vea. Diseño y Construcción JCB Estructuras 2010*



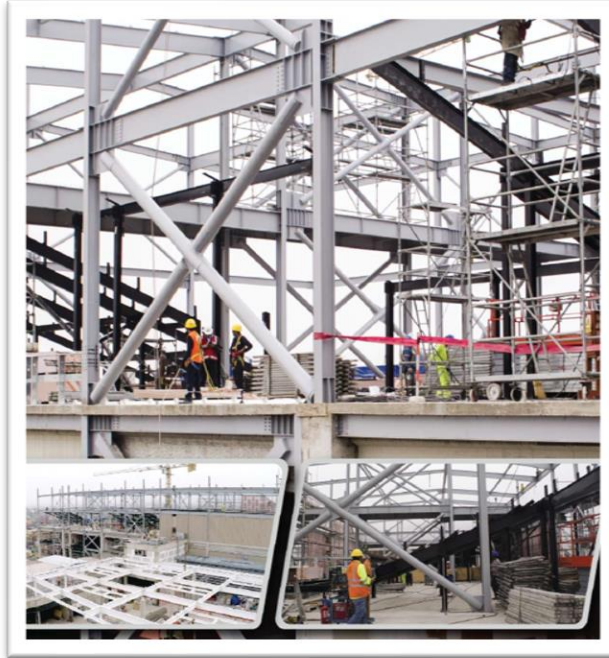
*Figura 4: Proyecto CC Jockey Plaza. Diseño y Construcción JCB Estructuras 2013*



*Figura 5: Proyecto Food Hall Jockey Plaza. Diseño y Construcción JCB Estructuras 2016*



*Figura 6: Cinemark Mega Plaza. Diseño y Construcción JCB Estructuras (2015)*



*Figura 7: Proyecto Cinemark Mall Aventura. Diseño y Construcción JCB Estructuras 2011*



*Figura 8: Proyecto Estacionamiento Jockey Plaza. Diseño y Construcción JCB Estructuras 2010*



- **Sector Industrial**

*Figura 9: Proyecto CD Molitalia Lurín. Diseño y Construcción JCB Estructuras 2019*



Figura 10: Proyecto Planta Rival Chilca. Diseño y Construcción JCB Estructuras. 2017



- **Sector Vial**

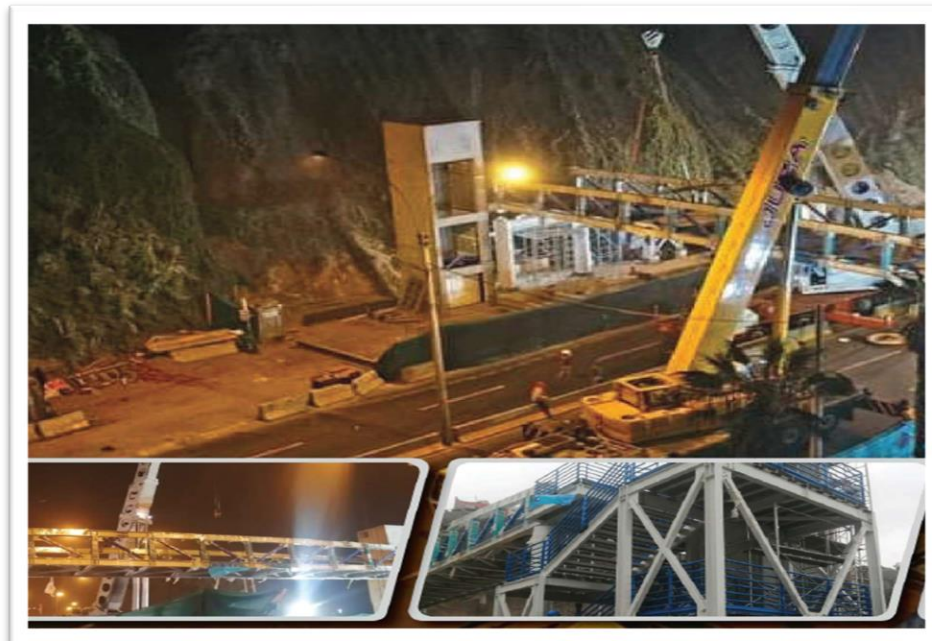
Figura 11: Puente Marjani, Ubicación Tacna Perú. Construcción JCB Estructuras 2020



“Solución de izaje de viga metálica mediante diseño de una estructura auxiliar en techo principal del nuevo centro comercial Shopping la Molina provincia de Lima, departamento de Lima”



*Figura 12: Proyecto Puente Peatonales Costa Verde (Barranco y Miraflores). Ubicación: Lima- Perú.  
Construcción: JCB Estructuras (2020)*



“Solución de izaje de viga metálica mediante diseño de una estructura auxiliar en techo principal del nuevo centro comercial Shopping la Molina provincia de Lima, departamento de Lima”



*Figura 13: Proyecto Fabricación y pintado Puente Salvación Ubicación Lima Perú. Construcción JCB Estructuras 2019.:*



“Solución de izaje de viga metálica mediante diseño de una estructura auxiliar en techo principal del nuevo centro comercial Shopping la Molina provincia de Lima, departamento de Lima”



*Figura 14: Proyecto Puente Circunvalación Ubicación: Lima - Perú Construcción JCB Estructuras 2018*





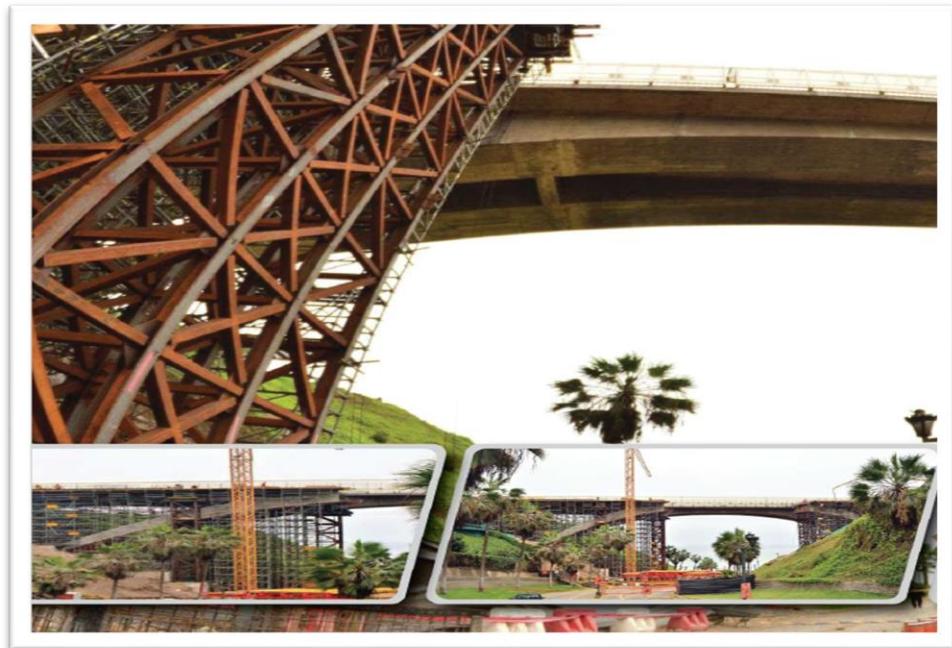
Figura 15: Proyecto Puente Arica Ubicado Km 40 Lima Perú. Construcción JCB Estructuras 2017



“Solución de izaje de viga metálica mediante diseño de una estructura auxiliar en techo principal del nuevo centro comercial Shopping la Molina provincia de Lima, departamento de Lima”



Figura 16: Proyecto Torres de Apeo Puente Villena, Ubicación: Km40 Lima -Perú. Construcción JCB Estructuras (2016)

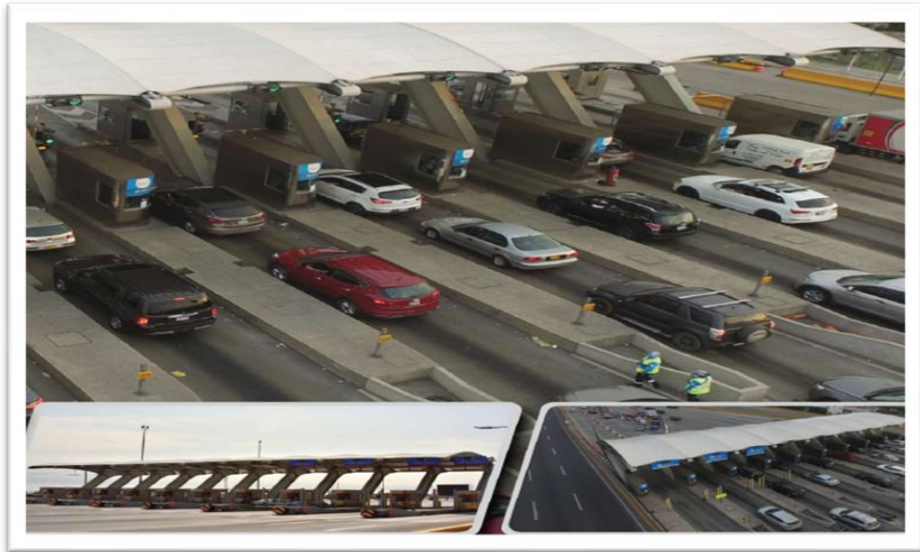


“Solución de izaje de viga metálica mediante diseño de una estructura auxiliar en techo principal del nuevo centro comercial Shopping la Molina provincia de Lima, departamento de Lima”



Figura 17: Proyecto Estación de Peajes. Lima Perú. Construcción: JCB Estructuras 2015





## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describirá el conocimiento práctico mediante bases teóricas para respaldar lo aplicado en el trabajo realizado.

El procedimiento de montaje de elementos estructurales es un procedimiento cotidiano y central en obras de infraestructura: vigas, cerchas, columnas y paneles prefabricados deben ser trasladados y posicionados con precisión y seguridad. Este capítulo revisa los fundamentos teóricos del izaje, los criterios de diseño y control de dispositivos auxiliares (como plumines), y las obligaciones en materia de seguridad y salud ocupacional, integrando los requerimientos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú, normas técnicas pertinentes (NTP / RNE).

### **Marco normativo: estándares peruanos e internacionales aplicables**

- **Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y normas peruanas**
  - ***RNE Acápíte: Seguridad en obra y normas complementarias (G.050 y otras):***

El RNE incluye normas relativas a seguridad durante las actividades de construcción, equipos de izaje, requisitos para supervisión y roles en maniobras de levantamiento (Rigger, montajista, inspector de grúa, operador). Las disposiciones locales establecen inspecciones, limitaciones de capacidad y requisitos de personal certificado.
  - ***Normas Técnicas Peruanas (NTP):*** Hay NTP relacionadas a equipos, gestión de seguridad y manejo de residuos; en actividades de izaje es usual remitirse a NTP y a las normas técnicas que complementan la seguridad industrial y la certificación de equipos (consultar catálogo NTP en INDECOPI/SENCICO).

- **Guías institucionales (MTPE, SENCICO):** El Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo publica guías sobre medidas SST (Seguridad y Salud en el Trabajo) para montajes con camión grúa y otros equipos; estas cartillas refuerzan requisitos de planificación, comunicación y perímetros de seguridad exigibles.

- **Normativa internacional:**

**ASME B30:** Es el compendio de estándares sobre seguridad de grúas, polipastos, aparejos, eslingas y accesorios de izaje. Contiene requisitos sobre diseño, inspección, pruebas de carga, etiquetado y uso seguro. Es referencia técnica obligada al diseñar accesorios como plumines o seleccionar eslingas. (American Society of Mechanical Engineers. (2021)

**ASTM A572** – Acero de alta resistencia y baja aleación especifica aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA, High Strength Low Alloy), ampliamente utilizados en estructuras sometidas a cargas elevadas o donde se requiere reducir peso por metro lineal.

Los grados más comunes son Gr. 50 y Gr. 60, siendo el A572 Gr. 50 uno de los más usados en vigas, columnas y placas de refuerzo. (American Society for Testing and Materials. (2018)

## **Fundamentos teóricos del izaje de cargas**

### **Conceptos básicos**

- **Carga nominal y capacidad real:** La capacidad indicada por el fabricante para una grúa corresponde a condiciones específicas (punto de referencia, radio de giro, configuración). Aumentar el radio reduce la capacidad admisible; por ello es imprescindible consultar la tabla de capacidad o “load chart”.

- Centro de gravedad (CG): Determinar el CG de la pieza (viga) y la línea de acción de la carga es esencial para evitar posibles volcamientos. Cuando la pieza es asimétrica o alargada, el aparejo y las eslingas deben diseñarse para controlar guiñada y balance.
- Factor de seguridad y coeficientes de uso: Para accesorios se aplican factores de seguridad que en práctica suelen ir de 3.0 (según el caso para dispositivos no críticos) a valores mayores si hay incertidumbre.

### ***Efecto del radio en la capacidad de una grúa torre***

La capacidad de carga de una torre grúa decrece conforme aumenta el alcance (radio) debido a momentos mayores sobre la columna y estabilizadores. En la práctica, la toma de decisiones exige:

- Obtener la load chart del fabricante.
- Interpolar la capacidad para el radio específico si no figura exactamente.
- Aplicar un margen de seguridad operacional (por ejemplo, usar solo el 80% de la capacidad indicada en ciertas condiciones, tal como contempla la RNE en determinados apartados).

## **Dispositivos auxiliares de izaje: plumines, aparejos y eslingas**

### *Definición y tipos*

- *Plumín (jib / boom extensión)*: Es una prolongación rígida o articulada que se acopla al gancho o al aparejo para modificar la geometría de izaje —redistribuye la carga, cambia el ángulo de tiro y puede aumentar la distancia entre gancho y carga o reducir el momento en el cuerpo principal de la grúa.

- *Aparejos y polipastos:* Sistemas de poleas que multiplican la fuerza o permiten un izaje más controlado.
- *Eslingas y grilletes:* Elementos de conexión entre carga y dispositivo; se seleccionan por carga de trabajo material (cadena, cable, eslingas textiles) y factor de seguridad.

### **Criterios de diseño de una estructura auxiliar para izaje**

Al diseñar un plumín se deben verificar, como mínimo:

- Resistencia a esfuerzo último y a esfuerzo de servicio: Cálculo de secciones transversales (vigas, platinas, articulaciones) frente a esfuerzos de tracción, compresión y flexión inducidos por la geometría del plumín y la carga. Aplicar factor de seguridad indicado por norma (p.ej.  $\geq 3.0$  para dispositivos de izaje).  
ASME
- Chequeo de estabilidad y fatiga: Si el plumín será reutilizado múltiples veces, analizar fatiga por ciclos de carga.
- Diseño de puntos de anclaje y conexiones: Grilletes y herrajes con certificación; evitar concentraciones de esfuerzos y garantizar compatibilidad de WLL.
- Control de ángulo de inclinación y efecto de excentricidad: La excentricidad entre gancho y CG de la carga genera momentos que deben considerarse en el dimensionamiento.
- Gestión de la seguridad y salud en maniobras de izaje (procedimientos y roles)

### **Plan de izaje o rigging plan**

El plan de izaje es un documento obligatorio en maniobras críticas que debe contener, como mínimo:

- Descripción del levantamiento (peso, CG, dimensiones, punto(s) de sujeción).

- Equipo para emplear (grúa: marca, modelo, load chart; accesorios: plumín, eslingas, grilletes con WLL).
- Personal y roles: operador, rigger/maniobrista, supervisor técnico, inspector de grúa. (RNE y compendios de izaje describen estas responsabilidades, así como el PET desarrollado para el proyecto).
- Secuencia de maniobra paso a paso y contingencias (viento, fallo de equipo).
- Perímetro de seguridad y protocolos de comunicación (señales manuales o radio).
- Inspecciones previas y checklist de aceptación.

### **Requisitos de personal y formación**

Los operadores de grúa deben estar certificados. Las normas OSHA detalla los requisitos de certificación para operadores, así como para riggers y personal técnico en maniobras complejas. En Perú, RNE y la normativa laboral exigen capacitación documentada y registro de competencias basada en las normas internacionales indicadas.

### ***Evaluación del riesgo: matrices y criterios específicos para izajes críticos***

- Para cada izaje crítico (como izar una viga que excede ligeramente la capacidad a un radio dado), el procedimiento de evaluación de riesgo debe contemplar:
- Identificación de peligros: sobrecarga, fallo de aparejos, oscilaciones, caída de carga, colapso de grúa.
- Análisis de probabilidad y severidad: empleando una matriz donde el riesgo es igual a la probabilidad por la severidad.

- Controles de mitigación técnicos: reducir radio, usar plumín, disminuir velocidad de izado, agregar líneas guía, realizar lift en condiciones de baja velocidad de viento.
- Controles de mitigación administrativos: permisos de trabajo, supervisión continua, plan de contingencia y comunicación.

### **Procedimiento técnico para diseñar y validar una estructura auxiliar**

- Información crítica para un análisis preciso:
  - Peso bruto de la viga (kg).
  - Dimensiones (Largo x Base x Altura) y posición del Centro Gravedad.
  - Acceso y restricciones en obra.
- Selección de la forma geométrica
  - Longitud y posición del plumín (por ejemplo, 4.5 m desde gancho) para redistribuir momentos y lograr que la carga actúe dentro de la capacidad de la grúa a ese radio efectivo.
- Cálculos básicos
  - Fuerzas verticales: revisar tensión en el punto de anclaje ( $T = \text{peso} / \text{número de bridas}$ ) si se usan varias eslingas.
  - Momento en la base del plumín:  $M = W \times e$  (donde e es excentricidad entre línea de suspensión y la articulación), comprobar cortante y momento flector en la sección crítica.

Verificación de secciones: calcular tensiones flectoras y axiales y compararlas con la resistencia de diseño del material ( $R_e$ ), aplicando factor de seguridad ( $FS \geq 3.0$  o el que indique la normativa/empresa).

### **CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA**

En este capítulo se detallará cuándo y cómo fue el proceso de ingreso a la empresa, se mencionará las personas involucradas en la obra, se explicará las funciones que desempeñe y como lo desarrolle, estableciendo objetivos, estrategias, metodología, herramientas para desarrollar la solución, identificando el problema, diagnóstico y su planificación. En el marco del presente trabajo de investigación, se cuenta con la valiosa experiencia de dos profesionales que aportan conocimientos complementarios en el ámbito de la ingeniería. Por un lado, Juan posee más de quince (15) años de trayectoria en el campo del montaje mecánico y estructural, desempeñándose en empresas del sector construcción y metalmecánico, en proyectos que abarcan obras industriales, edificaciones de gran envergadura y montajes especializados. Su formación le ha permitido desarrollar competencias sólidas en trabajos de izaje, montaje de estructuras metálicas, instalación de equipos electromecánicos y control de calidad en campo, asegurando el estricto cumplimiento de normas técnicas y de seguridad industrial. Por otro lado, Carlos aporta más de veinte (20) años de experiencia en diversos sectores donde se aplica la ingeniería, incluyendo talleres metalmecánicos para la fabricación de winches y estructuras para embarcaciones fluviales, mantenimiento e ingeniería en plantas pesqueras y de refinación de petróleo, así como la gestión de operaciones en el sector minero. Su enfoque se ha orientado a la búsqueda de eficiencia, mejora continua y optimización de costos, contribuyendo significativamente al desarrollo de soluciones integrales en procesos industriales. La combinación de estas experiencias constituye un respaldo técnico y práctico que fortalece la pertinencia y aplicabilidad de la investigación propuesta.

“Solución de izaje de viga metálica mediante diseño de una estructura auxiliar en techo principal del nuevo centro comercial Shopping la Molina provincia de Lima, departamento de Lima”

*Figura 18: Proyecto Ampliación Jorge Chavez*



*Figura 19: Proyecto Nuevo Puente Arica*



*Figura 20: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina*



A lo largo de mi carrera, he participado en todas las etapas del desarrollo de proyectos: planificación, ingeniería, ejecución y cierre. Esta experiencia integral me ha permitido comprender la importancia de la coordinación entre las diferentes disciplinas involucradas tales como ingeniería civil, mecánica, seguridad y gestión de proyectos para garantizar resultados eficientes, seguros y sostenibles.

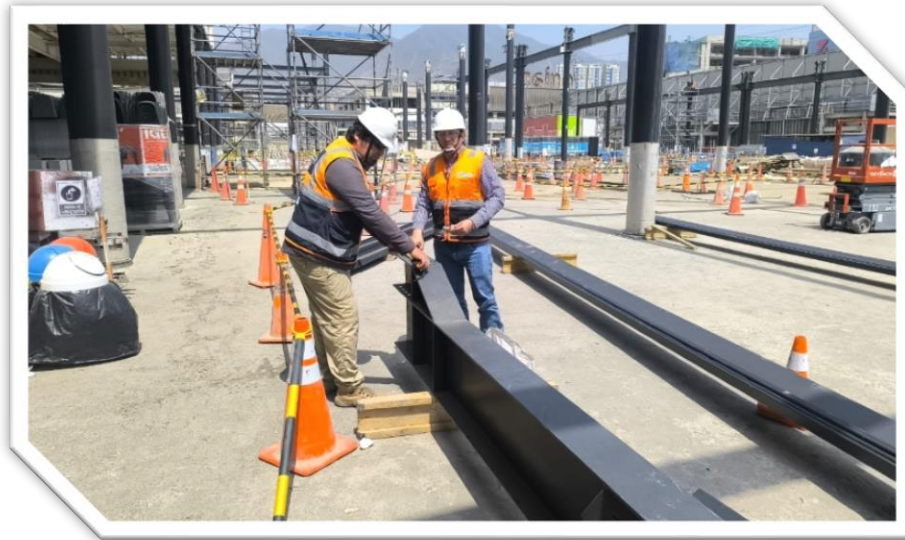
En los últimos años me he desempeñado como jefe de proyecto, función en la cual asumo la responsabilidad de liderar equipos multidisciplinarios y gestionar los recursos técnicos, humanos y económicos necesarios para el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Entre mis principales funciones destacan la supervisión técnica de campo, la planificación de actividades críticas, la coordinación de maniobras

especiales, la validación de procedimientos de seguridad, y la comunicación directa con el cliente y la supervisión técnica.

Asimismo, haber participado en áreas como mantenimiento, ingeniería, logística, producción, operaciones, comercial y estrategia me ha permitido desarrollar una visión holística de la empresa como un sistema dinámico orientado a la rentabilidad, el cumplimiento normativo y el desarrollo del talento humano. Esta perspectiva me ha llevado a comprender la importancia de diseñar procesos y equipos mantenibles, optimizar la logística mediante términos de referencia adecuados, alinear productos y servicios con las necesidades del mercado y fortalecer la operación como núcleo de la ventaja competitiva. Mi enfoque se centra en la eficiencia, la mejora continua y la reducción de costos, siempre considerando el impacto social y la sostenibilidad.

La combinación de ambas experiencias constituye un soporte técnico y estratégico que enriquece la investigación, aportando conocimientos prácticos sobre gestión de proyectos, ingeniería aplicada y visión empresarial, elementos esenciales para proponer soluciones innovadoras y viables en el ámbito profesional.

Figura 21: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Verificación Dimensional y Control de Viga metálica.



Mi experiencia se centra especialmente en la fabricación, diseño y montaje de estructuras metálicas, donde he tenido la oportunidad de dirigir maniobras complejas de izaje con grúas torre, grúas móviles y sistemas de estructuras auxiliares fabricadas, aplicando procedimientos certificados y garantizando el cumplimiento de estándares internacionales como AISC, ASTM y las disposiciones del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE – Perú) en materia de seguridad y salud en el trabajo como G0.50. Durante mi trayectoria he participado en la ejecución de proyectos que demandaron un alto nivel de precisión y control técnico, entre ellos: montajes de estructuras de gran luz, cubiertas metálicas, soportes de equipos industriales y elementos de gran peso en edificaciones de varios niveles. En este tipo de operaciones, la planificación del izaje y la evaluación de riesgos son factores decisivos para garantizar el éxito de la maniobra dentro del cronograma, tiempo y costo.

Esta experiencia en montaje y construcción se complementa con mis épocas de mantenimiento e ingeniería en la refinería La Pampilla, donde la normativa ASME Sección VIII y API 650 eran referencias canónicas para la construcción y montaje de

tanques de almacenamiento. Posteriormente, participé en proyectos en operaciones mineras como Yanacocha y Antamina, donde la especialización de cada componente —desde la selección de materiales metálicos, el tipo de soldadura, espesores de planchas, hasta las bases de soporte— se gestionaba con precisión milimétrica para garantizar el cumplimiento de estándares ISO y OSHA vigentes en ese periodo. Esta rigurosidad técnica consolidó mi visión sobre la importancia de la planificación, la seguridad y la calidad en proyectos de gran envergadura.

*Figura 22: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Habilitación de perfiles metálicos para maniobra de izaje*



La experiencia que sustenta el presente trabajo de suficiencia profesional se originó a partir de un problema constructivo durante la ejecución del techo principal del Centro Comercial Shopping La Molina, Etapa 02. En esta obra, la torre grúa instalada no contaba con la capacidad suficiente para izar una viga metálica de 2.3 toneladas. Como jefe de Proyecto, Juan Zegarra, asumió la responsabilidad de evaluar la situación, identificar los riesgos asociados, analizar alternativas y liderar la solución técnica adoptada. Esta intervención implicó una planificación detallada, la validación de procedimientos y la coordinación con las diferentes áreas involucradas para garantizar la seguridad y el cumplimiento del cronograma.

Asimismo, Carlos Pastor participó en este trabajo con un rol de consultor externo, aportando conocimientos especializados en montajes y maniobras críticas para optimizar el uso de los elementos de izaje y velar por la seguridad del personal asignado. Dado que la maniobra se desarrolló en un centro comercial en operación, se sumaron variables adicionales como la presencia de autoridades y los controles municipales, lo que exigió una gestión rigurosa de permisos, comunicación y medidas preventivas para minimizar riesgos y garantizar la continuidad del proyecto

*Figura 23: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Planeamiento y ejecución en campo para maniobra de izaje bajo supervisión técnica.*



La participación de Juan incluyó la revisión de cálculos estructurales de la estructura auxiliar, la verificación de la calidad de los materiales, la supervisión directa de la fabricación, así como la elaboración y aprobación del procedimiento especial de izaje. Bajo su liderazgo se planificó y ejecutó una maniobra segura, eficiente y documentada, que permitió izar la viga sin incidentes y con resultados satisfactorios en tiempo y

costo. Este caso práctico refleja la capacidad de aplicar criterios de ingeniería y gestión de riesgos para resolver situaciones complejas en campo.

La solución adoptada no solo se sustentó en la experiencia adquirida en proyectos de montaje mecánico y estructural, sino también en el conocimiento acumulado en sectores industriales, metalmecánicos y mineros. La trayectoria de Juan en la dirección de maniobras críticas, bajo estándares internacionales como ASME B30, AISC y normativas nacionales (RNE – G.050), aportó rigor técnico en la planificación y control de riesgos. Por su parte, la experiencia de Carlos en mantenimiento, ingeniería y operaciones en refinerías y minería, con dominio de normativas como ASME Sección VIII y API 650, fortaleció la toma de decisiones en aspectos relacionados con materiales, soldaduras, espesores y soportes estructurales, asegurando el cumplimiento de estándares ISO y OSHA.

La integración de estas competencias permitió abordar el problema desde una perspectiva holística, considerando factores técnicos, logísticos, normativos y de seguridad, así como la gestión de recursos humanos y la coordinación con autoridades locales. Este enfoque evidencia cómo la combinación de experiencia práctica y criterios académicos puede generar soluciones innovadoras y sostenibles, constituyendo un aporte significativo para la ingeniería aplicada y la gestión de proyectos complejos.

Figura 24 Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Verificación en campo con manlift.



Figura 25: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: IPERC Continuo en obra.



El **Objetivo general** del trabajo de suficiencia profesional es “*Analizar el izaje de viga metálica mediante diseño de una estructura auxiliar en techo principal del nuevo centro comercial Shopping la Molina provincia de Lima, departamento de Lima*”, formulándose como la búsqueda de la solución al problema práctico.

Los **Objetivos específicos** son pasos consecutivos que permiten lograr la solución del objetivo general, siendo dichos objetivos:

- *Detallar el problema constructivo identificado en obra.*
- *Evaluar las diferentes alternativas de izaje desde un punto de vista técnico y económico para dar solución al problema identificado.*
- *Diseñar y fabricar la alternativa de izaje seleccionada (estructura auxiliar o plumín de montaje) usando modelamiento estructural.*
- *Implementar la estructura auxiliar en obra e izar la viga solicitada.*
- *Evaluar los resultados obtenidos tras la ejecución de la maniobra a nivel de seguridad, costo y plazo.*
- 

El trabajo de suficiencia profesional según su tipo de estudio es **Aplicada**, ya que es resultado del uso del conocimiento teórico del análisis estructural, en la construcción del nuevo Centro Comercial shopping la Molina pprovincia de Lima, departamento de Lima.

Según su nivel de estudio es **Descriptivo – Explicativo**, ya que medirá y definirá las causas de los hechos.

El tipo de diseño que se desarrollara en este trabajo de suficiencia profesional es de tipo **experimental**, teniendo como propósito responder la pregunta de investigación, cumpliendo con objetivos, para obtener los resultados esperados en la construcción del nuevo Centro Comercial shopping la Molina provincia de Lima, departamento de Lima.

Las **técnicas** que se utilizó son:

- Análisis de viabilidad.
- Observación de campo.

- Comparativa de plazos y costos.
- Revisión de riesgos.

Los **instrumentos** que se utilizó son:

- Software (Excel, Revit, AutoCAD, entre otros).
- Computadora.
- Máquinas de soldar y corte.
- Elementos de izaje y seguridad.
- Cámara fotográfica.

A continuación, menciono mis **funciones** desempeñadas de acuerdo con el MOF (Manual Operativo de Funciones) de la empresa:

- Contribuir a los lineamientos y directrices del SIG y monitorear la utilización del SIG en el proyecto.
- Presentar reportes del proyecto em términos de ingeniería, producción, montaje, calidad y los pertinentes para sustentar la situación del Proyecto
- Asegurar la gestión de cobranza durante la vigencia del proyecto y del cierre de este.
- Realizar metrados y presupuestos de nuevos proyectos u adicionales a ejecutarse.
- Realiza la Procura del Proyecto, enviando al área de logística para la compra respectiva
- Coordinar con el Cliente y demás áreas, las prioridades de entrega de los hitos de obra.
- Asistir a las reuniones con el cliente para la coordinación de actividades de obra y relacionadas con el proyecto.
- Monitorear el desempeño constructivo en obra.
- Aprobar los planos para la fabricación en planta.

- Monitorear el seguimiento y control logístico de los recursos.
- Solicitar la incorporación de nuevo personal a obra en coordinación el jefe inmediato.
- Coordinar con el cliente y solicitar la aprobación de cambios del alcance del proyecto, generación de adicionales y otros afines.
- Realizar y coordinar con el cliente las valorizaciones del proyecto según la frecuencia establecida en la Orden de Compra y/o documentos contractuales.
- Coordinar la optimización de diseños con los clientes y el área de ingeniería.
- Verificar el cumplimiento del presupuesto (que no exceda el presupuesto base) o propone su modificación y/o ajuste bajo condiciones especiales.
- Abordar los riesgos y/o contingencias que podrían afectar el desempeño de las metas de entrega con la base de la planificación.

**Descripción general del proyecto:**

El proyecto Centro Comercial “Shopping La Molina” se construyó con la finalidad de ofrecer un espacio moderno, funcional y sostenible que responda al crecimiento urbano y comercial del distrito de La Molina. Este centro comercial se ubicará en la Avenida Raúl Ferrero 1355 La Molina, una de las principales vías del distrito, y contará con una infraestructura diseñada para brindar comodidad, seguridad y una experiencia agradable a todos sus visitantes.

El terreno donde se desarrolla el proyecto tiene un área aproximada de 12,000 metros cuadrados, de los cuales 8,500 metros cuadrados serán construidos. La edificación estará compuesta por dos niveles superiores y un sótano, destinados a diferentes usos comerciales y de servicios.

En el nivel sótano, se ubicarán los estacionamientos con capacidad para unos 180 vehículos, además de los ambientes técnicos necesarios para el funcionamiento del centro, como el cuarto de bombas, cisternas, grupo electrógeno y tableros eléctricos.

El primer nivel estará dedicado principalmente a tiendas comerciales, boutiques y restaurantes. Contará también con un área de food court y amplios pasillos que permitirán una circulación fluida y segura. Este nivel busca integrar la luz natural mediante patios abiertos y áreas de descanso que aporten frescura y confort visual.

En el segundo nivel, se encontrarán los cines, un gimnasio, oficinas administrativas y zonas de entretenimiento familiar. Además, se proyecta una terraza verde que servirá como espacio de esparcimiento y como parte del compromiso ambiental del proyecto.

La estructura principal estará conformada por pórticos de concreto armado, combinados con estructuras metálicas en cubiertas y entrepisos, lo que permitirá un sistema resistente y flexible frente a las cargas sísmicas. Las losas serán del tipo aligeradas y colaborantes, según las zonas del edificio, y las cimentaciones estarán compuestas por zapatas aisladas y combinadas, en cumplimiento con las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

En cuanto a las instalaciones, el proyecto contará con redes sanitarias y eléctricas de última generación, incluyendo sistemas de agua caliente, desagüe ventilado, red contra incendio y sistemas de presión constante. El suministro eléctrico será trifásico, con alumbrado LED para optimizar el consumo energético y un grupo electrógeno de respaldo para garantizar el funcionamiento continuo.

Asimismo, se implementará un sistema integral de ventilación y aire acondicionado, junto con dispositivos de detección y alarma contra incendios, cámaras de seguridad,

señalización y rutas de evacuación, cumpliendo las exigencias de la Norma A.130 de Seguridad en Edificaciones.

*Figura 26: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Renderizado*



En cuanto a los acabados, se emplearán materiales de alta durabilidad y estética moderna: pisos de porcelanato antideslizante en áreas comunes, muros pintados con acabados lavables, cielorrasos en drywall con iluminación empotrada y una fachada revestida con vidrio laminado de seguridad y paneles tipo Alucobond, lo que brindará una imagen moderna y elegante al conjunto arquitectónico.

El diseño del Centro Comercial “Shopping La Molina” también considera aspectos ambientales. Se incorporarán sistemas de ahorro energético, reutilización de aguas grises para riego, y áreas verdes que contribuyan al confort térmico y visual. Estas medidas buscan promover un desarrollo responsable y sostenible en armonía con el entorno.

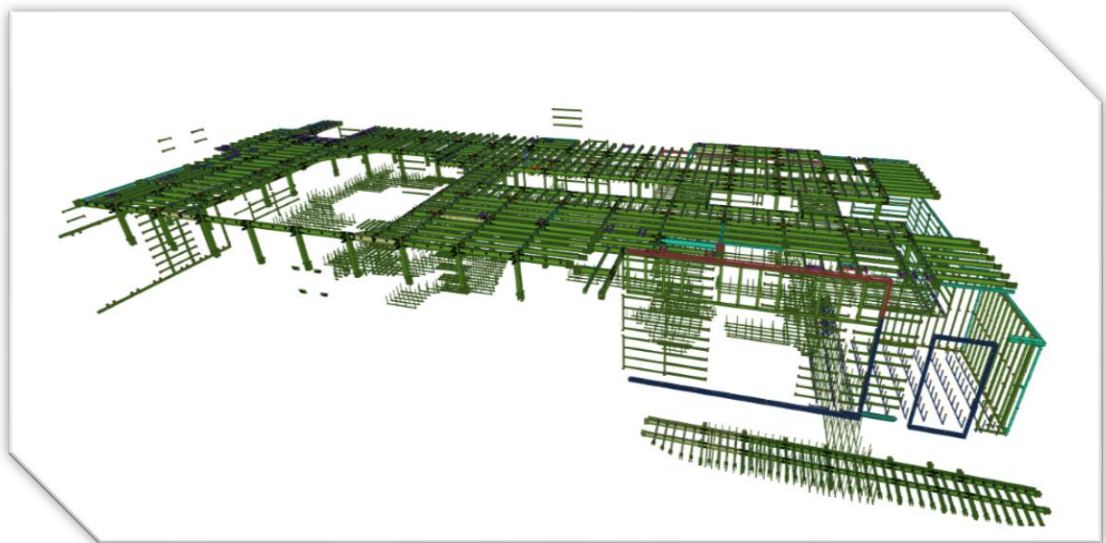
En resumen, el proyecto representa una infraestructura comercial moderna y segura, pensada para satisfacer las necesidades del distrito y brindar un espacio agradable tanto para los visitantes como para los operadores comerciales. Su diseño arquitectónico y

“Solución de izaje de viga metálica mediante diseño de una estructura auxiliar en techo principal del nuevo centro comercial Shopping la Molina provincia de Lima, departamento de Lima”

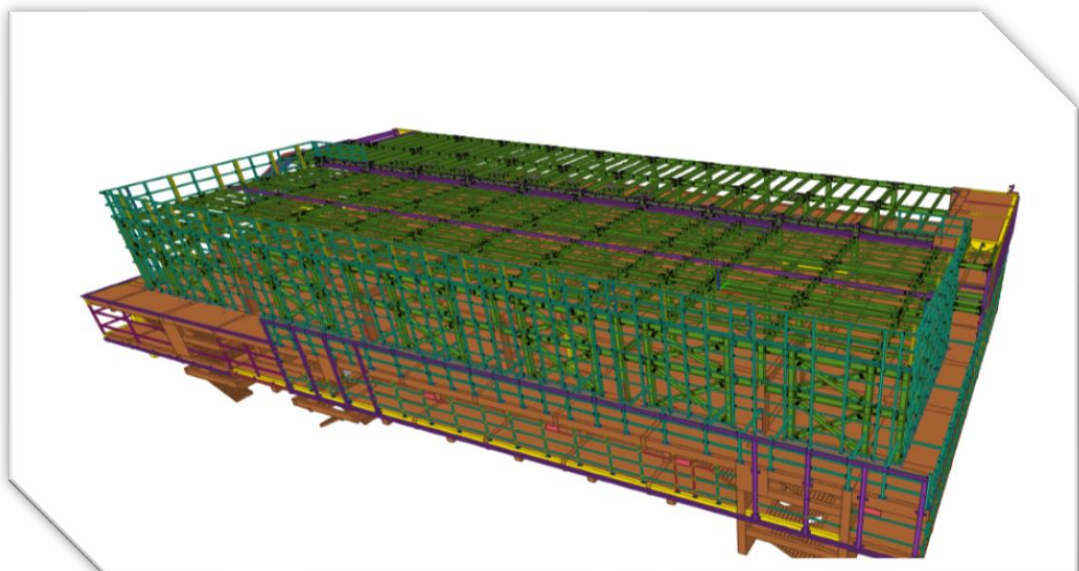
estructural busca combinar funcionalidad, estética y sostenibilidad, consolidando al Shopping La Molina como un referente urbano dentro de la ciudad de Lima.

En dicho proyecto la empresa JCB Estructuras, fue adjudicada para realizar las estructuras metálicas del centro comercial tanto de la etapa 01 y etapa 02.

*Figura 27: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Elementos metálicos ejecutados Etapa 01*



*Figura 28: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Elementos metálicos ejecutados Etapa 02*



Las partidas adjudicadas tuvieron el alcance del suministro, fabricación y montaje de las estructuras metálicas de acuerdo con el siguiente presupuesto de obra:

Tabla 1: Partidas consideradas como presupuesto de la obra

DESCRIPCION	CONTRATADO			
	CANT.	UNIDAD	P.U. MONEDA	SUB-TOTAL
SUM INST COLUMNAS METALICAS	133,377.79	kg	S/ 13.13	S/ 1,751,250.38
SUM INST VIGAS METALICAS	364,920.21	kg	S/ 13.13	S/ 4,791,402.36
SUM INST EEMM PARA COBERTURAS	37,374.15	kg	S/ 13.13	S/ 490,722.59
SUM INST PERNOS 1" ANCLAD C/EMPOTRAM 1038MM	1,444.00	und	S/ 184.15	S/ 265,912.60
SUM INST PERNOS 1" ANCLAD C/EMPOTRAM 831 MM	210.00	und	S/ 161.05	S/ 33,820.50
SUM INST PERNIS 1" ANCLAD C/EMPOTRAM 806 MM	420.00	und	S/ 161.05	S/ 67,641.00
SUM INST PERNOS 5/8" ANCLAD C/EMPOTRAM 506 MM	160.00	und	S/ 68.39	S/ 10,942.40
SUM INST PERNOS 5/8" ANCLAD C/EMPOTRAM 443 MM	80.00	und	S/ 66.47	S/ 5,317.60
SUM INST PLANCHA COLABORANTE	1,563.00	und	S/ 37.16	S/ 58,081.08
SUM INST CONECTORES 3/4"	3,829.00	und	S/ 10.78	S/ 41,276.62
SUM INST DE TOPOS BORDE	256.00	m	S/ 72.83	S/ 18,644.48
SUM INST DE TOPE CIERRE	327.00	m	S/ 72.83	S/ 23,815.41
SUM INST ESTRIBOS P/ANCLAJES	1,472.41	kg	S/ 9.96	S/ 14,665.20
SUM INST MACHINA P/PERNO DE ANCLAJE	1,066.37	kg	S/ 9.07	S/ 9,671.98
SUM INST PERFIL APOYO P/PLACA COLABORANTE NIVE + 21.28	403.83	kg	S/ 13.13	S/ 5,302.29
SUM INST PERFIL APOYO P/PLACA COLABORANTE NIVEL + 16.20	627.61	kg	S/ 13.13	S/ 8,240.52
SUM INST PERFI APOYO P/PLACA COLABORANTE NIVEL + 5.38	130.07	kg	S/ 13.13	S/ 1,707.82
SUM INST ANCLAJES EPOXICO 5/8"X250X200MM NIVEL + 21.28	61.00	und	S/ 91.22	S/ 5,564.42
SUM INST ANCLAJES EPOXICO 5/8"X250X200MM NIVEL + 16.20	95.00	und	S/ 91.22	S/ 8,665.90
SUM INST ANCLAJES EPOXICO 5/8"X250X200MM NIVLE + 5.38	21.00	und	S/ 91.22	S/ 1,915.62
			<b>TOTAL</b>	S/ 7,614,560.77

Se consideró para la ejecución de las partidas el cronograma general de ejecución el cual consideraba 07 de meses entre la aprobación de planos de ingeniería, compra de material, fabricación de elementos en taller, traslado a obra y montaje. Para la instalación, el contratista principal puso a disposición 2 torres grúas para el izaje de material al punto trabajo, así como para el montaje de las piezas metálicas. La Nro. 01 modelo Grúa Torre MCi 85 A/B y la Nro.02 Grúa Torre Modelo MC 175 C.

Figura 29: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Ubicación de torres grúa 01 y 02.

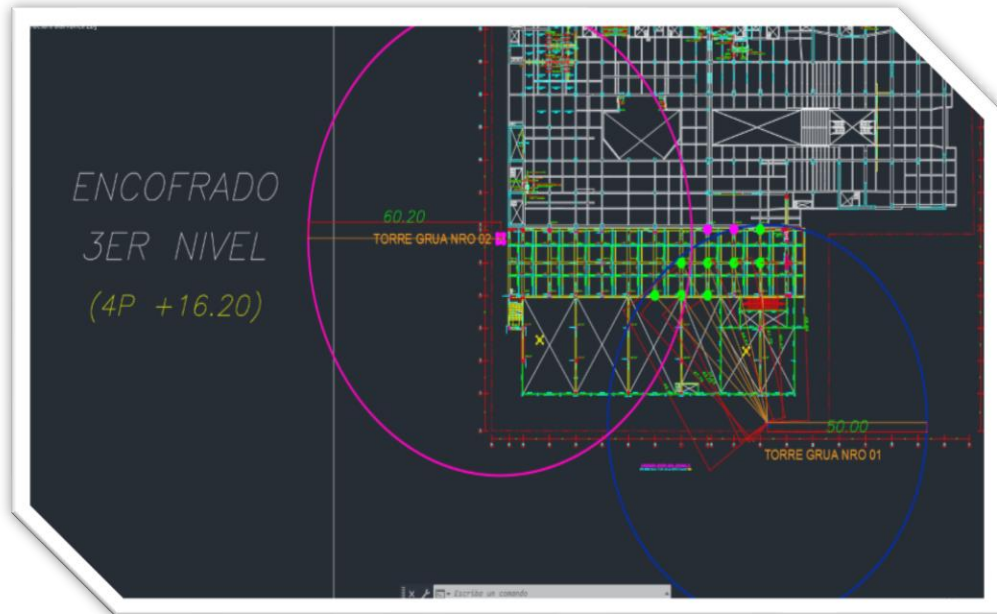


Figura 30: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Ubicación de torres grúa 01 y 02

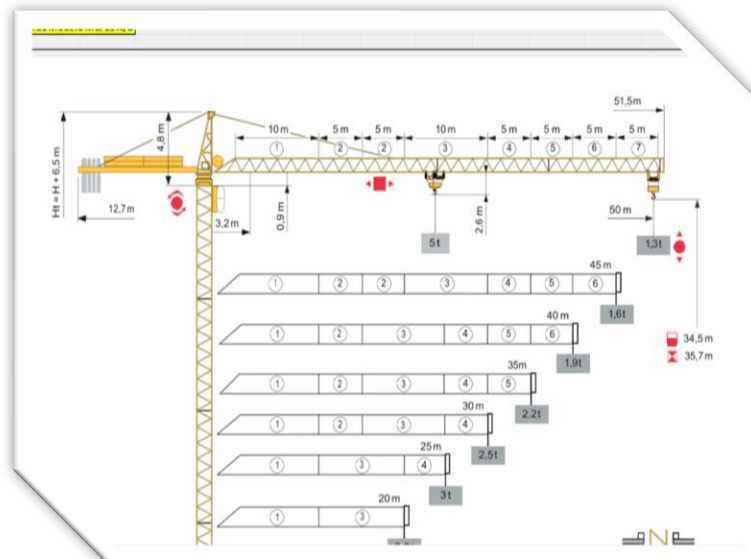
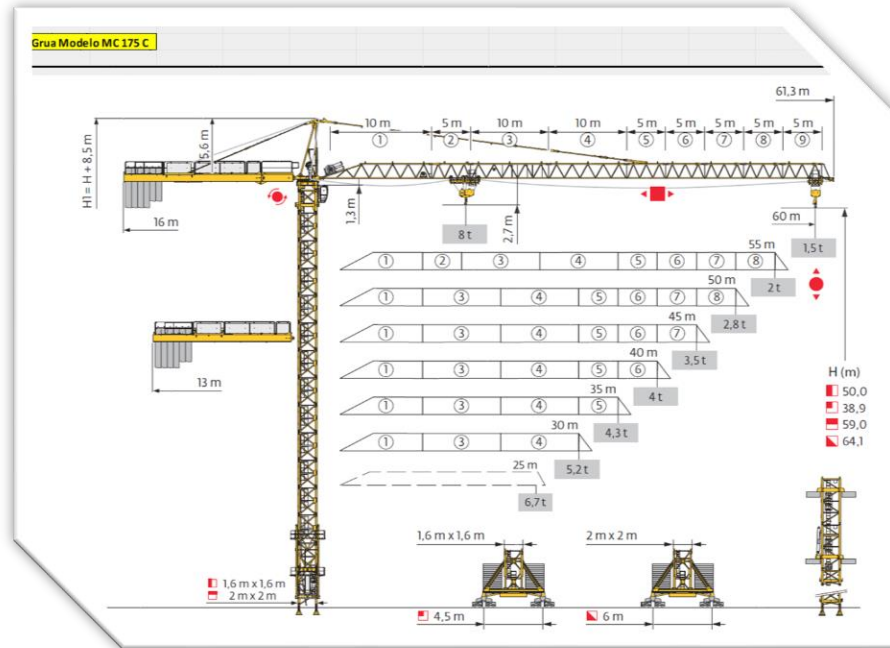
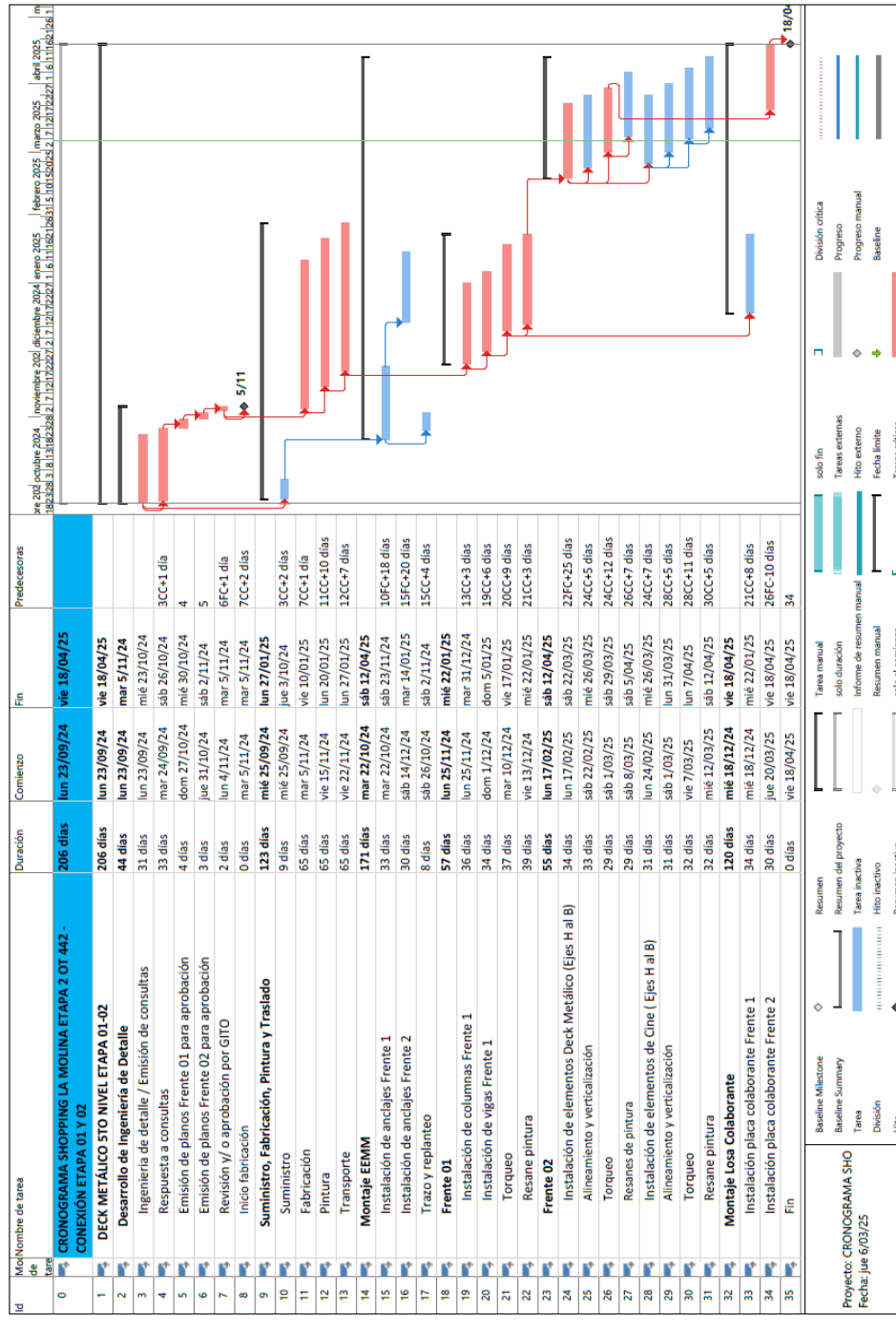


Figura 31: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Ubicación de torres grúa 01 y 02



Para la ejecución se estableció el siguiente cronograma de obra y sectorización de frentes de trabajo

Figura 32: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Cronograma general de la obra



“Solución de izaje de viga metálica mediante diseño de una estructura auxiliar en techo principal del nuevo centro comercial Shopping la Molina provincia de Lima, departamento de Lima”

Figura 33: Sectorización y ruta de avance.

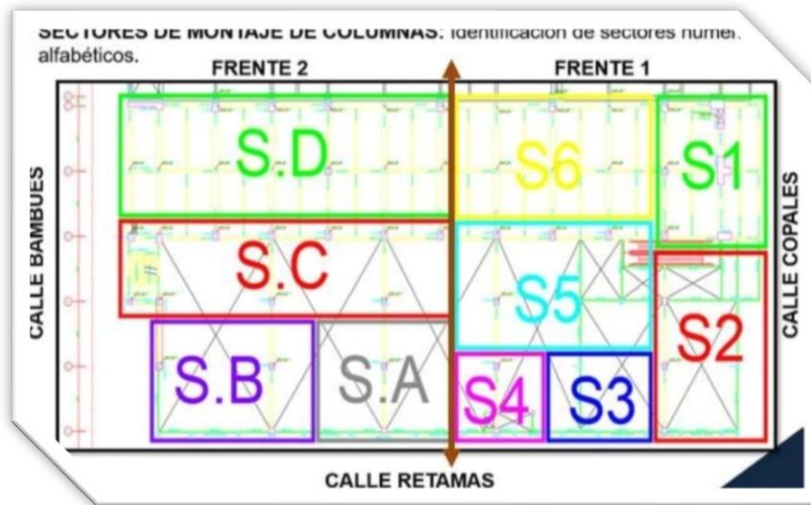


Figura 34: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Ubicación de torra grúa # 01



Figura 35: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Ubicación de torre grúa # 02



**Análisis de problemática; detallando el problema constructivo**

La problemática radica en la necesidad de montar una viga metálica (W27x102) de 16 metros de longitud y un peso aproximado de 2.4 toneladas en el nivel +21.050. Debido a las limitaciones de la capacidad de la torre grúa se requiere analizar diversas alternativas que lleven a cabo la ejecución de la maniobra se forma segura, económica y sin comprometer el cronograma de obra.

Figura 36 Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Elementos metálicos a instalar



Los elementos y códigos respectivos se detallan a continuación:

Tabla 2: Resumen de elementos, longitudes y pesos.

ITEM	CONJUNTO	PERFIL	MATERIAL	LONG. MM	CANT.	PESO UNIT KG
1.00	442-F3-P5-VT10	WS688X254X22X12.5	A572-GR.50	16,010.00	1.00	2,416.30
2.00	442-F3-P5-VT11	WS688X254X22X12.5	A572-GR.50	16,010.00	1.00	2,416.30

Una vez identificado los elementos tanto en longitud y peso, analizamos según cuadro de cargas la capacidad máxima.

Figura 37: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Alcance máximo de grúa.

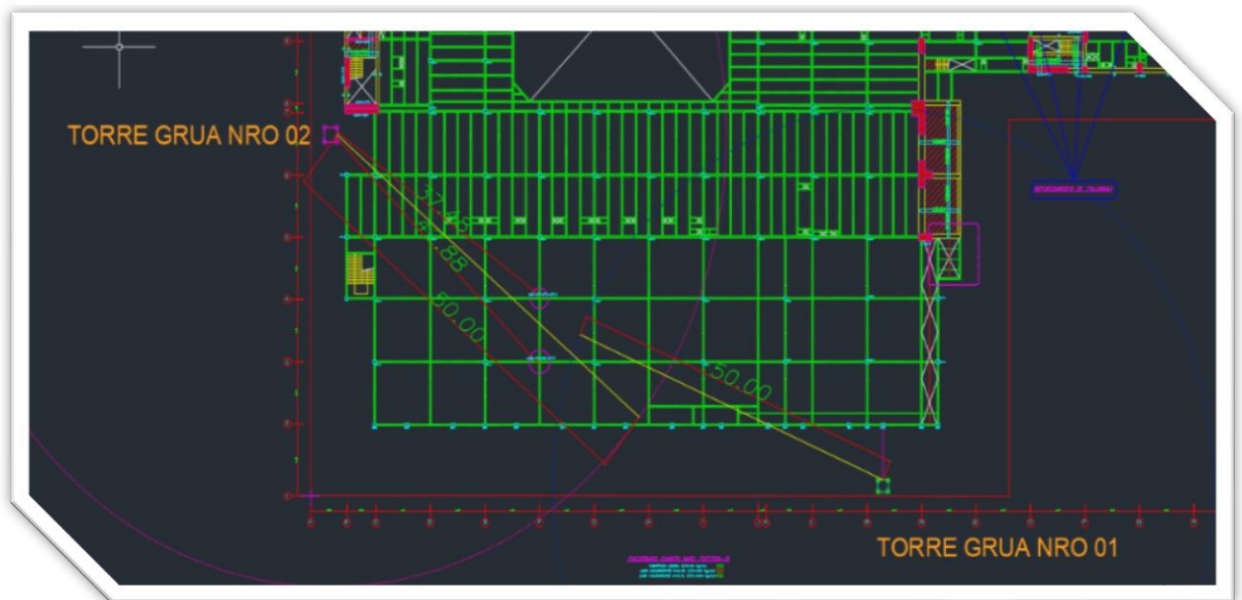


Figura 38: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Distancia máxima de los elementos a izar

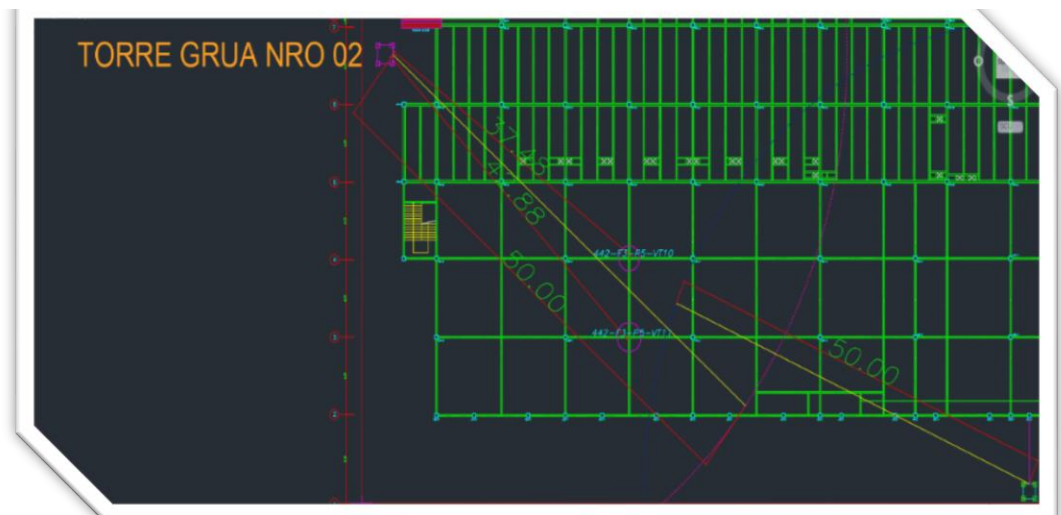
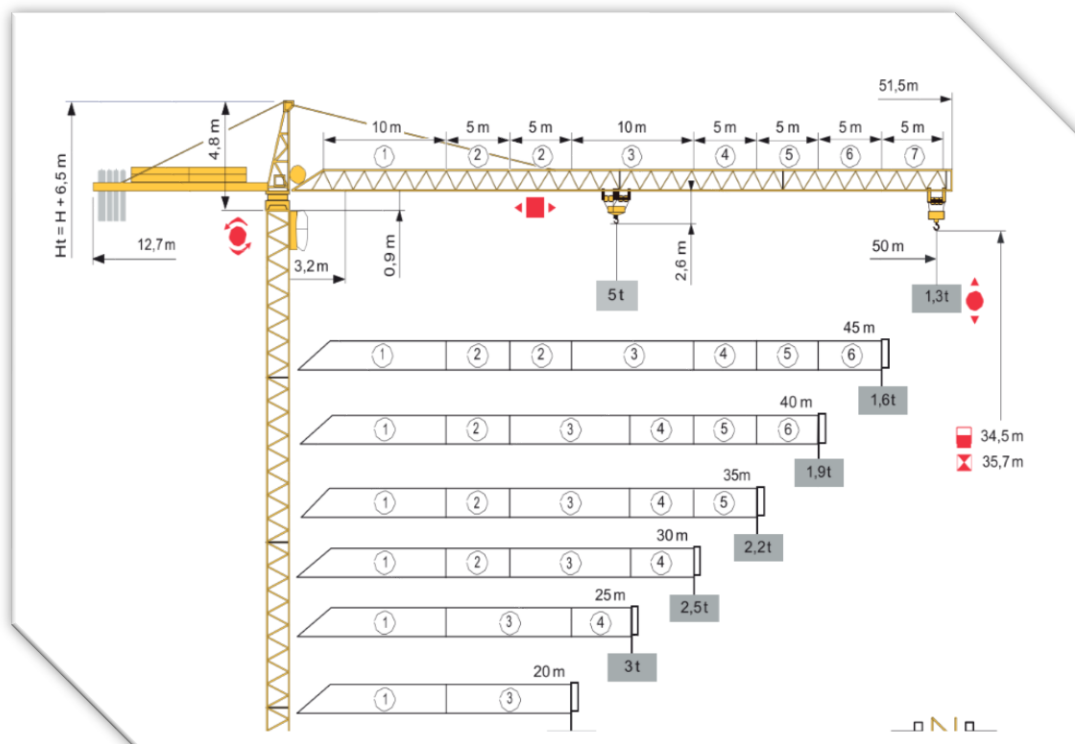


Tabla 3: Análisis de alcance vs capacidad de grúa torre 02

Grúa Modelo MCi 85 A/B				
CL	Distancia metros	TN Netas	TN Max	OBS
442-F3-P5-VT10	37.48	2.41	1.9	No cumple
442-F3-P5-VT11	42.88	2.41	1.6	No cumple

Figura 39: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Tabla de carga grúa torre # 2



Se concluye que el peso de los elementos excede en un 22% la capacidad máxima de la torre grúa, por lo que será imposible realizar el montaje usando estos equipos.

### **Análisis y evaluación de posibles alternativas de solución**

Después de descartar el uso de torre grúa, se abren alternativas que se deben analizar considerando las ventajas y desventajas de cada opción. Las posibles soluciones al problema son las siguientes:

- Uso de grúa autopropulsada.
- Montar el elemento en secciones y luego soldarlas en posición.
- Diseño y fabricación de estructuras auxiliares para montaje.
- **Uso de grúa autopropulsada:** La opción de utilizar una grúa telescópica, es la opción más practica que debiera posicionarse fuera de obra, específicamente en la vía para izar y posicionar la viga.

#### **Ventajas**

- Izaje directo y rápido ya que el izado se haría en una sola pieza, con una menor manipulación.
- No se requiere de apoyos temporales sobre estructuras existentes.
- Tiempo reducido y planificación simplificada, si se cuenta con las facilidades de espacio y permisos de uso de vías.

#### **Desventajas**

- Se requiere espacio suficiente para el posicionamiento y radio de la grúa.
- Costo de traslado y alquiler elevado (dada la capacidad y alcance).
- Es necesario contar con permisos municipales y cierre de vías. La gestión en de autorización tiene un tiempo aproximado de un mes.

*Figura 40: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Ubicación tentativa de grúa telescópica*



*Figura 41: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Ubicación tentativa de grúa telescópica*



Figura 42: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Análisis de posicionamiento de grúa.

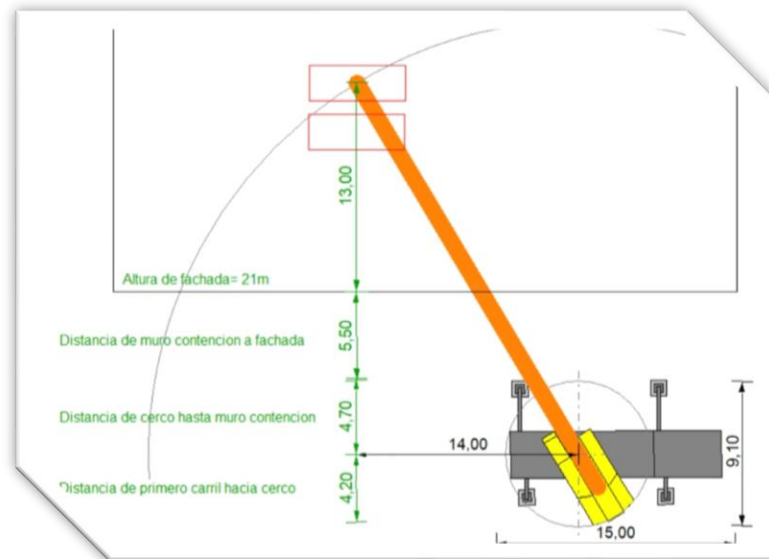


Figura 43: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Análisis de cargas/Rigging Plan


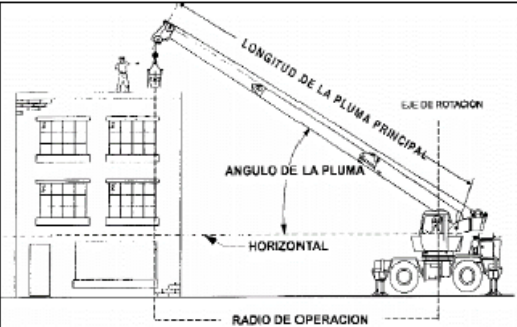
		<b>PLAN DE IZAJE</b>		Edición 02	
Empresa:		JCB ESTRUCTURAS		Fecha: 07/05/2025	
Lugar y área de trabajo:		WONG RAUL FERRERO, Av. Los Bambues, La Molina			
Descripción del trabajo:		Izaje de escalera			
Equipo: GRUA TELESCOPICA	Marca: LIEBHERR	Modelo: LTM1160-2	Capacidad nominal: 160 TN		
<b>1.- Configuración de la grúa:</b>					
Contrapeso	23t				
Estabilizador	100%				
Posición:	INICIAL				FINAL
Radio de operación:	28 m				16 m
Longitud de pluma:	56.3 m				56.3 m
Angulo de pluma:	60 °				73 °
Altura de pluma:	50 m				56 m
<b>CAPACIDAD DE CARGA según tabla del equipo (kg)</b>	6500 kg	15900 kg			
<b>2.- Configuración de la carga estimada</b>		<b>3.- Factor de uso de grúa:</b>			
Descripción:	Peso en kilogramos (kg)		POSICION INICIAL O FINAL (Pos. mas crítica)		
Peso neto de la carga a izar	2500 kg		A: Peso total de carga (kg)	3380 kg	
Peso del gancho de la grúa	800 kg		B: Capacidad de carga (kg)	6500 kg	
Peso de eslingas y/o estrobo	40 kg		<b>PORCENTAJE DE CAPACIDAD= (A / B x 100)</b>	52.0%	
Peso de grilletes	40 kg		¿El porcentaje de capacidad de carga de la grúa es MAYOR al 80%? (SI/NO)	NO	
Otros: --	- kg				
<b>PESO TOTAL DE CARGA (kg)</b>	3380 kg				
Si el porcentaje de capacidad es mayor o igual al 80%, el izaje es CRITICO y requiere aprobación de área o realizar la operación con otra grúa de mayor capacidad					
<b>Lista de verificación</b>	SI	NO	<b>Lista de verificación</b>	SI	NO
Certificación del operador	X		Alejado de líneas de tensión	X	
Certificación del rigger	X		Alejado del borde de excavaciones	X	
Certificación de operatividad de la grúa	X		Terreno firme y nivelado	X	
Certificación de elementos de izaje	X		Alejado de sótano, pozo o ducto subterráneo	X	
Checklist e inspección de grúa	X		Espacio para realizar maniobras sin obstáculos	X	
Checklist e inspección de elementos de izaje	X		Velocidad de viento menor al límite permitido	X	
Libre ruta de acceso de grúa al área de trabajo	X		Iluminación y visibilidad de la carga	X	
Palettero/guía para la movilización de grúa	X		Comunicación clara entre operador y rigger	X	
<b>IMPORTANTE:</b> Si alguno de los cuadros resulta "NO", se debe detener, revisar y replantear la maniobra.					
Observaciones: _____					

Figura 44: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Cotización de grúa



**COT-140.05/25**  
Lima, 8 de Mayo de 2025

Señores : JCB ESTRUCTURAS SAC  
 Atención : Ing. Julio Jimenez  
 Referencia : Cotización de alquiler de grúa telescópica.

De nuestra consideración:  
 Por medio de la presente, les hacemos llegar nuestra cotización por el servicio solicitado.

**1. DATOS DEL SERVICIO:**

a) Lugar de servicio : Av. Los Bambues, La Molina  
 b) Servicio a realizar : Izaje en general.  
 c) Periodo del servicio : 01 día.  
 d) Horas mínimas trabajadas : 08 horas mínimas de trabajo (No incluye traslado de grua).  
 e) Horas de traslado de grúa : 02 hrs (1 hr de ida y 1 hr de retorno).  
 f) Tarifa expresada en : Dolares Americanos.

**2. PROPUESTA ECONOMICA:**

ITEM	DESCRIPCION	TARIFA POR HORA	TARIFA POR SERVICIO (En base a hrs mínimas)
1	ALQUILER DE GRUA TELESCOPICA 120 TN Incluye transporte de contrapeso en camion	USD 220.00 + IGV	USD 2.200.00 + IGV

### Viabilidad:

Luego de revisar esta opción, se resumen las variables más críticas para la toma de decisión.

Tabla 4: Resumen de variable-Usos de grúa telescópica

Costo \$	Tiempo	Restricción
2,200.00	1 mes	Acceso y permiso municipal

- **Montaje de elemento en piezas:** Se busca dividir la viga en segmentos para disminuir el peso de modo que puedan montarse sin comprometer la capacidad de la grúa, luego soldar/empalmar y verificar la continuidad estructural con controles de calidad a los empalmes (UT, inspección visual, etc.).

### Ventajas

- Permite hacer uso de la grúa instalada en obra en espacios reducidos; así como evita la necesidad de exceder su límite de capacidad de carga.
- Puede reducir el coste de izaje.
- Permite tener facilidades de manipuleo en accesos muy restringidos.

### **Desventajas**

- Trabajo adicional de mano de obra (cortes, preparación de junta, alineamiento, soldadura) que incrementa tiempo y costo global.
- Riesgo de debilitar la sección original si el empalme no se diseña y ejecuta correctamente.
- Requiere juntas, placas de unión o soldaduras homologadas y posterior tratamiento y resane de pintura.
- Puede afectar las cotas geométricas y tolerancias permisibles, por lo que podrían necesitarse correcciones o control de deformaciones.
- Se requiere mayor intervención sobre elementos que pueden requerir apoyos temporales, así como mayor exposición de operarios a riesgos (corte, soldadura, gases, trabajos en altura, etc.).
- En algunos casos el empalme no es aceptado por especificaciones estéticas ya que son cara vistas (por ejemplo, trazos continuos en cubiertas o fachadas).

### **Consideraciones técnicas**

- Diseñar unión adecuada (soldada o placa de empalme) con cálculo de transmisión de esfuerzos y control NDT.
- Plan de control de calidad: pruebas de soldadura, mediciones de alineación y pintura final.
- Verificar disponibilidad de recursos y tiempos de curado/ensayos.

Tabla 5: Análisis de costos-Izaje de vigas en partes

ALTERNATIVA - Izaje de viga en 2 partes					
Item	Descripcion	Und.	Metrado	C.U. (S/.)	C.T.(S/.)
<b>1.00</b>	<b>Materiales</b>				
1.1	Soldadura	Kg	1.00	25.00	25.00
1.2	Trapo industrial	Kg	5.00	3.50	17.50
1.3	Pintura Industrial ( Epoxica)	Gal	3.00	22.90	68.70
1.4	Equipos	Glb	1.00	500.00	500.00
<b>2.00</b>	<b>Equipos</b>				
2.1	Plataforma de soporte temporal para viga metálica	Und.	1.00	2,500.00	2,500.00
2.2	Movilizacion y Desmovilizacion de plataformas	Viaje	2.00	400.00	800.00
2.3	Alquiler de equipos de elevación tipo tijera 12 mtrs	Und.	2.00	2,200.00	4,400.00
<b>3.00</b>	<b>Mano Obra</b>				
3.1	M.O montaje	kg	2,400.00	2.40	5,760.00
3.2	M.O armado y desarmado de andamios	HH	96.00	26.00	2,496.00
3.3	M.O resane de pintura	HH	24.00	26.00	624.00
<b>4.00</b>	<b>Ensayos</b>				
4.1	Ensayos no destructivos UT	Und.	850.00	1.00	850.00
<b>Los precios no incluyen IGV</b>				<b>CD</b>	<b>S/ 18,041.20</b>
				<b>Total</b>	<b>S/ 18,041.20</b>

### Viabilidad:

Luego de revisar esta opción, se resumen las variables más críticas para la toma de decisión.

Tabla 6: Resumen de variable – Izaje de viga en partes

Costo \$	Tiempo	Restricción
5,306.24	20 días	Contratar mano de obra adicional

- **Diseño y fabricación de elementos auxiliares:** Esta alternativa plantea montar una estructura temporal metálica conectada a una columna metálica existente la cual estará diseñada específicamente para soportar la carga del izaje para levantar y posicionar la viga definitiva en su lugar final.

### Ventajas

- Se presenta como una solución adaptable a espacios restringidos donde la grúa no puede operar por exceder en su capacidad máxima nominal.
- Evita cortar y empalmar la viga: la pieza se monta completa, manteniendo integridad estructural y tolerancias.

- Se puede diseñar para exceder la capacidad requerida (factor de seguridad) y reutilizarla para otras maniobras evitando la pérdida de material.
- Se logra un mejor control de la maniobra durante el izaje ya que la estructura puede incorporar guías, topes y elementos que eviten su inestabilidad.
- No requiere permisos o uso de vías públicas.

### **Desventajas**

- Es necesario el análisis estructural detallado para asegurar que la columna metálica existente y sus anclajes soporten las cargas temporales, esto puede implicar refuerzos adicionales requeridos.
- Se debe considerar el tiempo y costo inicial del diseño, fabricación e instalación de la estructura auxiliar.
- Se necesita la realización de procedimientos específicos de montaje, verificación y desmontaje; previa aprobación de supervisión de obra.
- Es vital la supervisión técnica y de seguridad durante la maniobra de acuerdo con los PETS aprobados.

### **Consideraciones de diseño y seguridad**

- Se debe realizar el cálculo estructural de la estructura auxiliar y de la columna existente considerando las siguientes consideraciones tales como, carga estática (2.4 t), factores dinámicos de izaje, momentos, cortantes, combinaciones de carga y coeficientes de seguridad según normativa aplicable (NTP E.030).
- Se debe además verificar la capacidad de punzonado y aplastamiento puntual generado en la columna metálica. Para esto de ser necesario considerar bridas o placas de refuerzo para distribuir cargas.
- Cuando se realice el plan de montaje este deberá ser considerando todos los pasos del proceso de manera clara y detallada.
- Es importante durante la fase de fabricación la realización de ensayos y el premontaje para tener la seguridad que el elemento se instale de manera correcta.

- Como parte de la gestión de seguridad se debe actualizar la matriz de riesgos (IPERC) y un PET específico para la actividad que considere horarios, restricciones, señalización y zonas delimitadas.
- En caso de que durante el proceso de izaje, se tenga alguna falla tanto de la estructura auxiliar como la columna de apoyo, se debe considerar un plan de contención tales como amarres de cable acerado o andamiaje provisional.

Tabla 7: Análisis de costos de diseño y fabricación de elementos auxiliar

ALTERNATIVA - Diseño y fabricación de estructura auxiliar					
Item	Descripción	Und.	Metrado	C.U. (S/.)	C.T.(S/.)
<b>1.00</b>	<b>Diseño</b>				
1.1	Análisis y cálculo estructural	glb	1.00	800.00	800.00
<b>2.00</b>	<b>Fabricación de estructura auxiliar</b>				
2.1	Acero ASTM A572 Grd 50	kg	350.00	9.00	3,150.00
2.2	Movilización y desmovilización	Viaje	1.00	400.00	400.00
2.3	Pintura industrial	m <sup>2</sup>	6.00	27.20	163.20
	Pernos de conexión	kg	8.00	10.20	81.60
<b>3.00</b>	<b>Mano O bra</b>				
3.1	M.O montaje	kg	350.00	2.40	840.00
<b>Los precios no incluyen IGV</b>				<b>CD</b>	<b>S/ 5,434.80</b>
				<b>Total</b>	<b>S/ 5,434.80</b>

### Viabilidad:

Luego de revisar esta opción, se resumen las variables más críticas para la toma de decisión.

Tabla 8: Resumen de variable – Diseño y fabricación de elementos auxiliar

Costo \$	Tiempo	Restricción
1,598.47	7 días	Aprobación de Supervisión de obra

Se analizó las 3 alternativas de solución desde la perspectiva de viabilidad, tiempo y costo optando por el diseño y fabricación de una estructura auxiliar que se adapte a los requerimientos estructurales para su funcionamiento

### **DISEÑO DE ESTRUCTURA AUXILIAR:**

Después de concluir las diferentes opciones de solución para la problemática, se optó por el diseño de una estructura auxiliar que facilite el montaje de vigas en el techo del Centro Comercial Shopping La Molina. El requerimiento de diseño tendrá en consideración los siguientes parámetros:

- Adaptable: La estructura auxiliar deberá ser instalada sobre estructura existente de modo que no afecte ni altere el funcionamiento de esta.
- Materiales comerciales: El material a usarse deberá ser de índole comercial de modo que pueda conseguirse en el mercado local.
- Capacidad: Los elementos a instalarse tienen una longitud máxima de 16 metros y un peso de 3.20 toneladas, por lo que el diseño debe considerar estas sollicitaciones.

### **Descripción de la estructura auxiliar propuesta:**

La estructura está conformada por perfiles tubulares y vigas de alma llena, se conectará en su base con la conexión existente en obra según la siguiente figura.

*Figura 45: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Vista de elevación.*

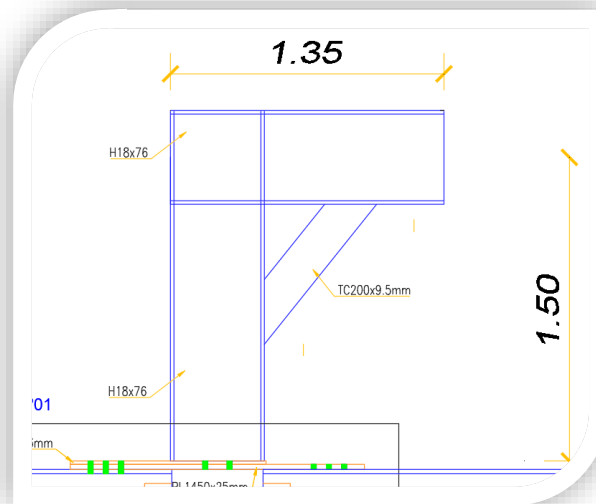
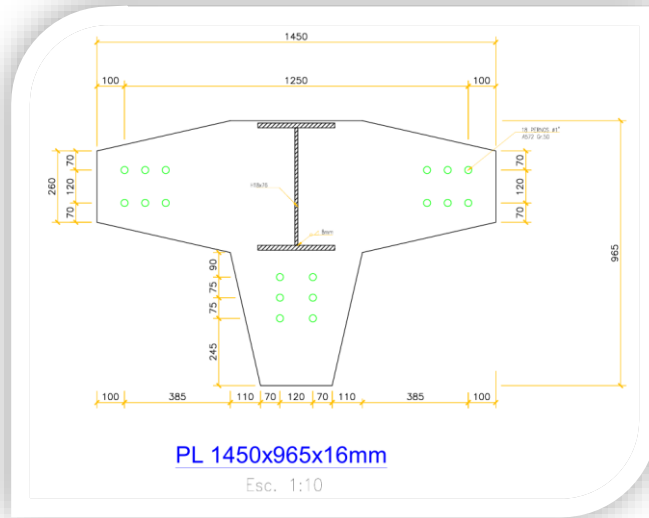


Figura 46: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Conexión 1



- **Normativa**

La verificación de las estructuras está basada en las partes aplicables de las siguientes Normas Técnicas y Reglamentos:

- AISC American Institute of Steel Construction.
- AISC 360-10 Specification for Structural Steel Buildings.
- NTP E0.90 – Norma técnica peruana estructuras metálicas.

- **Materiales propuestos y usados en el diseño**

**Acero Estructural:**

Las características del acero estructural empleado son:

- **Perfiles tubulares**

Tipo de acero: ASTM A500 GRADO A

Resistencia a la fluencia:  $F_y = 269 \text{ MPa}$

Resistencia última:  $F_u = 310 \text{ MPa}$

- **Perfiles laminados**

Tipo de acero: ASTM A992 Gr50

Resistencia a la fluencia:  $F_y = 350 \text{ MPa}$

Resistencia última:  $F_u = 460 \text{ MPa}$

- **Planchas**

Tipo de acero: ASTM A572 Gr50

Resistencia a la fluencia:  $F_y = 350 \text{ MPa}$

Resistencia última:  $F_u = 460 \text{ MPa}$

- **Soldadura**

Electrodo Serie E70XX

- **Acciones**

- **Cargas permanentes (D)**

- **Peso propio**

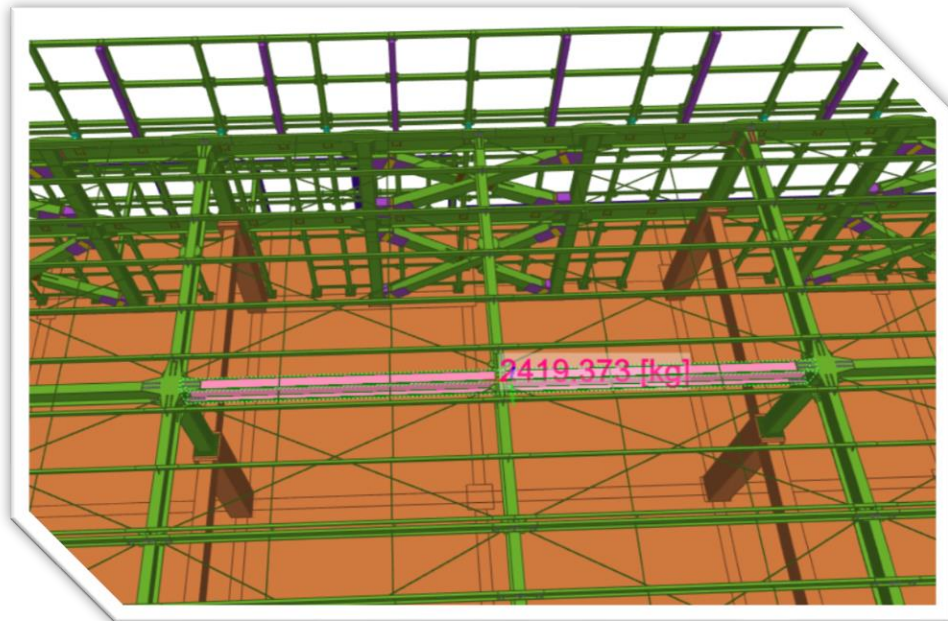
- Se considera el peso propio de los componentes estructurales tomando un valor del peso específico de  $7.85 \text{ t/m}^3$  para el acero estructural.

- **Carga Viva (L)**

- **Sobrecarga de izaje**

- El peso de la carga viva considerada es la de una viga metálica de 3ton de peso, esta carga tiene un incremento por temas de seguridad ya que el componente tiene un peso real de 2.42ton, para considerar los posibles incrementos dinámicos durante el izaje a esta carga se le considerara un factor de amplificación dinámica de 1.50.

Figura 47: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Vista de viga metlica y componentes a izar.



- **Carga sísmica**

Se incorporarán tanto a la base como a los puntos de anclaje de los elementos horizontales las siguientes aceleraciones de acuerdo con el nivel en que se encuentran.

Tabla 9: Aceleraciones del edificio

TABLE: Diaphragm Accelerations					
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	UZ
			m/sec <sup>2</sup>	m/sec <sup>2</sup>	m/sec <sup>2</sup>
4	DR	SXX (R=4.08) Max	7.5872		4.1842
4	DR	SYY (R=4.08) Max		9.7312	4.4472
3	DR	SXX (R=4.08) Max	4.9058	1.9769	5.9072
3	DR	SYY (R=4.08) Max		6.2862	4.6976
2	DR	SXX (R=4.08) Max	4.0127		3.173
2	DR	SYY (R=4.08) Max		4.9748	4.1848
1	DR	SXX (R=4.08) Max	3.6592		2.3343
1	DR	SYY (R=4.08) Max		4.2676	3.2482

- **Combinaciones de carga, factores de carga y resistencia**

En base a las sollicitaciones que actúan sobre la estructura, se tienen las siguientes combinaciones de carga según método de análisis.

Tabla 10: Combinaciones de carga

C1	: 1.4D
C2	: 1.2D + 1.6L + 0.5(Lr ó S)
C3	: 1.2D + 1.0L + 0.5(Lr ó S) + 1.6W
C4	: 1.2D + 1.6(Lr ó S) + 0.8W
C5	: 0.9D + 1.6W
C6	: 1.2D + 1.0L + 0.2(Lr ó S) + E
C7	: 1.2D + 1.0L + 1.6(Lr ó S)
C8	: 0.9D + E
C9	: 1.2D + 1.0L + 0.2(Lr ó S) + Em
C10	: 0.9D + Em

Se utilizarán las siguientes combinaciones para las verificaciones por servicio (ASD):

Tabla 11: Combinaciones ASD

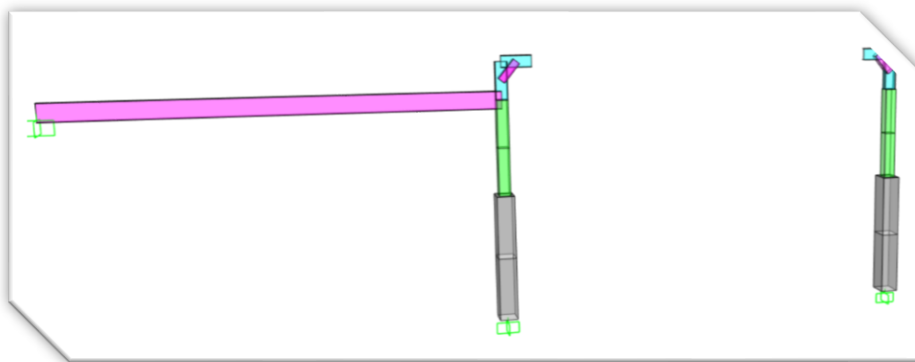
C1	: D
C2	: D + L + (Lr ó S)
C3	: 0.9D + W
C4	: 0.9D + 0.8E
C5	: D + 0.75(L + (Lr ó S) + W)
C6	: D + 0.75(L + (Lr ó S)) + 0.61E
C7	: D + W
C8	: D + 0.8E

## ANÁLISIS ESTRUCTURAL

### • Modelamiento

Se modeló la estructura metálica completa con el software SAP2000, el modelo consta de elementos tipo frame para todas las secciones metálicas.

Figura 48: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Vista tridimensional del modelo.



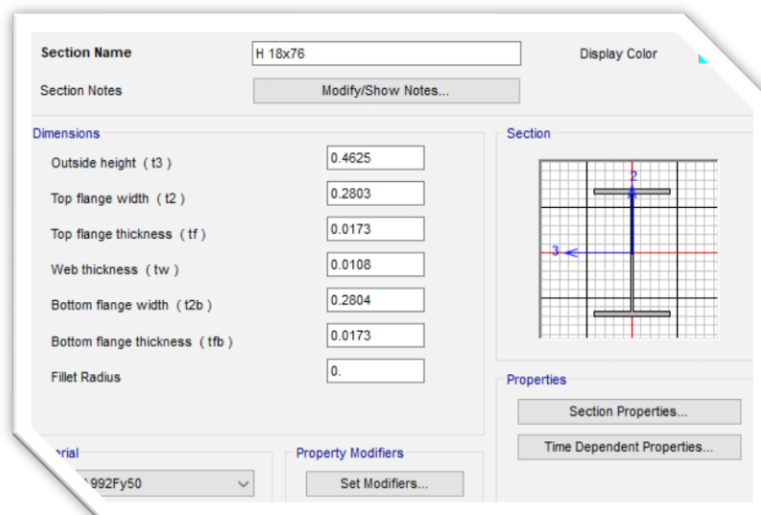
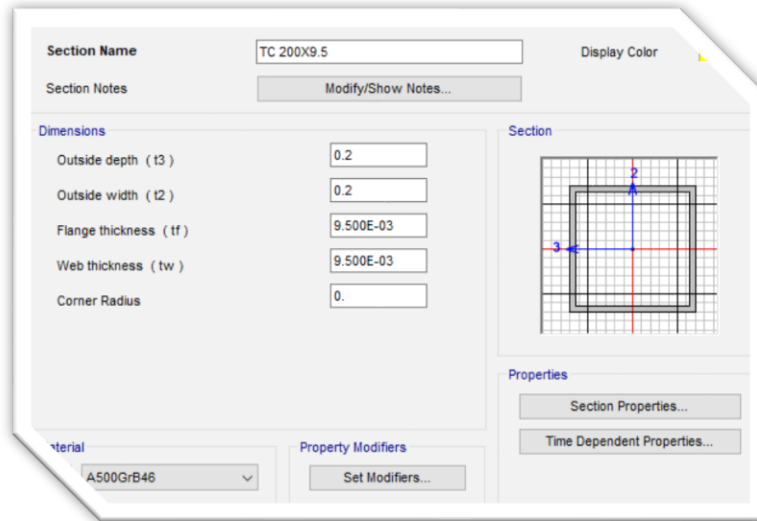
### • Propiedades de los elementos

Los elementos considerados en el cálculo tienen las siguientes propiedades geométricas:

#### ○ Perfiles tubulares

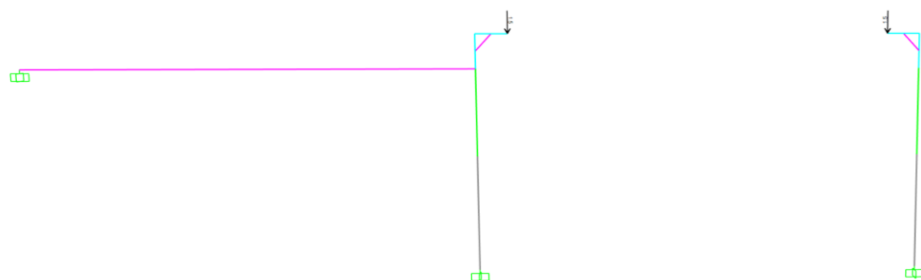
Los perfiles tubulares presentan las siguientes características:

Figura 49: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Perfiles tubulares y tipo H



- **Cargas aplicadas**

La carga viva aplicada en la parte superior del plumín es:



**Stiffness to Use**

Zero Initial Conditions - Unstressed State

Stiffness at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

---

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	W	1.5
Load Pattern	W	1.5

Add  
Modify  
Delete

La carga sísmica considerada se muestra a continuación:

Cargas sísmicas considerando un movimiento sísmico en la dirección X-X:

Data For Stage 1 (0. days; Output: EM;)

Operation	Object Type	Object Name	Age At Add	Type	Name	Scale Factor
Add Structure	Group	2DO_NIVEL	0.			
Add Structure	Group	2DO_NIVEL	0.			
Add Structure	Group	3ER_NIVEL	0.			
Add Structure	Group	4TO_NIVEL	0.			
Load Objects If Added	Group	2DO_NIVEL		Accel	UX	-4.0127
Load Objects If Added	Group	2DO_NIVEL		Accel	UZ	3.173
Load Objects If Added	Group	3ER_NIVEL		Accel	UX	-4.9058
Load Objects If Added	Group	3ER_NIVEL		Accel	UY	-1.9769
Load Objects If Added	Group	3ER_NIVEL		Accel	UZ	5.9072
Load Objects If Added	Group	4TO_NIVEL		Accel	UX	-7.5872
Load Objects If Added	Group	4TO_NIVEL		Accel	UZ	4.1842

Cargas sísmicas considerando un movimiento sísmico en la dirección Y-Y

Data For Stage 1 (0. days; Output: EM;)

Operation	Object Type	Object Name	Age At Add	Type	Name	Scale Factor
Add Structure	Group	2DO_NIVEL	0.			
Add Structure	Group	2DO_NIVEL	0.			
Add Structure	Group	3ER_NIVEL	0.			
Add Structure	Group	4TO_NIVEL	0.			
Load Objects If Added	Group	2DO_NIVEL		Accel	UY	-4.9748
Load Objects If Added	Group	2DO_NIVEL		Accel	UZ	4.1848
Load Objects If Added	Group	3ER_NIVEL		Accel	UY	-6.2862
Load Objects If Added	Group	3ER_NIVEL		Accel	UZ	4.6976
Load Objects If Added	Group	4TO_NIVEL		Accel	UY	-9.7312
Load Objects If Added	Group	4TO_NIVEL		Accel	UZ	4.4472

## DISEÑO ESTRUCTURAL

- **Verificación del comportamiento en servicio**

A continuación, se muestra la deflexión vertical máxima de la viga en voladizo al momento de izar la pieza viga incluyendo factor de amplificación dinámica.

Figura 50: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Deflexión máxima por sobrecarga de izaje 2.22mm

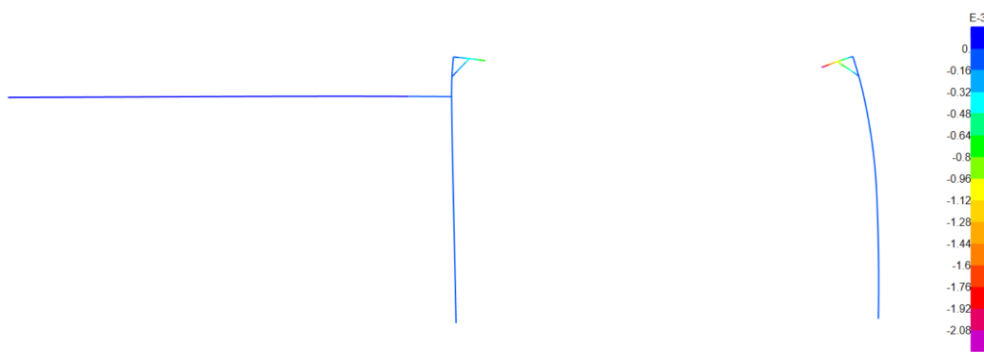
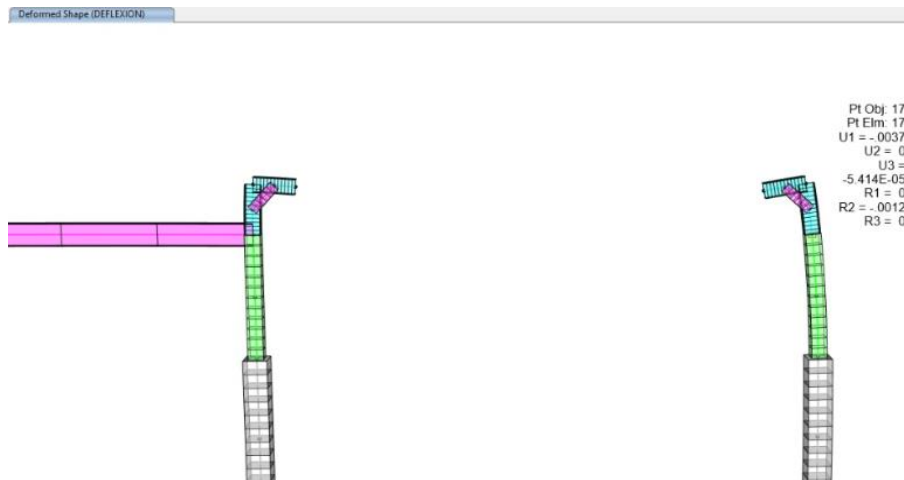


Figura 51: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Desplazamiento lateral máximo a nivel de columna existente es de 3.7mm.



- **Verificación de los elementos metálicos**

Para el diseño se toma en consideración la normativa del AISC 360-16, en su sección B3-1, donde se indica que la capacidad  $\phi R_n$  debe ser mayor o igual a la demanda  $R_u$ ; es decir, se debe tener un ratio de  $D/C$   $\left(\frac{R_u}{\phi R_n}\right)$  menor o igual a 1.

### 1. Design for Strength Using Load and Resistance Factor Design (LRFD)

Design according to the provisions for load and resistance factor design (LRFD) satisfies the requirements of this Specification when the design strength of each structural component equals or exceeds the required strength determined on the basis of the LRFD load combinations. All provisions of this Specification, except for those in Section B3.2, shall apply.

Design shall be performed in accordance with Equation B3-1:

$$R_u \leq \phi R_n \quad (B3-1)$$

where

$R_u$  = required strength using LRFD load combinations

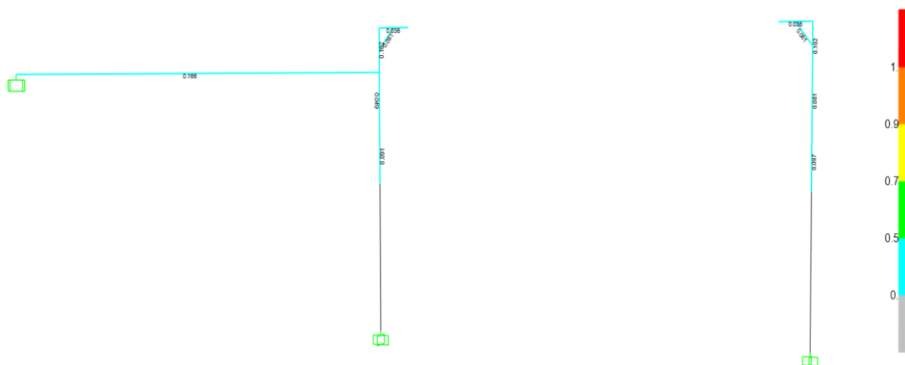
$R_n$  = nominal strength

$\phi$  = resistance factor

$\phi R_n$  = design strength

Para reportar las fuerzas se van a estudiar los elementos más cargados y reportar los resultados, según el diagrama demanda capacidad se tiene como elementos más cargados.

Figura 52: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Ratios de D/C en los elementos metálicos



- **Verificación de conexiones**

- **Tipo de conexión 1**

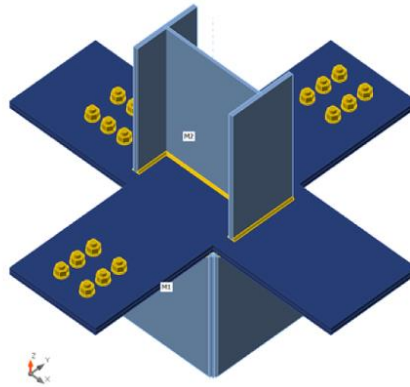
**Ítem del proyecto CONEXION 1**

**Diseño**

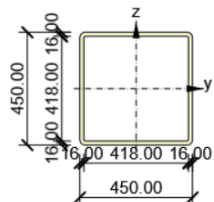
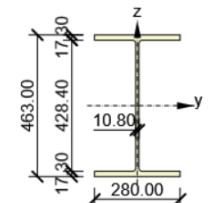
Nombre	CONEXION 1
Descripción	CONEXION DE LA BASE DEL PLUMIN
Análisis	Tensión, deformación/ Carga simplificada
Normativa de cálculo	AISC - LRFD 2016

**Elementos estructurales**

Nombre	Sección transversal	$\beta$ - Dirección [°]	$\gamma$ - Inclinación [°]	$\alpha$ - Rotación [°]	Desplazamiento $e_x$ [mm]	Desplazamiento $e_y$ [mm]	Desplazamiento $e_z$ [mm]	Fuerzas en
M1	2 - TC450x450X16(RHS450x450)	0.00	90.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Nodo
M2	4 - H 18X76(W(Imp)18X76)	0.00	-90.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Tornillos



**Secciones**

Nombre	Material	Dibujo
2 - TC450x450X16(RHS450x450)	A572 Gr.50	
4 - H 18X76(W(Imp)18X76)	A709 Gr.50	

#### Tornillos

Nombre	Conjunto de tornillo	Diámetro [mm]	$f_u$ [MPa]	Área bruta [mm <sup>2</sup> ]
1 A325	1 A325	25.40	827.37	506.71

#### Cargas (No se requiere el equilibrio)

Nombre	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
C1-1	M2	57.56	0.00	0.00	0.00	64.81	0.00
C2-1	M2	45.78	0.00	-2.65	0.00	52.61	0.00
C3-1	M2	45.87	0.00	0.00	0.00	49.40	0.00

### Verificación

#### Resumen

Nombre	Valor	Estado de la verificación
Análisis	100.0%	OK
Placas	0.7 < 5.0%	OK
Tornillos	75.6 < 100%	OK
Soldaduras	76.1 < 100%	OK
Pandeo	No calculado	
GMNA	Calculado	

#### Placas

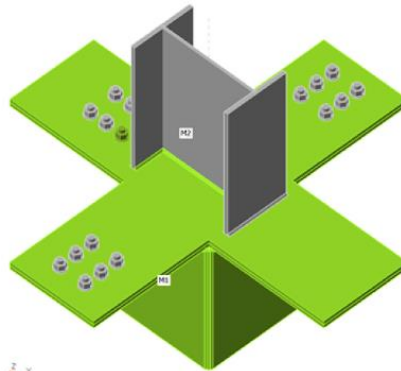
Nombre	Material	$f_y$ [MPa]	Espesor [mm]	Cargas	$\sigma_{Ed}$ [MPa]	$\epsilon_{PI}$ [%]	$\sigma_{cEd}$ [MPa]	Estado de la verificación
M1	A572 Gr.50	344.74	16.00	C1-1	234.77	0.0	0.00	OK
M2-bfl 1	A709 Gr.50	344.74	17.30	C1-1	88.15	0.0	0.00	OK
M2-tfl 1	A709 Gr.50	344.74	17.30	C1-1	215.04	0.0	0.00	OK
M2-w 1	A709 Gr.50	344.74	10.80	C1-1	121.93	0.0	0.00	OK
PP1a	A36	248.21	16.00	C1-1	224.76	0.7	138.24	OK
PP1b	A36	248.21	16.00	C1-1	224.51	0.6	138.24	OK

#### Datos de diseño

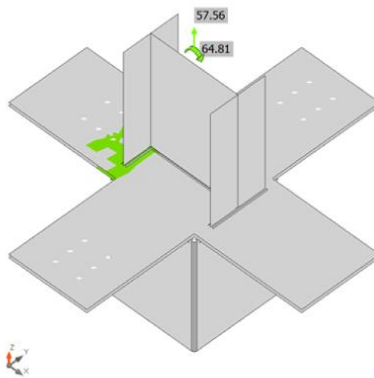
Material	$f_y$ [MPa]	$\epsilon_{lim}$ [%]
A572 Gr.50	344.74	5.0
A709 Gr.50	344.74	5.0
A36	248.21	5.0

#### Explicación del símbolo

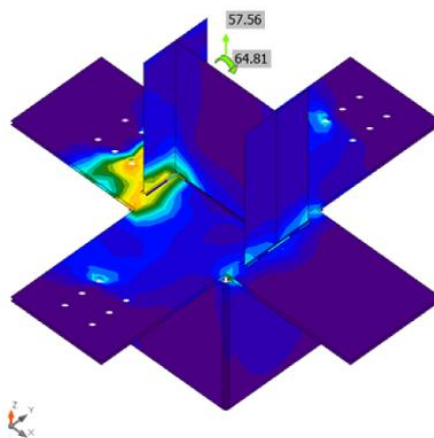
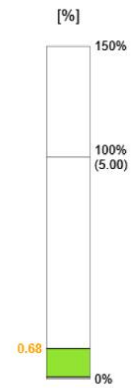
$\epsilon_{PI}$	Deformación plástica
$\sigma_{cEd}$	Tensiones de Contacto
$\sigma_{Ed}$	Ec. tensión
$f_y$	Límite elástico
$\epsilon_{lim}$	Límite de la deformación plástica



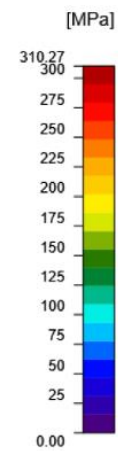
Verificación general, C1-1




Verificación de deformación, C1-1



Tensión equivalente, C1-1



**Tornillos**

Forma	Ítem	Calidad	Cargas	$F_t$ [kN]	$V$ [kN]	$\phi R_{n,portante}$ [kN]	$U_t$ [%]	$U_s$ [%]	$U_{ts}$ [%]	Estado
	B2	1 A325 - 1	C1-1	0.04	1.02	292.61	0.0	0.7	-	OK
	B3	1 A325 - 1	C1-1	0.06	1.34	292.61	0.0	0.9	-	OK
	B4	1 A325 - 1	C1-1	0.00	1.56	292.61	0.0	1.1	-	OK
	B5	1 A325 - 1	C1-1	0.08	1.36	267.41	0.0	1.0	-	OK
	B6	1 A325 - 1	C1-1	0.04	1.03	292.61	0.0	0.7	-	OK
	B7	1 A325 - 1	C1-1	0.08	1.37	267.41	0.0	1.0	-	OK
	B8	1 A325 - 1	C1-1	2.18	1.77	292.61	0.9	1.3	-	OK
	B9	1 A325 - 1	C1-1	2.05	1.77	292.61	0.9	1.3	-	OK
	B10	1 A325 - 1	C1-1	178.09	2.29	292.61	75.6	1.6	-	OK
	B11	1 A325 - 1	C1-1	177.95	2.33	292.61	75.5	1.6	-	OK
	B12	1 A325 - 1	C1-1	7.22	1.88	292.61	3.1	1.3	-	OK
	B13	1 A325 - 1	C1-1	26.42	1.95	292.61	11.2	1.4	-	OK
	B14	1 A325 - 1	C1-1	0.06	1.34	292.61	0.0	0.9	-	OK
	B15	1 A325 - 1	C1-1	0.00	1.57	292.61	0.0	1.1	-	OK
	B16	1 A325 - 1	C1-1	7.23	1.88	292.61	3.1	1.3	-	OK
	B17	1 A325 - 1	C1-1	26.40	1.95	292.61	11.2	1.4	-	OK
	B18	1 A325 - 1	C1-1	0.00	1.84	267.41	0.0	1.3	-	OK
	B19	1 A325 - 1	C1-1	0.00	1.83	267.41	0.0	1.3	-	OK

**Datos de diseño**

Calidad	$\phi R_{n,tracción}$ [kN]	$\phi R_{n,cortante}$ [kN]
1 A325 - 1	235.62	141.37

**Explicación del símbolo**

$F_t$	Fuerza de tracción
$V$	Resultante de las fuerzas cortantes $V_y$ , $V_z$ en el tornillo.
$\phi R_{n,portante}$	Resistencia a aplastamiento de la chapa provocado por el tornillo
$U_t$	Utilización a tracción
$U_s$	Utilización a cortante
$U_{ts}$	Utilización a tensión y cortante
$\phi R_{n,tracción}$	Resistencia de los pernos a tracción, según AISC 360-10 tabla J3.2
$\phi R_{n,cortante}$	Resistencia de los pernos a cortante, según AISC 360-16 tabla J3.2

**Resultado detallado para B10**

**Comprobación de la resistencia a tracción (AISC 360-16: J3-1)**

$$\phi R_n = \phi \cdot F_{nt} \cdot A_b = 235.62 \text{ kN} \geq F_t = 178.09 \text{ kN}$$

Donde:

$$F_{nt} = 620.00 \text{ MPa} \quad \text{-- resistencia a tracción nominal de AISC 360-16 Tabla J3.2}$$

$$A_b = 506.71 \text{ mm}^2 \quad \text{-- Área bruta del tornillo}$$

$$\phi = 0.75 \quad \text{-- resistance factor}$$

**Explicación del símbolo**

$N_f$	Fuerza de tracción
$V$	Resultante de las fuerzas cortantes $V_y, V_z$ en el tornillo.
$\phi N_{cbg}$	Resistencia al arrancamiento del cono de hormigón a tracción de acuerdo con – ACI 318-14 – 17.4.2
$\phi V_{cbg}$	Resistencia al arrancamiento del cono de hormigón a cortante de acuerdo con – ACI 318-14 – 17.5.2
$\phi V_{cp}$	Resistencia al desprendimiento del hormigón por cabeceo del andaje a cortante de acuerdo con – ACI 318-14 – 17.5.3
$U_t$	Utilización a tracción
$U_s$	Utilización a cortante
$U_{ts}$	Utilización a tensión y cortante
$\phi N_{sa}$	Resistencia del andaje en tracción - ACI 318-14 – 17.4.1
$\phi V_{sa}$	Resistencia del andaje a cortante - ACI 318-14 – 17.5.1

**Comprobación de la resistencia a cortante (AISC 360-16: J3-1)**

$$\phi R_n = \phi \cdot F_{nv} \cdot A_b = 141.37 \text{ kN} \geq V = 2.29 \text{ kN}$$

Donde:

$$F_{nv} = 372.00 \text{ MPa} \quad \text{– resistencia a tensiones tangenciales de AISC 360-16 Tabla J3.2}$$

$$A_b = 506.71 \text{ mm}^2 \quad \text{– Área bruta del tornillo}$$

$$\phi = 0.75 \quad \text{– resistance factor}$$

**Comprobación de resistencia a aplastamiento (AISC 360-16: J3-6)**

$$R_n = 1.20 \cdot l_c \cdot t \cdot F_u \leq 2.40 \cdot d \cdot t \cdot F_u$$

$$\phi R_n = 292.61 \text{ kN} \geq V = 2.29 \text{ kN}$$

Donde:

$$l_c = 163.52 \text{ mm} \quad \text{– distancia libre, en la dirección de la fuerza, entre el borde del agujero y el borde del agujero adyacente o borde del material}$$

$$t = 16.00 \text{ mm} \quad \text{– espesor de la placa}$$

$$d = 25.40 \text{ mm} \quad \text{– dimámetro del tornillo}$$

$$F_u = 400.00 \text{ MPa} \quad \text{– resistencia a tracción del material conectado}$$

$$\phi = 0.75 \quad \text{– factor de resistencia para aplastamiento en agujeros para tornillos}$$

**Comprobación de la interacción tracción-cortante (AISC 360-16: J3-2)**

La tensión requerida, a cortante o en tracción, es menor o igual al 30% de la resistencia y los efectos de las tensiones combinadas no necesitan ser evaluadas.

#### Weld sections

Ítem	Borde	Xu	T <sub>h</sub> [mm]	L <sub>s</sub> [mm]	L [mm]	L <sub>c</sub> [mm]	Cargas	F <sub>n</sub> [kN]	φR <sub>n</sub> [kN]	Ut [%]	Estado
PP1b	M2-bfl 1	E70xx	▲5.66▲	▲8.00▲	279.40	46.57	C1-1	13.96	57.79	24.2	OK
		E70xx	▲5.66▲	▲8.00▲	279.40	46.57	C1-1	39.79	85.20	46.7	OK
PP1b	M2-tfl 1	E70xx	▲5.66▲	▲8.00▲	279.40	46.57	C1-1	65.24	85.68	76.1	OK
		E70xx	▲5.66▲	▲8.00▲	279.40	46.57	C1-1	35.59	76.03	46.8	OK
PP1b	M2-w 1	E70xx	▲5.66▲	▲8.00▲	445.25	49.47	C1-1	67.85	90.41	75.0	OK
		E70xx	▲5.66▲	▲8.00▲	445.25	49.47	C1-1	67.88	90.44	75.1	OK
PP1a	M1	E70xx	▲5.66▲	▲8.00▲	1595.80	28.47	C1-1	27.97	37.47	74.7	OK
		E70xx	▲5.66▲	▲8.00▲	1597.20	28.52	C2-1	33.83	44.99	75.2	OK

#### Explicación del símbolo

T <sub>h</sub>	Espesor de garganta de soldadura
L <sub>s</sub>	Tamaño de la soldadura
L	Longitud de la soldadura
L <sub>c</sub>	Longitud del elemento crítico de la soldadura
F <sub>n</sub>	Fuerza en el elemento crítico de la soldadura
φR <sub>n</sub>	Resistencia de la soldadura, AISC 360-10 J2.4
Ut	Utilización

#### Resultado detallado para PP1b / M2-tfl 1

##### Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} = 85.68 \text{ kN} \geq F_n = 65.24 \text{ kN}$$

Donde:

$$F_{nw} = 433.70 \text{ MPa} \quad \text{— resistencia nominal del material de aportación:}$$

- $F_{nw} = 0.6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0.5 \cdot \sin^{1.5} \theta)$ , donde:
  - $F_{EXX} = 482.63 \text{ MPa}$  — número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta = 85.50^\circ$  — ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$$A_{we} = 263.42 \text{ mm}^2 \quad \text{— área eficaz del elemento de soldadura crítico}$$

$$\phi = 0.75 \quad \text{— factor de resistencia para conexiones soldadas}$$

### Conclusiones obtenidas después del análisis:

- Los perfiles metálicos propuestos cumplen adecuadamente con un ratio demanda capacidad máximo de  $D/C = 0.102$ , por lo tanto, **cumplen para las solicitaciones requeridas.**
- La deflexión vertical por la sobrecarga de izaje es de 2.22mm lo cual es inferior a  $L/300 = 1.20/300 = 4\text{mm}$ , por lo tanto, **cumple para las solicitaciones requeridas.**
- La conexión 1 cumple adecuadamente con un ratio  $D/C = 0.75$ , por lo tanto, **cumplen para las solicitaciones requeridas.**

Después de haber obtenidos los resultados del análisis estructural procederemos a generar los planos respectivos.

Figura 53: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Planos de diseño de estructura auxiliar.

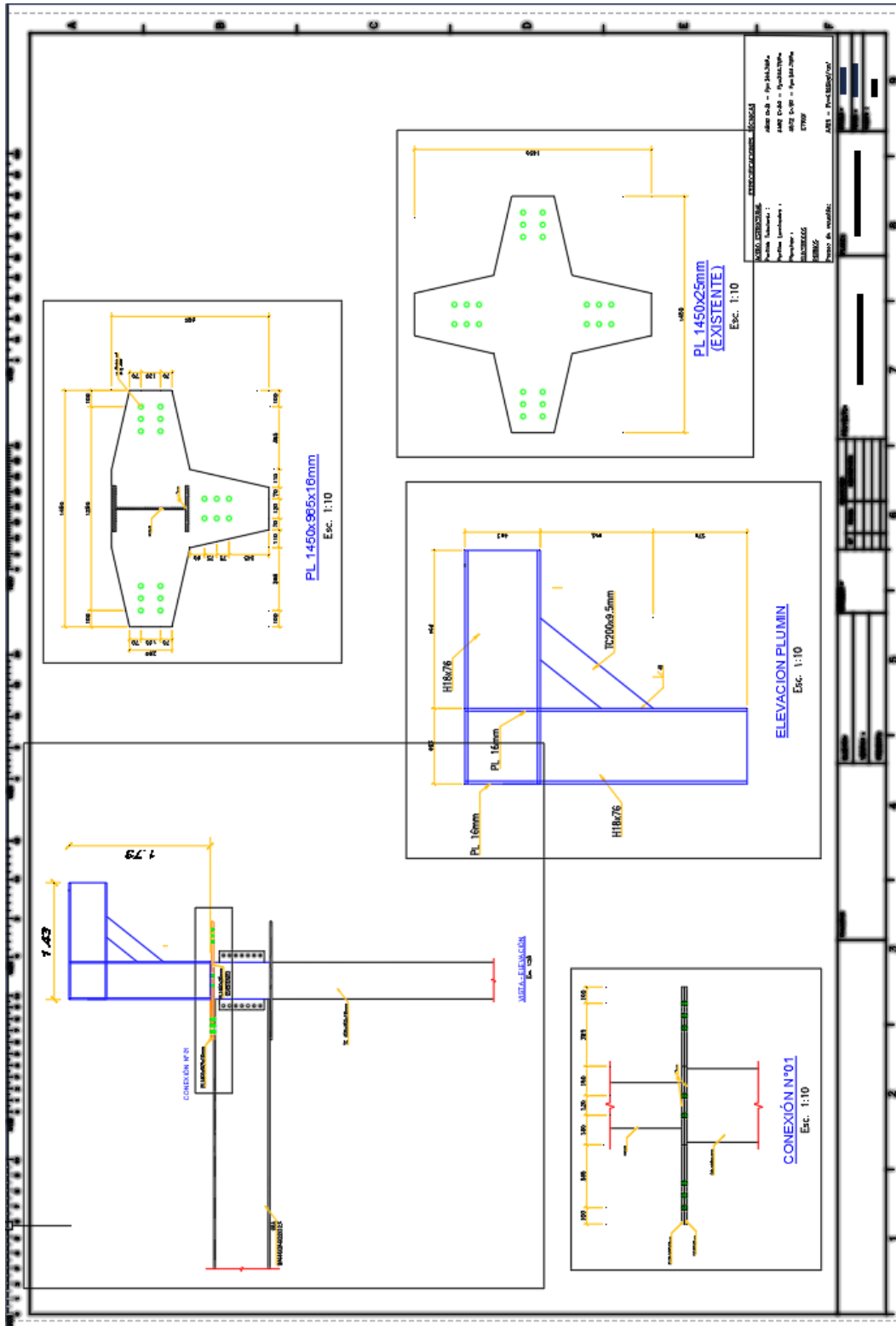


Figura 54: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: EETT según diseño

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
<u>ACERO ESTRUCTURAL</u>	
Perfiles Tubulares :	A500 Gr.B – $F_y=344.7\text{MPa}$
Perfiles Laminados :	A992 Gr.50 – $F_y=344.7\text{MPa}$
Planchas :	A572 Gr.50 – $F_y=344.7\text{MPa}$
<u>ELECTRODOS</u>	E70XX
<u>PERNOS</u>	
Pernos de conexión:	A325 – $F_y=6320\text{kgf/cm}^2$

### Fabricación de los elementos auxiliares:

La fabricación de estructuras auxiliar se fabrica siguiendo estrictos controles de calidad de acuerdo con el procedimiento de la empresa JCB Estructuras la cual se detalla a continuación:

### Procedimiento de fabricación y control de calidad JCB Estructuras:

#### 1. Objetivo:

Establecer el procedimiento para el aseguramiento y control de calidad en la fabricación de estructuras y puentes, con la finalidad de lograr el cumplimiento de las especificaciones técnicas de los proyectos y los estándares AISC, códigos y normativa aplicable.

#### 2. Alcance:

El procedimiento tiene por alcance la recepción de material, fabricación en planta, despacho del producto, montaje en obra.

#### 3. Referencias normativas:

- AISC 207-16 Standard for Steel Fabrication and Erection, and Manufacturing of Metal Components
- AISC 420-10/SSPC-QP 3 Standard for shop application of complex protective coating systems,
- ANSI/AISC 303-16 Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges.
- Norma ISO 9001:2015 Sistema de gestión de calidad

#### 4. Responsables:

- Jefe de Control de Calidad
- Inspectores de Control de Calidad

#### 5. Definiciones:

**Subcontratista:** Empresa contratada para procesos de producción trabajando dentro de las instalaciones de planta y que se encuentran bajo supervisión y control directo del Departamento de Producción de JCB Estructuras.

**No conformidad:** Incumplimiento de un requisito. **Defecto:** No conformidad relativa a un uso previsto o especificado.

N°	Descripción de la Actividad	Responsable	Código de registros
6.1	<p><b>Planificación:</b> Se elaborará el <b>Plan de Calidad</b> y <b>Plan de Puntos de Inspección</b> según las especificaciones técnicas del proyecto.</p>	Jefe de Control de Calidad	<p>OPE-CAL-PL-01 OPE-CAL-PL-02</p>
6.1.1	<p><b>Elaboración del Plan de Calidad:</b> Se tomarán en cuenta para la planificación, seguimiento e inspección del proceso constructivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Especificaciones técnicas</li> <li>• Revisión y comunicación de los documentos del proyecto.</li> <li>• Los planos de ingeniería básica.</li> <li>• Normas que aplique al proyecto en ejecución.</li> </ul> <p>Esta información estará disponible en la carpeta compartida de proyectos.</p>	Jefe de Control de Calidad	OPE-CAL-PL-01
6.1.2.	<p><b>Elaboración del Plan de Inspección:</b> Elaborará el Plan de Puntos de Inspección, según el Plan de Calidad. En este documento se detallará el porcentaje de elementos a verificar y el cumplimiento de las especificaciones técnicas en las diferentes etapas del proceso. Comunicará el Plan de Puntos de Inspección al personal de calidad y demás involucrados que intervienen en el proyecto y en los procesos.</p>	Jefe de Control de Calidad	OPE-CAL-PL-02
6.1.3.	<p><b>Revisión y aprobación del Plan de Calidad:</b> Se enviará el Plan de calidad y Plan de Puntos de Inspección al Jefe de Proyectos para su revisión y aprobación por el cliente. En caso el cliente no solicite el Plan de Calidad, se enviara al final del</p>	Jefe de Control de Calidad Jefe de Proyectos	<p>OPE-CAL-PL-01 OPE-CAL-PL-02</p>

	proyecto junto con el dossier de calidad y el Acta de entrega de obra		
6.1.4.	<p><b>Elaboración del Programa de Ensayos:</b></p> <p>Elaborará el <b>Control de END</b> según el Plan de Calidad y Plan de Puntos de Inspección indicando las fechas tentativas para realizar los END, las juntas y los métodos de ensayo a ser utilizados.</p> <p><b>Ensayos No Destructivos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección visual</li> <li>• Tintes penetrantes</li> <li>• Partículas magnéticas</li> <li>• Ultrasonido</li> <li>• Gammagrafía Industrial</li> <li>• Otros normados</li> </ul> <p>De acuerdo a los documentos de carácter contractual del proyecto o norma aplicable, se incluirán en el Dossier de Calidad los <b>Ensayos Destructivos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Macrografía (MC)</li> <li>• Metalografía (ML)</li> <li>• Tracción (TR)</li> <li>• Doblez (DB)</li> <li>• Charpy</li> </ul> <p><b>Nota:</b> En el caso de realizarse Ensayos No Destructivos (END) estos quedarán registrados en Control de END. Los ensayos no destructivos se ejecutarán el porcentaje según indicado en el contrato, las EETT, o como indique la norma a utilizar y serán reportados.</p>	Jefe de Control de Calidad	OPE-CAL-FR-04

6.1.5.	<p><b>Elaboración de procedimientos e instructivos de fabricación:</b></p> <p>Revisará los procedimientos e instructivos de control de calidad y aporta observaciones o mejoras, de acuerdo a la necesidad y exigencias del proyecto o del cliente; optimizando el proceso productivo y realizando los ensayos o pruebas pertinentes para asegurar el estándar de calidad de los elementos fabricados.</p> <p>NOTA: En caso de necesitar algún instructivo adicional, coordinará su desarrollo con el Jefe de Planta y Supervisor de Producción y procederá según la Gestión de la Información Documentada.</p>	Jefe de Control de Calidad	SIG-FP-01
6.2.	<b>Ejecución:</b>		
6.2.1.	<p><b>Control de calidad en la Recepción de Productos:</b></p> <p>Verificará en general todos los materiales e insumos, consumibles, serán sujetos al proceso de control y recepción establecidos, Estos aspectos serán concordantes con las especificaciones técnicas y la normativa aplicable.</p> <p>Se utilizará la tabla <b>Selección y Tamaño de Muestra</b>. Se registrará la inspección en el <b>formato OPE-CAL-FR-29 Recepción de Materiales</b>.</p> <p>Una vez revisado y aprobado el material, el Jefe de Almacén y Calidad sellarán la guía de remisión y archivarán las guías, certificados de calidad.</p> <p>En caso de los materiales no cumplan con las especificaciones técnicas serán rechazadas y deberá comunicarlo al Jefe de Control de Calidad, Jefe de Logística y Jefe de Planta vía correo electrónico</p>	Inspector de Control de Calidad	Recepción de Material OPE-CAL-FR-29

6.2.2.	<p><b>Ensayos Destructivos:</b>          En caso de existir alguna duda sobre la calidad del acero, podrá solicitar la ejecución de ensayos destructivos a solicitud del cliente o de acuerdo a lo que indica la norma. Coordinará la ejecución de los ensayos destructivos con la aprobación del Gerente de Operaciones y/o Proyecto y/o Jefe de Proyecto vía transmittal interno. Los ensayos destructivos comprenderán: Dobleza, Tracción, Macrografía, Metalografía, Químico.</p>	Jefe de Control de Calidad	---
6.2.3	<p><b>Certificado de calidad, Seguridad y Ambiente:</b>          Deberá asegurarse de contar con los Certificados de Calidad, de todos los productos, tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acero</li> <li>• Pintura</li> <li>• Soldadura</li> <li>• Gases</li> <li>• Tintes penetrantes</li> <li>• Pernos</li> <li>• Granalla</li> <li>• Cobertura</li> </ul> <p>Los certificados de calidad serán archivados para el dossier de calidad.</p>	Inspector de Control de Calidad y Almacenero	---
6.2.4.	<p><b>Calificación de Soldadores, Operario de soldadura, Apuntaladores (Homologación):</b>          Se procederá según el procedimiento de soldadura calificado o precalificado según: AWS, API, ASME, y lo requerido por el proyecto; los mismos que servirán para calificar (homologar) a los soldadores, operarios de soldadura y apuntaladores. Se procederá según el Procedimiento OPE-CAL-PR-08 Calificación de</p>	Jefe de Control de Calidad	OPE-CAL-PR-05 OPE-CAL-PR-06

	Soldadores, Operarios de soldadura y apuntaladores.		
6.2.5.	<p><b>Elaboración de Procedimientos de Soldadura – WPS:</b> Se elaborará los procedimientos de soldadura, y se realizará la calificación en base a las normas, códigos y procedimiento de soldadura que amerite el proyecto. Se registrará los datos en Especificación de WPS y/o PQR y a continuación actualizará la <b>OPE-CAL-FR-08 Lista de WPS/PQR</b>. Se procederá según el Procedimiento OPE-CAL-PR-09 Calificación de procedimientos de soldadura.</p>	Jefe de Control de Calidad	OPE-CAR-PR-09 OPE-CAL-FR-08
6.2.6.	<p><b>Evaluación de Subcontratistas:</b> Se procederá a evaluar a los subcontratistas con la finalidad de verificar el cumplimiento de los requerimientos de JCB Estructuras de acuerdo al procedimiento Selección y evaluación de Subcontratistas.</p>	Jefe de Control de Calidad	ADM-LOG-PR-02
6.2.7.	<p><b>Seguimiento de fabricación:</b> Se deberá monitorear los siguientes puntos estratégicos para el seguimiento del Control de Calidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Habilitado de componentes.</li> <li>- Armado de estructuras.</li> <li>- Soldeo de estructuras.</li> <li>- Preparación de superficies, aplicación de recubrimiento</li> <li>- Instalación de pernos.</li> <li>- Control y registro del Producto de No Conforme.</li> </ul>	Jefe de Control de Calidad  Inspector de Control de Calidad	---

6.2.7.1.	Se deberá verificar la conformidad de los procesos de fabricación empleando los planos de fabricación, las especificaciones técnicas del proyecto, referencias normativas y códigos aplicables.	Inspector de Control de Calidad	---
6.2.7.2.	<p><b>Inspección de Habilitado:</b> Realizará la inspección de las partes habilitadas, tomando una muestra de acuerdo al formato <b>OPE-CAL-FR-02 Selección y Tamaño de Muestra</b> y dará su conformidad firmando la hoja de diseño alcanzada por Supervisor de Habilitado.</p> <p>NOTA: La inspección consistirá en verificar el tipo de material, espesor, longitudes, distancias entre agujeros, diámetros de los mismos, etc.</p>	Inspector de Control de Calidad	OPE-CAL-FR-02
6.2.7.3.	<p><b>Inspección de armado:</b> Se verificará el armado, usando una escuadra y wincha para verificar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El material de las partes ensambladas.</li> <li>- Las distancias y diámetros de las perforaciones.</li> <li>- El corte irregular.</li> <li>- Cartela, placa doblada.</li> <li>- Falta de destaje.</li> <li>- La limpieza de las juntas.</li> </ul> <p>El control en esta etapa se registrará en el formato <b>Control Dimensional</b> y/o en los planos de fabricación donde se anotarán las diferencias dimensionales de la medida nominal con la real y serán sellados y firmados por el personal de calidad.</p>	Inspector de Control de Calidad	<p>OPE-CAL-FR-09</p> <p>y/o</p> <p>Plano de fabricación</p>

6.2.7.4.	<p>En caso de encontrarse observaciones, se asegurará que las mismas sean corregidas y dará su aprobación final, firmando el formato de Control Dimensional y/o plano de fabricación seguidamente de la firma y sello, se procederá a dar lugar a los elementos pasar al proceso de soldeo.</p>	Inspector de Control de Calidad	<p>OPE-CAL-FR-09</p> <p>y/o</p> <p>Plano de fabricación</p>
6.2.7.5.	<p><b>Inspección de Soldadura:</b></p> <p>Se verificará que el proceso de soldeo de las partes y conjuntos estructurales sean ejecutados siguiendo lo indicado en el procedimiento de Inspección visual de soldadura, los detalles de soldadura indicados en los planos correspondientes o normas aplicables.</p> <p>Realizara inspección visual al 100% de los productos Soldados de acuerdo al Instructivo <b>OPE-CAL-IN-03 Inspección Visual de Soldadura.</b></p> <p>Registrará los datos de soldadura en el <b>registro OPE-CAL-FR-17 Inspección Visual de Soldadura y Liberación.</b></p> <p>En dicho formato se apreciará la rastreabilidad del soldador por tipo de junta.</p>	Inspector de Control de Calidad	OPE-CAL-FR-17
6.2.7.6.	<p>En caso de encontrar No Conformidades, se asegurará, que las mismas sean registradas y corregidas en el formato No Conformidad / Acción Correctiva / Oportunidad de Mejora</p> <p>Los elementos conformes serán liberados para el siguiente proceso de preparación de superficie y aplicación de recubrimiento.</p>	Inspector de Control de Calidad	SIG-FR-09

6.2.7.7.	<p><b>Inspección de Preparación de Superficie</b></p> <p>Antes de dar inicio al proceso, se verificará las condiciones ambientales, las especificaciones técnicas o lo que indique la norma.</p> <p>Diariamente se realizará el control de calidad de los elementos granalladas o arenadas, teniendo en cuenta los siguientes defectos que pudiera encontrar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presencia de polvo de óxido.</li> <li>- Presencia de tierra.</li> <li>- Oxidación de superficie granallada.</li> <li>- Rugosidad mayor.</li> <li>- Rugosidad menor.</li> <li>- Presencia de chapa de laminación.</li> </ul> <p>Luego se deberá registrar en el formato <b>OPE-REC-FR-04 Preparación de Superficie y Pintura</b> y en el registro <b>OPE-CAL-FR-10 Medición de Rugosidad</b>.</p>	Inspector de Control de Calidad	OPE-REC-FR-04 OPE-CAL-FR-10
6.2.7.8.	<p>En caso de observaciones, en planta de JCB Estructuras o en planta del cliente, se rechazará y solo cuando se hayan realizado las correcciones, se dará la conformidad y quedarán liberadas para la siguiente etapa.</p> <p>Las No Conformidades serán registradas y corregidas en el formato No Conformidad / Acción Correctiva / Oportunidad de Mejora</p>	Inspector de Control de Calidad	SIG-FR-09
6.2.7.9.	<p><b>Inspección de recubrimiento:</b></p> <p>Se realizará el proceso de inspección de acuerdo a las especificaciones técnicas del cliente, orden de servicio y las normas aplicables.</p> <p>Se debe verificar las estructuras pintadas al 100%, para ello tomará como referencia los siguientes instructivos:</p>	Inspector de Control de Calidad	OPE-REC-FR-04

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medición de espesor de película húmeda.</li> <li>- Medición de espesor de película seca.</li> </ul> <p>Se deberá registrar los datos y resultados en el formato de Preparación de Superficie y Pintura.</p>		
6.2.7.10	Las No Conformidades serán registradas y corregidas en el formato No Conformidad / Acción Correctiva / Oportunidad de Mejora	Inspector de Control de Calidad	SIG-FR-09
6.2.8.	<p><b>Trabajos Topográficos:</b></p> <p>Se tendrá en cuenta los procedimientos topográficos, especificaciones o normas aplicables al proyecto.</p> <p>Con la compatibilización y definición de planos ya concluida se procederá a realizar un replanteo y levantamiento topográfico de las zonas donde se ejecutarán los trabajos de montaje. También se trazarán los ejes finales en cada zona donde sea necesario.</p>	Inspector de Control de Calidad en obra (montaje)	-
6.2.9.	<p><b>Control de anclajes:</b></p> <p>Antes de iniciar el montaje, deberá hacer una verificación de los ejes, en cuánto a sus distancias, alineaciones, etc. Seguidamente, se verificará los anclajes a utilizar y los registrará de Control de Anclajes.</p>	Inspector de Control de Calidad en obra (montaje)	OPE-CAL-FR-11
6.2.10.	<p><b>Control de torque:</b></p> <p>En unión de juntas empernadas, se verificará el torque de los pernos, debiendo registrar los datos del elemento de ajuste, el equipo de medición usado y las mediciones obtenidas en Control de Torque. Este proceso se aplica a los pernos de tipo ASTM A325, ASTM A490 o lo que indique las especificaciones técnicas, normas respectivas o procedimientos.</p>	Inspector de Control de Calidad en obra (montaje)	OPE-CAL-FR-12

6.2.11.	<p><b>Control de Verticalidad:</b> En el montaje de los elementos deberá verificar la verticalidad y los datos del teodolito utilizado de acuerdo a lo especificado en la norma NTP E90, AISC o procedimiento topográfico; y se registrará en el formato de Control de Verticalidad.</p>	Inspector de Control de Calidad en obra (montaje), Técnico topógrafo.	OPE-CAL-FR-13
6.2.12.	<p><b>Control de Niveles:</b> Se deberá verificar los niveles de los elementos, los equipos de medición utilizados y las mediciones correspondientes de acuerdo a la norma NTP E90, AISC o procedimiento topográfico; y se registrará en el formato de Control de Niveles</p>	Inspector de Control de Calidad en obra (montaje), Técnico topógrafo.	OPE-CAL-FR-14
6.2.13.	<p><b>Control de Instalación de Cobertura:</b> Durante la instalación de la cobertura, se deberá registrar los datos del material, las inspecciones previas y posteriores a la instalación; de acuerdo a lo especificado a la norma respectiva ASTM y deberá registrarse en el formato de Control de Instalación de Cobertura.</p>	Inspector de Control de Calidad en obra (montaje)	OPE-CAL-FR-15
6.2.14.	<p><b>Control de estanqueidad:</b> Deberá asegurar que la cobertura quedará sin hendiduras, u orificios donde se pueda empozar o filtrar el agua, para esto utilizará el Control de Estanqueidad.</p>	Inspector de Control de Calidad en obra (montaje)	OPE-CAL-FR-16
6.3.	<p><b>No conformidades:</b> En cada caso, de encontrarse no conformidades en todos los procesos, se procederá a llenar el Informe de No Conformidad, Acción Correctiva y Oportunidad de Mejora y se verificará la corrección de las mismas.</p>	Inspector de Control de Calidad en obra (montaje)	SIG-FR-09

<p>6.4.</p>	<p><b>Elaboración y entrega de Dossier:</b> Deberá elaborar los registros de las inspecciones realizadas para su inclusión en el Dossier de Calidad.</p> <p>Consolidará los registros para la preparación del Dossier de Calidad de fabricación y Montaje. Los registros estarán sujetos a petición del cliente y podrán ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recepción de materiales</li> <li>- Control dimensional</li> <li>- Inspección visual de soldadura</li> <li>- Preparación de superficie y pintura.</li> <li>- Inspección por tintes penetrantes.</li> <li>- Control de END</li> <li>- Trazabilidad del Acero</li> <li>- Control de Anclaje</li> <li>- Control de torque</li> <li>- Control de Verticalidad</li> <li>- Control de niveles</li> <li>- Instalación de cobertura</li> <li>- Control de Estanqueidad</li> </ul> <p>Luego deberá enviar el Dossier al cliente por carta de entrega para la firma y aprobación. El Dossier firmado deberá ser escaneado y archivado.</p>	<p>Inspector de Control de Calidad</p>	<p>OPE-CAL-FR-29 OPE-CAL-FR-09 OPE-CAL-FR-17 OPE-REC-FR-04 OPE-CAL-FR-18 OPE-CAL-FR-04 OPE-CAL-FR-19 OPE-CAL-FR-10 OPE-CAL-FR-12 OPE-CAL-FR-13 OPE-CAL-FR-14 OPE-CAL-FR-15 OPE-CAL-FR-16</p>
<p>6.5.</p>	<p><b>Programación de capacitaciones:</b> Programará y coordinará exposiciones, cursos y capacitaciones en procedimientos e instructivos destinados al personal de planta según el requerimiento.</p> <p>Las capacitaciones las coordinará con el Analista de Recursos Humanos, para que las registre en</p>	<p>Jefe de Control de Calidad, Responsable SIG</p>	<p>ADM-LAB-PL-01 ADM-LAB-FR-03</p>

	<p>el Plan de Capacitación donde se definirá los temas a tratar.</p> <p>Cada vez que se realice una capacitación el personal participante deberá llenar la Lista de Asistencia.</p>		
6.6.	<p><b>Indicadores de Gestión:</b> El Jefe de Control de Calidad, es el responsable de reportar mensualmente los indicadores del proceso con el fin de asegurar la calidad, eficacia y eficiencia en el cumplimiento de sus objetivos, respaldados por los registros estandarizados.</p>	Jefe de Control de Calidad	OPE-CAL-ID-01

## 6. Desarrollo:

## 7. Control de cambios

Control de cambios				
Versión	Fecha	Descripción del cambio	Nueva versión	Fecha de aprobación del cambio
00	02/01/2020	Se actualizó la información de acuerdo a los requisitos de la AISC 207-16	01	05/06/2020

### Elementos requeridos para la fabricación:

Se lista packing de materiales requeridos para la fabricación de los elementos auxiliares de montaje:

Tabla 12: Relación de materiales requeridos para estructuras auxiliares

Ítem	Perfil	Calidad Acero	Long. Mm	Peso Unit. Kg	Peso Total Kg
1.00	W18x76	A992-GR.50	1,600.00	113.24	181.18
2.00	TC 200X9.5mm	A500 GR A	2.44	59.66	145.81
3.00	PB 500X12mm	A572 - GRD 50	0.12	188.40	23.08
				<b>Total, Kg</b>	<b>350.07</b>

*Figura 55: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Proceso de armado de elemento auxiliar.*



*Figura 56: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Proceso de soldadura de elemento auxiliar.*



*Figura 57: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Proceso de soldadura de elemento auxiliar.*



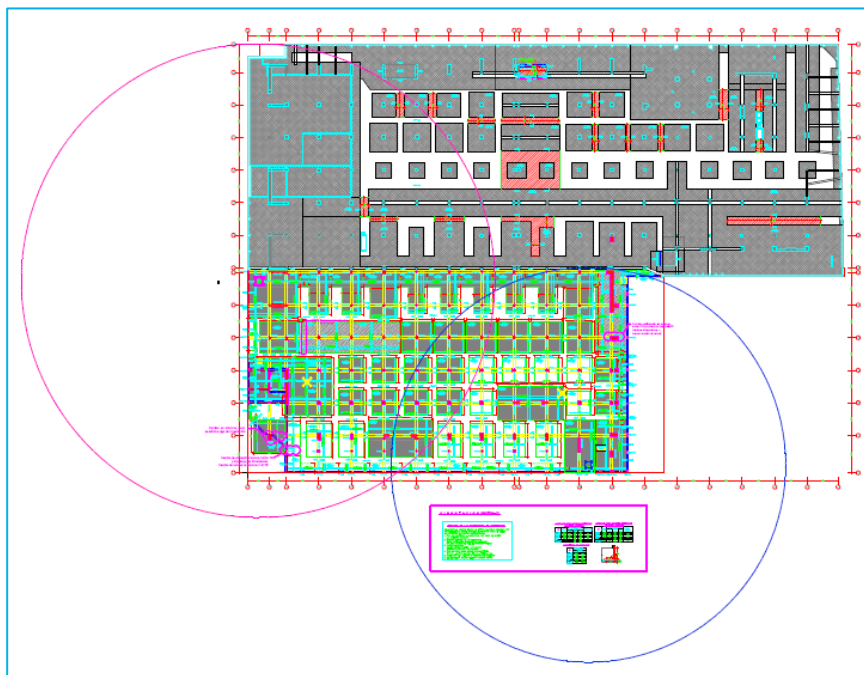
## IMPLEMENTACIÓN DE ESTRUCTURA AUXILIAR EN OBRA

Una vez fabricado el elemento auxiliar, se procedió a actualizar el procedimiento de montaje considerando los requerimientos de seguridad del proyecto. De acuerdo con los lineamientos SSOMA, se describe los métodos considerados, agregando la nueva propuesta analizada.

### Métodos de montaje de las estructuras metálicas consideradas para el proyecto:

- **Izaje considerado con torre grúa**
  - El montaje de las estructuras metálicas se llevará haciendo uso de las 02 torres grúa que serán facilitadas por el Cliente, en la cual se nos indicará el tiempo y horario establecido por día para su uso. A continuación, se muestra la ubicación de las torres grúa (color magenta y azul).

*Figura 58: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Ubicación torres grúa*



- El personal de campo para el montaje de las estructuras metálicas en el Deck, hará uso de andamios. Los cuales su modulación variará de acuerdo con la altura y a las condiciones del terreno. Las modulaciones se le irá alcanzando

al Cliente debidamente firmadas por un especialista.

- El personal de campo para el montaje de las estructuras metálicas en el Cine hará uso de andamios y a la vez hará uso de plataformas tipo tijera de 10 a 12m de altura de trabajo. Respecto a las plataformas tipo tijera, se alcanzará al Cliente las fichas técnicas y certificados de operatividad correspondientes.
- Para el armado de los andamios, será realizado por personal capacitado y en base a modulaciones firmadas y validadas por el proveedor de andamios. Se adjunta el Procedimiento de Armado de Andamios AMSA.
- Para el uso de las plataformas tipo tijera, su operación estará a cargo de personal que cuente con constancia de operatividad de estos equipos.
- A continuación, se muestra una tabla de longitudes y pesos máximos respecto a las estructuras principales a montar haciendo uso de las Torres Grúa:

*Tabla 13: Cuadro resumen de medidas de elementos*

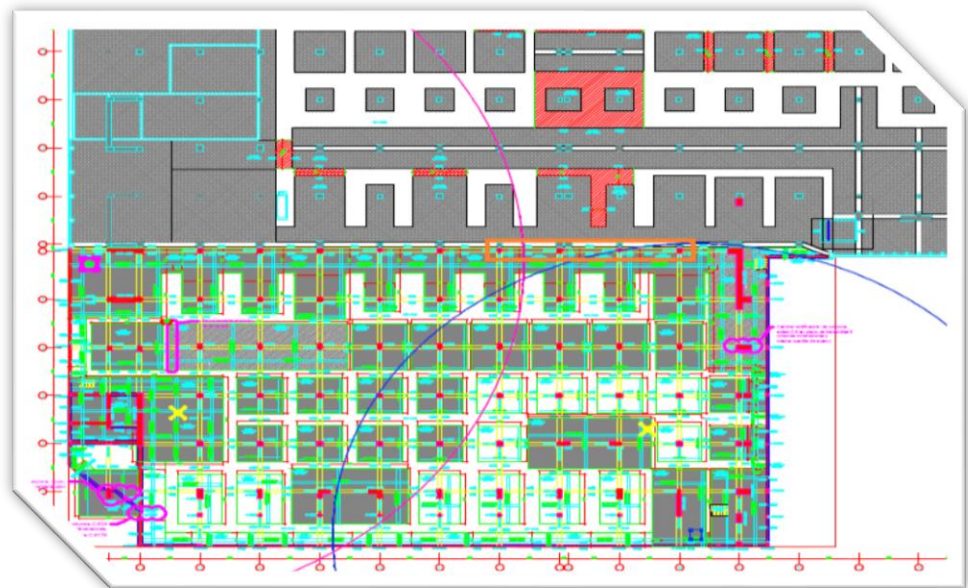
<b>Estructura</b>	<b>Long máxima (mm)</b>	<b>Peso máximo (ton)</b>
Columna	9,519	3.8
Viga	7,910	2.1
Viga de Techo	16,010	2.4
Vigueta	8,401	0.9
Arriostre Lateral	8,369	1.2

- **Izaje considerado con estructura auxiliar**

- Habrá zonas puntuales donde las torres grúa no podrán realizar el montaje de las estructuras metálicas, esto debido a un tema de distancia o a un tema

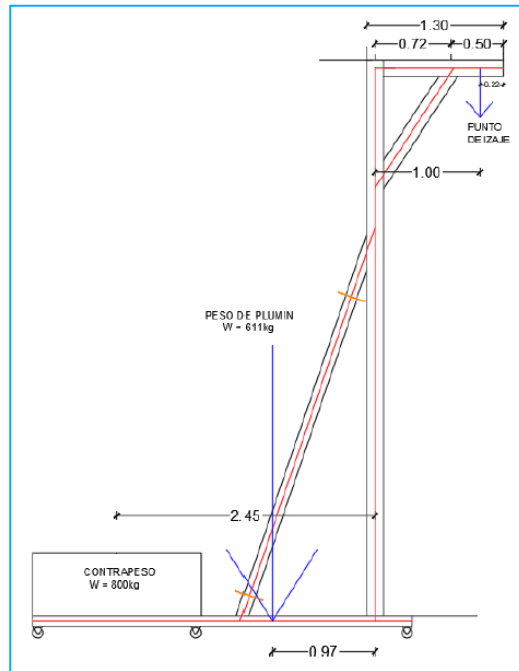
de peso de la estructura metálica a montar. En la siguiente imagen se enmarca en color naranja, las columnas y vigas metálicas que se montarán haciendo uso del plumín.

Figura 59: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Ubicación torres grúa



- Para estos casos puntuales el montaje se realizará mediante maniobra haciendo uso de un plumín el mismo que JCB fabricará en su taller y luego lo trasladará a obra.
- Este plumín será diseñado por JCB. Este diseño será alcanzado al Cliente para su validación.
- Para el montaje con maniobra haciendo uso de plumín se utilizará: Tirfor, poleas, cable acerado, contrapesos para el plumín, entre otros.
- El personal para el montaje con maniobra mediante plumín hará uso ya sea de andamios móviles o plataforma tipo tijera según aplique.

Figura 60: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Elemento auxiliar de montaje para otras estructuras complejas



- **Estructura auxiliar izaje con maniobra**

- A continuación, se muestra una tabla de pesos máximos respecto a las estructuras a montar haciendo uso de un plumín:

Tabla 14: Elementos considerados con izaje manual

Estructura	Peso máximo (ton)
Columna	1.8
Viga	1.8

- **Con 02 torres grúas (en tándem)**

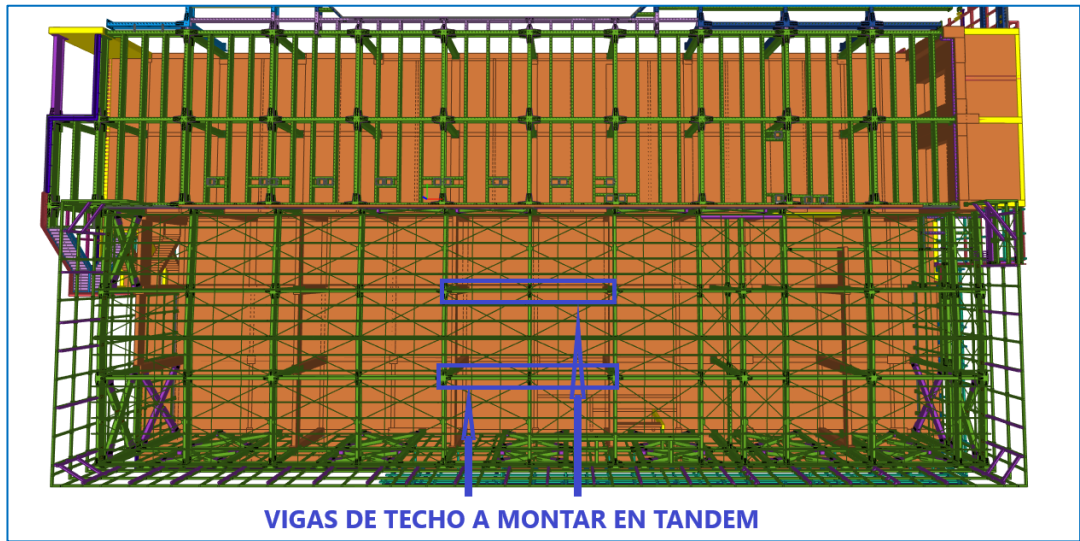
- Hay vigas metálicas que por su longitud y peso y al ubicarse casi al medio del radio de acción de las grúas torres GT1 y GT2, no es posible que cualquiera de las 2 grúas torres las pueda montar de

manera independiente esto por falta de capacidad en ese punto.

- Teniendo en cuenta el punto anterior, la maniobra a realizar para el montaje de estas vigas en mediante un montaje en tándem haciendo uso de las 2 torres grúas a la vez.
- El amarre de las vigas metálicas para su izaje será en cada extremo, de un lado la GT1 y del otro la GT2.
- El izaje de la viga metálica se deberá realizar de manera coordinada entre el operador y rigger de ambas grúas torres, haciendo uso de radios para su comunicación. A la vez coordinando en el área con el capataz e Ingeniero de Campo.
- El aseguramiento de la viga en ambos extremos se realizará mediante pernos de conexión y haciendo uso de plataformas elevadoras de 12m de altura de trabajo.
- A continuación, se muestra una tabla del peso máximo respecto a las estructuras a montar haciendo uso de las 2 grúas torres en tándem:
- Cabe mencionar que la GT1 es de 5Ton y la GT2 es de 8Ton.

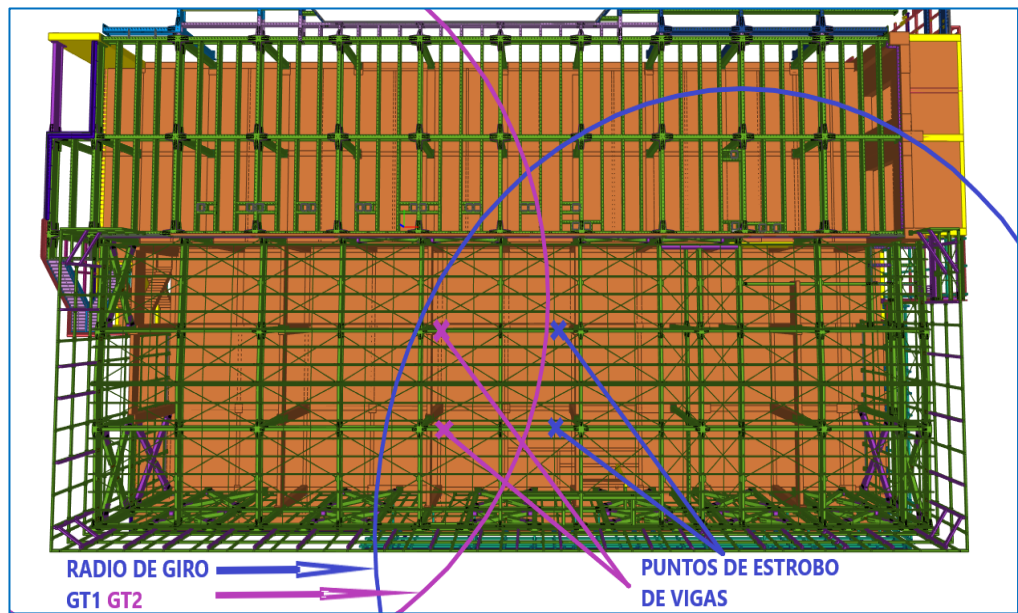
<b>Estructura</b>	<b>Long máxima (mm)</b>	<b>peso máximo (ton)</b>
Viga de Techo	16,000	2.4

Figura 61: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Elementos a montar en tándem con grúa torre.



- Vigas de techo a montar con las 2 grúas torre (tándem)

Figura 62: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Puntos de izaje en tándem con grúa torre.



### Uso de estructura auxiliar en tándem

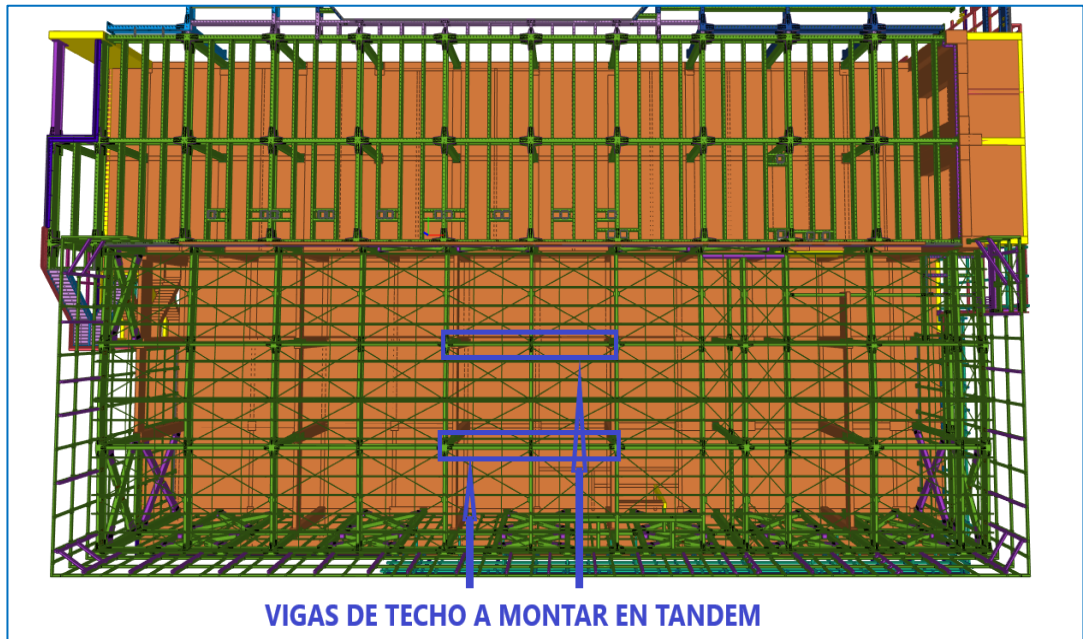
- Hay vigas metálicas que por su longitud y peso y al ubicarse casi al medio del radio de acción de las grúas torres GT1 y GT2, no es posible que cualquiera de las 2 grúas torres las pueda montar de manera independiente

esto por falta de capacidad en ese punto.

- Teniendo en cuenta el punto anterior, la maniobra a realizar para el montaje de estas vigas será mediante un montaje en tándem haciendo uso de 2 plumines a la vez.
- Estos plumines se ubicarán en la parte superior de las columnas que ya se encuentran montadas y las mismas que se unirán a través de la viga que se quiere montar con esta maniobra. Al presente procedimiento se adjunta la memoria de cálculo del plumín.
- El amarre de las vigas metálicas para su izaje será en cada extremo, en cada lado donde estarán ubicados los plumines. El izaje se realizará haciendo uso de tecles.
- El izaje de la viga metálica se deberá realizar de manera coordinada entre los grupos de operarios de montaje de ambos plumines, haciendo uso de radios para su comunicación. A la vez coordinando en el área con el capataz e Ingeniero de Campo.
- El aseguramiento de la viga en ambos extremos se realizará mediante pernos de conexión y haciendo uso de plataformas elevadoras de 12m de altura de trabajo.
- A continuación, se muestra una tabla del peso máximo respecto a las estructuras a montar haciendo uso de los 2 plumines en tándem:

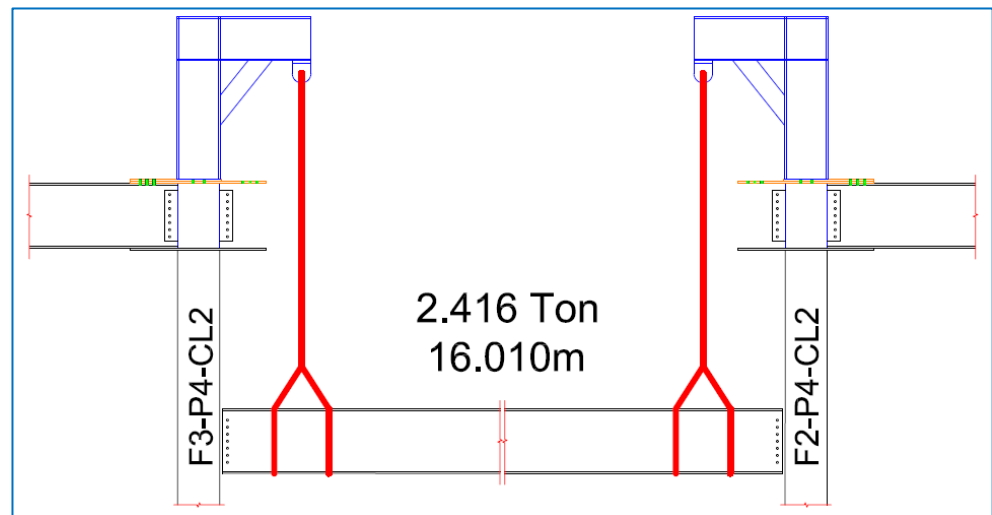
<b>Estructura</b>	<b>Long máxima (mm)</b>	<b>Peso máximo (ton)</b>
Viga de Techo	16,000	2.4

Figura 63: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Elementos a montar en tándem con estructura auxiliar



- Vigas de techo a montar con 02 estructuras auxiliares (tándem)

Figura 64: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Representación gráfica de elementos a montar con elementos auxiliares.



## Consideraciones de seguridad antes de las actividades

### Actividades previas

- Todo el personal deberá participar en la charla de seguridad previo al inicio de sus actividades, asimismo registrará su asistencia, Registro de Inducción,

capacitación, entrenamiento y simulacro.

- Se deberá contar con toda la documentación firmada y debidamente aprobada por los responsables de área de SSOMA según aplique previo al inicio del trabajo.
- Previo al inicio de actividades, el personal deberá inspeccionar el área de trabajo donde realizará las actividades identificando los peligros y evaluando los riesgos, para implementar los controles respectivos con el grupo de trabajo (IPERC).
- Previo al inicio de actividades se deberá contar con los equipos de protección personal, completos y en buen estado.
- Es responsabilidad del usuario asegurarse que el presente documento corresponde a la versión vigente.
- Los trabajadores, deberán desarrollar y presentar el análisis seguro de trabajo (ATS) y demás documentos de gestión de seguridad con participación de todo el personal involucrado en la tarea. Se procederá con el llenado, identificando los riesgos y estableciendo las medidas de corrección y control, será firmado por todos los participantes.
- Los trabajadores deben recibir adicionalmente las recomendaciones de acuerdo con la labor a realizar, con la finalidad de obtener la comprensión, conocimiento y asegurarse de que cuentan con la habilidad para realizar tales tareas de una manera segura.
- Si las condiciones en el área de trabajo cambiaran, podría ser necesaria una reevaluación del ATS y/o capacitación o coordinación adicional.
- No se permitirá a los trabajadores el levantamiento de cargas manuales por

encima de los 25 kg. por persona, los trabajos siempre deben realizarse con un mínimo de 2 colaboradores, salvaguardando la ergonomía en las actividades.

- Se inspeccionará todos los elementos de protección personal antes de iniciar la actividad y de manera periódica y será registrado en el formato correspondiente y en especial en las actividades de alto riesgo.
- Es de obligatoriedad de los trabajadores mantener el orden y la limpieza en sus áreas de trabajo (antes, durante y después de sus labores).
- Se señalizará y delimitará el área de trabajo, prohibiendo el ingreso de personal no autorizado.
- El personal SSOMA deberá verificar que el personal cuente con los equipos de protección básicos y específicos para los trabajos los cuales estarán en buenas condiciones.
- Se debe realizar una inspección visual para identificar el estado del entorno de trabajo asignado.

### **Inspección, verificación y delimitación del área de trabajo**

- Se asegurará que se tenga autorización de ingreso al área de trabajo.
- El personal deberá inspeccionar el área de trabajo antes de iniciar con la actividad, a fin de poder identificar condiciones que puedan afectar y/o impactar la integridad física del personal, equipo, proceso o medio ambiente, para poder corregirlas de inmediato.
- Se verificará que no existan interferencias que impidan la ejecución de los trabajos, tales como construcciones, líneas eléctricas, tuberías, entre otras.

En caso se encuentre una interferencia, se deberá de comunicar al supervisor

inmediato a fin de que pueda determinar en conjunto con el subcontratista los controles de la interferencia en el más corto plazo.

- Se verificará que el área de trabajo tenga superficies estables para el posicionamiento del personal y los equipos.
- En el caso de estar cerca a zona de tránsito de equipos, se utilizará conos y barras para delimitar el área de trabajo.
- El personal durante su traslado deberá estar atento, así mismo este se desplazará por zona seguras o señalizadas, sin obstáculos ni cometiendo actos inseguros. En caso las condiciones del terreno y/o área de trabajo se encuentre con obstáculos, el personal acondicionara el área de manera segura haciendo el uso correcto de sus EPP cuales deben estar en buen estado y completos.
- El personal se deberá asegurar que en el área de trabajo solo se encuentre el personal directamente involucrado en el desarrollo de la tarea.

### **Inspección de equipos y herramientas**

- No admitir ninguna herramienta hechiza, herramientas que se encuentren en malas condiciones serán retiradas y/o devueltas al almacén; si el equipo no cuenta con las condiciones se pondrá como inoperativo; realizada la inspección de herramientas se colocará la cinta de color correspondiente al mes de inspección.
- El personal deberá identificar si las herramientas y equipos están en buen estado y se colocará la cinta de inspección correspondiente al mes, así como retirar si hubiera alguna herramienta hechiza o en mal estado, cuando se manipule herramientas con bordes afilados o punzantes, se deberá usar los

guantes anticorte a fin de proteger las manos.

Figura 65: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Código de colores para inspección de equipos y herramientas.

Meses		Color	
Enero	Julio	Amarelo	
Febrero	Agosto	Verde	
Marzo	Setiembre	Rojo	
Abril	Octubre	Azul	
Mayo	Noviembre	Negro	
Junio	Diciembre	Blanco	

### Consideraciones durante las actividades

- El personal operativo realizará el traslado de Herramientas, materiales desde el Almacén y/o almacén temporal hasta la zona trabajo, esto lo realizará con el apoyo de: carretilla o en forma manual.
- Reconocimiento del área a trabajar, participarán los supervisores, encargados de frentes, operadores, vigías y todo el personal involucrado en la actividad.
- Se ejercerá una supervisión frecuente por parte del profesional jefe de producción con experiencia, que garantice que se ha tomado las medidas de seguridad indicadas.
- El jefe de SSOMA o Supervisor SSOMA, según el procedimiento y cronograma de obra, revisara e implementara las medidas preventivas que se requiera para la ejecución de las tareas del día.

### Consideraciones después de las actividades

- Al terminar trabajos en la zona de trabajo, el jefe de campo programará la limpieza general del área, se reacomodará la señalización, verificándose que la zona esté libre de peligros.
- El jefe de campo a cargo de los trabajos coordinará con el área de SSOMA en caso tuviera alguna duda sobre la seguridad del área.

### **Restricciones**

- No se realizará trabajo de movilización, si no se cuenta el ATS firmado por el Supervisor de Producción.
- No se realizará el trabajo en presencia de condiciones subestándares dentro del área de trabajo.
- No se realizará trabajo alguno cuando los EPP, materiales y herramientas se encuentren defectuosos o en mal estado, sin la cinta del mes.
- Ninguna de estas actividades puede ser realizada sin antes haberse efectuado una identificación de peligros, evaluación y control de sus riesgos y haber tomado las medidas de control requerido.
- No iniciar los trabajos sin antes hacer la inspección del área de trabajo.
- No realizar los trabajos sin antes realizar la inspección total de herramientas y de los materiales.
- No realizar trabajos en simultaneo, a menos que se tomen todas las medidas de seguridad.
- No realizar los trabajos sino se cuenta con la iluminación adecuada para los trabajos.
- Si el personal no cuenta con su póliza de seguro correspondiente no podrá ingresar, ni realizar actividades asociadas al proyecto.

- Si el personal no cuenta con la inducción correspondiente, no podrá realizar actividades dentro del proyecto.
- Si el personal no está previamente capacitado, entrenado y autorizado para el trabajo.
- No se realizará el trabajo si no se cuentan con las herramientas de gestión aplicables, debidamente firmadas y validas por los responsables directos de la actividad.
- No se realizará el trabajo, si no se cuenta con las condiciones adecuadas, cuales deben estar con los controles implementados, el área SSOMA deberá validarlo.
- Si se detecta al personal en estado étílico, no se le permite realizar la actividad.
- No se realiza el trabajo si no se cuenta con los recursos mínimos necesario para las actividades, baños provisionales y lavaderos de mano.
- No contar con el ATS, PETAR (si aplica para la actividad a desarrollar), Check list y demás formatos de inspecciones firmados por los responsables de cada área según esté estipulado en el formato.

### **Medidas de control de seguridad y salud ocupacional**

- Tener en campo el procedimiento de trabajo aprobado y difundir su contenido a todo el personal involucrado antes de iniciar las labores.
- El personal involucrado deberá utilizar obligatoriamente el EPP Básico y específico para el presente procedimiento.
- Realizar una inspección de todos los equipos de protección personal a utilizar en la operación, verificando que estén certificados y aprobados por

el cliente, cumpliendo con el estándar general gestión de equipos de protección personal.

- Realizar el ATS continuo, PETAR cumpliendo con el estándar general de trabajos en caliente y/o Altura, para realizar los trabajos de montaje de estructuras metálicas.
- Antes de iniciar las actividades, inspeccionar las herramientas manuales con el formato de check list y debe estar con su cinta del mes según la norma de construcción G050. No está permitido el uso de herramientas manuales de fabricación improvisada “hechizas”. Las herramientas que por necesidad de la operación sean modificadas o fabricadas en el lugar debe ser eliminadas y/o retiradas fuera de obra, o en su defecto deben ser aprobadas por un ingeniero calificado, siguiendo los parámetros establecidos por un estándar reconocido y su memoria de cálculo, antes de su puesta en operación.
- Se debe usar las llaves de dimensiones adecuadas al perno o tuerca a apretar o desapretar.
- Solo personal competente y capacitado puede laborar y manipular las herramientas manuales y de poder.
- Se deber verificar que las observaciones en el formato de Permiso de Trabajo en Caliente y altura, las medidas de control en el ATS hayan sido levantadas e implementadas respectivamente.
- Todo trabajo en Caliente debe realizarse con un extintor mínimo de 6 kg en la zona de trabajo.
- Las herramientas eléctricas portátiles y manuales dañadas o defectuosas deben ser retiradas del uso y etiquetadas con tarjeta que diga NO USAR,

entregándolas en el almacén para su evaluación por personal de mantenimiento competente.

- Está prohibido retirar las guardas de seguridad de las amoladoras, así mismo toda herramienta de poder deben tener retirado el dispositivo de hombre muerto.
- Para realizar trabajos sobre altura en plataformas de andamios, este debe ser liberado por personal competente.
- Realizar el ATS continuo, PETAR cumpliendo con el estándar general de trabajos de Izaje.
- Se debe realizar la inspección diaria de la máquinas y equipos.
- El elevador tijera debe contar con certificado de operatividad, registro de inspección de plataforma móvil (Check list), reporte de capacidad, informe de inspección de equipo luego del mantenimiento preventivo, conteniendo el programa de mantenimiento del elevador tijera.
- Para realizar trabajos en altura con apoyo del equipo de elevador tijera y andamios; el personal debe estar en todo momento con su arnés de seguridad y doble línea de vida, anclado en su punto de anclaje.
- El personal no debe cruzar ni estar debajo de los equipos de elevador tijera, cuando esté realizando trabajos en altura.
- Los equipos deberán contar con el programa de mantenimiento preventivo, certificado de operatividad, diagrama de cargas y certificado de calidad de los aparejos de izaje.
- Los aparejos y equipos de izaje (grilletes, eslingas, tecles) para los trabajos de alineamiento tendrán certificación vigente.

- Para los trabajos de estabilización del camión grúa/ grúa móvil verificar que el terreno se encuentre consistente a hundimientos, asimismo los brazos de soporte deberán encontrarse extendidos a su máxima longitud manteniendo la correcta horizontalidad de la máquina.
- Prohibido realizar izaje de materiales en terreno con pendiente.
- Se debe delimitar la zona de maniobra con barras extensibles sobre conos o cinta roja con soldados de concreto.
- Durante la maniobra el área deberá mantenerse delimitado y señalizado para evitar el paso del personal en cuanto dure la maniobra de izaje. En caso no pudiera evitarse el tránsito del personal, se emplearán alarmas sonoras (sirenas) con el fin de que el personal pudiera ponerse a salvo de posibles desprendimientos.
- Esta totalmente prohibido cruzar bajo las cargas suspendidas.
- El operador de la grúa Telescópica / camión grúa solo obedecerá las órdenes del Rigger, sea por comunicación verbal o señas. En caso la visibilidad sea dificultad para el operador/ Rigger, se emplearán radios de comunicación. El operador levantará lentamente sin hacer giros bruscos de acuerdo con las indicaciones del Rigger.
- El personal Vientero permanecerá fuera del área delimitada, hasta recibir la orden de ingreso por el Rigger.
- Está prohibido izar carga cuando la velocidad del viento supere los 32 km/h.
- Los estrobos, cadenas, eslingas, cables y demás equipos de izaje deben ser cuidadosamente revisados antes de usarlos. Aquellos que se encuentren en malas condiciones deber ser retirados y sustituidos.

- El operador de una grúa no debe mover la carga a menos que la señal haya sido claramente vista y entendida.
- Asegúrese que las personas estén fuera del área de influencia de la grúa antes de mover la carga.
- No se debe desactivar el sensor de nivel. El sensor de nivel funciona cuando se sobrepasó la inclinación programada y con la que fue construida la máquina.
- Las eslingas serán retirados de servicio si presentan alguna condición sub-estándar, las cuales se describe:
  - Quemaduras por ácidos o sustancias cáusticas.
  - Derretimiento o quemaduras por calor en la superficie.
  - Rasgaduras o cortes.
  - Hilos rotos.
  - Elongación (si excede los factores de elongación indicados por el fabricante).
- En caso el día se presente con neblina densa, se coordinará con el operador del equipo si desde el punto que se ubica la visibilidad es adecuada, de no darse una visibilidad adecuada, no se podrán realizar trabajos de izaje hasta que la neblina haya pasado.
- Antes de realizar cualquier izaje se debe conocer, el peso, el tamaño, forma de la estructura.
- No elevar cargas que sobrepasen la capacidad de la grúa.
- Los cables de alimentación deben ser de la sección adecuada para no dar lugar a sobrecalentamientos.
- Los cables del circuito de soldadura al ser más largos deben protegerse

contra proyecciones incandescentes, grasas, aceites, etc., para evitar arcos o circuitos irregulares.

- En caso, que el operario realice un trabajo de esmerilado, debe contar con sus EPP y careta facial y biombos.
- Evaluar las condiciones de la zona de trabajo: Inspeccionar la zona de trabajo antes de iniciar los trabajos, retirar todo material combustible a una distancia no menor de 11 metros a la redonda.
- En el resane de trabajo de pintura, el operario pintor debe contar con todos los EPP respectivos (Traje tyvek, Guantes para dicho trabajo específico, respirador y EPP básicos).
- Las herramientas que se usarán sobre altura permanecerán con una driza sujeta a una superficie/base sólida y rígida, para evitar la caída de herramientas.
- Para labores de resane se debe verificar que el contenedor de la pintura se encuentre rotulado y contar con el equipo de protección personal (EPP) adecuado para la actividad.
- En los lugares de almacenamiento, los contenedores deberán contar con el rotulado correspondiente, la Hoja de Datos de Seguridad (MSDS) ubicadas en un lugar visible y de fácil acceso, señalizado y delimitado.
- El almacenamiento de los materiales peligrosos será acorde a las características de compatibilidad y requisitos físicos (aislamiento, ventilación, condiciones climáticas, espaciado correcto, etc.).
- Para el control de derrames, se debe considerar en el lugar de almacenaje barreras de contención, estas pueden ser móviles (bandejas, fuentes, etc.)

- En caso hay cambios climáticos como lluvia, tormentas, truenos, entre otros, no se podrá realizar trabajos en caliente, altura e izaje hasta que el clima haya pasado.

### **Medidas de control de medio ambiente**

- Los equipos que trabajen con hidrocarburos deberán contener su kit antiderrame y bandejas de contención.
- En caso de instalar un juego de baterías de residuos sólidos cerca a los trabajos, no debe interrumpir el paso de los peatones y vehículos móviles, deberá contener un panel informativo del tipo de residuos sólidos a segregarse según el color de batería y la codificación del punto de acopio.
- Todos los residuos acopiados de la ejecución de la tarea deberán ser segregados según el color de baterías y disponer a la cancha de transferencia el cual será registrado bajo formato la cantidad de generación de RR.SS. según lo pesado.
- Todos los materiales peligrosos que se descarguen deberán contar con sus hojas MSDS, rombos NFPA, como también sus equipos de lucha contra incendios si fuera necesario.
- Se deberá solicitar al consorcio EB el regado de vías, accesos y plataformas de descarga, para evitar la generación de polución, se registrará la cantidad de agua utilizada para dicho fin y se registrará en la data para la declaración mensual dentro del informe mensual.
- Cualquier aspecto e impacto identificado se deberá incluir en la matriz de identificación de aspectos e impactos ambientales, y se deberá realizar la difusión a todos los trabajadores, como también sus controles.

- Contar con plan de respuesta a emergencias ambientales, en caso de derrames de MATPEL.
- Segregar los residuos teniendo en cuenta el código de colores de los contenedores de residuo según NTP 900.058:2019. Instituto Nacional de Calidad. (2019)
- Se evaluará la realización de trabajos nocturnos, cumplimiento en lo posible el ECA de ruido nocturno. D.S. N° 085-2003-PCM - Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido.
- Todos los productos químicos para utilizar deben estar rotulados, contar con la hoja de datos del producto (MSDS), de acuerdo con el NFPA 704.

### **Registros de calidad**

- Protocolo de Trazo
- Protocolo de Instalación de Anclajes
- Protocolo de Verticalidad, alineamiento y nivel
- Protocolo de Ensayo de Tintes Penetrantes
- Protocolo de Ajuste Manual de Anclajes
- Protocolo de Torque de Pernos
- Protocolo de Touch Up

### **Formatos de seguridad**

- Registro de capacitación.
- Check List de herramientas manuales.
- Permiso de trabajo en caliente.
- Permiso de trabajo en altura.
- Check List de Arnés.

- Continuo Rev. 02.
- Check List de amoladora.
- Check list máquina de soldar.

### **Proceso de instalación de estructura auxiliar e izaje**

Una vez aprobado el diseño de la estructura auxiliar y actualizado el procedimiento de montaje. Nos pondremos en marcha para su puesta en funcionamiento. El proceso inició con una inspección detallada del estado de la columna, verificando que no presentara deformaciones que pudieran comprometer la capacidad de soporte y fijación. Una vez validadas sus condiciones por el supervisor SSOMA del proyecto, se revisaron los planos de montaje para definir con exactitud la ubicación de cada plumín, así como el tipo de fijación y los detalles constructivos requeridos en el diseño.

Luego de revisada las condiciones descritas el equipo procedió a preparar la zona de trabajo. Se retiraron obstrucciones, se delimitó el área de intervención y se aseguró que los elementos de izaje estén operativos y en buenas condiciones (eslingas, tecles y sogas).

Posteriormente, se instalaron los plumines haciendo uso de la grúa torre directamente sobre la columna, verificando que asentaran de manera uniforme. Para evitar desplazamientos durante la fijación definitiva, los plumines fueron sostenidos pernos de conexión ASTM A325.

“Solución de izaje de viga metálica mediante diseño de una estructura auxiliar en techo principal del nuevo centro comercial Shopping la Molina provincia de Lima, departamento de Lima”

*Figura 66: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Elementos auxiliares instalados en posición.*



Con los plumines asegurados y conectados a la estructura existente, se procedió a instalar los respectivos aparatos de izaje en los puntos indicados de sujeción. La viga metálica se puso en posición y se aseguró con eslingas la maniobra

*Figura 67: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Elementos auxiliares instalados en posición.*



“Solución de izaje de viga metálica mediante diseño de una estructura auxiliar en techo principal del nuevo centro comercial Shopping la Molina provincia de Lima, departamento de Lima”

*Figura 68: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Elementos auxiliares instalados con tecles en posición.*



Finalmente, las estructuras auxiliares fueron nuevamente inspeccionadas y aprobadas por el área de ingeniería y seguridad de obra del Cliente, quedando conformes para el inicio de la maniobra.

*Figura 69: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Elementos auxiliares en proceso de izaje de viga.*



“Solución de izaje de viga metálica mediante diseño de una estructura auxiliar en techo principal del nuevo centro comercial Shopping la Molina provincia de Lima, departamento de Lima”

*Figura 70: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Viga metálica instalada en posición final.*



## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Tras evaluar y ejecutar el análisis comparativo de las tres alternativas propuestas para el montaje de la viga metálica de 16 metros y 2.4 toneladas, se obtuvieron resultados concluyentes respecto a la viabilidad técnica, el costo asociado y el tiempo requerido para cada solución. Las alternativas consideradas fueron: el uso de una grúa telescópica para el montaje directo de la viga, el corte y empalme de la estructura para permitir su montaje por partes, y la instalación de estructuras auxiliares instaladas sobre la columna metálica existente.

- La primera alternativa, correspondiente al montaje mediante una grúa telescópica, presentó limitaciones críticas. Las restricciones de espacio impedían la ubicación adecuada de una grúa con el alcance necesario para elevar la viga en una sola pieza. Además, los costos de movilización, permisos y operación de un equipo de esta capacidad resultaban significativamente altos frente al beneficio obtenido. Si bien esta alternativa hubiera ofrecido una maniobra directa y rápida en condiciones ideales, esta requería de los espacios necesarios en vía pública, cuyos permisos municipales no se adecuaban al cronograma de obra.

**Conclusión:** Esta alternativa queda descartada por alto costo, condiciones de terreno y gestiones municipales para el uso de vías.

- La segunda alternativa, basada en cortar la viga para posteriormente empalmarla en obra, sí resultaba factible desde el punto de vista constructivo; sin embargo, generaba importantes desventajas operativas. El proceso implicaba preparación de juntas, soldaduras estructurales, inspecciones no destructivas como ultrasonido, alineamiento milimétrico de segmentos y

aplicación de tratamientos de resane. También se requería andamiaje provisional para ubicar y posicionar la viga temporalmente. Esto incrementaba notablemente el tiempo total de intervención. Además, el costo asociado a mano de obra especializada para el armado de andamios, controles de calidad, etc. Si bien esta alternativa es funcional, el tiempo requerido y un costo moderado hicieron que fuera ni la más eficiente ni la más económica.

**Conclusión:** Esta alternativa queda descartada por sus requerimientos técnicos, que los hace relativamente costoso, así como como los recursos de mano de obra especializada necesitados.

- Finalmente, la tercera alternativa, el diseño y fabricación de una estructura auxiliar apoyada sobre la columna existente, demostró ser la solución más equilibrada y favorable. La opción de usar los plumines permitió generar puntos de apoyo estables y seguros sin riesgo de deformación para la columna. Su fabricación requirió únicamente materiales comerciales en menor cuantía, así mismo una validación estructural adaptado a la necesidad y condiciones de obra. La instalación fue rápida haciendo uso de la grúa torre lo que redujo significativamente los tiempos de la maniobra.

El proceso completo, desde el diseño, fabricación, instalación de plumines y montaje de la estructura auxiliar, se desarrolló con rapidez, manteniendo una alta seguridad operativa y sin necesidad de equipos de gran envergadura. Gracias a esto, el proyecto no solo evitó gastos elevados, sino que también minimizó interrupciones en el entorno de trabajo, redujo los riesgos propios de maniobras pesadas y se cumplió el cronograma de obra.

- Como conclusión general, los resultados obtenidos demuestran que la alternativa basada en el uso de estas estructuras auxiliares fue la más eficiente, rápida y económica. Esta solución permitió cumplir con los objetivos estructurales y operativos del proyecto preservando las condiciones de operatividad de las columnas existentes, optimizando los recursos disponibles y garantizando la continuidad del montaje sin comprometer la seguridad ni la calidad final del trabajo.

Figura 71: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Viabilidad técnica de alternativas

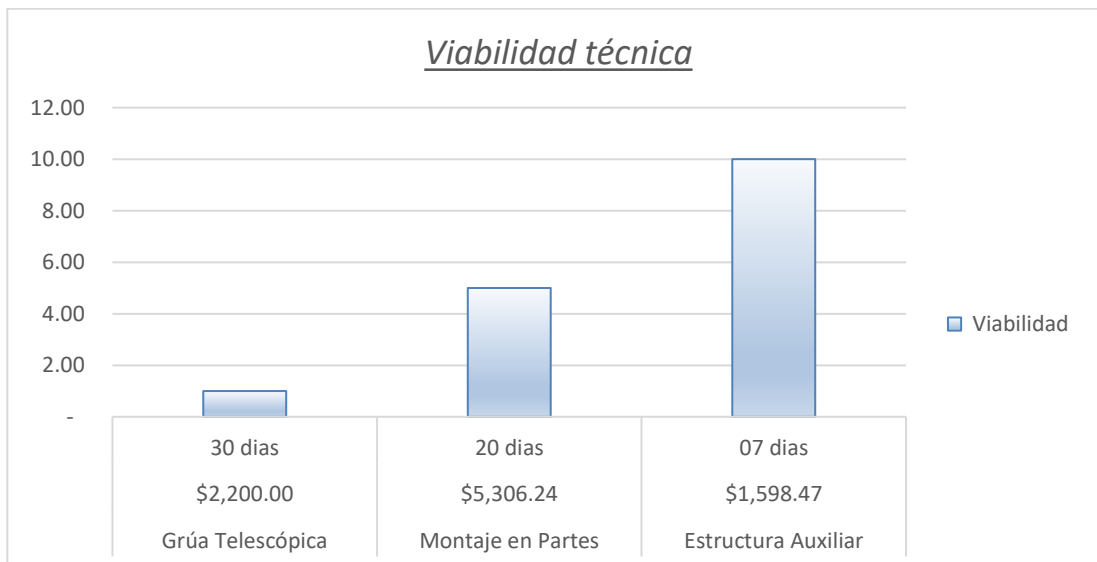


Tabla 15: Viabilidad técnica de alternativas

Escala de viabilidad	
Rango	Resultado
0 - 3	No viable
4 - 7	Viable con restricciones
8 -10	Viable

Figura 72: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Costos de alternativas evaluadas.



## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Después de identificada la problemática del problema constructivo previsto en la obra Centro Comercial Shopping la Molina Etapa 02, se concluye que, de todas las alternativas planteadas, el diseño y la fabricación de estructuras auxiliares, fue la que mejor resultado obtuvo tanto en tiempo, costo y viabilidad de acuerdo con las condiciones y solicitudes del proyecto. El diseño y análisis consideró considero una estructura metálica fabricada que se adapte a las diferentes variables constructivas.
- Para el diseño y análisis general del montaje de la viga metálica (W27x102) de 16 metros y 2.4tn de peso, se consideró el uso de una estructura auxiliar fabricada e instalada sobre una columna metálica existente, demostrando que esta alternativa constituye la más ideal frente a las limitaciones físicas, operativas y económicas del proyecto. La estructura auxiliar permitió ejecutar la maniobra de montaje de manera segura, rápida, eficiente y con un costo 45% menor en comparación con las otras alternativas.
- Con respecto análisis comparativo se demostró que el uso de una grúa telescópica quedaba descartado por la inviabilidad por accesos, altos costos y tiempos prolongados de gestión municipal. Por otro lado, el corte y empalme de la viga por soldadura representaba una alternativa viable, pero con ciertos riesgos estructurales, mayor tiempo de ejecución y costos intermedios. Es el diseño de una estructura auxiliar la solución más viable, segura, económica y eficiente. El análisis de viabilidad permitió determinar que la alternativa de la estructura auxiliar se decantó por la mejor opción óptima.

- El diseño y verificación estructural se realizó usando modelamiento estructural mediante el software (ETABS). Este consideró el uso de parámetros basados en la norma estructural, validando cargas, reacciones, esbeltez, rigidez y demanda por capacidad. El modelo matemático permitió garantizar que la estructura auxiliar cumplía con los criterios de seguridad estructural estipulados en NTP. La fabricación se realizó conforme a los planos, especificaciones técnicas y controles de calidad.
- La implementación de la estructura auxiliar en obra y posterior izaje de las vigas requeridas se ejecutó con éxito. Esta maniobra se realizó empleando un procedimiento seguro de montaje. Durante la ejecución de la maniobra se tomaron todas las medidas descritas realizándose el izaje sin incidentes ni desviaciones. Los elementos fueron instalados en su posición final de acuerdo con los planos de detallamiento.
- Previo al izaje y después de efectuado el montaje, se evaluó los resultados obtenidos a nivel de seguridad, costo y plazo. Por la parte de seguridad la maniobra se realizó sin eventos ni alertas que pudieran dar indicio a un posible incidente no contemplado. Con esto podemos decir que se cumplió el plan de izaje y los procedimientos establecidos. El resultado considerando el costo asociado considerablemente frente a las otras opciones analizadas. Los plazos de instalación de e izaje final fueron las actividades más rápidas entre todas las opciones cumpliendo los plazos programados sin alterar la planificación del cronograma de obra.

## Recomendaciones

- A partir de esta experiencia profesional podemos considerar como solución alternativa el uso de estructuras auxiliares temporales para izaje en zonas con restricciones de acceso o maniobra, por su practicidad y seguridad.
- Para este caso en específico se decidió evitar el uso de una grúa telescópica de gran capacidad dado el acceso y los permisos de uso de vías, haciendo que se incremente el riesgo operativo al dejar abierta la posibilidad de no obtener las autorizaciones municipales respectivas.
- En lo posible tratar de descartar la alternativa de corte y empalme con soldadura, salvo en casos estrictamente necesarios, debido a los riesgos propios y controles que esto implica tale como:
  - Introducción de esfuerzos residuales cuando se realice la unión soldada.
  - Deformaciones térmicas en el material base.
  - Fallas por mala ejecución y control de trabajos de soldadura.
  - Incremento del costo y tiempo de los trabajos.
- Revisar con sumo detalle el análisis estructural realizado sobre todo tomando en cuenta las cargas asociadas, reacciones en la columna existente y verificación de la demanda por capacidad de la estructura auxiliar antes de su instalación.
- Servir como ejemplo de lecciones aprendidas para optar por esta esta solución como referencia para proyectos futuros, ya que representó la mejor relación tiempo, costo y viabilidad, convirtiéndose en una práctica estándar y aplicable en proyectos similares.

## REFERENCIAS

- American Society of Mechanical Engineers. (2021). ASME B30. Crane and rigging safety standards. ASME.
- Occupational Safety and Health Administration. (2020). 29 CFR 1926 Subpart CC — Cranes and Derricks in Construction. U.S. Department of Labor.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Gobierno del Perú.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2018). Normas Técnicas Peruanas (NTP) aplicables a seguridad en izaje y construcción. INACAL.
- Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. (2015). Guías de Seguridad y Salud en el Trabajo para maniobras de izaje. Gobierno del Perú.
- American Institute of Steel Construction. (2010). AISC 360-10: Specification for Structural Steel Buildings. AISC.
- Instituto Nacional de Calidad. (2019). NTP 900.058:2019 – Gestión de residuos sólidos: Código de colores. INACAL.
- American Society for Testing and Materials. (2018). ASTM A572 – Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel. ASTM International.
- American Society for Testing and Materials. (2018). ASTM A500 – Standard Specification for Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes. ASTM International.

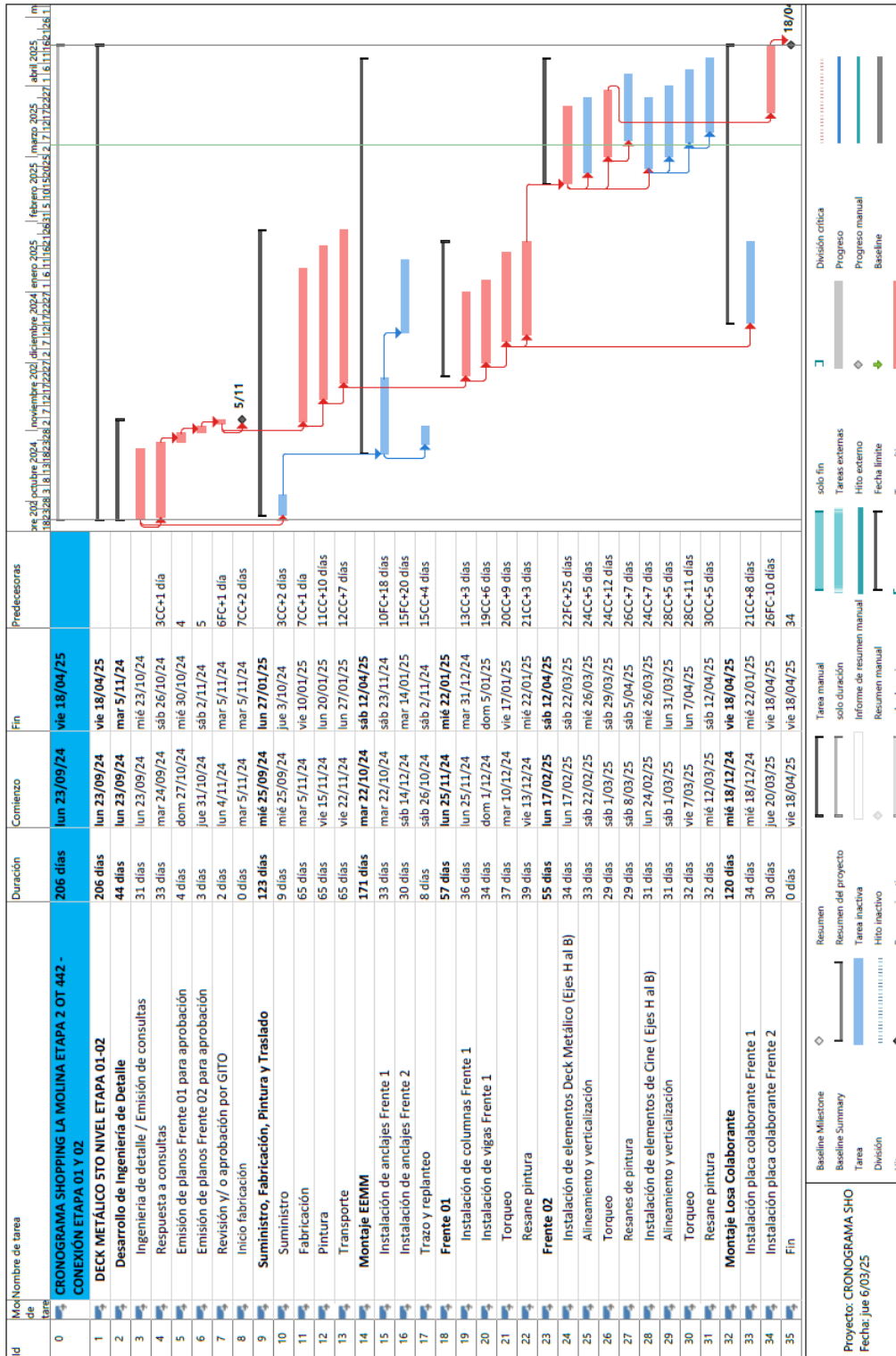
## **ANEXOS**

ANEXO N° 1. Programación maestra del expediente principal.

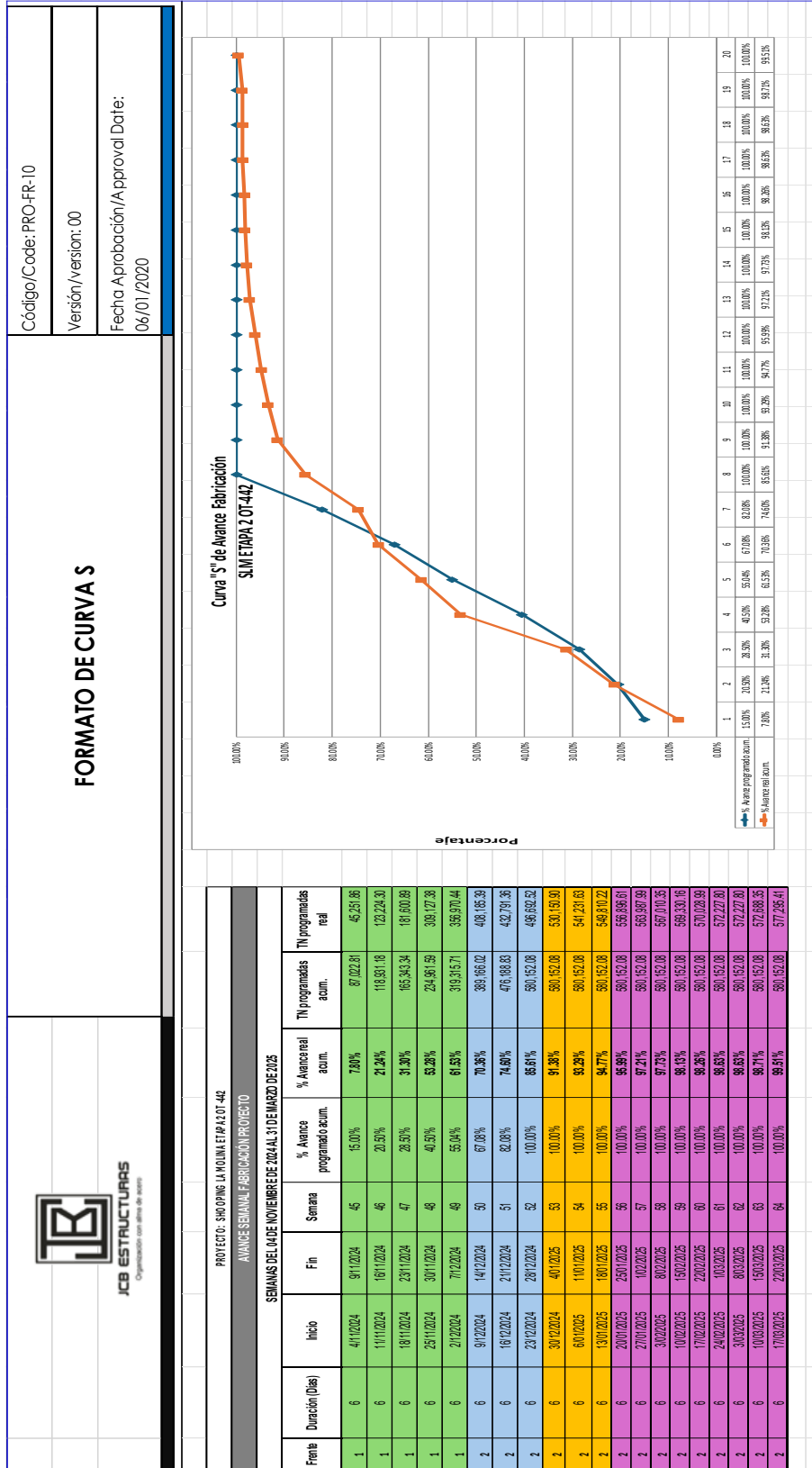
ANEXO N° 2. Planos básicos y detallamiento

ANEXO N° 3. Panel fotográfico

ANEXO N° 1. Cronograma y curva S de avance

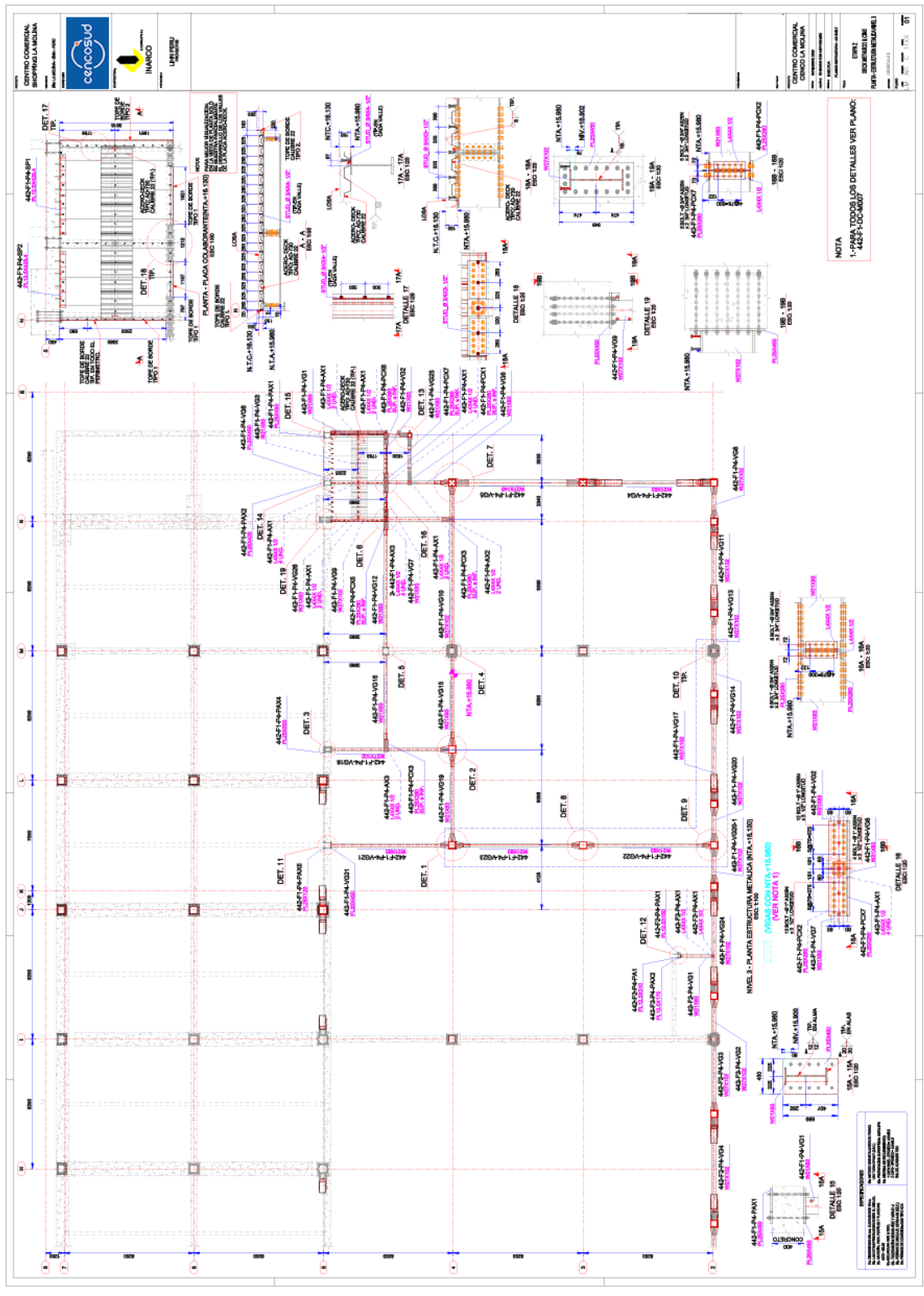


PROYECTO: SHOPPING LA MOLINA ETAPA 20T-442												
AVANCE SEMANAL MONTAJE PROYECTO												
SEMANAS DEL 02 DE DICIEMBRE DE 2024 AL 15 DE MARZO DE 2025												
Frete	Duración (Días)	Inicio	Fin	Semana	TN Avance programado acum.	% Avance real acum.	TN programadas acum.	TN programadas real	HH Guia Programadas	HH Guia reales	Eficiencia Montaje	Eficiencia Descarga y Movimiento de material
1	6	2/12/2024	7/12/2024	48	7.41%	6.71%	43,081.00	39,000.00	34.50	23.00	66.70%	91.18%
1	6	9/12/2024	14/12/2024	49	14.37%	15.49%	83,471.00	90,000.00	30.50	21.50	68.27%	83.33%
1	6	16/12/2024	21/12/2024	50	21.32%	19.73%	123,881.00	114,637.25	36.50	24.75	49.17%	153.85%
1	6	23/12/2024	28/12/2024	51	28.27%	24.01%	164,251.00	139,472.00	28.00	15.50	43.02%	96.15%
1	6	30/12/2024	4/01/2025	52	35.22%	29.92%	204,641.00	173,823.76	27.00	23.50	58.54%	176.92%
1	6	6/01/2025	11/01/2025	53	42.17%	38.74%	245,031.00	225,066.60	33.00	26.75	77.27%	100.00%
1	6	13/01/2025	18/01/2025	54	49.13%	42.10%	285,421.00	244,573.01	27.50	23.75	90.22%	66.67%
1	6	20/01/2025	25/01/2025	55	56.08%	44.85%	325,811.00	260,581.51	24.50	16.25	59.46%	87.50%
1	6	27/01/2025	1/02/2025	56	63.03%	45.12%	366,201.00	262,146.31	27.00	12.00	35.90%	66.67%
2	6	3/02/2025	8/02/2025	57	69.98%	45.90%	406,591.00	266,673.95	19.00	15.25	100.00%	71.15%
2	6	10/02/2025	15/02/2025	58	76.93%	47.02%	446,981.00	273,192.00	21.50	17.50	68.50%	93.18%
2	6	17/02/2025	22/02/2025	59	83.88%	54.71%	487,371.00	317,878.00	15.00	5.00	35.71%	100.00%
2	6	24/02/2025	1/03/2025	60	90.84%	59.65%	527,761.00	346,568.79	18.50	12.50	67.57%	100.00%
2	6	3/03/2025	8/03/2025	61	96.76%	63.92%	562,151.00	374,350.28	22.50	16.00	55.35%	100.00%
2	6	10/03/2025	15/03/2025	62	98.45%	0.00%	572,000.00					
2	6	17/03/2025	22/03/2025	63	100.00%	0.00%	581,000.00					
TN BRUTAS FRENTE 01					305,811.00							
TN BRUTAS FRENTE 02					255,189.00							
TN BRUTAS PROYECTO					581,000.00							
TN METAS PROYECTO					585,000.00							
Ratio Semanal TN (14 Semanas)					26,525.02							
Ratio por hora grúa					2,043.19							
Total Semanas término					2017							
Inicio					2/12/2024							
Término					22/04/2025							
TN METAS Proyecto					585,000.00							

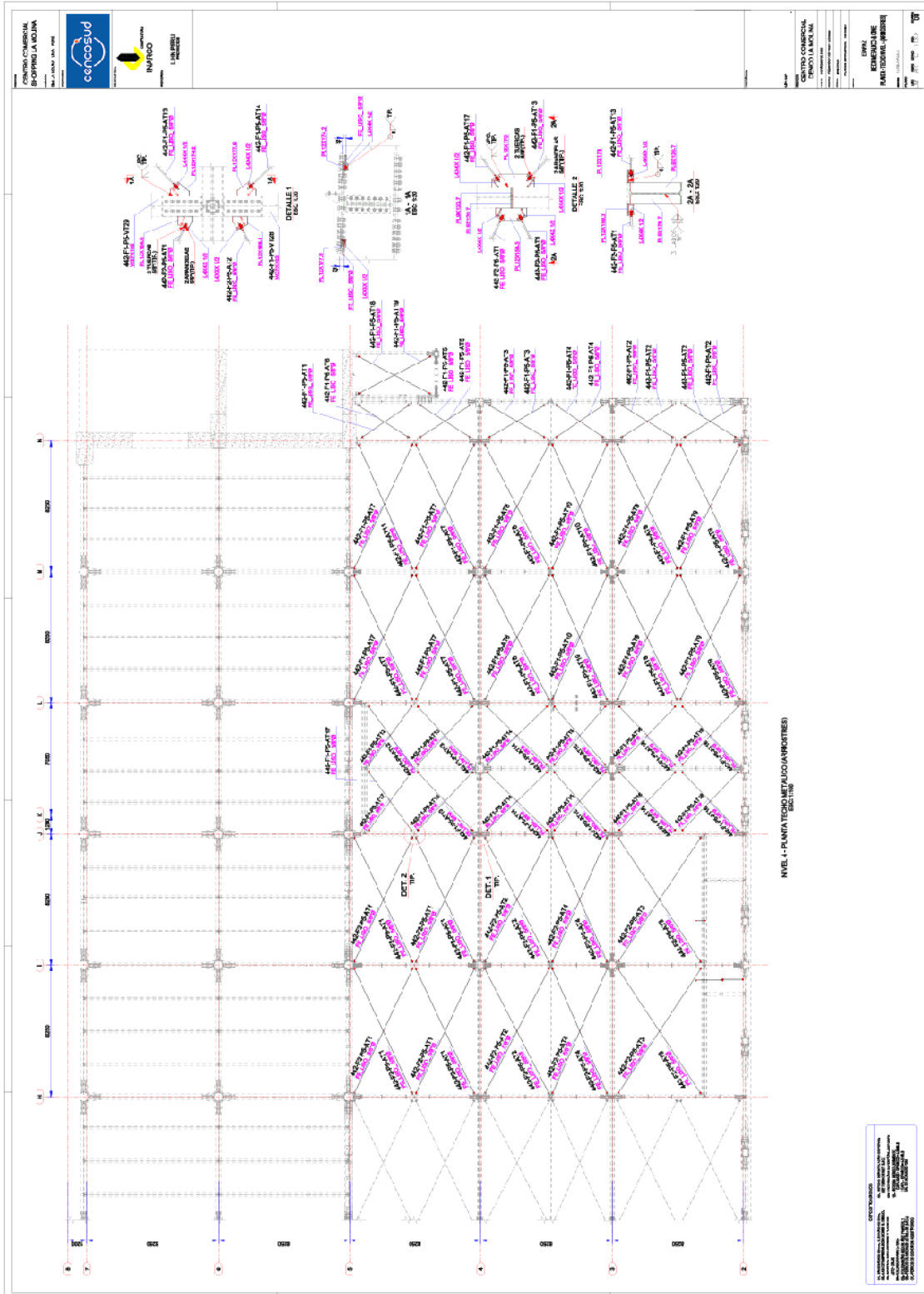


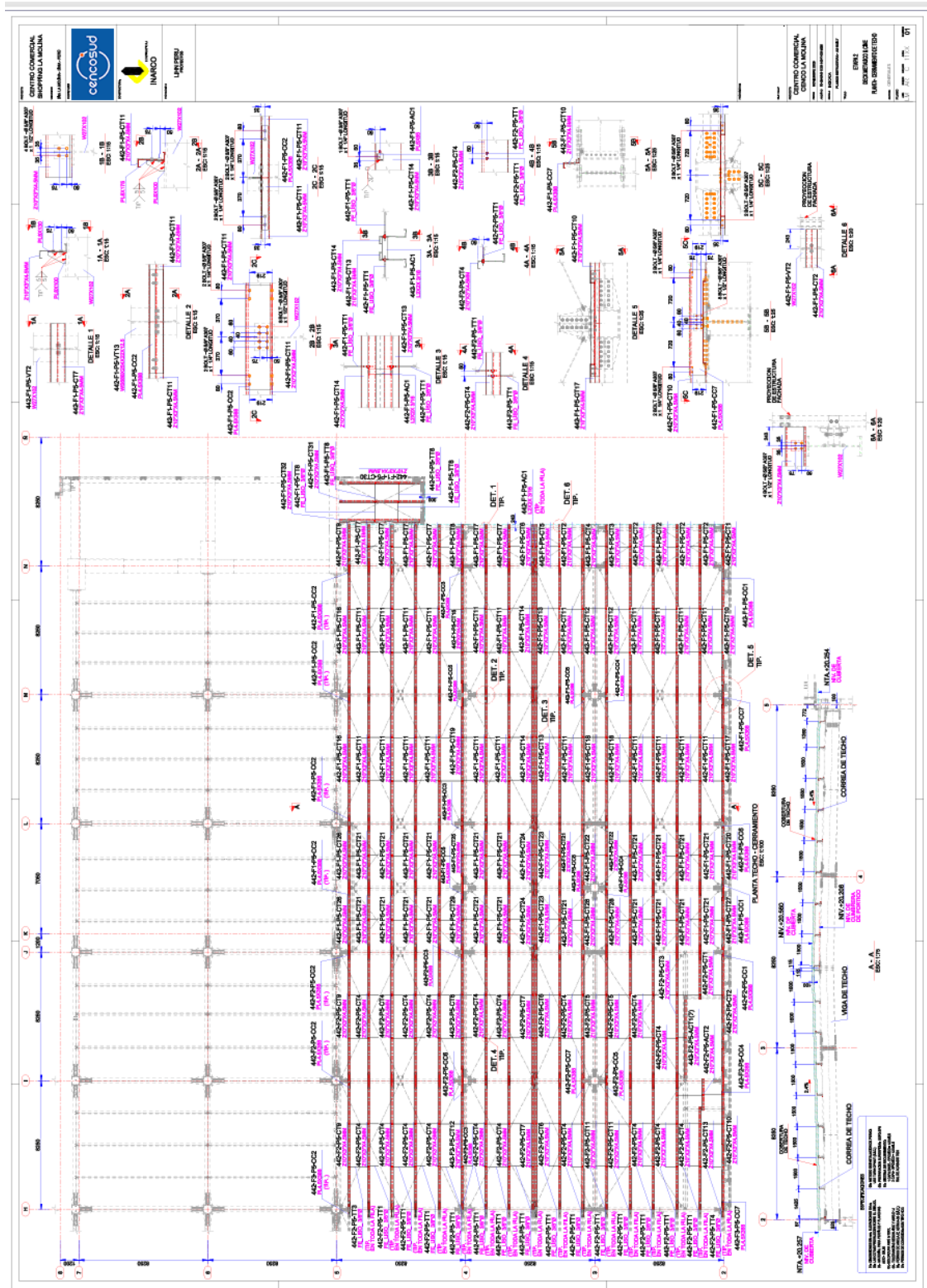


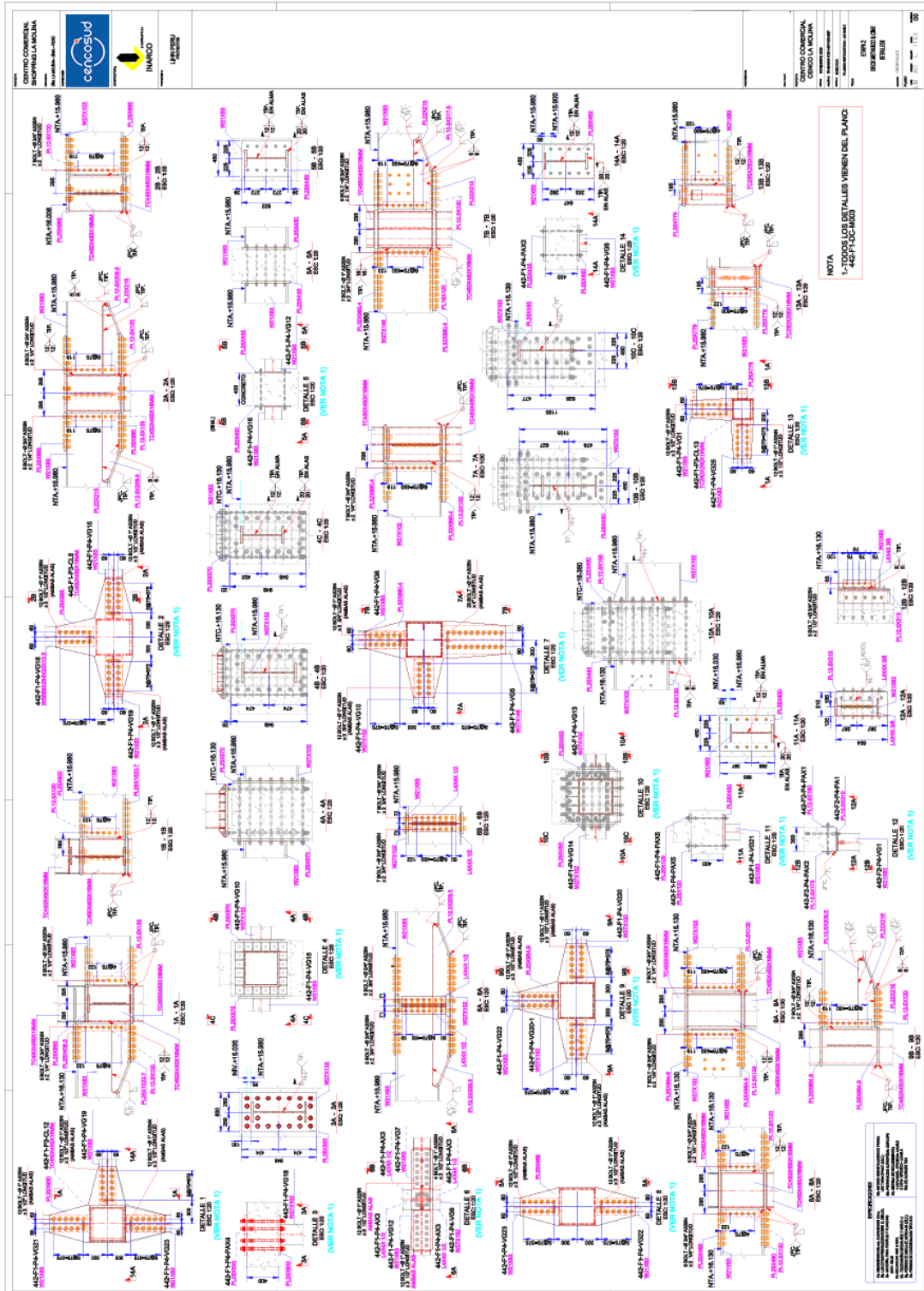


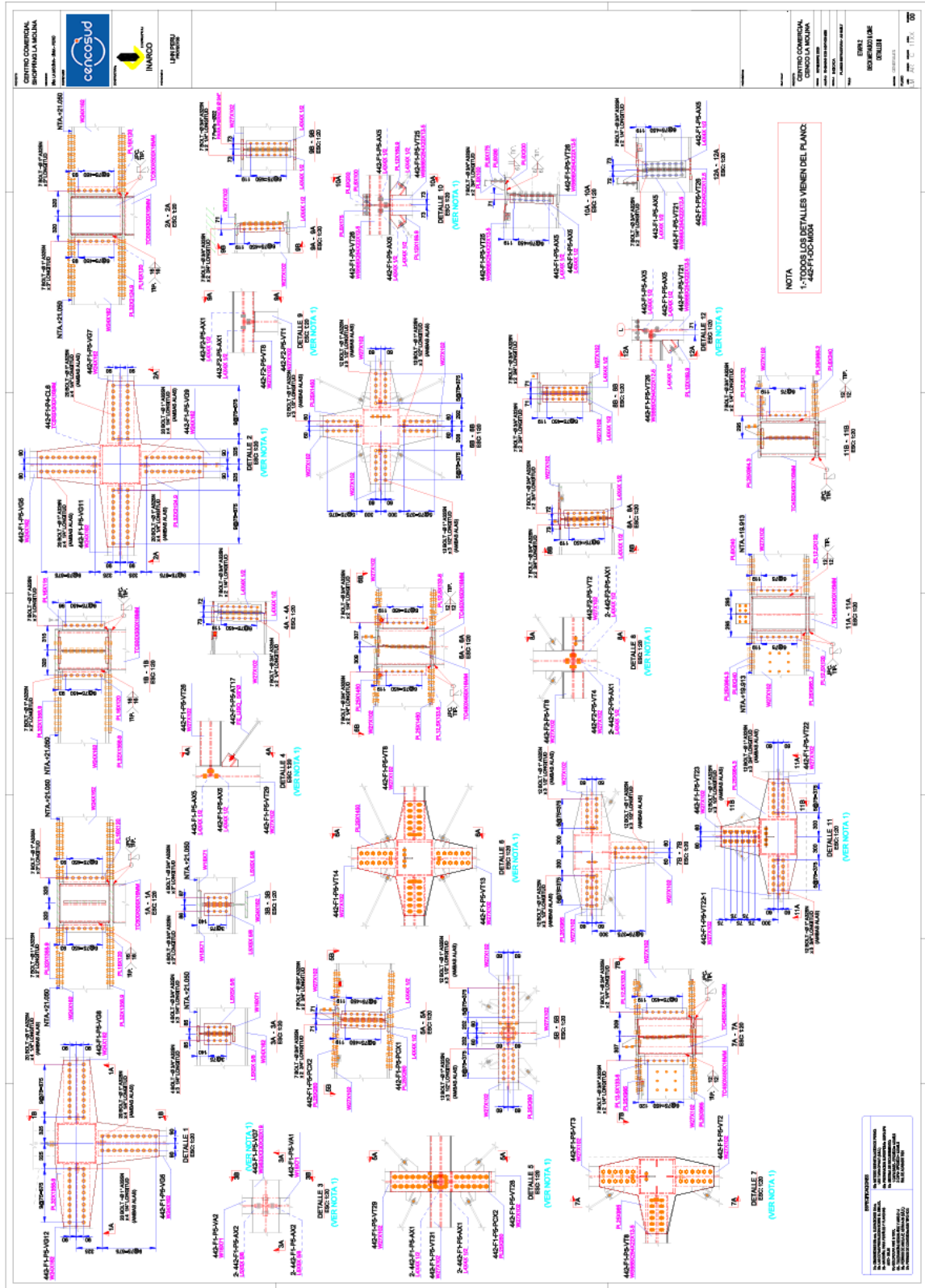


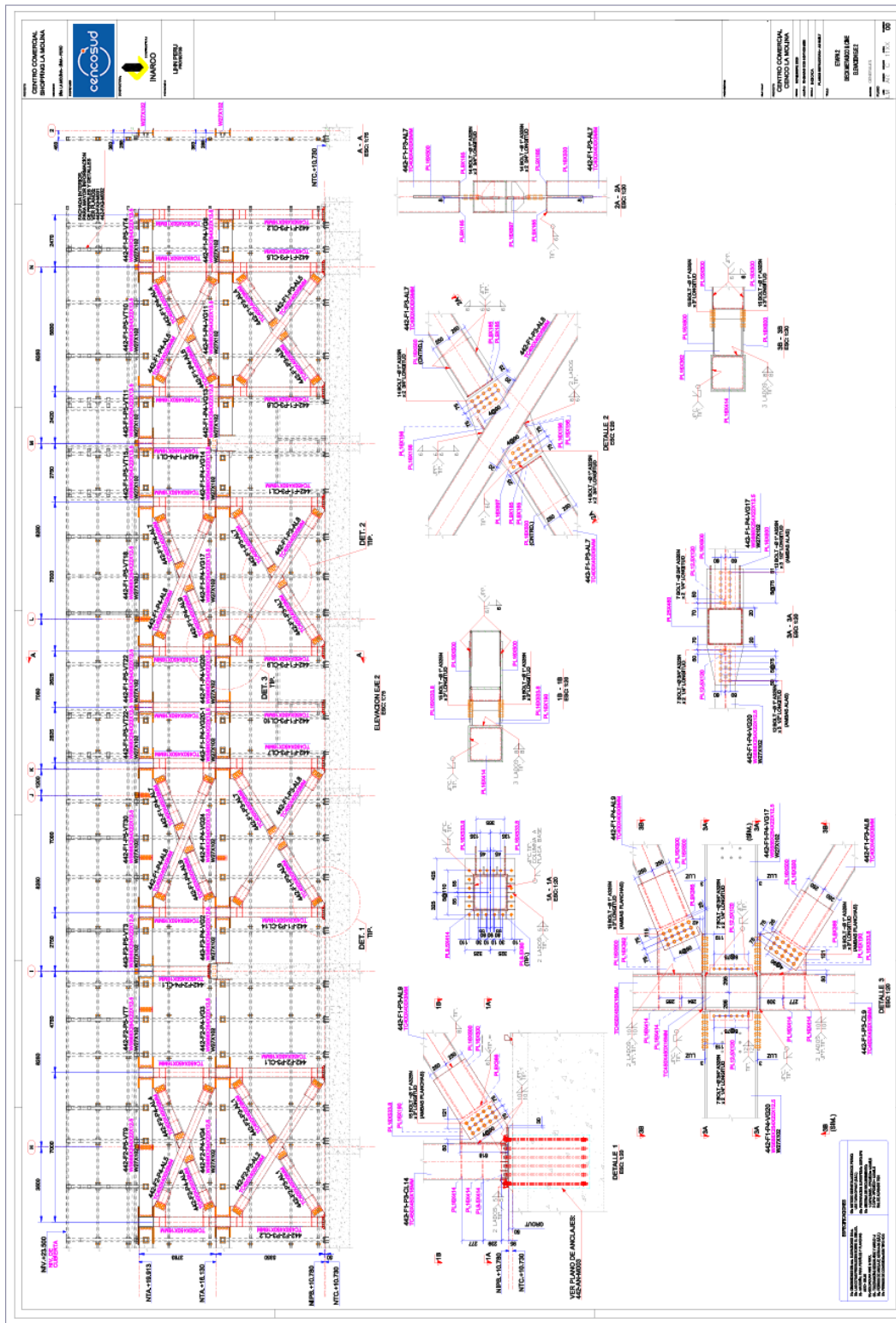


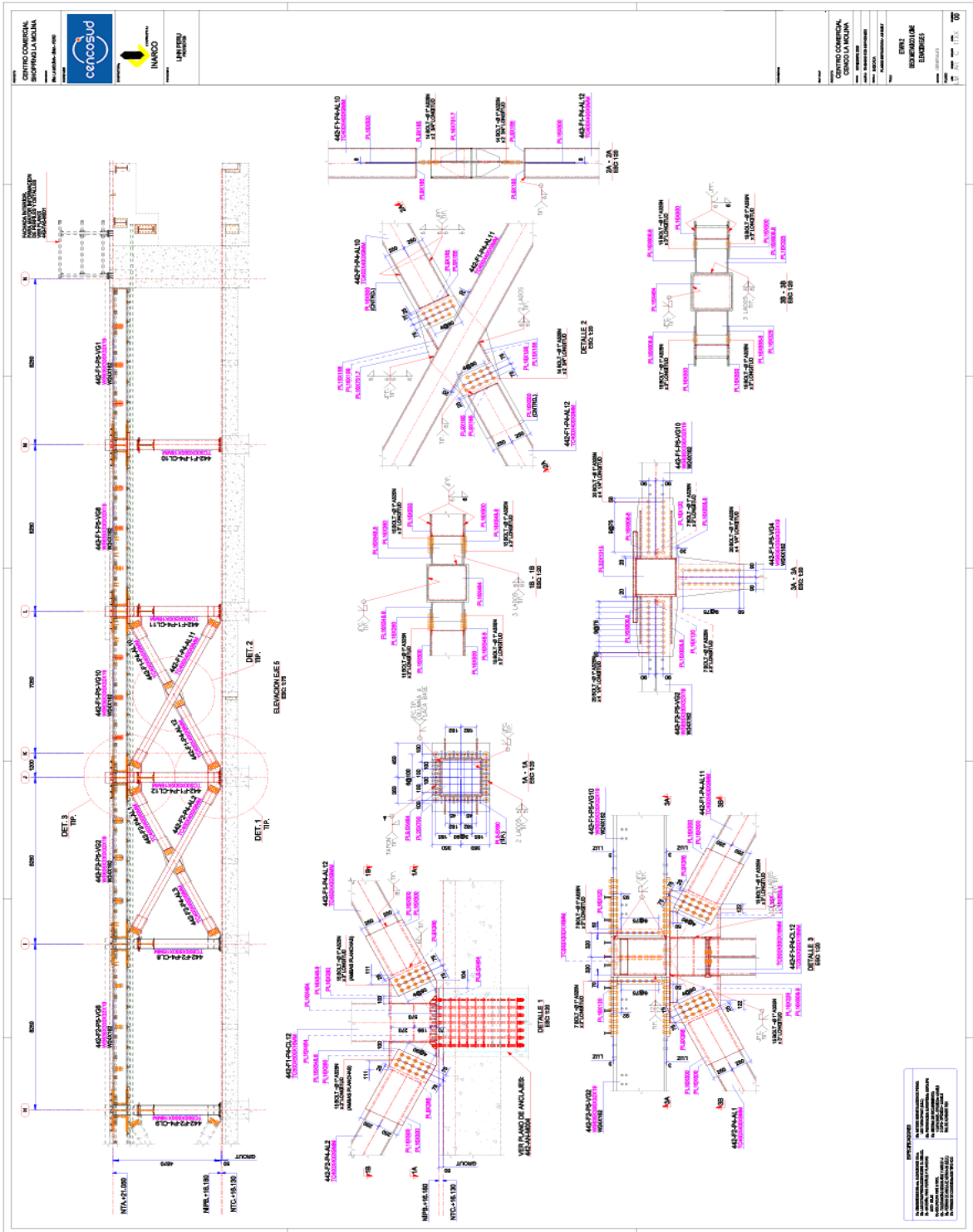


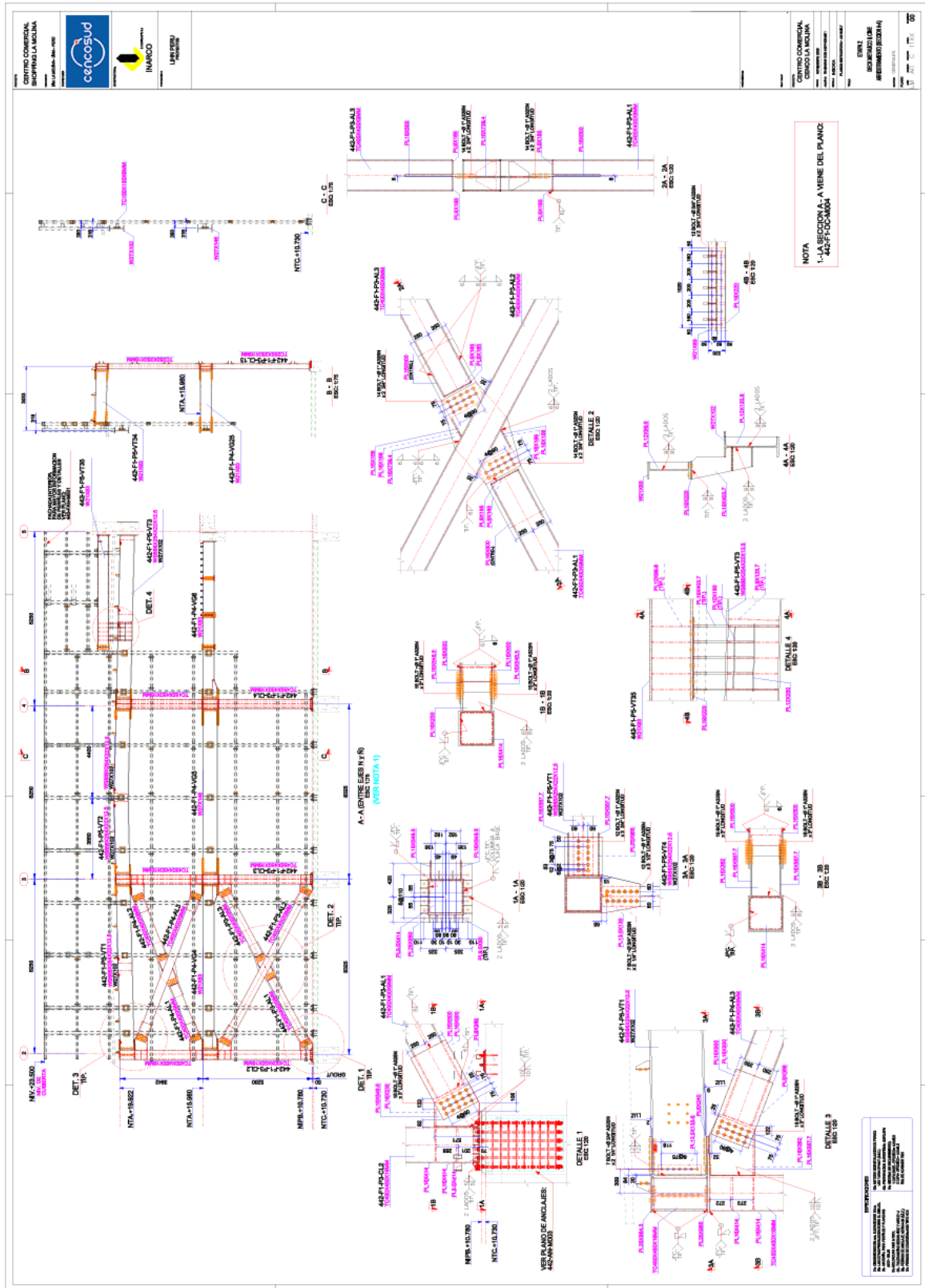




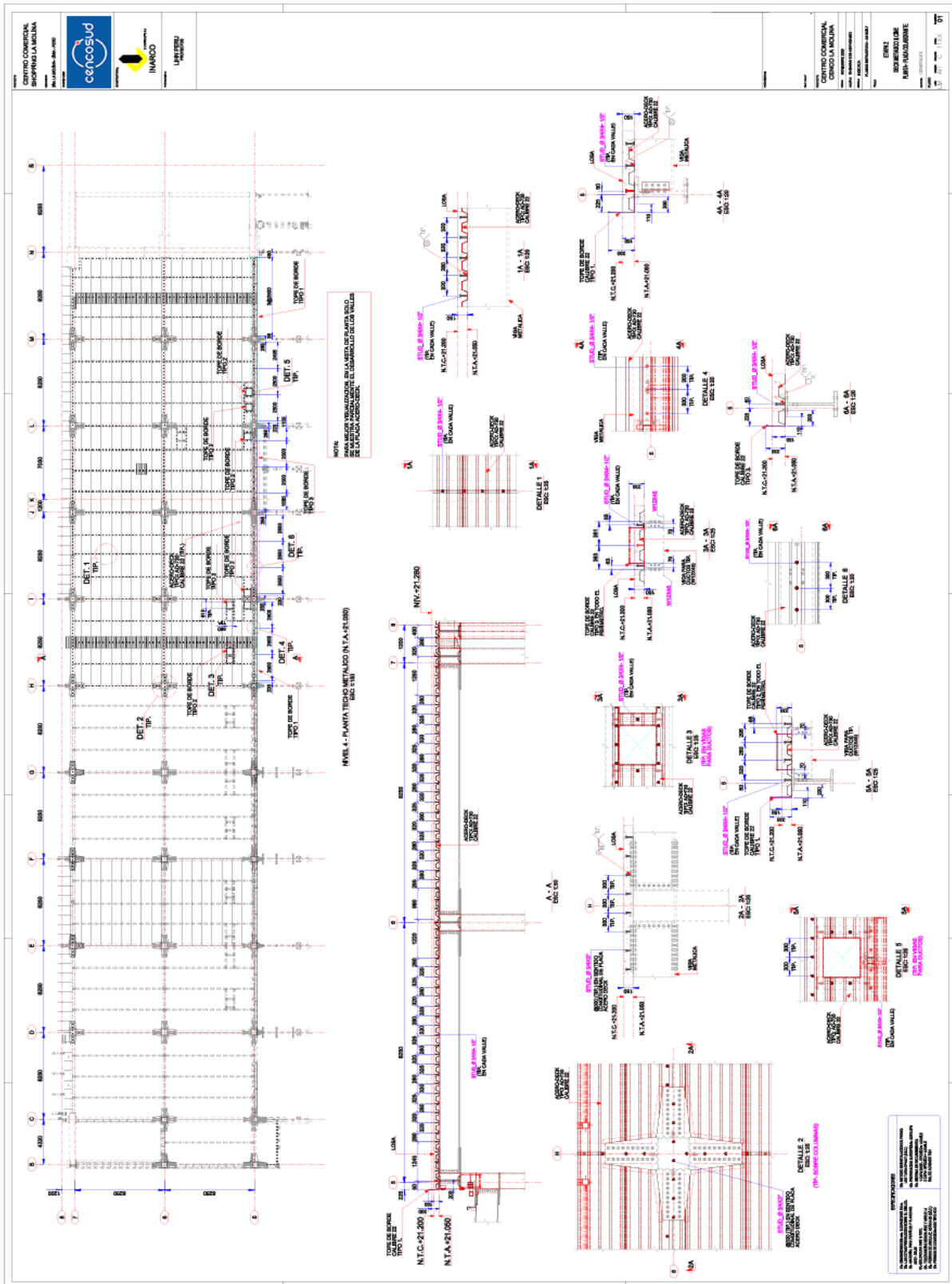






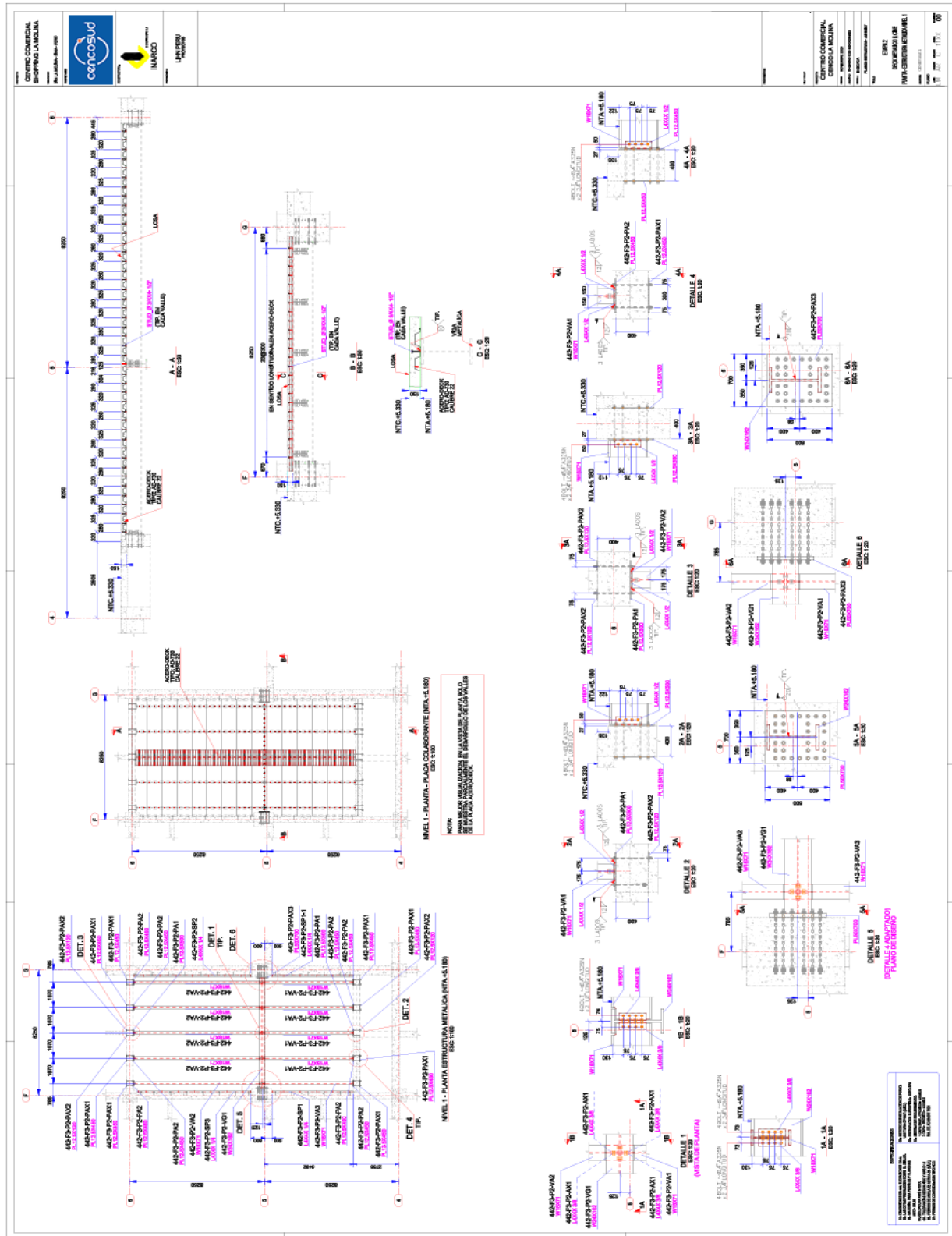






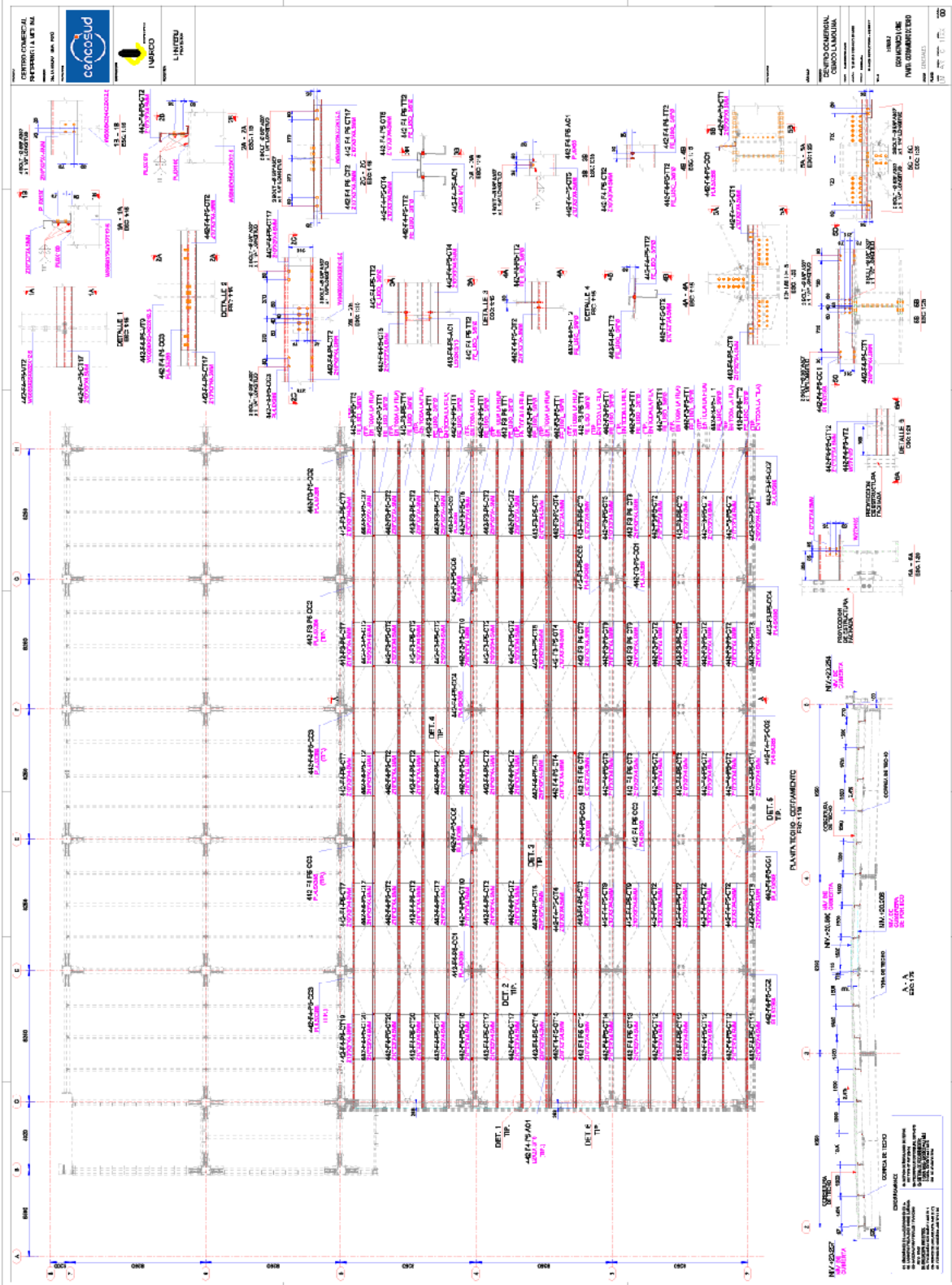




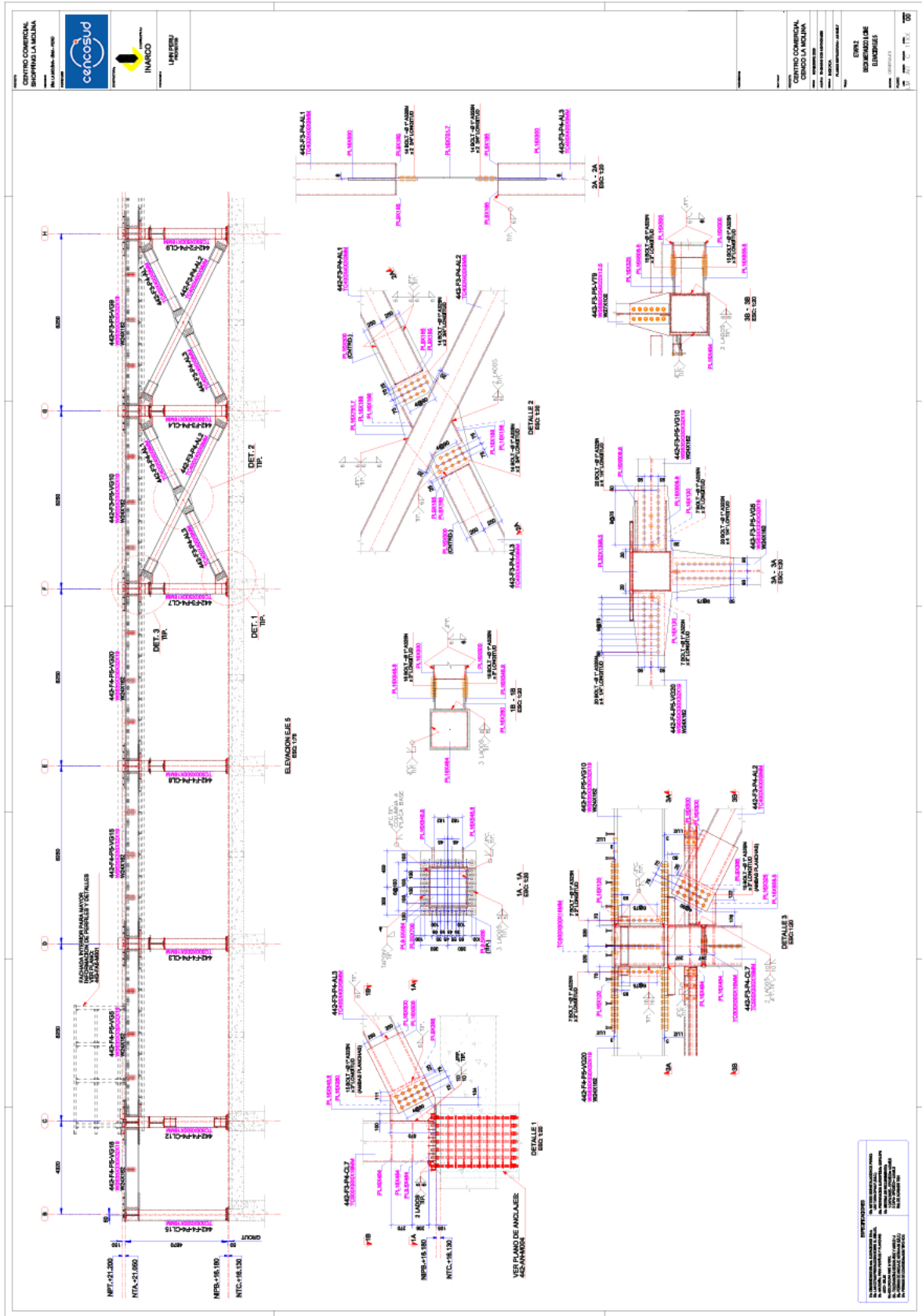


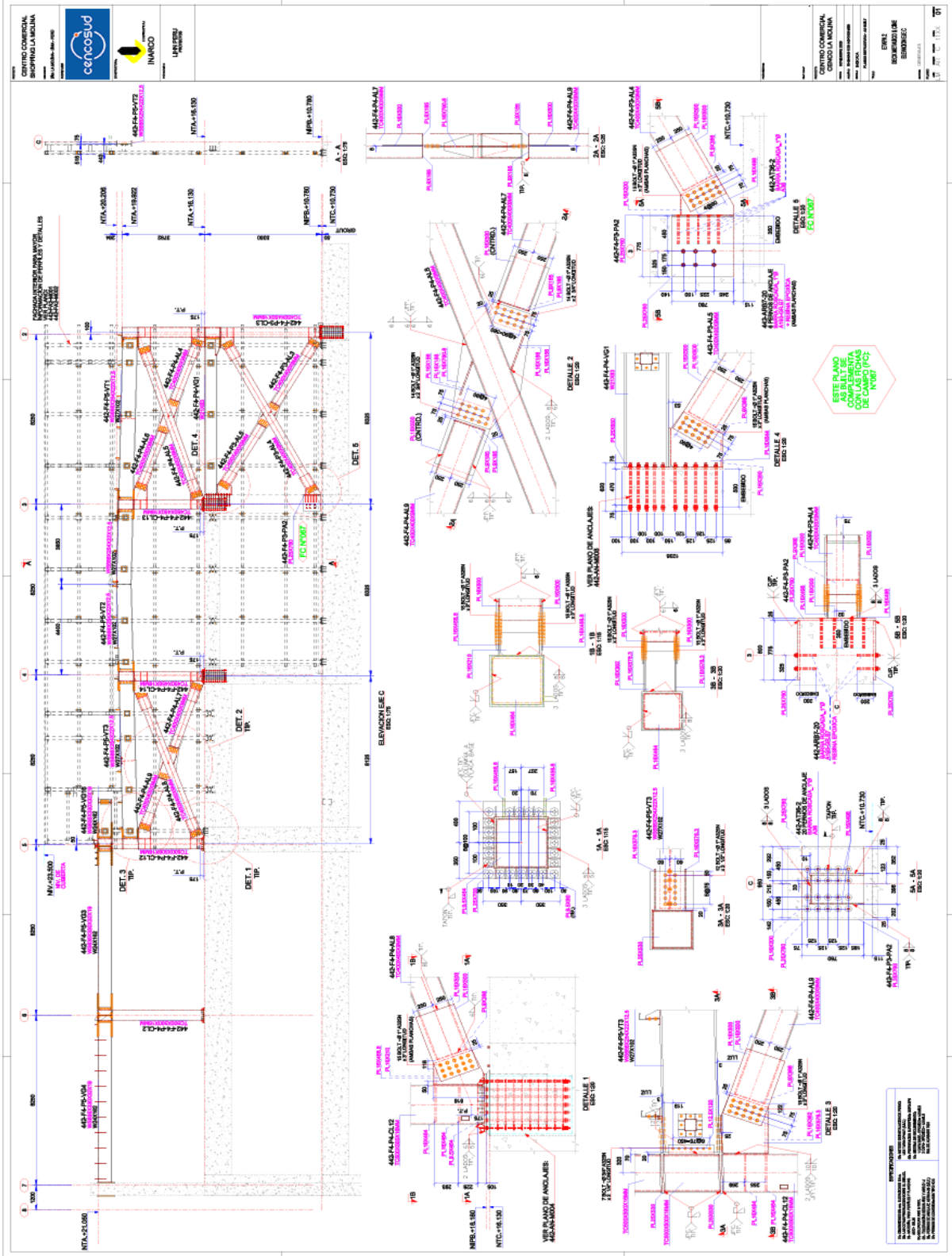


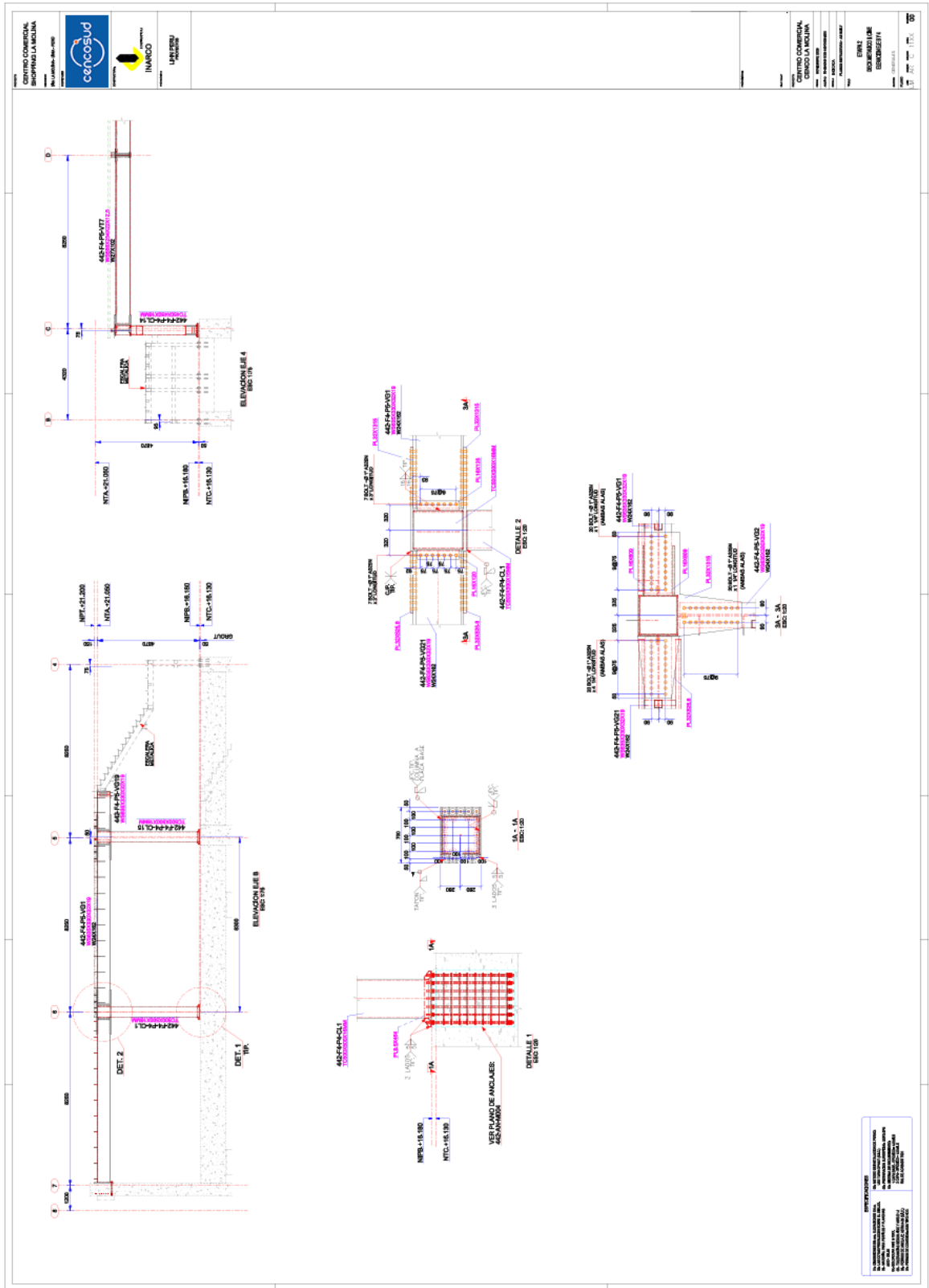




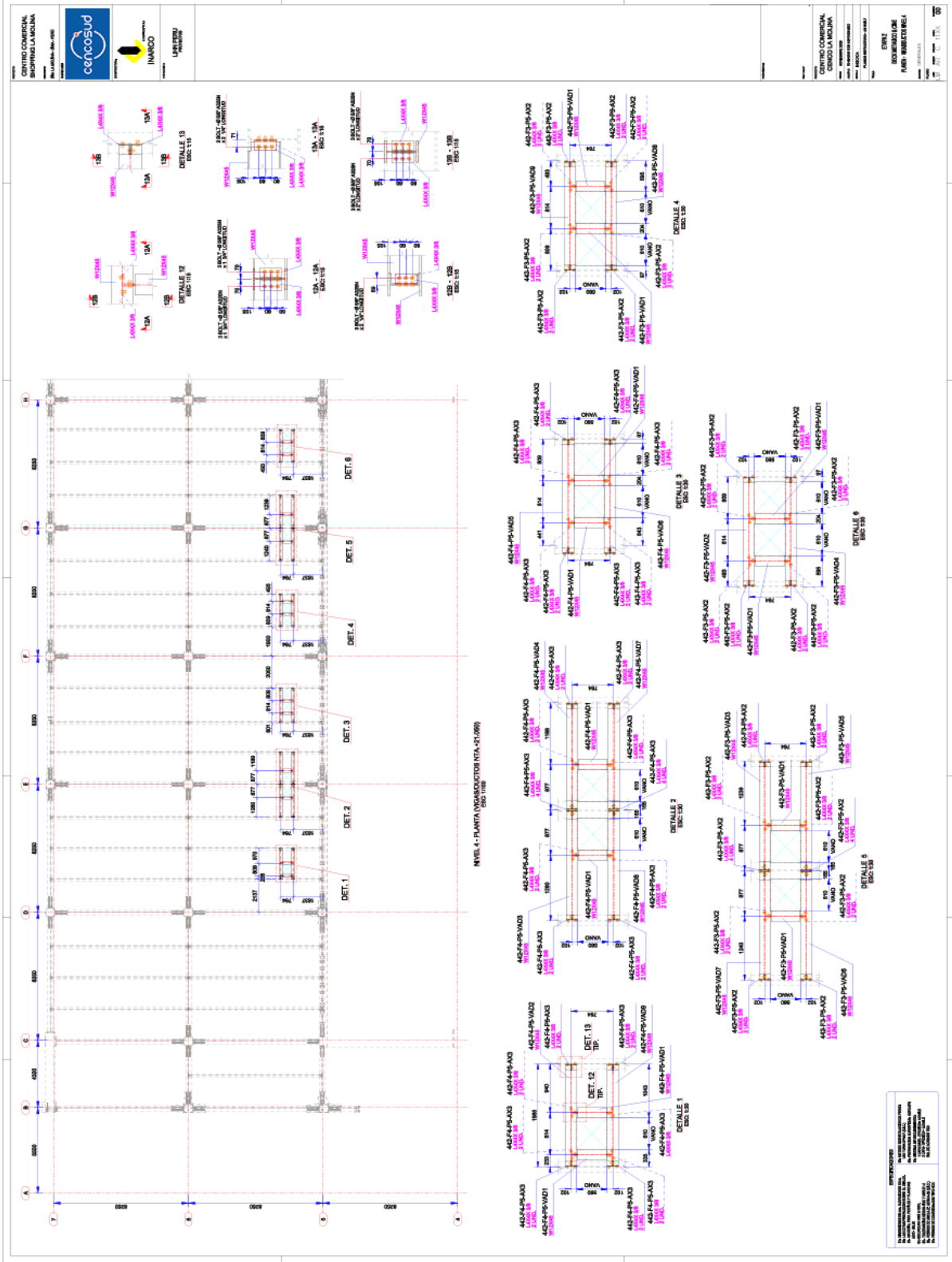


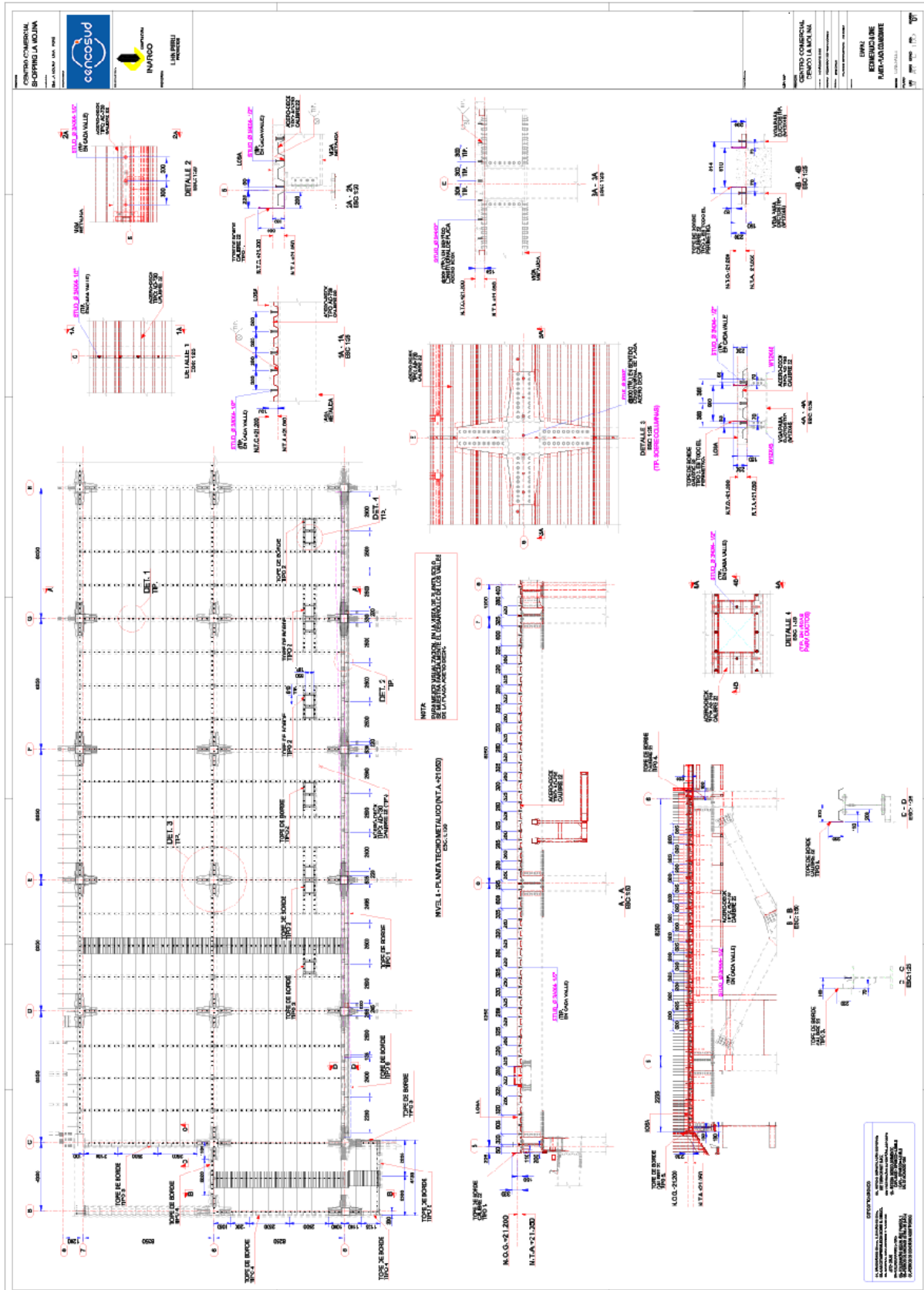


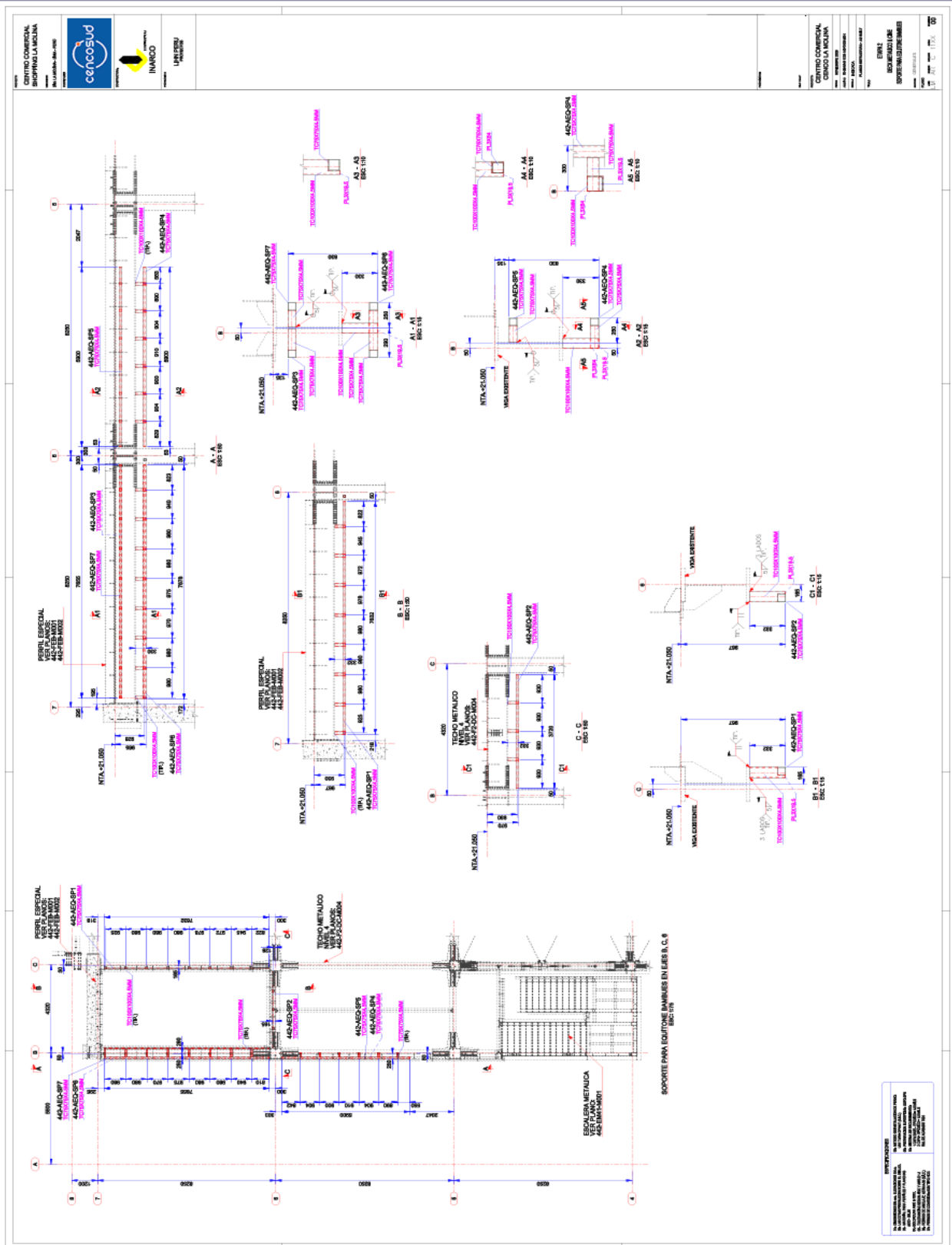












### ANEXO N° 3. Panel fotográfico

*Figura 73: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 74: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia.*



“Solución de izaje de viga metálica mediante diseño de una estructura auxiliar en techo principal del nuevo centro comercial Shopping la Molina provincia de Lima, departamento de Lima”

*Figura 75: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Verificación de actividades programadas. Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 76: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia.*



“Solución de izaje de viga metálica mediante diseño de una estructura auxiliar en techo principal del nuevo centro comercial Shopping la Molina provincia de Lima, departamento de Lima”

Figura 77: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia.



Figura 78: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia.



Figura 79: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia.



Figura 80: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia.



Figura 81: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia.



Figura 82: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia.



Figura 83: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia.



Figura 84: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia.



*Figura 85: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia.*



Figura 86: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia.



Figura 87: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia.



“Solución de izaje de viga metálica mediante diseño de una estructura auxiliar en techo principal del nuevo centro comercial Shopping la Molina provincia de Lima, departamento de Lima”

Figura 88: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia.



Figura 89: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia.



Figura 90: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia.

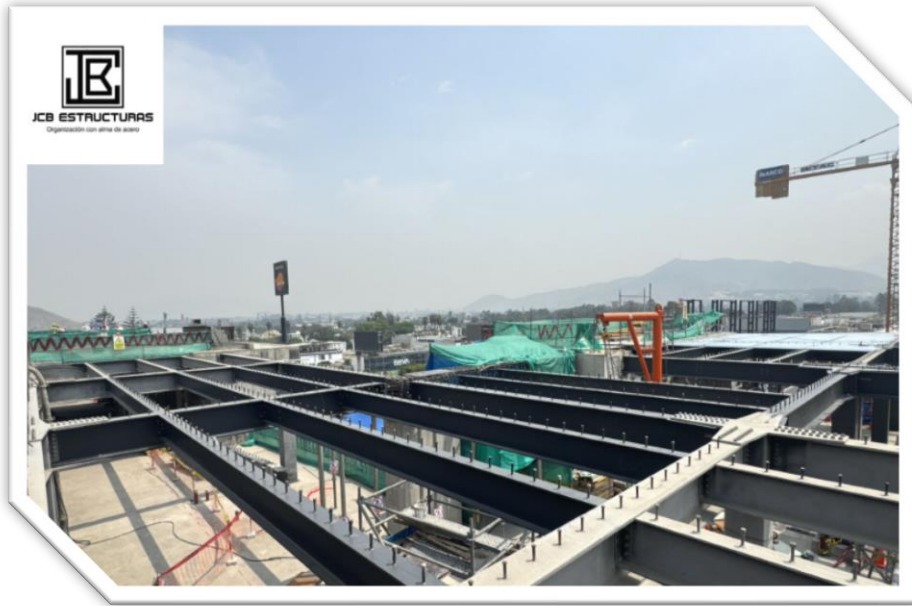


Figura 91: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia.



“Solución de izaje de viga metálica mediante diseño de una estructura auxiliar en techo principal del nuevo centro comercial Shopping la Molina provincia de Lima, departamento de Lima”

Figura 92: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia.

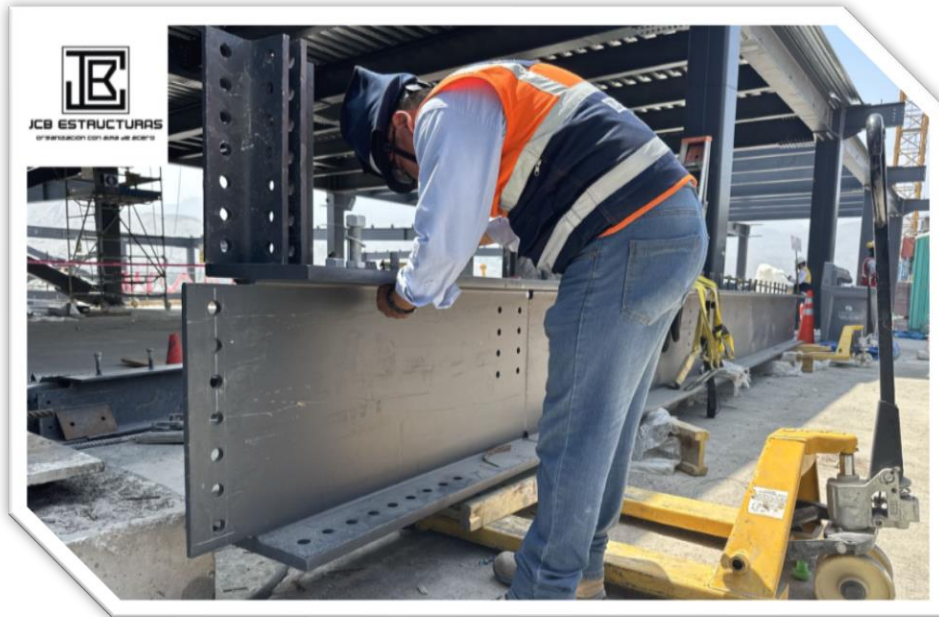


Figura 93: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia.



Figura 94: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia.



Figura 95: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia.



*Figura 96: Proyecto Ampliación del Centro Comercial Shopping La Molina: Obra. Fuente: Elaboración propia.*

